



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

## **FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN** **INGENIERIA CIVIL**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS MAYORES PARA SUBESTACIONES ELÉCTRICAS**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A :**

**MIGUEL ANGEL ZEPEDA MARTÍNEZ**

**ASESOR DE TESIS:**

**M. en I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ**

**NEZAHUALCÓYOTL, EDO. DE MEX.**

**2011**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## DEDICATORIA

### **Gracias a DIOS**

Por darme la oportunidad de culminar este trabajo, por demostrarme día a día el infinito amor que me tiene en cada bendición que me da.

### **A mis padres**

ALICIA y JOSÉ

Gracias totales por ser los pilares de mi vida, por apoyarme en todo momento, por darme la fortaleza y principalmente por su inmenso amor.

### **Especialmente**

A mi hermano CARLOS A.

Gracias totales por ser mi fuerza, por tu apoyo, por no dejarme vencer, por insistir, por tu confianza, por creer en mí, gracias hermano, por demostrarme que la vida siempre tiene algo mejor, solo es cuestión de esforzarse.



### **A mis hermanos**

LUIS J.

REYNA

A. MARBELLA

Gracias, por su amor, por su apoyo y porque han sido ejemplo de lucha, perseverancia y fraternidad.

### **A mi esposa**

A. ILIANA

Porque sé que me ama, y porque en este logro fue parte esencial y lo disfrutaremos toda la vida.

### **A mis hijas**

I. VALENTINA Y ROMINA

Que son la razón de mi vida y la motivación de este esfuerzo, las amo. Espero influya este trabajo para que algún día ustedes logren el mismo objetivo, pues de algo si pueden estar seguras, que siempre contarán con mi apoyo.



### **A mi asesor**

M. en I. MARIO SOSA RODRÍGUEZ

Gracias, por su apoyo, atención, paciencia y tiempo, por contagiarme su entusiasmo y siempre brindarme la confianza para culminar mi trabajo de tesis.

### **A la UNAM**

Gracias por abrirme sus puertas, por formarme como Ingeniero Civil, por la calidad de cada uno de sus profesores y por mis compañeros con quienes compartí la dicha de pertenecer a la Universidad Nacional Autónoma de México.

### **Dedicatoria especial a:**

ABIGAIL HERNÁNDEZ

DAVID HERNÁNDEZ

DANA HERNÁNDEZ

DANIEL HERNÁNDEZ

CARLA HERNÁNDEZ

JUAN FERNÁNDEZ

KARINA ANTONIO

MARISELA CONTRERAS

GERARDO ROMO

A MI MALE MAYOR

JUAN MANUEL LONGORIA

CARMEN VALENCIA

Por compartir la alegría de este logro.



<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁG.</b>
<i>Introducción</i> .....	8
<i>Capítulo I ALCANCE</i> .....	10
<i>I.1 Criterios de diseño estructural</i> .....	10
<i>I.2 Estructuras para subestaciones</i> .....	12
<i>I.2.1 Estructuras mayores</i> .....	15
<i>I.2.2 Estructuras menores</i> .....	16
<i>I.2.3 Clasificación de las estructuras metálicas</i> .....	17
<i>I.2.4 Clasificación de las estructuras según su importancia</i> .....	17
<i>Capítulo II EMPLEO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS</i> .....	20
<i>II.1 Clasificación y tipos de subestaciones</i> .....	20
<i>II.2 Características eléctricas a considerar en el diseño estructural</i>	23
<b>CAPITULO III</b>	
<b>TIPOS DE CARGAS A CONSIDERAR</b> .....	24
<i>III.1 Cargas</i> .....	25
<i>III.2 Identificación de las combinaciones de carga</i> .....	25
<i>III.3 Factores de carga</i> .....	26
<i>III.4 Cargas debidas al viento</i> .....	27
<i>III.5 Procedimientos para determinar la acción por viento</i> .....	29



<b>CAPITULO IV</b>	<b>ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO</b>	<b>48</b>
IV.1	Material.....	48
IV.2	Métodos de diseño.....	50
IV.3	Diseño de elementos estructurales.....	51
IV.4	Pandeo.....	55
 <b>CAPITULO V</b>		
<b>ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN DE NOPALA</b>		<b>66</b>
V.1	Descripción del proyecto.....	66
V.2	Datos del proyecto.....	66
V.3	Combinaciones y factores de carga.....	66
V.4	Modelo estructural programa staad-pro.....	68
V.5	Análisis y resultados.....	70
V.6	Diseño estructural.....	86
 <b>CONCLUSIÓN.....</b>		<b>118</b>
 <b>NORMAS Y BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>119</b>
 <b>ANEXO</b>		<b>120</b>



**Objetivo:**

*El presente trabajo tiene como objetivo, describir los principales aspectos que deberán considerarse durante las etapas de análisis y diseño de estructuras mayores para subestaciones eléctricas, específicamente de marcos de celosía según lo establecido en las especificaciones, normas y reglamentos CFE JA100-57 (Estructuras Metálicas Mayores y Menores para Subestaciones) pues resultan indispensables para que el ingeniero o el técnico tengan los elementos necesarios para el diseño de una subestación eléctrica.*





## INTRODUCCIÓN

*Las primeras estaciones generadoras construidas en nuestro país, únicamente se utilizaban para suministrar energía eléctrica a una zona o región en donde quedaban situadas; es decir, funcionaban como unidades separadas para formar sistemas aislados. La demanda de grandes bloques de potencia y la mayor continuidad en el servicio del suministro eléctrico originó la interconexión de los sistemas cercanos.*

*En esta forma, los sistemas mediante su interconexión fueron extendiéndose gradualmente, hasta cubrir el país con una enorme red eléctrica que actualmente se conoce con el nombre de Sistema Eléctrico Nacional.*

*Naturalmente que en un sistema como el nuestro, el área que abarca es muy extensa y por lo tanto, las distancias que separan las estaciones generadoras de los centros de consumo es enorme, por lo que, el suministro de energía toma mayor importancia tanto técnica como económicamente.*

*Entonces, para cumplir con las condiciones que intervienen en el proceso generación – consumo de energía eléctrica, son precisos los centros de transformación que usualmente se conoce como Subestación Eléctrica.*

*En algunos años a futuro no se vislumbran cambios notables en la forma convencional de generación, transformación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, esto quiere decir que se seguirá generando por los métodos conocidos incluyendo a las plantas nucleoelectricas, existirán subestaciones eléctricas como las conocidas actualmente quizás con unas variantes constructivas en el equipo principalmente.*

*La transmisión y la distribución de la energía eléctrica probablemente no sufran cambios sustanciales por lo que se puede decir que en principio los aspectos relacionados con el diseño son más o menos convencionales.*



*Ante este panorama resulta necesario tener claro los conceptos relacionados con el análisis y diseño de las estructuras metálicas mayores para las subestaciones eléctricas, ya que en este intervienen tantos elementos y criterios que en un momento dado se puede diseñar de acuerdo a ciertas normas y recomendaciones.*

*El Capítulo I, sirve de preámbulo, para la comprensión del tema en el que se centra este trabajo, es decir el diseño estructural basándonos en normas y reglamentos de C.F.E de la misma forma explicaremos las estructuras que conforman una subestación eléctrica enfatizando en los marcos a base de celosía.*

*El Capítulo II se exponen los diferentes tipos de subestaciones siendo esto importante para ubicar los marcos de celosía como componentes de las estructuras mayores.*

*El Capítulo III muestra los procedimientos necesarios que deben considerarse en la revisión estructural tales como las cargas vivas, de viento, de sismo, así como los parámetros que deben emplearse de acuerdo a la clasificación de las estructuras, categorías del terreno, velocidades regionales y otras. Siempre teniendo como referencia las especificaciones y normas de C.F.E.*

*El Capítulo IV explica las recomendaciones que se utilizan en el diseño de los elementos expuestos de manera directa a la acción del viento tanto las que forman en la parte estructural como son las estructuras mayores, es importante señalar que las recomendaciones aquí presentadas se deben aplicar para revisar la seguridad de las estructuras principalmente a las fuerzas que generan el viento.*

*El capítulo V presenta el análisis y diseño del marco de celosía de la subestación eléctrica de Nopala.,*



## CAPÍTULO I

### ALCANCE

#### 1.1 Criterios del diseño estructural

*Se debe entender el diseño estructural como un proceso mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla su función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones máximas y de servicio tenga un comportamiento adecuado.*

*La aplicación de cargas a una estructura produce deformaciones en ella. La determinación de estas fuerzas y deformaciones se llama análisis estructural.*

*El diseño estructural incluye el arreglo y dimensionamiento de las estructuras y sus partes, de tal manera que las mismas soporten satisfactoriamente las cargas colocadas sobre ellas. En particular, el diseño estructural implica lo siguiente: la disposición general de las estructuras; estudio de los posibles tipos o formas estructurales que representen soluciones factibles; consideración de las condiciones de carga; análisis y diseño preliminares de las soluciones posibles; selección de una solución y análisis y diseño estructural final de la estructura, incluyendo la preparación de planos.*

*El proceso del Diseño Estructural está ligado a reglamentos y normas; estos documentos cambian en la medida que se incorporan nuevos conocimientos y nuevas técnicas. En el desarrollo de los temas aquí tratados, se utilizan los criterios establecidos por la Comisión Federal de Electricidad, la cual estipula que para que una construcción cumpla con las funciones para las que esta ha sido proyectada, es necesario que la respuesta de la estructura ante las acciones externas, se mantenga dentro de límites de seguridad y servicio para que no afecten su funcionamiento y estabilidad.*



Los estados límite pueden dividirse en Estados Límite de Falla (relacionados con la seguridad de la estructura) y el Estado Límite de Servicio (relacionado con el funcionamiento adecuado en condiciones normales de la misma).

*El estado límite de servicio de la estructura.*

Se entiende como Estado Límite de Servicio (ELS) un tipo de estado límite, que de ser rebasado, produce una pérdida de funcionalidad o deterioro de la estructura, pero no un riesgo inminente a corto plazo. En general, los ELS se refieren a situaciones solventables, reparables o que admiten medidas paliativas o molestias no-graves a los usuarios.

Se asocia con la afectación del correcto funcionamiento de la estructura y comprenden deflexiones, agrietamientos y vibraciones excesivas, pandeo u oxidación entre otras.

*El estado límite de falla de la estructura*

Se denomina como estado límite de falla (o límite de utilidad estructural) en una estructura en la etapa de su comportamiento cuando su respuesta se considera inaceptable y deja de cumplir con la función para la que fue proyectada y se subdivide en estados de falla dúctil y falla frágil.

En el Capítulo III del Título Sexto del R.C.D.F (2004), se establece que toda estructura y cada una de las partes que la componen, deberán diseñarse para cumplir con los siguientes requisitos básicos:

I.- Tener seguridad adecuada contra la aparición de todo estado límite de falla posible ante las combinaciones de acciones más desfavorables que puedan presentarse durante su vida esperada.



II.- No rebasar ningún estado límite de servicio ante combinaciones de acciones que correspondan a sus condiciones normales de operación.

Las estructuras deben dimensionarse de manera que la resistencia de diseño de toda sección, con respecto a cada fuerza que en ella actúe (fuerza de compresión o de tensión), sea igual o mayor que el o los valores de diseño deben incluir el factor de reducción  $F_R$  correspondiente. Las fuerzas de diseño se obtienen, multiplicando por el factor de carga correspondiente los valores de las fuerzas calculados bajo acciones nominales.

Así mismo se deben revisar que la respuesta de la estructura (deformaciones, vibraciones, etc.) quede limitada a valores tales que el funcionamiento en condiciones normales o de servicio sea satisfactorio.

## 1.2 Estructuras para subestaciones

Dentro de nuestro alcance para el análisis y diseño estructural del marco a base de celosía (armadura), se tiene que asegurar su estabilidad bajo cargas verticales, transversales y longitudinales que le proporcione resistencia y la rigidez suficiente para resistir los efectos combinados de las cargas que actúan en cualquier dirección, en cada caso particular el análisis, diseño, fabricación y montaje debe realizarse de forma que se obtengan las mejores características y el comportamiento adecuado ver figura 1.2.1 y 1.2.2







*Debe prestarse particular atención al diseño de las conexiones, ya que la seguridad y las características de una estructura de acero dependen, en buena parte, de las conexiones entre los elementos que la componen y que determinan la manera en que interactúan esos elementos.*

*En las especificaciones de diseño de subestaciones de la CFE se describen 2 tipos de estructuras tales como ver figura 1.2.3:*

- a) Estructuras Mayores*
- b) Estructuras Menores*



*Fig. 1.2.3 Estructuras mayores y menores que componen una subestación eléctrica.*

### 1.2.1 Estructuras mayores

Son estructuras a base de marcos metálicos, de alma llena o celosía, para sostener cables de energía eléctrica, equipos y accesorios. ver figura 1.2.1.1



Figura 1.2.1.1 marcos de subestación

El análisis y diseño estructural de las estructuras mayores debe realizarse tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Velocidad máxima de viento con período de retorno de 200 años
- Coeficiente sísmico.
- Cargas actuantes sobre las estructuras
- Detalles de sujeción de cables.

Contenidos en los planos de Disposición de Equipo e Isométrico con Cargas, y debe cumplir con la especificación de la C.F.E. que es exclusiva para análisis de este tipo de estructuras y que se llama CFE JA 100-57 Estructuras Metálicas Mayores y Menores para Subestaciones, el L.R.F.D.



Los perfiles para las estructuras metálicas deberán ser de celosía a base de ángulos o de alma llena (placas soldadas). Para las estructuras mayores (subestaciones de 13.8 a 34.5 KV) serán a base de canales y ángulos; la unión entre sus miembros pueden ser soldadas en fabrica o atornilladas. Todas las estructuras mayores y su tornillería deberán ser extra galvanizadas por inmersión en caliente de acuerdo a la especificaciones de la C.F.E..

### 1.2.2 Estructuras menores

Son bases de celosía o tubulares para sostener el equipo primario de una subestación incluyendo las siguientes: Cuchillas, apartarrayos, interruptores, aisladores soporte, trampas de onda, transformadores: de corriente, de potencial capacitivo o potencial inductivo. Ver figura 1.2.2.1



Figura 1.2.2.1 estructuras menores



### 1.2.3 Clasificación de las estructuras metálicas

Las estructuras metálicas para subestaciones eléctricas se clasifican por:

a) *Disposición de sus elementos:*

- Alma llena.
- Celosía

b) *Sección transversal*

- A base de ángulos
- Sección I
- Tubulares

c) *Por la tensión para:*

- 115 kV
- 230 kV
- 400 kV

### 1.2.4 Clasificación de las estructuras según su importancia

*La seguridad necesaria para que una estructura dada cumpla adecuadamente con las funciones para las que sería destinada puede establecerse a partir de niveles de importancia o de seguridad. En la práctica, dichos niveles se asocian con velocidades del viento que tengan una posibilidad de ser excedidas y a partir de esta se evalúa la magnitud de las solicitaciones de diseño debidas al viento.*

*Atendiendo al grado de seguridad aconsejable para una estructura, las estructuras se clasifican según los grupos que se indican a continuación.*



## GRUPO A

*Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad elevado. Pertenecen a este grupo aquellas que en caso de fallar causarían la pérdida de un número importante de vidas o perjuicios económicos o culturales excepcionalmente altas; así mismo, las construcciones y depósitos cuya falla implique un peligro significativo por almacenar o contener sustancia tóxicas e inflamables, así como aquellas cuyo funcionamiento es imprescindible y debe continuar después de la ocurrencia de vientos fuertes tales como los provocados por huracanes. Quedan excluidos los depósitos y las estructuras enterradas.*

*Ejemplos de este grupo son las construcciones cuya falla impida la operación de plantas termoeléctricas, hidroeléctricas y nucleares; entre estas, pueden mencionar las chimeneas, las subestaciones eléctricas y las torres y postes que formen parte de líneas de transmisión principales.*

*Dentro de esta clasificación también se cuentan las centrales telefónicas e inmuebles de telecomunicaciones principales, puentes, estaciones terminales de transporte, estaciones de bomberos, de rescate y de policía, hospitales e inmuebles médicos con áreas de urgencias, centros de operación en situaciones de desastre, escuelas, estadios, templos y museos. Del mismo modo pueden considerarse los locales, las cubiertas y los paraguas que protejan equipo especialmente costoso y las áreas de reunión que pueda alojar a más de doscientas personas, tales como salas de espectáculos, auditorios y centros convencionales.*

## GRUPO B

*Estructuras para las que se recomienda un grado de seguridad moderado. Se encuentra dentro de este grupo aquellas que en caso de fallar, se presenta un bajo riesgo de pérdidas de vidas humanas y que ocasionarían daños materiales de magnitud intermedia*



este es el caso de las plantas industriales, bodegas ordinarias, gasolineras (excluyendo los depósitos exteriores de combustible pertenecientes al grupo A), comercios, restaurantes, casas para habitación, viviendas, edificios de apartamentos u oficinas, hoteles, bardas cuya altura sea mayor que 2.5m, y todas las construcciones cuya falla por viento pueda poner en peligro a otras de esta clasificación o de la anterior. Se incluyen también salas de reunión y espectáculos y estructuras de depósitos, urbanas o industriales, no inclinadas en el grupo A), así como todas aquellas construcciones que forman parte de plantas generadoras de energía y que en caso de fallar, no paralizarían el funcionamiento de la planta. A si mismo se consideran en este grupo las subestaciones eléctricas incluyendo los marcos de celosía y las líneas y postes de transmisión de menor importancia que las de grupo A).

## GRUPO C

Estructuras para las que se recomiendan un bajo grado de seguridad. Son aquellas cuya falla no implica graves consecuencias, ni puede causar daños a construcciones de los grupos A y B. abarca, por ejemplo no solo bodegas provisionales, cimbras, carteles, muros aislados y bardas con altura no mayor que 2.5m, si no también recubrimientos, tales como cancelerías y elementos estructurales que formen parte de las fachadas de las construcciones, siempre y cuando no presenten un peligro que pueda causar daños corporales o materiales importantes en caso de desprendimiento. Si por el contrario, las consecuencias de su desprendimiento son graves, dichos recubrimientos se analizarán utilizando las precisiones del diseño de la estructura principal.

Por otra parte la clasificación de las estructuras según su importancia ante la acción del viento que establece el manual de CFE, están valuadas de acuerdo con su sensibilidad ante los efectos de ráfagas del viento y a su correspondiente respuesta dinámica, las construcciones se clasifican en cuatro tipos. Con base en esta clasificación podrá seleccionarse el método para obtener cargas de diseño por viento sobre las estructuras y la determinación de efectos dinámicos suplementarios si es el caso. Los procedimientos se definirán posteriormente.



## CAPÍTULO II

### EMPLEO DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

#### II.1 Clasificación y tipos de subestaciones

*En toda instalación industrial o comercial es indispensable el uso de la energía, la continuidad de servicio y calidad de la energía consumida por los diferentes equipos, así como la requerida para la iluminación, es por esto que las subestaciones eléctricas son necesarias para lograr una mayor productividad.*

*Una subestación es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control del flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, (ver figura II.1.1) para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento. Las subestaciones se pueden clasificar como sigue:*

- *Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.*
- *Subestaciones receptoras primarias.*
- *Subestaciones receptoras secundarias.*

*Subestaciones en las plantas generadoras o centrales eléctricas.*

*Estas se encuentran en las centrales eléctricas o plantas generadoras de electricidad, para modificar los parámetros de la potencia suministrada por los generadores, permitiendo así la transmisión en alta tensión en las líneas de transmisión.*



*Los generadores pueden suministrar la potencia entre 5 y 25 kV y la transmisión depende del volumen, la energía y la distancia.*

*Subestaciones receptoras primarias.*

*Se alimentan directamente de las líneas de transmisión, y reducen la tensión a valores menores para la alimentación de los sistemas de subtransmisión o redes de distribución, de manera que, dependiendo de la tensión de transmisión pueden tener en secundario tensiones de 115, 69 y eventualmente 34.5, 13.2, 6.9 o 4.16 kV.*

*Subestaciones receptoras secundarias.*

*Generalmente estas están alimentadas por las redes de subtransmisión, y suministran la energía eléctrica a las redes de distribución a tensiones entre 34.5 y 6.9 kV.*

- *Subestaciones tipo intemperie:*

*Generalmente se construyen en terrenos expuestos a la intemperie, y requiere de un diseño, aparatos y máquinas capaces de soportar el funcionamiento bajo condiciones atmosféricas adversas (lluvia, viento, nieve, etc.) por lo general se utilizan en los sistemas de alta tensión.*

- *Subestaciones tipo interior:*

*En este tipo de subestaciones los aparatos y máquinas están diseñados para operar en interiores, son pocos los tipos de subestaciones tipo interior y generalmente son usados en las industrias.*



- *Subestaciones tipo blindado:*

En estas subestaciones los aparatos y las máquinas están bien protegidos, y el espacio necesario es muy reducido, generalmente se utilizan en fábricas, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieran poco espacio para su instalación, generalmente se utilizan en tensiones de distribución y utilización.

### CLASIFICACIÓN DE LAS SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

Es difícil hacer una **clasificación** precisa de las **subestaciones** eléctricas, pero de acuerdo con lo que ya hemos estudiado, podemos hacer la siguiente:

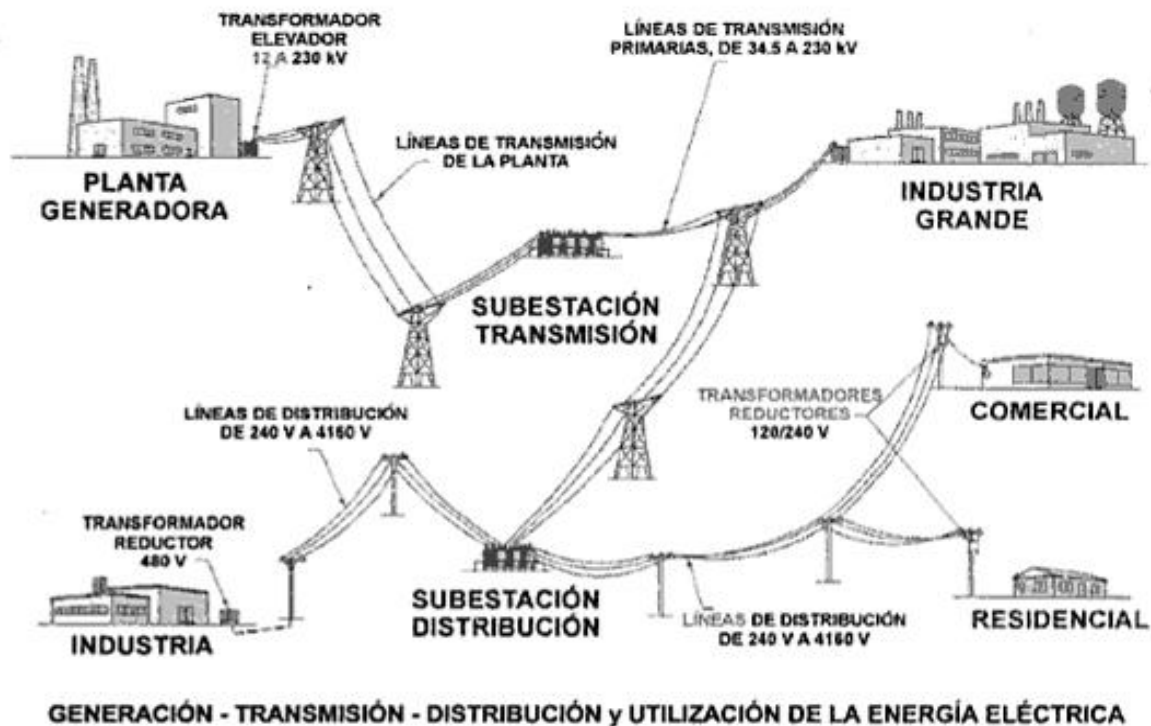


Figura II.1.1 clasificación de las subestaciones eléctricas

## II.2 Características eléctricas a considerar en el diseño estructural

Los siguientes conceptos son características que se deben contener en forma clara durante el diseño estructural: interconexión de transformadores de potencia, interruptores, cuchillas, transformadores de instrumentos, trampas de onda, apartarrayos, barras principales y auxiliares en sus diferentes niveles de tensiones, nomenclatura y simbología de los dispositivos eléctricos basados en normas ANSI o del Sistema Eléctrico Nacional de CFE. (Ver figura II.2.1)



Figura II.2.1 Características eléctricas de una subestación.





## CAPÍTULO III

### TIPOS DE CARGAS A CONSIDERAR

*La concepción y el desarrollo de una estructura se debe hacer con el conocimiento y sensibilidad de los efectos que producen las cargas y fuerzas que actúan sobre estas.*

*El equívoco en la valoración real de las fuerzas posee un alto costo; el derrumbe, el caos, las roturas, que ocurren cuando la estimación es en defecto (inferior a las fuerzas que actuarán en el transcurso de los años sobre una estructura)*

*La apuesta, mucho más generalizada, es cuando se construyen estructuras con exagerados factores de carga, y aparecen construcciones pesadas poco económicas.*

*Un buen estudio de cargas es aquel donde los valores determinados en la etapa de cálculo coinciden con los que se presentan en la realidad. Dicho estudio deberá considerar la evolución futura de la obra, atento a las posibles necesidades de ampliación, implícitas en algunos casos.*

*La tarea de determinar las cargas es compleja por la variedad. Un claro ejemplo de caprichoso comportamiento, el viento. Lograr una cifra exacta de la magnitud de la presión que ejerce el viento en un instante dado de toda una vida útil de la construcción es imposible.*

*Las cargas variables con el tiempo (viento, sobrecargas, nieve, etc.) se obtienen de normas y códigos que las establecen en cada país y región, y que corresponden a datos y experiencias recogidas en el lugar durante largos períodos de tiempos.*

*Las cargas permanentes suelen ser más fáciles de determinar, generalmente suelen corresponder al peso propio de la estructura.*



### III.1 CARGAS

Las principales cargas a considerar en el diseño de estructuras (marcos de celosía) para subestaciones son las siguientes:

- a) Masa propia de la estructura, equipo, aisladores, herrajes y accesorios.
- b) Cargas que transmiten los cables e hilos de guarda a la estructura. Estas se deben a: tensión mecánica, masa propia, presión de viento y temperatura.
- c) Acción del viento.
- d) Por acumulación de hielo (esta cuando se requiera de acuerdo a la zona)
- e) Sismo

### III.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DE CARGA

$PP =$	Masa propia de la estructura
$PEC =$	Masa del equipo y cables
$TMCCN =$	Tensión máxima de cables en condiciones normales (tensiones máximas actuando en las dos direcciones). La tensión máxima será de acuerdo a la memoria de cálculo de flechas y tensiones indicada en las características particulares.
$TTCCN =$	Tensiones de trabajo de cables en condiciones normales (0.75 de la tensión máxima).
$TMCCD =$	Tensión máxima de cables en condiciones desbalanceadas (tensión máxima crítica actuando en una dirección)
$TTCCD =$	Tensión de trabajo de cables en condiciones desbalanceadas (tensión de trabajo crítica actuando en una dirección)
$PVMNE =$	Presión de viento máximo normal a la estructura (en la dirección de la tensión de los cables)
$PVMPE =$	Presión de viento máximo paralelo a la estructura (perpendicular a la tensión de cables)
$PvmNE =$	Presión de viento medio normal a la estructura ( se debe considerar 0.66 de la velocidad de viento máximo en la dirección de la tensión de cables)



$P_{vmPE=}$	Presión de viento medio paralelo a la estructura (se debe considerar 0.66 de la velocidad de viento máximo perpendicular a la tensión de los cables)
$P_{VM45=}$	Presión de viento máximo a 45°C (se consideran las componentes de las fuerzas en ambas direcciones de la estructura, es decir para cada lado se tomará un valor de 0.7071 de dichas fuerzas correspondientes a las funciones trigonométricas de seno y/o coseno.
$CSNE=$	Carga de sismo normal a estructura (se considera la carga de sismo actuando al 100% en esta dirección y el 30% actuando en la otra dirección)
$CSPE=$	Carga de sismo paralelo a estructura (se considera la carga de sismo actuando al 100% en esta dirección y el 30% actuando en la otra dirección)

### III.3 FACTORES DE CARGA

Se entenderá como combinación de carga la superposición de aquellas condiciones básicas a considerar y que tienen una alta probabilidad de ocurrir simultáneamente.

Las combinaciones y factores de carga empleados para el análisis de las estructuras para subestaciones son las siguientes:

1,4 (PP+PEC+TTCCN)

1,2 (PP+PEC+TMCCN)+1.3 PVMPE

1,2 (PP+PEC+TTCCN)+1.3 PVMNE

1,2 (PP+PEC+TMCCD)+1.3PVMPE

1,2 (PP+PEC+TTCCD)+1.3PVMNE

1,2 (PP+PEC+TTCCN)+0.919 PVMNE+0.919 PVMPE

1,2 (PP+PEC+TTCCD)+0.919 PVMNE+0.919 PVMPE

1,2 (PP+PEC+TMCCN)+1.3 PvmPE



1,2 (PP+PEC+TTCCN)+1.3 PvmNE

1,2 (PP+PEC+TMCCD)+1.3 PvmPE

1,2 (PP+PEC+TTCCD)+1.3 PvmNE

1,2 (PP+PEC+TTCCN)+1.5 CSNE

1,2 (PP+PEC+TTCCD)+1.5 CSNE

1,2 (PP+PEC+TTCCN)+1.5 CSPE

1,2 (PP+PEC+TTCCD)+1.5 CSPE

#### III.4 CARGAS DEBIDAS AL VIENTO

*El viento es uno de los factores importantes en este tipo de estructuras eléctricas a base de celosía. Los valores de la presión del viento sobre las estructuras dependen del lugar y de la forma de la estructura determinada por las normas, especificaciones y reglamentos de cada país.*

*De los tipos de cargas a las que está sujeta una estructura a base de celosía, la acción del viento es la que es variable en intensidad con respecto al tiempo.*

*Los efectos del viento pueden ser:*

- *Estáticos*
- *Dinámicos.*

*En el Manual de Obras Civiles (Diseño por Viento, 1993), se establecen los procedimientos que toman en cuenta la influencia de diferentes parámetros involucrados en la evaluación de las solicitaciones generadas por los vientos extremos que ocurren en el territorio nacional.*



*Dichos procedimientos reflejan en gran medida la experiencia y los resultados de investigaciones, tanto nacionales como internacionales, llevadas a cabo por expertos en la materia y que son necesarios para determinar en forma correcta la sollicitación del viento.*

*Es importante señalar que debido a que los parámetros indicados en dicho manual son difíciles de determinar, no se realiza ningún análisis de los mismos, solo se utilizan los planos de isotacas para obtener la velocidad regional, aplicando el procedimiento fundamentado en el fascículo C.2.3.- Estructuras para Transmisión de Energía Eléctrica, del Manual de Obras Civiles de C.F.E., con el cual se obtienen los conceptos necesarios para determinar las cargas provocadas por el viento en una estructura.*

### *Generalidades*

*El manual considera en la determinación de las velocidades de diseño los efectos de los vientos que ocurren normalmente durante el año en todo el país y los causados por huracanes en las costas del pacífico, del golfo de México y del Caribe, no considera los efectos causados por tornados debido a que existe escasa información al respecto y por estimarlos como eventos de baja ocurrencia que solo se presentan en pequeñas regiones del norte del país.*

*A continuación se mencionaran los efectos que según el tipo de construcción se deberán tomar en cuenta en el diseño de estructuras sometidas a la acción del viento basándonos en el manual de obras civiles diseño por viento C.F.E (1993).*

- a) Empujes medios: Son los causados por presiones y succiones del flujo del viento prácticamente laminar, tanto exteriores como interiores, y cuyos efectos son globales (para el diseño de la estructura en conjunto) y locales (para el diseño de un elemento estructural o de recubrimientos en particular). Se considera que estos empujes actúan de forma estática ya que su variación en el tiempo es despreciable.*



- b) *Empujes dinámicos en la dirección del viento: Consisten en fuerzas dinámicas paralelas al flujo principal causadas por la turbulencia del viento y cuya fluctuación en el tiempo influye de manera importante en la respuesta estructural.*
- c) *Vibraciones transversales al flujo: La presencia de cuerpos en particular cilíndricos o prismáticos, dentro del flujo del viento, genera entre otros efectos el desprendimiento de vórtices alternantes que a su vez se provocan sobre los mismos cuerpos, fuerzas y vibraciones transversales a la dirección del flujo.*
- d) *Inestabilidad aerodinámica: Se define como la amplificación dinámica de la respuesta estructural causada por los efectos combinados de la geometría de la construcción y los distintos ángulos de incidencia del viento.*

*Para diseñar las estructuras del tipo 2 se considerarán los efectos dinámicos causados por las turbulencias del viento, estos se tomarán en cuenta mediante la aplicación del factor respuesta dinámica debida a ráfagas.*

*Las estructuras del tipo 3 deberán diseñarse de acuerdo con los criterios establecidos para las del tipo 2, pero además deberá revisarse su capacidad para resistir los empujes dinámicos transversales generados por los vórtices alternantes.*

### *III.5 Procedimientos para determinar las acciones por viento*

*A fin de evaluar las fuerzas provocadas por la acción del viento, se proponen principalmente dos procedimientos. El primero, referido como análisis estático, se empleara cuando se trate de estructuras o elementos estructurales suficientemente rígidos, que no sean sensibles a los efectos dinámicos del viento.*



*En caso contrario, deberá utilizarse el segundo procedimiento llamado análisis dinámico, en el cual se afirma que en una construcción o elemento estructural es sensible a los efectos dinámicos del viento cuando se presentan fuerzas importantes provenientes de la interacción dinámica entre el viento y la estructura.*

*Para efectos de este trabajo se realizara el análisis de viento mediante el procedimiento dinámico, el cual se describe a continuación.*

### *Análisis dinámico*

*El procedimiento que establece el análisis dinámico se aplicara para calcular las cargas por viento que actúan sobre las estructuras prismáticas sensibles a los efectos dinámicos producidos por la turbulencia del viento; en este capítulo, dichas construcciones corresponden a los tipos 2 y 3.*

### *Limitaciones.*

*En particular, este método ó procedimiento se utiliza en el diseño de las estructuras que cumplen con alguna de las siguientes condiciones:*

- a) La relación  $H/D > 5$ , en donde  $H$  es la altura de la construcción y  $D$  la dimensión mínima de la base, o*
- b) El periodo fundamental de la estructura es mayor que 1 segundo.*

*Por lo tanto el tipo de estructura a la cual se refiere este trabajo (marco de celosía), cumple con estos parámetros, así que solo hablaremos del análisis Dinámico y no del estático.*





### *Determinación de la velocidad de diseño, $V_D$*

*La velocidad de diseño,  $V_D$ , se calculará siguiendo el mismo procedimiento que se detalla en el inciso 4.6, tomando como base la siguiente ecuación:*

$$V_D = F_T F_\alpha V_R$$

### *Velocidad regional, $V_R$*

*La velocidad regional del viento,  $V_R$ , es la máxima velocidad media probable de presentarse con un cierto período de recurrencia en una zona o región determinada del país.*

*En los mapas de isotacas que se incluyen en este inciso con diferentes períodos de retorno, dicha velocidad se refiere a condiciones homogéneas que corresponden a una altura de 10 metros sobre la superficie del suelo en terreno plano (categorías 2 según la tabla 3.1); es decir, no considera las características de rugosidad locales del terreno ni la topografía específica del sitio. Asimismo, dicha velocidad se asocia con ráfagas de 3 segundos y toma en cuenta la posibilidad de que se presenten vientos debidos a huracanes en las zonas costeras.*

*La velocidad regional,  $V_R$ , se determina tomando en consideración tanto la localización geográfica del sitio de desplante de la estructura como su destino.*

*En las figuras 3.1 a 3.3 se muestran los mapas de isotacas regionales correspondientes a períodos de recurrencia de 200 y 10 años, respectivamente.*

*La importancia de las estructuras dictamina los periodos de recurrencia que deberán considerarse para el diseño por viento; de manera, los Grupos A, B y C se asocian con los períodos de retorno de 200 y 10 años, respectivamente.*





*El sitio de desplante se localizará en el mapa con el periodo de recurrencia que corresponde al grupo a fin de obtener la velocidad regional.*

*Factor de exposición,  $F_{\alpha}$*

*El coeficiente  $F_{\alpha}$  refleja la variación de la velocidad del viento con respecto a la altura  $Z$ . Asimismo, considera el tamaño de la construcción o de los elementos de recubrimiento y las características de exposición.*

*El factor de exposición se calcula con la siguiente expresión:*

$$F_{\alpha} = F_C * F_{rz}$$

*En donde:*

- $F_C$  es el factor que determina la influencia del tamaño de la construcción, adimensional, y
- $F_{rz}$  el factor que establece la variación de la velocidad del viento con la altura  $Z$  en función de la rugosidad del terreno de los alrededores, adimensional.

*Los factores  $F_{\alpha}$  y  $F_T$  definidos anteriormente, se evaluarán de acuerdo con las características del sitio en donde se desplantará la construcción. Sin embargo, para el análisis dinámico, el factor que considera el tamaño de la estructura  $F_c$ , y del cual es función el factor de exposición  $F_{\alpha}$ , se tomará igual a uno. Esta velocidad de diseño también se considerara en la revisión de la posible aparición de vórtices periódicos.*



### Categorías de terrenos y clases de estructuras

En el procedimiento de análisis dinámico intervienen factores que dependen de las condiciones topográficas y de exposición locales del sitio en donde se desplantarán la construcción, así como el tamaño de esta. Por lo tanto, a fin de evaluar correctamente dichos factores, es necesario establecer clasificaciones de carácter práctico. En la tabla (III.3.5) se consignan cuatro categorías de terrenos atendiendo al grado de rugosidad que se presentan alrededor de la zona de desplante. La tabla III.3.6 divide las estructuras y a los elementos que forman parte de ellas en tres clases, de acuerdo con su tamaño.

En la dirección del viento que se esté analizando, el terreno inmediato a la estructura deberá presentar la misma rugosidad (categoría). Cuando menos en una distancia denominada longitud mínima de desarrollo, la cual se consigna en la tabla (III.3.5) para cada categoría de terreno.

Cuando no exista esta longitud mínima, el factor de exposición  $F_{\alpha}$ , deberá modificarse para tomar en cuenta ese hecho.

Tabla III.3.5.1 Categoría del terreno según su rugosidad.

cat.	Descripción	Ejemplos	Limitaciones
1	Terreno abierto, prácticamente plano y sin obstrucciones	Franjas costeras planas, zonas de pantanos, campos aéreos, pastizales Y tierras de cultivo sin setos o bardas alrededor. superficies nevadas planas.	La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 2000m o 10 veces la altura de la construcción por diseño, la que sea mayor.
2	Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	Campos de cultivo o granjas con pocas obstrucciones tales como setos o bardas alrededor. Árboles y construcciones dispersas.	Las obstrucciones tienen alturas de 1.5 a 10m, en una longitud mínima de 1500m.
3	Terreno cubierto por numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas.	Áreas urbanas, suburbanas y de bosques, o cualquier terreno o con numerosas obstrucciones estrechamente espaciadas. El tamaño de las construcciones corresponde al de la casa y viviendas.	Las obstrucciones presentan alturas de 3 a 5m. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser de 500m o 10 veces la altura de la construcción de la que sea mayor.



4	Terrenos con numerosas obstrucciones largas y altas y estrechamente espaciadas.	Centros de grandes ciudades y complejos industriales bien desarrollados.	Por lo menos el 50% de los edificios tiene una altura mayor de 20m. Las obstrucciones miden de 10 a 30m de altura. La longitud mínima de este tipo de terreno en la dirección del viento debe ser la mayor entre 400m y 10 veces la altura de la construcción.
---	---	--	--

Tabla III.3.5.2 Clase de estructuras según su tamaño

Clase	Descripción
A	Todo elemento de recubrimiento de fachadas, de ventanerías y de techumbres y sus respectivos sujetadores. Todo elemento estructural aislado, expuesto directamente a la acción del viento. Asimismo, todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea menor que 20 metros.
B	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, varíe entre 20 y 50 metros.
C	Todas las construcciones cuya mayor dimensión, ya sea horizontal o vertical, sea mayor que 50 metros.

Factor de tamaño,  $F_C$

El factor de tamaño,  $F_C$ , es el que toma en cuenta el tiempo en el que la ráfaga del viento actúa de manera efectiva sobre una construcción de dimensiones dadas. Considerando la clasificación de las estructuras según, este factor puede determinarse de acuerdo con la tabla III.3.7

Tabla III.3.5.3 Factor de tamaño,  $F_C$ 

Clases de estructura	$F_C$
A	1.00
B	0.95
C	0.90



### Factor de rugosidad y altura, $F_{rz}$

El factor de rugosidad y altura,  $F_{rz}$ , establece la variación de la velocidad del viento con la altura  $Z$ . Dicha variación está en función de la categoría del terreno y del tamaño de la construcción.

Se obtiene de acuerdo con las expresiones siguientes:

$$F_{rz} = 1.56 \left[ \frac{10}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{Si } Z \leq 10$$

$$F_{rz} = 1.56 \left[ \frac{Z}{\delta} \right]^{\alpha} \quad \text{Si } 10 < Z < \&$$

$$F_{rz} = 1.56 \quad \text{Si } Z \geq \&$$

En donde:

- $\&$  = es la altura, medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante; a esta altura se le conoce como altura gradiente;  $\&$  y  $Z$  están dadas en metros, y
- $\alpha$  = Exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura y es adimensional.
- $Z$  = Altura a la que se refiere calcular la presión, en metros.

Los coeficientes  $\&$ ,  $\alpha$  están en función de la rugosidad del terreno (tabla III.3.5.1) y del tamaño de la construcción (tabla III.3.5.3) en la tabla III.3.5.4 se consignan los valores que se aconsejan para estos coeficientes.



CATEGORIA DEL TERRENO	$\alpha$			$z$ (m)
	Clase de estructura			
	A	B	C	
1	0.099	0.101	0.105	245
2	0.128	0.131	0.138	315
3	0.156	0.160	0.171	390
4	0.170	0.177	0.193	455

Tabla III.3.5.4 Tabla de clase de estructura

Factor topografía,  $F_T$

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplantara la estructura. Así, por ejemplo, si la construcción se localiza en las laderas o cimas de colinas o montañas de altura importante con respecto al nivel general del terreno de los alrededores, es muy probable que se generen aceleraciones del flujo del viento y, por consiguiente deberá incrementarse la velocidad regional.

En la tabla III.3.5.5 se muestran los valores que se recomiendan con base en la experiencia para el factor de topografía, de acuerdo con las características topográficas del sitio.



Tabla III.3.5.5 factor topografía

SITIOS	TOPOGRAFÍA	Ft
<b>Protegidos</b>	Base de promontorios y faldas de serranías del lado del sotavento	0.8
	Valles cerrados	0.9
<b>Normales</b>	Terrenos prácticamente planos, campo abierto, Ausencia de cambios topográficos importantes, Con pendientes menores que 5%.	1.0
<b>Expuestos</b>	Terrenos inclinados con pendientes entre 5 y 10%, valles abiertos y litorales planos.	1.1
	Cimas de promontorios, colinas o montañas, terrenos con pendientes mayores que 10%, cañadas cerradas y valles que formen un embudo o cañón, islas.	1.2

#### Presión dinámica de base $q_z$

Cuando el viento actúa sobre un obstáculo, genera presiones sobre su superficie que varían según la intensidad de la velocidad y la dirección del viento. La presión que ejerce el flujo del viento sobre una superficie plana perpendicular a él se denomina comúnmente presión dinámica de base y se determina con la Ec. siguiente:

$$q_z = 0.0000471GV_D^2$$

En donde:

- $G$  = es el factor de corrección por temperatura y por altura con respecto al nivel del mar, adimensional.
- $V_D$  = La velocidad de diseño, en km/h.
- $q_z$  = La presión dinámica de base a una altura  $Z$  sobre el nivel del terreno, en  $kg/m^2$



El factor de 0.0000471 corresponde a un medio de la densidad del aire y el valor de  $G$  se obtiene de la expresión:

$$G = \frac{2,94\Omega}{273 + \tau}$$

En donde:

- $\Omega$  = Es la presión barométrica, en kPa.
- $\tau$  = La temperatura ambiental en °C, en la tabla III.1 (b) del manual de diseño de obras civiles, diseño por viento, se indica en la ubicación, altitud y temperatura media anual de las ciudades más importantes de la república mexicana.

En la tabla III.3.5.6 se presenta la relación entre los valores de la altitud  $h_m$ , en metros sobre el nivel del mar, msnm, y la presión barométrica,  $\Omega$ .

La presión actuante sobre una construcción determinada  $P_z$ , en  $\text{kg}/\text{m}^2$ , se obtiene tomando en cuenta principalmente su forma y está dada, de manera general, por la ecuación:  $P_z = C_p q_z$

En donde el coeficiente  $C_p$  se denomina coeficiente de presión y es adimensional. Los valores de los coeficientes de presión para diversas formas estructurales y el cálculo de las presiones globales locales importantes.



Tabla III.3.5.6 Relación entre la altitud y la presión barométrica

ALTITUD (msnm)	Presión barométrica (kPa)
0	101,32
500	95,99
1000	89,92
1500	84,66
2000	79,99
2500	75,33
3000	70,66
3500	65,99

*Nota: Pueden interpolarse para valores intermedios de la altitud*

*Presiones de viento sobre componentes de las Subestaciones.*

*En el análisis dinámico, las presiones y fuerzas de diseño que aparecen cuando el viento actúa en una dirección dada se determinarán separadamente para dos direcciones ortogonales; una de ellas será aquella en la que el viento actúa, y la otra, la transversal a la anterior. Dichas fuerzas de diseño y la consecuente respuesta estructural se valorarán tomando como base la velocidad de diseño.*

*A fin de calcular la fuerza de diseño en la dirección del viento, para las estructuras tipos 2 y 3 se considerarán dos componentes: uno medio debido a la acción media viento asociada a un lapso promedio de 3 segundos, y uno dinámico caracterizado por el valor pico de la acción del viento. Estos dos componentes se toman en cuenta implícitamente en el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas*

*La presión total en la dirección del viento se calculará con la siguiente expresión:*

$$P_z = F_g C_a q_z$$





En donde:

- $F_g$ =Es el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas, adimensional,
- $C_a$ =El coeficiente de arrastre, adimensional, que depende de la forma de la estructura,
- $q_z$ = La presión dinámica de base en la dirección del viento, en  $\text{kg/m}^2$ , a una altura  $Z$ , en m, sobre el nivel del terreno

Fuerzas en la dirección del viento.

Las fuerzas que se generen en la dirección del viento sobre las estructuras prismáticas de los tipos 2 y 3 se calcularán multiplicando la presión  $p_z$  por el área,  $A_z$ , en  $\text{m}^2$ .

La fuerza total  $F$  sobre la estructura, en Kg, debida al flujo del viento, resultará de sumar la contribución de cada una de las fuerzas que actúa sobre el área expuesta o parte de ella, a una altura  $Z$  dada, según se muestra en la siguiente expresión:

$$F = \sum F_z = \sum p_z A_z$$

El momento de volteo máximo de diseño se determinará mediante la suma de los momentos producidos por cada una de las fuerzas  $F_z$ .



*Factores de respuesta dinámica debida a ráfagas.*

*En el diseño de las construcciones pertenecientes a los tipos 2 y 3 se tomarán en cuenta los efectos dinámicos debidos a la turbulencia en la dirección del viento, utilizando el factor de respuesta dinámica,  $F_g$ , el cual se determina con:*

$$F_g = \frac{1}{g^2} \left[ 1 + g_p \left( \frac{\sigma}{\mu} \right) \right]$$

- $g$  = Es un factor de ráfaga, variable con la altura  $Z$ .
- $g_p$  = el factor pico o de efecto máximo de la carga por viento, y
- $\frac{\sigma}{\mu}$  = la relación entre la desviación estándar (raíz cuadrada del valor cuadrático medio) de la carga por viento y el valor medio de la carga por viento.

*Todas las variables son adimensionales y se obtienen como a continuación se explica. La variación del factor de ráfaga con la altura  $Z$  se calcula con las siguientes expresiones.*

$$g = k \left[ \frac{10}{\delta} \right]^n \quad \text{si } Z \leq 10$$

$$g = k' \left[ \frac{Z}{\delta} \right]^N \quad \text{si } Z < Z \delta$$

$$g = k' \quad \text{si } Z \geq \delta$$

*En donde las variables  $k'$  y  $n$ , adimensional, dependen de la rugosidad del sitio de desplante, y  $\delta$  es la altura gradiente en m. estas variables se definen en la tabla III.3.5.7*

Tabla III.3.5.7 factores ( $k'$ ,  $n$ ,  $\delta$ )

Categoría	1	2	3	4
$K'$	1.224	1.288	1.369	1.457
$N$	-0.032	-0.054	-0.096	-0.151
$\delta$	245	315	390	455

La relación  $\frac{\sigma}{\mu}$ , que representa la variación de la carga debida a la turbulencia del viento, se calcula con ecuación:

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{k_r}{C_\alpha} \left[ B + \frac{SE}{\xi} \right]}$$

$K_r$  es un factor relacionado con la rugosidad del terreno:

Para terrenos con categoría = 1=0.06

Con categoría 2 = 0.08

Con categoría 3 = 1.10

Con categoría 4 = 0.14

$\xi$  = Es el coeficiente de amortiguamiento crítico:

Para construcciones formadas con marcos de acero = 0.01

Para aquellas formadas por marcos de concreto = 0.02

$B$  = Es el factor de excitación de fondo

$S$  = es el factor de reducción de tamaño



$E$  = el factor que representa la relación de la energía de ráfaga con la frecuencia Natural de la estructura.

El factor  $C_\alpha$  se define con las expresiones siguientes:

$$C_{\alpha'} = 3.46(F_T)^2 \left[ \frac{10}{\delta} \right]^{2\alpha'} \quad \text{si } H \leq 10$$

$$C_{\alpha'} = 3.46(F_T)^2 \left[ \frac{H}{\delta} \right]^{2\alpha'} \quad \text{si } 10 < H < \delta$$

$$C_{\alpha'} = 3.46(F_T)^2 \quad \text{si } H \geq \delta$$

En donde el factor de topografía  $F_T$ ,  $\delta$  es la altura gradiente establecida en la tabla III.3.5.4 y  $H$  la altura total de la construcción, ambas en metros, y  $\alpha'$  es igual a 0.13, 0.18, 0.245 o 0.31 según la categoría de terreno 1, 2, 3, o 4, respectivamente.

Las variables que intervienen en la ecuación de  $\alpha / \mu$  son adimensionales.

Por lo que respecta al coeficiente de amortiguamiento crítico,  $\zeta$ , en construcciones cilíndricas tales como chimeneas de acero, su valor puede encontrarse entre 0.0016 y 0.008 [3], según su estructuración y el tipo de material empleado. Podrán utilizarse otros valores de dicho coeficiente sólo si se justifican de manera adecuada con base en métodos analíticos o resultados de ensayos experimentales.

Por lo que concierne a los parámetros  $B$ ,  $S$ ,  $E$  y  $g_p$ , éstos se pueden calcular con ayuda de las gráficas de la figura 3.4.

En las gráficas de la figura 3.4,  $b/H$  es la relación entre el ancho  $b$ , y la altura  $H$ , de la construcción, ambos en  $m$  y corresponden al lado de barlovento.



Así mismo, la relación  $(3.6n_0H)/V'_H$  es la frecuencia reducida adimensional, en donde  $n_0$  es la frecuencia natural de vibración de la estructura, en Hz, y  $V_H$  es la velocidad media de diseño del viento, en Km/h. Dicha velocidad se calcula para la altura más elevada de la estructura,  $H$ , en m, y se determina a partir de la ecuación siguiente:

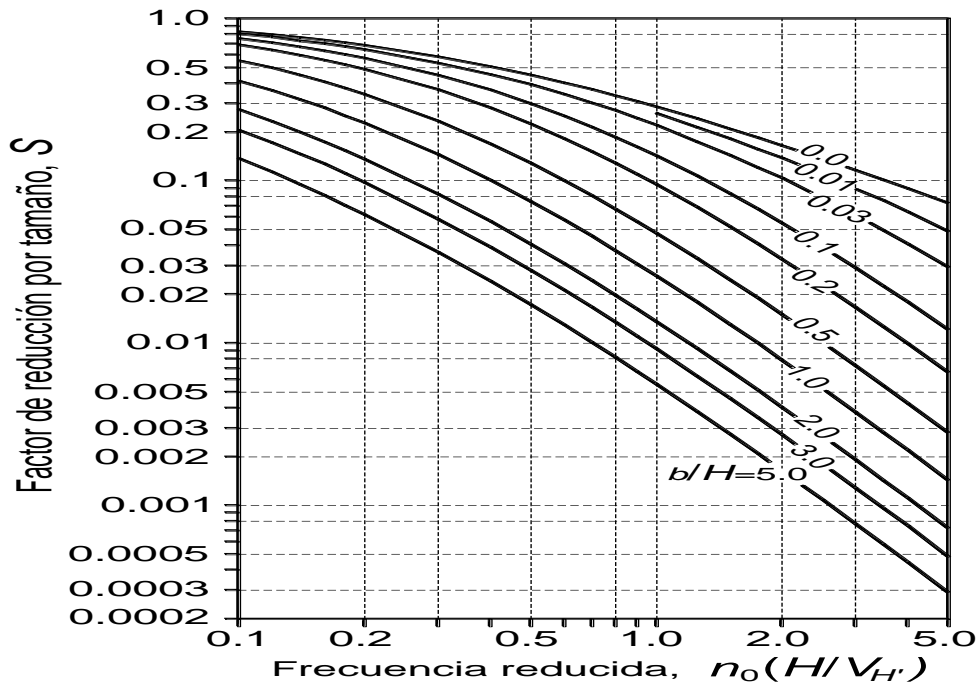
$$V'_H = \frac{1}{g_H} V_H$$

En donde  $g_H$  es el factor de ráfaga definido en párrafos anteriores de este mismo inciso, y se calcula para  $Z = H$ ; la velocidad de diseño  $V_H$ , en Km/h, también para  $Z = H$ .

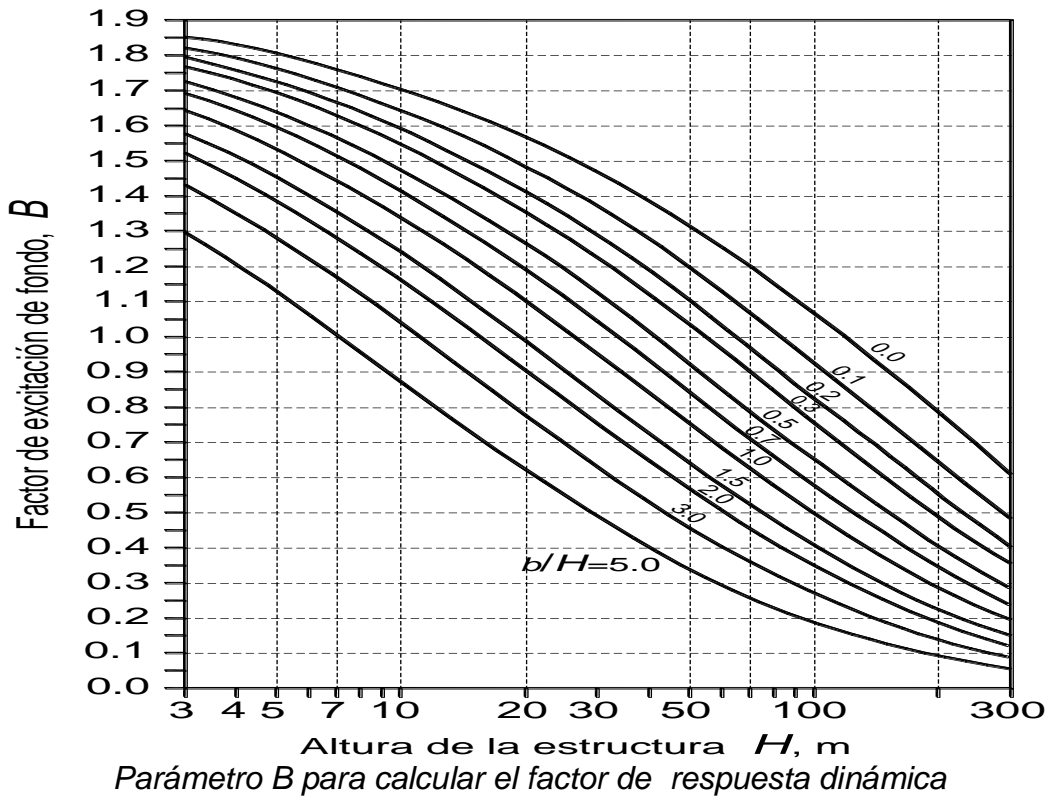
Así mismo, en la figura 3.4 aparece el número de ondas  $(3.6 n_0) V_H$ , en ondas/m, en donde  $n_0$  está en Hz y  $V_H$  en Km/h, determinados en el párrafo anterior.

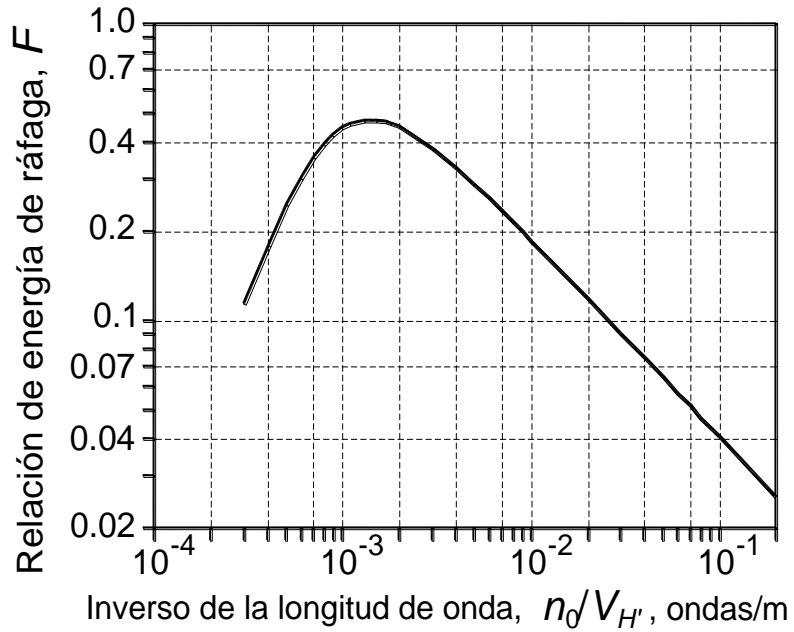
Finalmente, el factor de pico,  $g_p$ , se obtiene en función del coeficiente de rapidez de fluctuación promedio  $v$ , en Hz, el cual se define mediante:

$$v = n_0 \sqrt{\frac{S E}{S E + \xi B}}$$

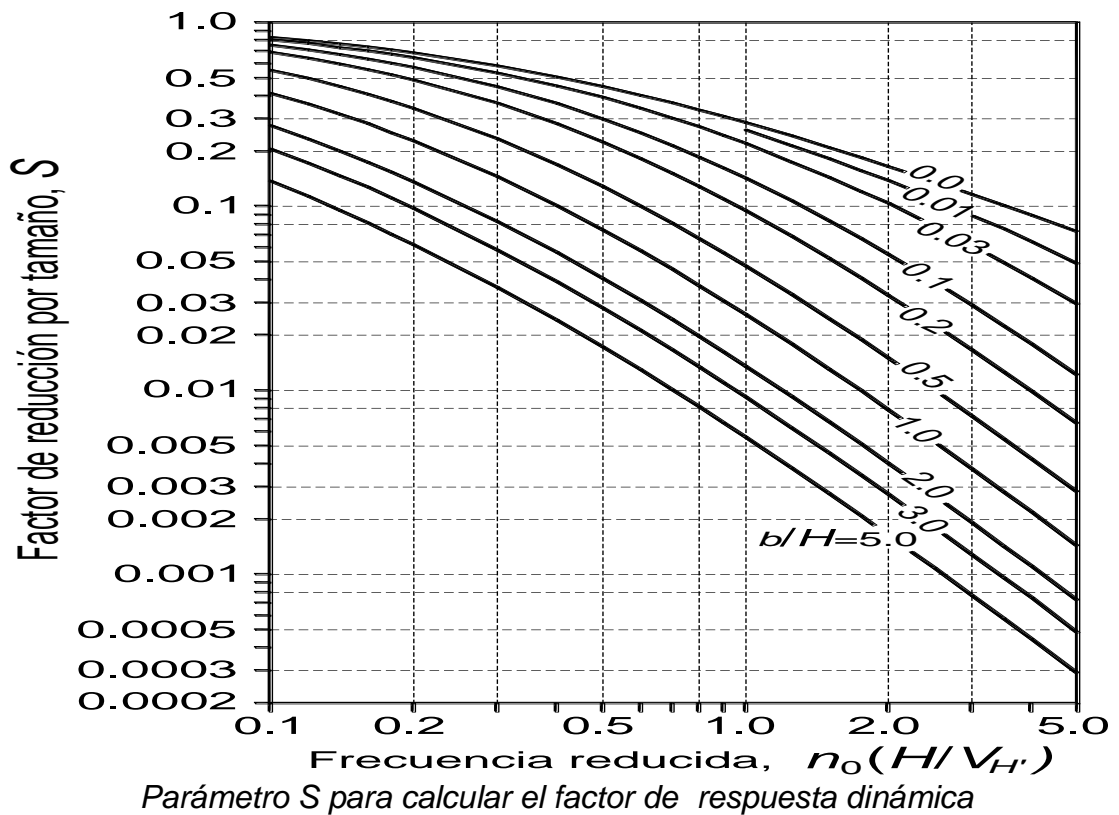


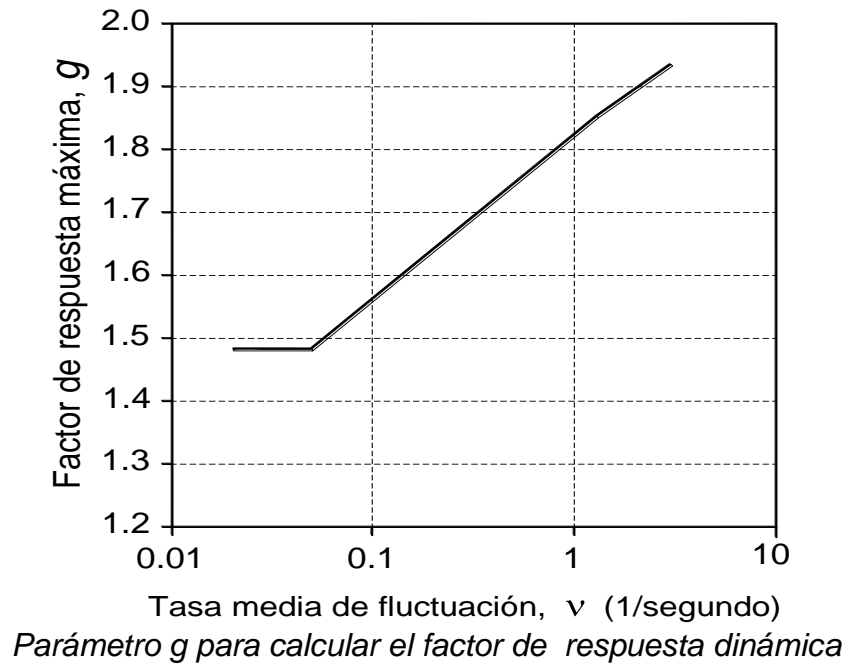
PARAMETROS PARA CALCULAR EL FACTOR DE RESPUESTA DINAMICA





PARÁMETROS  $F$  PARA CALCULAR EL FACTOR DE RESPUESTA DINÁMICA









## CAPÍTULO IV

### ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO

*La proporción de un elemento o miembro estructural está delimitado por un conjunto de reglas o normas de diseño llamadas especificaciones, las cuales incluyen una serie de formulas de diseño que orientan al diseñador en la verificación de la resistencia, rigidez, proporciones y una serie de criterios que determinan la aceptación del elemento estructural. Estas especificaciones están basadas en la experiencia obtenida por la observación del comportamiento de estructuras reales, así como por estudios teóricos de laboratorio llevados a la práctica sobre prototipos.*

#### IV.1 Material

*El material comúnmente usado en S.E es acero A-36 norma A.S.T.M., en el cual El contenido de carbono en el acero es variable y su presencia tiene gran influencia en ciertas características mecánicas del acero, como son: La dureza, resistencia a la tensión y ductilidad.*

*El diseño de estructuras que soportan cargas calculadas a esfuerzos especificados, se basa en la suposición de que se puede depender de ciertas propiedades mecánicas de los materiales estructurales para cumplir con los requerimientos definidos. Las normas que se utilizan para materiales estructurales son las de “American Society for Testing and Materiales” (ASTM)*



## PROPIEDADES MÍNIMAS DEL ACERO ESTRUCTURAL

Designación S. T. M. 8	Fluencia Kg/cm <sup>2</sup> (Fy)	Resistencia Kg/cm <sup>2</sup> (Fu)	Alargamiento % en 203 mm
Aceros al carbón			
<u>A36</u>	2530	4080-5620	20
<u>A529</u>	<u>A529</u>	4220-5980	19
Aceros Alta Resistencia: A242, A440, A441			
Hasta de 19 mm de espesor	3520	4920	18
Mas de 19 mm y hasta 38 mm	3230	4710	19
Mas de 38 mm y hasta 102 mm	2950	4430	16
A 572			
Grado 42 hasta 102 mm	2950	4220	20
Grado 45 hasta 38 mm	3160	4220	19
Grado 50 hasta 38 mm	3520	4570	18
Grado 55 hasta 38 mm	3870	4920	17
Grado 60 hasta 25 mm	4220		
Grado 65 hasta 13 mm	4570		
Aceros templados recalentados A514			
Hasta 63 mm	7030	8080-9490	18
Más de 63 y hasta 102 mm	6330	7380-9490	17



## IV.2 Métodos de Diseño

En este tipo de estructuras se deberá cumplir con una función específica, estar dentro los límites de seguridad requeridos y que bajo condiciones de trabajo o de servicio tenga un comportamiento adecuado, considerando adicionalmente parámetros como economía y estética.

### Método de los esfuerzos de trabajo

Un miembro estructural sometido a diversas combinaciones de carga de servicio (cargas que actúan sobre la estructura durante su vida útil) se selecciona de tal manera que el máximo esfuerzo calculado no exceda de un valor permisible eespecificado.

$F_y =$	Esfuerzo de Fluencia del acero Es el valor mínimo garantizado del esfuerzo correspondiente al límite inferior de fluencia del material.	(Kg/cm <sup>2</sup> )
$F_u =$	Resistencia ultima a la tensión Es el esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión.	(Kg/cm <sup>2</sup> )
$F_{ac} =$	Carga axial calculada a compresión	(Kg)
$f_{aT} =$	Carga axial calculada a tensión	(Kg)
$f_a =$	Esfuerzo actuante en compresión	(Kg/cm <sup>2</sup> )
$F_a$	Esfuerzo permisible en compresión	(Kg/cm <sup>2</sup> )
$f_t =$	<i>Esfuerzo actuante en tensión</i>	<i>(Kg/cm<sup>2</sup>)</i>
$F_t =$	<i>Esfuerzo permisible en tensión</i>	<i>(Kg/cm<sup>2</sup>)</i>
$F_v =$	Resistencia al cortante	(Kg)
$F_p =$	Resistencia al aplastamiento	(Kg)
$f_v =$	<i>Esfuerzo cortante calculado</i>	<i>(Kg/cm<sup>2</sup>)</i>
$E =$	Módulo de elasticidad del acero	(Kg/cm <sup>2</sup> )



*Los esfuerzos se determinan mediante un análisis elástico.*

*Cargas de diseño = Cargas de servicio*

*Esfuerzos calculados  $\leq$  Esfuerzos permisibles*

*Método plástico o de factor de carga.*

*Un miembro estructural sometido a diversas combinaciones de carga de servicio multiplicadas por un factor de carga se selecciona de tal manera que las fuerzas en el miembro no excedan de la resistencia última de éste previamente especificada.*

*Cargas de diseño = Cargas de servicio  $\times$  un factor de carga*

*Carga calculada = Resistencia última*

*Existen otros métodos como son:*

*Métodos probabilísticos.*

*Diseño por modelos (experimental).*

*Para el objetivo de este diseño utilizaremos el método exacto.*

### *IV.3 Diseño de elementos estructurales*

*La filosofía del diseño de un elemento estructural está basada fundamentalmente en el mecanismo de falla proporcionado por el elemento mecánico que lo solicita de esta forma dependiendo del tipo de que sea este, puede diseñarse bajo efecto de tensión, compresión flexión, torsión o una combinación de estos como: Flexocompresión, flexotensión.*



*De tal forma que dichos elementos mecánicos no rebasen ciertos valores límite. Adicionalmente a estos requerimientos de resistencia, el diseño puede involucrar otros diferentes como:*

*Fenómenos de inestabilidad (pandeo), fatiga y vibraciones en donde los esfuerzos no determinan directamente el diseño.*

*Capacidad de miembros sometidos a compresión axial.*

*Para el dimensionamiento de los elementos estructurales, se adoptan las recomendaciones dadas en la *Guide for Design of Steel Transmission Towers* del A.S.C.E. el cual hace algunas adecuaciones a las fórmulas de capacidades de columnas sujetas a carga axial, que contempla el A.I.S.C. en su capítulo correspondiente a las especificaciones para el diseño, fabricación y montaje de edificios con estructura de acero, las cuales han sido dirigidas principalmente a los perfiles estructurales que se utilizan comúnmente en edificios y estructuras similares, de acuerdo a las investigaciones del *Column Research Council (C.R.C.)* “Consejo para la Investigación de la Columna”.*

*Considerando lo anterior el A.S.C.E. adopta las fórmulas del C.R.C. para el rango inelástico y de Euler para el rango elástico.*

*La falla de un elemento estructural sujeto a una carga axial de compresión se puede presentar de dos formas:*

- por pandeo general del elemento estructural.*
- por pandeo local de los elementos que lo forman.*



*El concepto de columna en el caso de la estructura mayor se puede aplicar a cualquier elemento estructural recto sujeto a una fuerza axial de compresión, puesto que la capacidad de carga de una columna es inversamente proporcional a su relación de esbeltez ( $kl/r$ ), por lo tanto es necesario mantener este valor tan bajo como sea posible con el objeto de reducir su capacidad a compresión debido al fenómeno de pandeo, de esta forma para una longitud dada, la sección transversal deberá tener un radio de giro lo más alto posible.*

*En el caso de perfiles angulares la sección óptima, sería aquella que a un momento de inercia dado corresponda el área mínima y esto se lograría proporcionando secciones de alas grandes “  $b$  ” y espesores pequeños “  $t$  ”, pero esto lleva a una posible falla por “pandeo local”, en donde cada ala del ángulo se comporta a su vez como una columna cuya alta relación ancho-espesor ( $b/t$ ), propicia el colapso de la sección para cargas menores de las correspondientes para el pandeo total.*

*Para efectos de cálculo de la relación de ancho/espesor ( $b/t$ ) de perfiles estructurales en ángulos, laminados o de placa doblada, se considera como ancho efectivo a la distancia entre el borde del ángulo y el punto donde se inicia la curvatura.*

*Las especificaciones A.I.S.C. fijan relaciones ancho-espesor ( $b/t$ ) que garantizan, que nunca se presentarán fallas locales por pandeo, para esfuerzos menores que el correspondiente al límite de fluencia del material, por lo tanto esas relaciones son fijas e independientes de la esbeltez en conjunto del miembro.*

*Para acero A-36, con un  $F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$  no compactado.  $b/t \leq 12,72$*

*Para acero AR (alta resistencia), con un  $F_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$  no compactado.*

*$b/t \leq 10,12$*



Cuando las relaciones ancho-espesor ( $b/t$ ) exceden a las especificaciones lo que se hace es reducir el esfuerzo crítico de la pieza en compresión, para garantizar que no se presente pandeo local en la pieza, antes de que ésta falle en conjunto.

Se recomienda que en ningún caso se empleen elementos cuya relación  $b/t$  exceda de 20 y que los espesores de los miembros que componen las estructuras mayores no deben tener un espesor menor de 4 mm. Esto con el fin de considerar el fenómeno de corrosión de los mismos.

El A.I.S.C. en su Manual de Construcción de Acero (Apéndice B), recomienda una reducción directa al esfuerzo crítico de la pieza en compresión, considerando un ancho efectivo, en lugar del ancho real del perfil a utilizar, el factor de reducción ( $Q_s$ ) es una relación de áreas, de área efectiva o especificada en compresión entre área real de la sección.

Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas, Unidad 2.3 Sección 2.3.6.1; para ángulos aislados no atiesados comprimidos incluye  $Q_s$  para cuando:

$$\begin{aligned} b/t < 640/\sqrt{F_y} & ; & Q_s = 1,0 \\ 640/\sqrt{F_y} < b/t < 1300/\sqrt{F_y} & ; & Q_s = 1,32 - 0,00053 (b/t) \sqrt{F_y} \\ b/t \geq 1300/\sqrt{F_y} & ; & Q_s = 1'090,000/[F_y(b/t)^2] \end{aligned}$$

Las piezas comprimidas sumamente cortas pueden fallar por plastificación completa en sus secciones transversales cuando sobre ellas actúa una carga de intensidad donde:

$$P_y = A F_y$$

Donde:  $P_y$  = Falla por plastificación  
 $A$  = Área de la sección transversal crítica  
 $F_y$  = Esfuerzo de fluencia del material





*Este caso constituye la condición límite de pandeo de piezas comprimidas, correspondiente a relación de esbeltez que tiende a cero.*

*En resumen los miembros sujetos a compresión axial están en general formados por varios elementos planos y es posible que estos alcancen un estado de equilibrio inestable y se pandeen localmente antes de que la pieza falle en forma general. La condición fundamental que rige el diseño respecto al pandeo local, de acuerdo con las especificaciones A.I.S.C., es que el miembro puede alcanzar el esfuerzo de fluencia del material, sin que se presente el fenómeno de “pandeo local”, independientemente del esfuerzo crítico de pandeo del miembro considerado en conjunto.*

#### *IV.4 Pandeo.*

*Se define como pandeo a la pérdida repentina de resistencia que acompaña a la aparición de fuertes deformaciones, independientemente de que los esfuerzos hayan o no llegado al punto de fluencia. Iniciando el pandeo los desplazamientos laterales provocan que los esfuerzos crezcan rápidamente y se llegue pronto al intervalo inelástico, de tal forma que la falla se presenta siempre en éste intervalo, el fenómeno de pandeo no es un problema de esfuerzo, sino de estabilidad, por esa razón las fórmulas originales que representan este fenómeno se refieren a cargas críticas no a esfuerzo, sin embargo por razones prácticas estas cargas se traducen en esfuerzos.*

#### *Pandeo elástico.*

*La determinación de la carga crítica de una columna esbelta, doblemente articulada y de sección transversal constante fue resuelta por “Leonardo Euler” con la siguiente expresión:*

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2} \text{-----}(1)$$



donde:  $P_{cr}$  = Carga crítica de Euler

$E$  = Módulo de elasticidad del material

$I$  = Momento de inercia de la sección

$L$  = Longitud de la pieza

Para obtener el esfuerzo crítico, es decir cuando se inicia el pandeo, el resultado de la ecuación (1) puede ser expresado en forma diferente dividiendo entre el área de la sección transversal resulta:

$$\frac{P_{cr}}{A} = \frac{\pi^2 EI}{L^2 A}$$

Y llamando al esfuerzo de compresión promedio para la carga de pandeo  $P_{cr}/A = \sigma_{cr}$  (esfuerzo crítico) y recordando que el radio de giro se define como

$r = \sqrt{I/A}$  esto es  $I = Ar^2$ , la fórmula de Euler puede escribirse como:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 EAr^2}{L^2 A} = \frac{\pi^2 Er^2}{L^2}$$

Dividiendo el numerador y el denominador por  $r^2$  se llega a:

$$F_a = \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2} \text{-----(2)}$$

**Pandeo inelástico.**

“Engesser y Shanler”, formularon la teoría inelástica comprobando que las fórmulas de “Euler” no son aplicables a columnas cortas o de longitud intermedia en las que se alcanza el límite de proporcionalidad antes que el esfuerzo crítico del pandeo elástico.



Para ambos tipos de pandeo el C.R.C. ha afinado estas teorías y dirigiendo su investigación a la sección estructural en ángulo, ha introducido ciertas reducciones de la capacidad de carga, en columnas por conceptos como esfuerzos residuales (generados durante el proceso de laminación), condiciones de excentricidades pequeñas en la aplicación de las cargas.

Considerando lo anterior el A.S.C.E. Adopta las fórmulas del C.R.C. Para el rango inelástico con valores de  $0 \leq kl/r \leq Cc$  y la inestabilidad general de un miembro sujeto a compresión axial está definida por los esfuerzos críticos de Euler para un rango elástico, con valores de  $Cc < kl/r \leq 200$ ; en la curva de capacidades de carga/metro-relación de esbeltez, la separación entre ambos rangos la marca el valor de  $kl/r$  llamado  $Cc$  relación de esbeltez efectiva para la cual el esfuerzo crítico corresponde a la mitad del esfuerzo de fluencia.

*Relación de esbeltez.*

Para el diseño de un miembro estructural sujeto a cargas de compresión, la longitud libre de pandeo estará determinada por las condiciones de apoyo de éste en el momento en que ha sido estructurada la S.E.

Se pretende que el elemento sea lo suficientemente resistente para soportar las solicitaciones a que estará sujeto sin dejar de pensar en la economía de la estructura, por lo que se buscará aquél que reúne las mayores características de peso/eficiencia.

El esfuerzo disminuye para valores altos de  $L/r$  por lo que es preferible tener un valor mínimo de  $L/r$  para una sección transversal considerada, siempre y cuando este no afecte las condiciones económicas y de estabilidad en la S.E.



Las relaciones de esbeltez máximas ( $L/r$ ) permitidas por CFE para elementos estructurales sujetos a esfuerzos de compresión son:

Para miembros principales a compresión:  $L/r \leq 150$

Para diagonales con esfuerzos calculados a compresión:  $L/r \leq 200$

Para redundantes a compresión:  $L/r \leq 250$

para miembros con trabajo a tensión únicamente:  $L/r \leq 350$

Capacidad de miembros sometidos a tensión axial

Las capacidades de carga para elementos estructurales sujetos a cargas de tensión axial está dada por la siguiente expresión:

$$F_t = F_r \times F_y \times A_n$$

Donde:  $F_t$  = Esfuerzo permisible en tensión

$F_r$  = Factor de reducción igual a 0.9

$F_y$  = Límite de fluencia del acero utilizado

$A_n$  = Área neta

En el diseño de miembros en tensión, es importante tomar en cuenta los agujeros para conectores, la tensión actuará sobre el área neta de la sección transversal del ángulo, la cual está determinada por el área total de la sección, menos el área definida por el diámetro del tornillo y el espesor del material, en donde el diámetro del barreno deberá tomarse 1.6 mm (1/16") mayor que la dimensión nominal del tornillo.

$$f_t = \frac{f_a}{A_n} \text{-----}(8)$$

$$A_n = A_T - (\sum r + 1,6)(t \times N_a) \text{-----}(9)$$



Donde:

$f_t =$  Esfuerzo actuante en tensión.

$f_{aT} =$  Carga axial calculada a tensión.

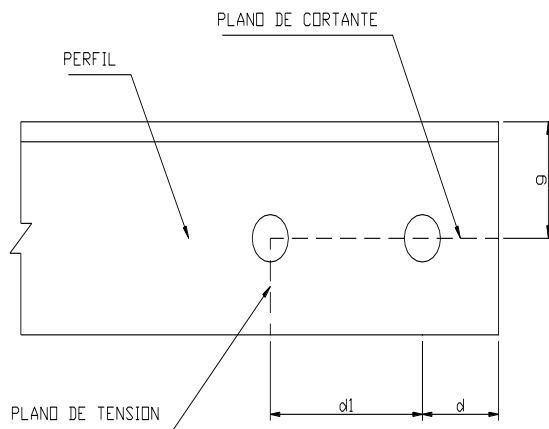
$A_n =$  Área neta.

$A_T =$  Área total de la sección.

$\varnothing_T =$  Diámetro del tornillo.

$t =$  Espesor de la placa o perfil.

$N_a =$  Número de agujeros para descuento.



Arreglo para dos tornillos

$d$ .- Distancia al borde mínimo 1.5 tornillo.

$D_1$ .- Distancia entre tornillos mínimo 3.0f tornillo

Figura IV.4.1 Ejemplo con dos tornillos alineados en la celosía



Cuando en la misma sección transversal se encuentran 2 tornillos alineados se deberá considerar la reducción de área y la relación  $L/r$ , para miembros en tensión no podrá ser mayor de 375 para evitar que se presenten fenómenos de vibración por la acción del viento a incidir sobre los elementos estructurales. Figura No. IV.4.1

La capacidad de aplastamiento del ángulo debido a la acción del tornillo sobre el material está dada por la siguiente expresión:

$$F_a = F_r \times 2,25 \times F_y \times A_n \text{ -----}(10)$$

Donde:

$F_r$  = Factor de reducción igual a 0,9.

$F_y$  = Límite de fluencia del acero utilizado.

$A_n$  = Área neta.

Sin embargo la capacidad al aplastamiento de los perfiles empleados en este tipo de estructuras es aproximadamente el 50%, más de la capacidad que tiene cada elemento a la compresión.

*Criterios de longitud de diseño.*

*En miembros principales, la longitud efectiva entre apoyos, la considera igual a la longitud de diseño; dividida por su mínimo radio de giro para cálculo de la relación de esbeltez  $l/r_z$ ; el factor de longitud efectiva que considera las diferencias entre los tipos de apoyos de la columna ideal a la columna real, en este caso como ya se dijo anteriormente  $k=1$  por suponerse la estructura como una armadura, que está compuesta por columnas ideales.*



- $l_e$  = Longitud efectiva entre apoyos, igual a la longitud de diseño.  
 $l/r_z$  = Relación de esbeltez.  
 $r_z$  = Radio de giro mínimo.

#### *Diseño de conexiones.*

*Las conexiones atornilladas para estructuras mayores están normalmente diseñadas para resistir y transmitir cargas de un elemento a otro. Las conexiones se pueden clasificar de acuerdo con la forma de transmitir la carga.*

*Cuando la carga se transmite en una conexión a cortante únicamente por la fricción producida entre las placas, debido a grandes fuerzas de apriete, se le denomina “conexión por fricción” y no se permite ningún deslizamiento entre las placas. Cuando la carga se transmite por el apoyo entre las placas y los conectores, ocasiona:*

*Esfuerzos de corte: Las conexiones cargadas como se indica en las figuras 22<sup>a</sup> y b tienden a cortar los tornillos y se denominan conexiones a cortante; las que hacen fallar los tornillos por tensión se les denomina conexiones a tensión.*

- b) Esfuerzos de aplastamiento.  
conexión por aplastamiento en los tornillos.*
- c) Aplastamiento en la placa conectada.  
conexión por aplastamiento en la placa.*

*En el caso de estructuras mayores se consideran del tipo aplastamiento con la rosca del tornillo incluida en el plano de corte.*





*Tipos de fallas.*

*La resistencia de una conexión con tornillos depende del tipo de falla que se pueda presentar en el punto de cálculo.*

- a) Falla por tensión en la sección estructural.*
- b) Falla por cortante en el tornillo*
- c) Falla por aplastamiento entre el tornillo y la placa.*
- d) Falla por desgarramiento de la placa o sección distancia insuficiente al borde.*

*Dependiendo del tipo de falla que pueda sufrir la junta atornillada se determinará el método de diseño para revisar.*

*Para el caso presentado en “a” será diseñado y/o revisado el elemento estructural o la placa de unión proponiendo un ancho y espesor.*

*Para el caso “b” se diseña el tornillo según recomendaciones de ASTM.*

*Para el caso “c” se diseña el tornillo y la placa o el elemento estructural según recomendaciones de A.S.C.E.*

*Para el caso “d” se diseña la placa o la sección estructural revisando la distancia al borde.*

*Selección del diámetro de tornillos.*

*Para la selección del diámetro de los tornillos, se debe tomar en cuenta lo siguiente:*

*Limitaciones de las especificaciones de C.F.E. en cuanto al diámetro mínimo y número de diámetros diferentes para ser utilizados en la estructura.*



- a) *La limitación del ancho de los perfiles que forman parte de la junta.*
- b) *La uniformidad de la junta (tornillos de un solo diámetro) para mejorar las condiciones de fabricación y construcción.*

*A continuación se muestran las tolerancias de fabricación, distancias a las orillas y entre centros de taladros según las Especificaciones de C.F.E*

#### *Tornillos, anclas y tuercas*

*El acero de tornillos debe cumplir con la norma NMX-H-124.*

*Las tuercas deben ser de acuerdo a la referencia [10] del capítulo 9 de esta especificación. El acero de fabricación para anclas debe ser NMX-B-254 grado 75 con fy mínimo de 514,9 MPa.*

#### *Tolerancias y ajustes de fabricación*

##### *-Placas base*

- *longitud: + 6 mm,*
- *diámetro de barrenos + 2 mm,*
- *localización de barrenos: + 2 mm.*

##### *- Anclas*

- *longitud: + 25 mm.*



*- Barrenos*

*El diámetro de los barrenos debe ser de 1,6 mm mayor que el diámetro del tornillo respectivo.*

*La conicidad de los barrenos punzonados no debe exceder de 0,8 mm entre diámetros máximo y mínimo.*

*Las tolerancias deben ser, entre:*

- gramiles: 0,4 mm,*
- centro de barrenos: 0,8 mm,*
- centros de grupos de barrenos: 1,6 mm.*

*- Taladros*

*El diámetro de los taladros debe ser de 1.6 mm (1/16") mayor que el diámetro del tornillo respectivo, para espesores mayores de 15.9 mm (5/8") podrá ser de 3.2 mm.*

- La conicidad de los taladros punzonados no debe exceder de 1.2 mm (3/64") entre diámetros, máximo y mínimo.*
- Las tolerancias son entre:*

<i>Gramiles</i>	<i>= 0.4 mm</i>	<i>1/64"</i>
<i>Centro de taladros</i>	<i>= 0.8 mm</i>	<i>1/32"</i>
<i>Centro de grupos de taladros</i>	<i>= 1.6 mm</i>	<i>1/16"</i>

*Las distancias a las orillas y espaciamentos mínimos entre centros de tornillos se muestran en la siguiente tabla:*



TABLA IV.4.1 Distancia a la orilla y entre centros de taladros

SEPARACIÓN ENTRE CONECTORES			DISTANCIA MÍNIMA A LA ORILLA	
Diámetro del tornillo (mm)	Separación mínima (mm)	Espesor del material (mm)	Distancia a la orilla laminada (mm)	Distancia a la orilla cortada (mm)
12.7	36	Hasta 4.8	16	19
		Mayor de 4.8	19	22
15.9	40	Hasta 4.8	19	22
		Mayor de 4.8	22	25
19.1	50	Hasta 4.8	22	25
		Mayor de 4.8	25	29
22.2	58	Hasta 4.8	25	29
		Mayor de 4.8	29	32

- Doblado

Los dobleces mayores de 5 grados se deben hacer en caliente, a temperatura de 600 a 650 grados centígrados para materiales hasta espesores de 12,7 mm y de 850 a 950 grados centígrados cuando son mayores.

Empalmes, uniones tipo

- Unión a Tope, los tornillos trabajan a cortante doble.
- Unión a Traslape, los tornillos trabajan a cortante simple.



## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SUBESTACION DE NOPALA

#### V.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

Se realiza el análisis y diseño estructural del marco a base de celosía (estructura mayor) para la subestación de Nopala, ubicada en la ciudad de Torreón Coahuila .....

#### V.2 DATOS DEL PROYECTO

Ubicación= Torreón Coahuila

Altura sobre el nivel de mar 1013 m

Velocidad Regional 200 Años  $V_r = 180 \text{ Km/h}$

Temperatura promedio a nivel de mar  $t = 20,50 \text{ C}^a$

Altura máxima de la estructura 14,00 m

Estructuras con grado de seguridad alto Grupo A

$F_t$  = Factor de topografía 1,00 Terreno prácticamente plano.

Categoría del terreno 2 Terreno plano u ondulado con pocas

#### V.3 COMBINACIONES Y FACTORES DE CARGA

Los tipos de cargas consideradas fueron:

- 1.- peso propio de la estructura + Peso del equipo (PP+PE).
- 2.- Tensiones Máximas de los Cables en Condiciones Normales (TMCCN).
- 3.- Tensiones de Trabajo de los Cables en Condiciones Normales (TTCCN).
- 4.- Tensiones Máximas de los Cables en Condiciones Desbalanceadas (TMCCD).



5.- Tensiones de Trabajo de los Cables en Condiciones Desbalanceadas (TTCCD).

6.- Viento Máximo en dirección X (VMX)

7.- Viento Máximo en dirección Z (VMZ)

8.- Viento Medio en dirección X (VMEX)

9.- Viento Medio en dirección Z (VMEZ)

Combinaciones de carga, se consideran los siguientes casos de cargas.

1,4 (PP+PEC+TTCCN)

1,2 (PP+PEC+TMCCN)+1.3 PvmPE

1,2 (PP+PEC+TTCCN)+1.3 PvmNE

1,2 (PP+PEC+TMCCD)+1.3 PvmPE

1,2 (PP+PEC+TTCCD)+1.3 Pvm45°

1,2 (PP+PEC+TMCCN)+1.3 PVMPE

1,2 (PP+PEC+TTCCN)+1.3 PVMNE

1,2 (PP+PEC+TMCCD)+1.3PVMPE

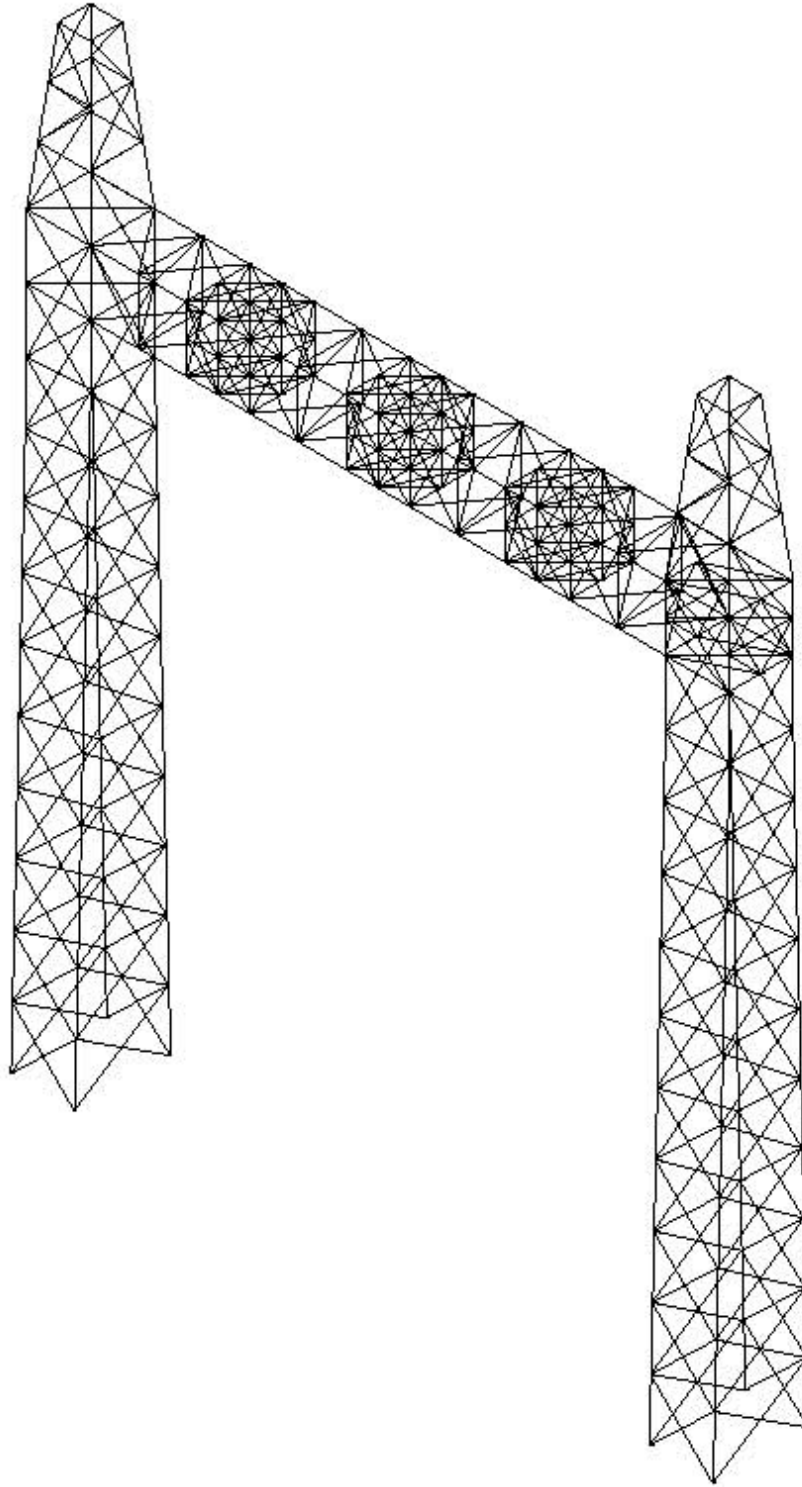
1,2 (PP+PEC+TTCCD)+1.3PVMNE

1,2 (PP+PEC+ TTCCN)+1.3 Pvm45°

1,2 (PP+PEC+ TTCCD) )+1.3PVMPE.



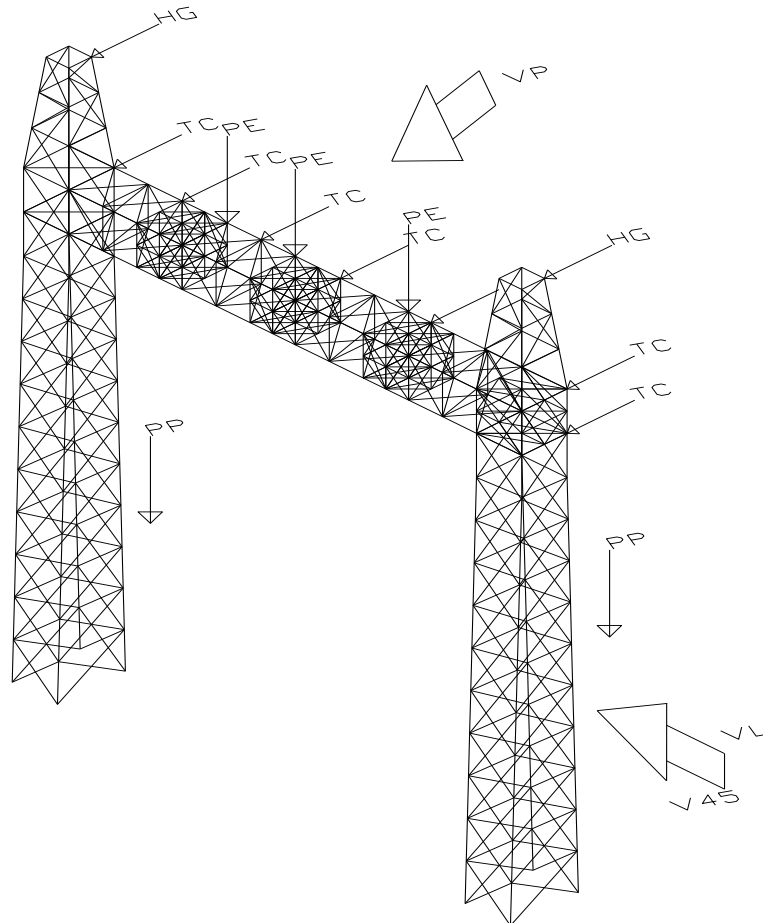
V.4 MODELO ESTRUCTURAL PROGRAMA STAAD-Pro.







## CONDICIONES REALES DE CARGA Y CONDICIONES CONSIDERADAS PARA DISEÑO



Donde:

*HG= Tensión de hilo de guarda*

*TC= Tensión de cables*

*PP= presión propio de la estructura*

*VP= Viento perpendicular a la estructura*

*VL= Viento lateral a la estructura*

*V45= Viento a 45 grados sobre la estructura*



### V.5 ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### Cálculo de la frecuencia natural de la estructura

```

*****
*      STAAD.Pro      *
*      Version 2004  Bld 1001.INDIA      *
*      Proprietary Program of      *
*      Research Engineers, Intl.      *
*      Date=  MAY 8, 2011      *
*      Time=  18:27: 7      *
*
*
*      USER ID: Snow Panther [LZ0]      *
*****

```

INPUT FILE: FRECUENCIA DE PORT. REMATE 115.STD

1. STAAD TRUSS
2. START JOB INFORMATION
3. JOB NAME S.E.NOPALA
4. JOB CLIENT UNAM
5. JOB PART PORTAL DE REMATE BAHIA DE 115 KV
6. ENGINEER NAME ZMM
7. CHECKER NAME M. EN ING. MARIO SOSA
8. APPROVED NAME M. EN ING. MARIO SOSA
9. ENGINEER DATE MAYO 2011
10. CHECKER DATE MAYO 2011
11. APPROVED DATE MAYO 2011
12. END JOB INFORMATION
13. INPUT WIDTH 79
14. UNIT CM KG
15. JOINT COORDINATES
16. 1228 5400.01 1150 25.0001; 1229 5400.01 1050 25.0001; 1230 5400.01 1050 125
17. 1231 5400.01 1150 125; 1236 5400.01 95.0002 2.50001; 1237 5400.01 0 0
18. 1238 5500.01 95.0002 2.50001; 1239 5500.01 0 0; 1240 5500.01 0 150
19. 1241 5500.01 95.0002 147.5; 1242 5400.01 95.0002 147.5; 1243 5400.01 0 150
20. 1244 5400.01 190 5.00001; 1245 5500.01 190 5.00001; 1246 5500.01 190 145
21. 1247 5400.01 190 145; 1248 5400.01 285.001 7.50002
22. 1249 5500.01 285.001 7.50002; 1250 5500.01 285.001 142.5
23. 1251 5400.01 285.001 142.5; 1252 5400.01 380.001 10; 1253 5500.01 380.001 10
24. 1254 5500.01 380.001 140; 1255 5400.01 380.001 140; 1256 5400.01 475.001 12.5
25. 1257 5500.01 475.001 12.5; 1258 5500.01 475.001 137.5
26. 1259 5400.01 475.001 137.5; 1260 5400.01 570.001 15; 1261 5500.01 570.001 15
27. 1262 5500.01 570.001 135; 1263 5400.01 570.001 135; 1264 5400.01 665.001 17.5
28. 1265 5500.01 665.001 17.5; 1266 5500.01 665.001 132.5
29. 1267 5400.01 665.001 132.5; 1268 5400.01 760.002 20; 1269 5500.01 760.002 20
30. 1270 5500.01 760.002 130; 1271 5400.01 760.002 130; 1272 5400.01 855.002 22.5
31. 1273 5500.01 855.002 22.5; 1274 5500.01 855.002 127.5
32. 1275 5400.01 855.002 127.5; 1276 5400.01 950.002 25.0001
33. 1277 5500.01 950.002 25.0001; 1278 5500.01 950.002 125
34. 1279 5400.01 950.002 125; 1280 5500.01 1050 25.0001; 1281 5500.01 1050 125
35. 1282 5500.01 1150 25.0001; 1283 5500.01 1150 125; 1284 5409.01 1240 34.0001
36. 1285 5491.01 1240 34.0001; 1286 5409.01 1240 116; 1287 5491.01 1240 116
37. 1288 5417.01 1320 42.0001; 1289 5483.01 1320 42.0001; 1290 5417.01 1320 108
38. 1291 5483.01 1320 108; 1292 5425.01 1400 50.0001; 1293 5475.01 1400 50.0001
39. 1294 5425.01 1400 100; 1295 5475.01 1400 100; 1456 4700.01 1050 125
40. 1457 4700.01 1050 75.0002; 1458 4700.01 1150 125; 1459 4700.01 1150 75.0002
41. 1460 4700.01 1150 25.0001; 1461 4700.01 1100 25.0001; 1462 4700.01 1100 125
42. 1463 4700.01 1050 25.0001; 1464 4950.01 1050 125; 1465 4950.01 1050 75.0002
43. 1466 4950.01 1150 125; 1467 4950.01 1150 75.0002; 1468 4950.01 1150 25.0001
44. 1469 4950.01 1100 25.0001; 1470 4950.01 1100 125; 1471 4950.01 1050 25.0001
45. 1480 5200.01 1050 125; 1481 5200.01 1050 75.0002; 1482 5200.01 1150 125
46. 1483 5200.01 1150 75.0002; 1484 5200.01 1150 25.0001
47. 1485 5200.01 1100 25.0001; 1486 5200.01 1100 125; 1487 5200.01 1050 25.0001
48. 1500 4400.01 95.0002 2.50001; 1501 4400.01 0 0; 1502 4500.01 95.0002 2.50001
49. 1503 4500.01 0 0; 1504 4500.01 0 150; 1505 4500.01 95.0002 147.5
50. 1506 4400.01 95.0002 147.5; 1507 4400.01 0 150; 1508 4400.01 190 5.00001



- 51. 1509 4500.01 190 5.00001; 1510 4500.01 190 145; 1511 4400.01 190 145
- 52. 1512 4400.01 285.001 7.50002; 1513 4500.01 285.001 7.50002
- 53. 1514 4500.01 285.001 142.5; 1515 4400.01 285.001 142.5
- 54. 1516 4400.01 380.001 10; 1517 4500.01 380.001 10; 1518 4500.01 380.001 140
- 55. 1519 4400.01 380.001 140; 1520 4400.01 475.001 12.5; 1521 4500.01 475.001 12.5
- 56. 1522 4500.01 475.001 137.5; 1523 4400.01 475.001 137.5
- 57. 1524 4400.01 570.001 15; 1525 4500.01 570.001 15; 1526 4500.01 570.001 135
- 58. 1527 4400.01 570.001 135; 1528 4400.01 665.001 17.5; 1529 4500.01 665.001 17.5
- 59. 1530 4500.01 665.001 132.5; 1531 4400.01 665.001 132.5
- 60. 1532 4400.01 760.002 20; 1533 4500.01 760.002 20; 1534 4500.01 760.002 130
- 61. 1535 4400.01 760.002 130; 1536 4400.01 855.002 22.5; 1537 4500.01 855.002 22.5
- 62. 1538 4500.01 855.002 127.5; 1539 4400.01 855.002 127.5
- 63. 1540 4400.01 950.002 25.0001; 1541 4500.01 950.002 25.0001
- 64. 1542 4500.01 950.002 125; 1543 4400.01 950.002 125; 1544 4400.01 1050 25.0001
- 65. 1545 4400.01 1050 125; 1546 4500.01 1050 25.0001; 1547 4500.01 1050 125
- 66. 1548 4400.01 1150 25.0001; 1549 4400.01 1150 125; 1550 4500.01 1150 25.0001
- 67. 1551 4500.01 1150 125; 1552 4409.01 1240 34.0001; 1553 4491.01 1240 34.0001
- 68. 1554 4409.01 1240 116; 1555 4491.01 1240 116; 1556 4417.01 1320 42.0001
- 69. 1557 4483.01 1320 42.0001; 1558 4417.01 1320 108; 1559 4483.01 1320 108
- 70. 1560 4425.01 1400 50.0001; 1561 4475.01 1400 50.0001; 1562 4425.01 1400 100
- 71. 1563 4475.01 1400 100; 1564 4750.01 1050 125; 1565 4750.01 1050 75.0002
- 72. 1566 4750.01 1150 125; 1567 4750.01 1150 75.0002; 1568 4750.01 1150 25.0001
- 73. 1569 4750.01 1100 25.0001; 1570 4750.01 1100 125; 1571 4750.01 1050 25.0001
- 74. 1572 4650.01 1050 125; 1573 4650.01 1050 75.0002; 1574 4650.01 1150 125
- 75. 1575 4650.01 1150 75.0002; 1576 4650.01 1150 25.0001
- 76. 1577 4650.01 1100 25.0001; 1578 4650.01 1100 125; 1579 4650.01 1050 25.0001
- 77. 1580 5000.01 1050 125; 1581 5000.01 1050 75.0002; 1582 5000.01 1150 125
- 78. 1583 5000.01 1150 75.0002; 1584 5000.01 1150 25.0001
- 79. 1585 5000.01 1100 25.0001; 1586 5000.01 1100 125; 1587 5000.01 1050 25.0001
- 80. 1588 4900.01 1050 125; 1589 4900.01 1050 75.0002; 1590 4900.01 1150 125
- 81. 1591 4900.01 1150 75.0002; 1592 4900.01 1150 25.0001
- 82. 1593 4900.01 1100 25.0001; 1594 4900.01 1100 125; 1595 4900.01 1050 25.0001
- 83. 1596 5250.01 1050 125; 1597 5250.01 1050 75.0002; 1598 5250.01 1150 125
- 84. 1599 5250.01 1150 75.0002; 1600 5250.01 1150 25.0001
- 85. 1601 5250.01 1100 25.0001; 1602 5250.01 1100 125; 1603 5250.01 1050 25.0001
- 86. 1604 5150.01 1050 125; 1605 5150.01 1050 75.0002; 1606 5150.01 1150 125
- 87. 1607 5150.01 1150 75.0002; 1608 5150.01 1150 25.0001
- 88. 1609 5150.01 1100 25.0001; 1610 5150.01 1100 125; 1611 5150.01 1050 25.0001
- 89. 1612 4575.01 1050 125; 1614 4575.01 1150 125; 1616 4575.01 1150 25.0001
- 90. 1619 4575.01 1050 25.0001; 1620 4825.01 1050 125; 1622 4825.01 1150 125
- 91. 1624 4825.01 1150 25.0001; 1627 4825.01 1050 25.0001; 1628 5075.01 1050 125
- 92. 1630 5075.01 1150 125; 1632 5075.01 1150 25.0001; 1635 5075.01 1050 25.0001
- 93. 1636 5325.01 1050 125; 1638 5325.01 1150 125; 1640 5325.01 1150 25.0001
- 94. 1643 5325.01 1050 25.0001; 1644 4400.01 1100 25.0001; 1645 4400.01 1100 125
- 95. 1646 4400.01 1150 75.0002; 1648 4400.01 1050 75.0002
- 96. 1649 4500.01 1100 25.0001; 1650 4500.01 1150 75.0002; 1651 4500.01 1100 125
- 97. 1652 4500.01 1050 75.0002
- 98. MEMBER INCIDENCES
- 99. 3838 1236 1237; 3839 1237 1238; 3840 1238 1239; 3841 1239 1236; 3842 1238 1240
- 100. 3843 1240 1241; 3844 1241 1239; 3845 1242 1240; 3846 1241 1243; 3847 1243 1242
- 101. 3848 1242 1237; 3849 1236 1243; 3850 1244 1236; 3851 1236 1245; 3852 1245 1238
- 102. 3853 1238 1244; 3854 1238 1246; 3855 1246 1241; 3856 1241 1245; 3857 1247 1241
- 103. 3858 1246 1242; 3859 1242 1247; 3860 1247 1236; 3861 1244 1242; 3862 1248 1244
- 104. 3863 1244 1249; 3864 1249 1245; 3865 1245 1248; 3866 1249 1246; 3867 1246 1250
- 105. 3868 1250 1245; 3869 1251 1246; 3870 1250 1247; 3871 1247 1251; 3872 1244 1251
- 106. 3873 1248 1247; 3874 1252 1248; 3875 1248 1253; 3876 1253 1249; 3877 1249 1252
- 107. 3878 1253 1250; 3879 1250 1254; 3880 1249 1254; 3881 1254 1251; 3882 1251 1255
- 108. 3883 1250 1255; 3884 1255 1248; 3885 1252 1251; 3886 1256 1252; 3887 1252 1257
- 109. 3888 1257 1253; 3889 1253 1256; 3890 1257 1254; 3891 1254 1258; 3892 1253 1258
- 110. 3893 1259 1255; 3894 1255 1258; 3895 1259 1254; 3896 1256 1255; 3897 1252 1259
- 111. 3898 1260 1256; 3899 1256 1261; 3900 1257 1261; 3901 1260 1257; 3902 1257 1262
- 112. 3903 1262 1258; 3904 1258 1261; 3905 1263 1258; 3906 1262 1259; 3907 1259 1263
- 113. 3908 1256 1263; 3909 1260 1259; 3910 1264 1260; 3911 1260 1265; 3912 1265 1261
- 114. 3913 1261 1264; 3914 1265 1262; 3915 1266 1261; 3916 1266 1262; 3917 1262 1267
- 115. 3918 1267 1263; 3919 1263 1266; 3920 1264 1263; 3921 1260 1267; 3922 1268 1264
- 116. 3923 1264 1269; 3924 1269 1265; 3925 1265 1268; 3926 1269 1266; 3927 1266 1270
- 117. 3928 1270 1265; 3929 1271 1266; 3930 1270 1267; 3931 1267 1271; 3932 1271 1264
- 118. 3933 1268 1267; 3934 1272 1268; 3935 1268 1273; 3936 1269 1273; 3937 1269 1272



119. 3938 1273 1270; 3939 1270 1274; 3940 1274 1269; 3941 1275 1271; 3942 1274 1271  
120. 3943 1275 1270; 3944 1272 1271; 3945 1275 1268; 3946 1276 1272; 3947 1272 1277  
121. 3948 1277 1273; 3949 1273 1276; 3950 1277 1274; 3951 1274 1278; 3952 1273 1278  
122. 3953 1279 1275; 3954 1276 1275; 3955 1272 1279; 3956 1279 1274; 3957 1278 1275  
123. 3958 1229 1230; 3959 1229 1280; 3960 1281 1280; 3961 1230 1281; 3962 1229 1276  
124. 3963 1276 1280; 3964 1280 1277; 3965 1277 1229; 3966 1281 1278; 3967 1278 1280  
125. 3968 1277 1281; 3969 1281 1279; 3970 1279 1230; 3971 1278 1230; 3972 1230 1276  
126. 3973 1229 1279; 3974 1228 1231; 3975 1228 1282; 3976 1283 1282; 3977 1231 1283  
127. 3978 1228 1229; 3979 1229 1282; 3980 1282 1280; 3981 1280 1228; 3982 1281 1283  
128. 3983 1230 1231; 3986 1230 1283; 3987 1231 1281; 3988 1281 1229; 3989 1280 1230  
129. 3990 1228 1283; 3991 1282 1231; 3992 1284 1285; 3993 1286 1287; 3994 1284 1286  
130. 3995 1287 1285; 3996 1284 1228; 3997 1286 1231; 3998 1285 1282; 3999 1287 1283  
131. 4000 1283 1286; 4001 1285 1228; 4002 1284 1231; 4003 1287 1282; 4004 1288 1289  
132. 4005 1290 1291; 4006 1288 1290; 4007 1291 1289; 4008 1288 1284; 4009 1290 1286  
133. 4010 1289 1285; 4011 1291 1287; 4012 1287 1289; 4013 1284 1290; 4014 1286 1291  
134. 4015 1285 1288; 4016 1292 1293; 4017 1294 1295; 4018 1292 1294; 4019 1295 1293  
135. 4020 1292 1288; 4021 1293 1289; 4022 1294 1290; 4023 1295 1291; 4024 1289 1295  
136. 4025 1290 1292; 4026 1288 1293; 4027 1291 1294; 9777 1456 1457; 9778 1458 1459  
137. 9779 1460 1461; 9780 1456 1462; 9781 1462 1458; 9782 1461 1463; 9783 1459 1460  
138. 9784 1457 1463; 9785 1461 1459; 9786 1459 1462; 9787 1461 1457; 9788 1457 1462  
139. 9789 1464 1465; 9790 1466 1467; 9791 1468 1469; 9792 1464 1470; 9793 1470 1466  
140. 9794 1469 1471; 9795 1467 1468; 9796 1465 1471; 9797 1469 1467; 9798 1467 1470  
141. 9799 1469 1465; 9800 1465 1470; 9831 1480 1481; 9832 1482 1483; 9833 1484 1485  
142. 9834 1480 1486; 9835 1486 1482; 9836 1485 1487; 9837 1483 1484; 9838 1481 1487  
143. 9839 1485 1483; 9840 1483 1486; 9841 1485 1481; 9842 1481 1486; 9889 1461 1462  
144. 9890 1469 1470; 9891 1485 1486; 9892 1500 1501; 9893 1501 1502; 9894 1502 1503  
145. 9895 1503 1500; 9896 1502 1504; 9897 1504 1505; 9898 1505 1503; 9899 1506 1504  
146. 9900 1505 1507; 9901 1507 1506; 9902 1506 1501; 9903 1500 1507; 9904 1508 1500  
147. 9905 1500 1509; 9906 1509 1502; 9907 1502 1508; 9908 1502 1510; 9909 1510 1505  
148. 9910 1505 1509; 9911 1511 1505; 9912 1510 1506; 9913 1506 1511; 9914 1511 1500  
149. 9915 1508 1506; 9916 1512 1508; 9917 1508 1513; 9918 1513 1509; 9919 1509 1512  
150. 9920 1513 1510; 9921 1510 1514; 9922 1514 1509; 9923 1515 1510; 9924 1514 1511  
151. 9925 1511 1515; 9926 1508 1515; 9927 1512 1511; 9928 1516 1512; 9929 1512 1517  
152. 9930 1517 1513; 9931 1513 1516; 9932 1517 1514; 9933 1514 1518; 9934 1513 1518  
153. 9935 1518 1515; 9936 1515 1519; 9937 1514 1519; 9938 1519 1512; 9939 1516 1515  
154. 9940 1520 1516; 9941 1516 1521; 9942 1521 1517; 9943 1517 1520; 9944 1521 1518  
155. 9945 1518 1522; 9946 1517 1522; 9947 1523 1519; 9948 1519 1522; 9949 1523 1518  
156. 9950 1520 1519; 9951 1516 1523; 9952 1524 1520; 9953 1520 1525; 9954 1521 1525  
157. 9955 1524 1521; 9956 1521 1526; 9957 1526 1522; 9958 1522 1525; 9959 1527 1522  
158. 9960 1526 1523; 9961 1523 1527; 9962 1520 1527; 9963 1524 1523; 9964 1528 1524  
159. 9965 1524 1529; 9966 1529 1525; 9967 1525 1528; 9968 1529 1526; 9969 1530 1525  
160. 9970 1530 1526; 9971 1526 1531; 9972 1531 1527; 9973 1527 1530; 9974 1528 1527  
161. 9975 1524 1531; 9976 1532 1528; 9977 1528 1533; 9978 1533 1529; 9979 1529 1532  
162. 9980 1533 1530; 9981 1530 1534; 9982 1534 1529; 9983 1535 1530; 9984 1534 1531  
163. 9985 1531 1535; 9986 1535 1528; 9987 1532 1531; 9988 1536 1532; 9989 1532 1537  
164. 9990 1533 1537; 9991 1533 1536; 9992 1537 1534; 9993 1534 1538; 9994 1538 1533  
165. 9995 1539 1535; 9996 1538 1535; 9997 1539 1534; 9998 1536 1535; 9999 1539 1532  
166. 10000 1540 1536; 10001 1536 1541; 10002 1541 1537; 10003 1537 1540  
167. 10004 1541 1538; 10005 1538 1542; 10006 1537 1542; 10007 1543 1539  
168. 10008 1540 1539; 10009 1536 1543; 10010 1543 1538; 10011 1542 1539  
169. 10012 1544 1648; 10013 1544 1546; 10014 1547 1652; 10015 1545 1547  
170. 10016 1544 1540; 10017 1540 1546; 10018 1546 1541; 10019 1541 1544  
171. 10020 1547 1542; 10021 1542 1546; 10022 1541 1547; 10023 1547 1543  
172. 10024 1543 1545; 10025 1542 1545; 10026 1545 1540; 10027 1544 1543  
173. 10028 1548 1646; 10029 1548 1550; 10030 1551 1650; 10031 1549 1551  
174. 10032 1548 1644; 10033 1544 1550; 10034 1550 1649; 10035 1546 1548  
175. 10036 1547 1651; 10037 1545 1645; 10040 1545 1551; 10041 1549 1547  
176. 10042 1547 1544; 10043 1546 1545; 10044 1548 1551; 10045 1550 1549  
177. 10046 1552 1553; 10047 1554 1555; 10048 1552 1554; 10049 1555 1553  
178. 10050 1552 1548; 10051 1554 1549; 10052 1553 1550; 10053 1555 1551  
179. 10054 1551 1554; 10055 1553 1548; 10056 1552 1549; 10057 1555 1550  
180. 10058 1556 1557; 10059 1558 1559; 10060 1556 1558; 10061 1559 1557  
181. 10062 1556 1552; 10063 1558 1554; 10064 1557 1553; 10065 1559 1555  
182. 10066 1555 1557; 10067 1552 1558; 10068 1554 1559; 10069 1553 1556  
183. 10070 1560 1561; 10071 1562 1563; 10072 1560 1562; 10073 1563 1561  
184. 10074 1560 1556; 10075 1561 1557; 10076 1562 1558; 10077 1563 1559  
185. 10078 1557 1563; 10079 1558 1560; 10080 1556 1561; 10081 1559 1562



186. 10100 1564 1565; 10101 1566 1567; 10102 1568 1569; 10103 1564 1570  
187. 10104 1570 1566; 10105 1569 1571; 10106 1567 1568; 10107 1565 1571  
188. 10108 1569 1567; 10109 1567 1570; 10110 1569 1565; 10111 1565 1570  
189. 10112 1569 1570; 10113 1572 1573; 10114 1574 1575; 10115 1576 1577  
190. 10116 1572 1578; 10117 1578 1574; 10118 1577 1579; 10119 1575 1576  
191. 10120 1573 1579; 10121 1577 1575; 10122 1575 1578; 10123 1577 1573  
192. 10124 1573 1578; 10125 1577 1578; 10126 1580 1581; 10127 1582 1583  
193. 10128 1584 1585; 10129 1580 1586; 10130 1586 1582; 10131 1585 1587  
194. 10132 1583 1584; 10133 1581 1587; 10134 1585 1583; 10135 1583 1586  
195. 10136 1585 1581; 10137 1581 1586; 10138 1585 1586; 10139 1588 1589  
196. 10140 1590 1591; 10141 1592 1593; 10142 1588 1594; 10143 1594 1590  
197. 10144 1593 1595; 10145 1591 1592; 10146 1589 1595; 10147 1593 1591  
198. 10148 1591 1594; 10149 1593 1589; 10150 1589 1594; 10151 1593 1594  
199. 10152 1596 1597; 10153 1598 1599; 10154 1600 1601; 10155 1596 1602  
200. 10156 1602 1598; 10157 1601 1603; 10158 1599 1600; 10159 1597 1603  
201. 10160 1601 1599; 10161 1599 1602; 10162 1601 1597; 10163 1597 1602  
202. 10164 1601 1602; 10165 1604 1605; 10166 1606 1607; 10167 1608 1609  
203. 10168 1604 1610; 10169 1610 1606; 10170 1609 1611; 10171 1607 1608  
204. 10172 1605 1611; 10173 1609 1607; 10174 1607 1610; 10175 1609 1605  
205. 10176 1605 1610; 10177 1609 1610; 10230 1550 1616; 10231 1616 1576  
206. 10232 1576 1460; 10233 1546 1619; 10234 1619 1579; 10235 1579 1463  
207. 10236 1547 1612; 10237 1551 1614; 10238 1614 1574; 10239 1574 1458  
208. 10240 1612 1572; 10241 1572 1456; 10242 1460 1568; 10243 1568 1624  
209. 10244 1624 1592; 10245 1592 1468; 10246 1463 1571; 10247 1571 1627  
210. 10248 1627 1595; 10249 1595 1471; 10250 1458 1566; 10251 1566 1622  
211. 10252 1622 1590; 10253 1590 1466; 10254 1456 1564; 10255 1564 1620  
212. 10256 1620 1588; 10257 1588 1464; 10258 1468 1584; 10259 1584 1632  
213. 10260 1632 1608; 10261 1608 1484; 10262 1484 1600; 10263 1466 1582  
214. 10264 1582 1630; 10265 1630 1606; 10266 1606 1482; 10267 1464 1580  
215. 10268 1580 1628; 10269 1628 1604; 10270 1604 1480; 10271 1480 1596  
216. 10272 1471 1587; 10273 1587 1635; 10274 1635 1611; 10275 1611 1487  
217. 10276 1487 1603; 10277 1482 1598; 10278 1600 1640; 10279 1640 1228  
218. 10280 1598 1638; 10281 1638 1231; 10282 1603 1643; 10283 1643 1229  
219. 10284 1596 1636; 10285 1636 1230; 10286 1550 1614; 10287 1614 1576  
220. 10288 1576 1458; 10289 1458 1568; 10290 1566 1460; 10291 1460 1574  
221. 10292 1574 1616; 10293 1616 1551; 10294 1566 1624; 10295 1624 1590  
222. 10296 1590 1468; 10297 1468 1582; 10298 1582 1632; 10299 1632 1606  
223. 10300 1608 1630; 10301 1630 1584; 10302 1584 1466; 10303 1466 1592  
224. 10304 1592 1622; 10305 1622 1568; 10306 1608 1482; 10307 1606 1484  
225. 10308 1484 1598; 10309 1598 1640; 10310 1640 1231; 10311 1228 1638  
226. 10312 1638 1600; 10313 1600 1482; 10314 1547 1619; 10315 1619 1572  
227. 10316 1572 1463; 10317 1463 1564; 10318 1564 1627; 10319 1620 1571  
228. 10320 1571 1456; 10321 1456 1579; 10322 1579 1612; 10323 1612 1546  
229. 10324 1620 1595; 10325 1595 1464; 10326 1464 1587; 10327 1587 1628  
230. 10328 1628 1611; 10329 1611 1480; 10330 1480 1603; 10331 1596 1487  
231. 10332 1487 1604; 10333 1604 1635; 10334 1635 1580; 10335 1580 1471  
232. 10336 1471 1588; 10337 1588 1627; 10338 1603 1636; 10339 1636 1229  
233. 10340 1230 1643; 10341 1643 1596; 10342 1547 1614; 10343 1614 1572  
234. 10344 1572 1458; 10345 1458 1564; 10346 1564 1622; 10347 1622 1588  
235. 10348 1588 1466; 10349 1466 1580; 10350 1580 1630; 10351 1630 1604  
236. 10352 1604 1482; 10353 1482 1596; 10354 1596 1638; 10355 1638 1230  
237. 10356 1550 1619; 10357 1619 1576; 10358 1576 1463; 10359 1568 1463  
238. 10360 1568 1627; 10361 1627 1592; 10362 1592 1471; 10363 1471 1584  
239. 10364 1584 1635; 10365 1635 1608; 10366 1608 1487; 10367 1487 1600  
240. 10368 1600 1643; 10369 1643 1228; 10370 1644 1544; 10371 1645 1549  
241. 10373 1646 1549; 10376 1648 1545; 10378 1644 1646; 10379 1646 1645  
242. 10380 1645 1648; 10381 1648 1644; 10382 1644 1645; 10383 1649 1546  
243. 10384 1650 1550; 10385 1649 1650; 10386 1651 1551; 10387 1650 1651  
244. 10388 1652 1546; 10389 1651 1652; 10390 1652 1649; 10391 1649 1651  
245. 10450 1622 1620; 10451 1624 1622; 10452 1624 1627; 10453 1627 1620  
246. 10454 1630 1628; 10455 1632 1630; 10456 1632 1635; 10457 1635 1628  
247. 10458 1638 1636; 10459 1640 1638; 10460 1640 1643; 10461 1643 1636  
248. 10462 1614 1612; 10463 1616 1614; 10464 1616 1619; 10465 1619 1612  
249. 10466 1576 1461; 10467 1460 1577; 10468 1577 1463; 10469 1461 1579  
250. 10470 1460 1569; 10471 1568 1461; 10472 1461 1571; 10473 1569 1463  
251. 10474 1593 1468; 10475 1592 1469; 10476 1469 1595; 10477 1593 1471  
252. 10478 1468 1585; 10479 1584 1469; 10480 1469 1587; 10481 1585 1471



253. 10482 1608 1485; 10483 1484 1609; 10484 1609 1487; 10485 1485 1611  
254. 10486 1484 1601; 10487 1600 1485; 10488 1485 1603; 10489 1601 1487  
255. 10490 1574 1462; 10491 1458 1578; 10492 1578 1456; 10493 1462 1572  
256. 10494 1458 1570; 10495 1566 1462; 10496 1462 1564; 10497 1570 1456  
257. 10498 1594 1466; 10499 1590 1470; 10500 1470 1588; 10501 1594 1464  
258. 10502 1466 1586; 10503 1582 1470; 10504 1470 1580; 10505 1586 1464  
259. 10506 1606 1486; 10507 1482 1610; 10508 1610 1480; 10509 1486 1604  
260. 10510 1482 1602; 10511 1598 1486; 10512 1486 1596; 10513 1602 1480  
261. 10514 1579 1457; 10515 1463 1573; 10516 1456 1573; 10517 1457 1572  
262. 10518 1463 1565; 10519 1571 1457; 10520 1457 1564; 10521 1565 1456  
263. 10522 1595 1465; 10523 1471 1589; 10524 1589 1464; 10525 1465 1588  
264. 10526 1471 1581; 10527 1587 1465; 10528 1465 1580; 10529 1581 1464  
265. 10530 1611 1481; 10531 1487 1605; 10532 1605 1480; 10533 1481 1604  
266. 10534 1487 1597; 10535 1603 1481; 10536 1481 1596; 10537 1597 1480  
267. 10538 1576 1459; 10539 1460 1575; 10540 1458 1575; 10541 1459 1574  
268. 10542 1460 1567; 10543 1568 1459; 10544 1459 1566; 10545 1567 1458  
269. 10546 1592 1467; 10547 1468 1591; 10548 1591 1466; 10549 1467 1590  
270. 10550 1468 1583; 10551 1584 1467; 10552 1467 1582; 10553 1583 1466  
271. 10554 1608 1483; 10555 1484 1607; 10556 1607 1482; 10557 1483 1606  
272. 10558 1484 1599; 10559 1600 1483; 10560 1483 1598; 10561 1599 1482  
273. 10562 1644 1550; 10563 1548 1649; 10564 1649 1544; 10565 1644 1546  
274. 10566 1549 1651; 10567 1551 1645; 10568 1645 1547; 10569 1651 1545  
275. 10570 1544 1652; 10571 1546 1648; 10572 1648 1547; 10573 1652 1545  
276. 10574 1548 1650; 10575 1550 1646; 10576 1646 1551; 10577 1650 1549  
277. UNIT METER KG  
278. DEFINE MATERIAL START  
279. ISOTROPIC MATERIAL 1  
280. E 2.09042E+010  
281. POISSON 0.3  
282. DENSITY 7851.81  
283. DAMP 7.77897E+033  
284. END DEFINE MATERIAL  
285. UNIT CM KG  
286. MEMBER PROPERTY AMERICAN  
287. 3910 3912 3916 3918 3922 3924 3927 3931 3934 3936 3939 3941 3946 3948 3951 -  
288. 3953 3962 3964 3966 3970 3978 3980 3982 3983 9964 9966 9970 9972 9976 9978 -  
289. 9981 9985 9988 9990 9993 9995 10000 10002 10005 10007 10016 10018 10020 -  
290. 10024 10032 10034 10036 10037 10370 10371 10383 10386 TABLE ST L60606  
291. 4000 TO 4003 4012 TO 4019 4024 TO 4027 10054 TO 10057 10066 TO 10073 10078 -  
292. 10079 TO 10081 TABLE ST L20203  
293. 3996 TO 3999 4008 TO 4011 4020 TO 4023 10050 TO 10053 10062 TO 10065 10074 -  
294. 10075 TO 10077 TABLE ST L25254  
295. 9777 TO 9800 9831 TO 9842 9889 TO 9891 10100 TO 10177 10378 TO 10382 10385 -  
296. 10387 10389 TO 10391 TABLE ST L25254  
297. 3839 3841 3845 3846 3851 3853 3857 3858 3863 3865 3869 3870 3875 3877 3881 -  
298. 3883 3887 3889 3894 3895 3899 3901 3905 3906 9893 9895 9899 9900 9905 9907 -  
299. 9911 9912 9917 9919 9923 9924 9929 9931 9935 9937 9941 9943 9948 9949 9953 -  
300. 9955 9959 9960 TABLE ST L20203  
301. 3958 TO 3961 3974 TO 3977 10012 TO 10015 10028 TO 10031 10230 TO 10285 10373 -  
302. 10376 10384 10388 TABLE ST L30304  
303. 3979 3981 3987 TO 3991 10033 10035 10040 TO 10045 10286 TO 10368 -  
304. 10369 TABLE ST L20203  
305. 3911 3913 3917 3919 3923 3925 3929 3930 3935 3937 3942 3943 3947 3949 3956 -  
306. 3957 3963 3965 3969 3971 9965 9967 9971 9973 9977 9979 9983 9984 9989 9991 -  
307. 9996 9997 10001 10003 10010 10011 10017 10019 10023 10025 TABLE ST L20203  
308. 3838 3840 3843 3847 3850 3852 3855 3859 3862 3864 3867 3871 3874 3876 3879 -  
309. 3882 3886 3888 3891 3893 3898 3900 3903 3907 9892 9894 9897 9901 9904 9906 -  
310. 9909 9913 9916 9918 9921 9925 9928 9930 9933 9936 9940 9942 9945 9947 9952 -  
311. 9954 9957 9961 TABLE ST L60606  
312. 3914 3915 3920 3921 3926 3928 3932 3933 3938 3940 3944 3945 3950 3952 3954 -  
313. 3955 3967 3968 3972 3973 9968 9969 9974 9975 9980 9982 9986 9987 9992 9994 -  
314. 9998 9999 10004 10006 10008 10009 10021 10022 10026 10027 TABLE ST L25253  
315. 3842 3844 3848 3849 3854 3856 3860 3861 3866 3868 3872 3873 3878 3880 3884 -  
316. 3885 3890 3892 3896 3897 3902 3904 3908 3909 9896 9898 9902 9903 9908 9910 -  
317. 9914 9915 9920 9922 9926 9927 9932 9934 9938 9939 9944 9946 9950 9951 9956 -





- 318. 9958 9962 9963 TABLE ST L25253
- 319. 3992 TO 3995 4004 TO 4007 10046 TO 10049 10058 TO 10061 10450 TO 10576 -
- 320. 10577 PRIS AX 0.1 AY 0.1 AZ 0.1 IX 0.1 IY 0.1 IZ 0.1
- 321. 3986 TABLE ST L20204
- 322. SUPPORTS
- 323. 1237 1239 1240 1243 1501 1503 1504 1507 PINNED
- 324. CONSTANTS
- 325. MATERIAL MATERIAL1 MEMB 3838 TO 3983 3986 TO 4027 9777 TO 9800 9831 TO 9842 -
- 326. 9889 TO 10037 10040 TO 10081 10100 TO 10177 10230 TO 10371 10373 10376 10378 -
- 327. 10379 TO 10391 10450 TO 10577
- 328. UNIT METER KG
- 329. CUT OFF FREQUENCY 1
- 330. LOAD 1 FRECUENCIA X
- 331. CALCULATE NATURAL FREQUENCY
- 332. SELFWEIGHT X 1
- 333. LOAD 2 FRECUENCIA Z
- 334. CALCULATE NATURAL FREQUENCY
- 335. SELFWEIGHT Z 1
- 336. \*MASA PROPIA DE LA ESTRUCTURA + MASA DEL EQUIPO Y CABLES + TENSIONES DE TRABAJO
- 337. LOAD 3 (PP + PEC + TTCCN)
- 338. SELFWEIGHT Y -1
- 339. JOINT LOAD
- 340. 1570 1578 1586 1594 1602 1610 1645 1651 FX 99 FY -316.5 FZ 685.5
- 341. 1294 1295 1562 1563 FX 50.25 FY -21.75 FZ 49.5
- 342. \*MASA PROPIA DE LA ESTRUCTURA + MASA DEL EQUIPO Y CABLES + TENSIONES MAXIMAS DE
- 343. LOAD 4 (PP + PEC + TMCCN)
- 344. SELFWEIGHT Y -1
- 345. JOINT LOAD
- 346. 1570 1578 1586 1594 1602 1610 1645 1651 FX 132 FY -422 FZ 914
- 347. 1294 1295 1562 1563 FX 67 FY -29 FZ 66
- 348. PERFORM ANALYSIS

PROBLEM STATISTICS

-----  
 NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 224/ 779/ 8  
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH= 215/ 18/ 57 DOF  
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 4, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 648  
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 37 DOUBLE KILO-WORDS  
 REQRD/AVAIL. DISK SPACE = 13.6/ 1398.1 MB, EXMEM = 4096.0 MB

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* RAYLEIGH FREQUENCY FOR LOADING 1 = 6.29393 CPS \*  
 \* MAX DEFLECTION = 0.89782 CM GLO X, AT JOINT 1295 \*  
 \*

\*\*\*\*\*  
 \* RAYLEIGH FREQUENCY FOR LOADING 2 = 6.40646 CPS \*  
 \* MAX DEFLECTION = 0.98294 CM GLO Z, AT JOINT 1294 \*  
 \*

349. FINISH  
 \*\*\*\*\* END OF THE STAAD.Pro RUN \*\*\*\*\*

\*\*\*\* DATE= MAY 8,2011 TIME= 18:27:10 \*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
 \* For questions on STAAD.Pro, \*  
 \* Please contact : Research Engineers Ltd. \*  
 \* E2/4,Block GP, Sector-V,Salt Lake, KOLKATA - 700 091 \*  
 \* India : TEL:(033)2357-3575 FAX:(033)2357-3467 \*  
 \* email : support@calcutta.reiusa.com \*  
 \* US : Ph-(714) 974-2500, Fax-(714) 921-0683 \*  
 \*\*\*\*\*



**CÁLCULO DE VIENTO EN ESTRUCTURA**

## SUBESTACIÓN NOPALA

*-Presión de viento en estructuras mayores para subestaciones*

<i>Altura sobre el nivel de mar</i>	<i>1013 Km</i>
<i>Velocidad Regional 200 Años</i>	$V_r = 180 \frac{Km}{hr}$
<i>Temperatura promedio a nivel de mar</i>	$t = 20,50 C^a$
<i>Altura máxima de la estructura</i>	<i>14,00 m</i>
<i>Estructuras con grado de seguridad alto</i>	<i>Grupo A</i>

*Su sección transversal es reducida sensible**A ráfagas de corta duración de 1 a 5 seg. Tipo 2*

*F<sub>t</sub> = Factor de topografía 1,00 Terreno prácticamente plano.*  
*Categoría del terreno 2 Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones*

*Frecuencia natural de vibración 6,22 Hz Este valor se obtiene del programa*  
*Frecuencia natural de vibración 6,33 Hz STAAD con la siguiente combinación*  
*(PP+TMCCN)*

*Clase de estructura según su tamaño B*

## VELOCIDAD DE DISEÑO

$$V_d = F_t F_\alpha V_r$$

**FACTOR DE EXPOSICION**

$$F_{\alpha} = F_c F_{rz}$$

$F_c$  = Determina el tamaño de la estructura A, B Y C

$$A < 20 \quad 1,00$$

$$20 < B < 50 \quad 0,95$$

$$C > 50 \quad 0,95$$

$$F_{rz} = 1.56 \left[ \frac{10}{\delta} \right]^{\alpha}$$

$$\delta =$$

$\alpha = 315$  Factor de rugosidad y altura, depende de la categoría del terreno

0,131 indicando en la tabla 1.1 (Categoría del terreno = 2).

Tabla V.6.1 velocidades de viento a diferentes alturas

VARIACION DE ALTURA (m)	FACTOR DE RUGOSIDAD Y ALTURA DE LA ESTRUCTURA (Frz)	FACTOR DE INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE LA ESTRUCTURA (Fc)	FACTOR DE EXPOSICION	VELOCIDAD DE DISEÑO Vd. (Km/hr)
2,85	0,9927	0,95	0,9431	169,76
5,70	0,9927	0,95	0,9431	169,76
8,55	0,9927	0,95	0,9431	169,76
9,33	0,9927	0,95	0,9431	169,76
11,50	1,0111	0,95	0,9605	172,90
14,00	1,0375	0,95	0,9856	177,41

V.1.1 manual de obras civiles diseño por viento

**ANÁLISIS DINÁMICO**

*-Presión dinámica en la base*

*Presión sobre una superficie plana perpendicular a la dirección del viento*

$$q_z = 0.0048 G V_D^2$$

$$G = \frac{2,94\Omega}{273 + t}$$

*Presión barométrica, se determina de acuerdo a la altitud de la subestación*

Altura sobre el nivel del mar	Presión barométrica
1000	89,92
1013	X
1500	84,66

Realizando una regla de 3.

500 - - - - 5,26      Por lo tanto  $(13 \cdot 5.26) / 500 = x$

13 - - - - - x

X= 0.13676

$\Omega = 89.92 - .13676 = 89,78$

Por lo tanto substituyendo se obtiene que:      G=0,8994



ALTURA MAXIMA (m)	Fg	Fg
	X	Z
2,85	124,41	124,41
5,70	124,41	124,41
8,55	124,41	124,41
9,33	124,41	124,41
11,50	129,05	129,05
14,00	135,87	135,87

$$q_z = 135,87 \text{ Kg/m}^2$$

### PRESIÓN DE VIENTO SOBRE LAS ESTRUCTURAS DE LA SUBESTACIÓN

Presión total en la dirección del viento

$$P_z = F_g C_a q_z$$

$F_g$  = Es el factor de respuesta dinámica debida a ráfagas, adimensional

$$F_g = \frac{1}{g^2} \left[ 1 + g_p \left( \frac{\sigma}{\mu} \right) \right]$$

$g$  = es un factor de ráfaga, variable con la altura  $Z$

$$g = k' \left[ \frac{Z}{\delta} \right]^n \quad 10 < Z < 315$$

En donde las variables  $k'$  y  $n$ , adimensional, depende de la rugosidad del sitio de desplante se define en la tabla I.29.



*Categoría del terreno 2*

$$K' = 1,288$$

$$n = -0,054$$

$$\delta = 315$$

*La relación representada la variación de la carga debida a la turbulencia del viento, se calcula con ecuación:*

$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{k_r}{C_{\alpha'}} B + \frac{SE}{\xi}}$$

*Factor relacionado con la rugosidad del terreno en este caso tipo 2*

$$K_r = 0,08$$

*Coeficiente de amortiguamiento crítico*

$$\xi = 0.01 \text{ para construcciones formadas con marcos de acero.}$$

*Factor que representa la relación de la energía de ráfaga con la frecuencia natural de la estructura*

$$c_{\alpha'} = 3.46 \left( \frac{H}{\delta} \right)^{2\alpha'}$$

$$\alpha' = a \text{ 0,13, 0,18, 0,245 o 0,31}$$

*Según la categoría del terreno 1, 2, 3 o 4 respectivamente*

$$3,46 \quad 0,18$$



## Variación del factor de ráfaga

VARIACION DE ALTURA (m)	K'	n	$\delta$	g	$\alpha'$	$C\alpha'$
2,85	1,288	-0,054	315	1,552	0,18	0,9993
5,70	1,288	-0,054	315	1,552	0,18	0,9993
8,55	1,288	-0,054	315	1,552	0,18	0,9993
9,33	1,288	-0,054	315	1,552	0,18	0,9993
11,50	1,288	-0,054	315	1,540	0,18	1,0508
14,00	1,288	-0,054	315	1,524	0,18	1,1280

## FRECUENCIA REDUCIDA

$$3.6 n_o (H/V'_H)$$

$$n_o = \frac{3,60}{6,22} \text{ Hz} \quad \text{Frecuencia natural de vibración de la estructura}$$

$$V'_H = (1/g_h) * V_H \quad \text{Velocidad media de diseño del viento}$$

$$g_H = \frac{1,524}{Z=H} \quad \text{Factor de ráfaga para}$$

$$V_H = 177,41 \text{ Km/hr} \quad \text{Velocidad de diseño para } Z=H$$

$$V'_H = 116,43 \text{ Km/hr}$$

## VELOCIDAD MEDIA DEL VIENTO

Ancho en la dirección X 11,00m

Ancho en la dirección Z 1,50m

**CALCULO DEL FACTOR DE RAFAGA**

PARAMETROS DE CALCULO	DIRECCION	
	X	Z
Relación base/altura	0,7857	0,1071
Factor de excitación de fondo (B)	0,94	1,36
Frecuencia reducida $3.6n_o$ ( $H/V'_H$ )	2,74	2,69
Factor de reducción por tamaño (s)	0,0058	0,0320
Inverso de la longitud de onda $3.6n_o / V'_H$	0,1957	0,1923
Relación de energía de ráfaga (E)	0,0263	0,0260
Rapidez de fluctuación promedio $\mu$	0,7843	1,5199
Factor de respuesta dinámica ( $g_p$ )	4,1312	4,2881

Coeficiente de rapidez de fluctuación promedio en Hz el cual se define mediante:

FACTOR DE RAFAGA PARA DIFERENTES ALTURAS  $F_g$

$$\mu = n_o \sqrt{\frac{SE}{SE + \xi B}}$$

ALTURA MAXIMA (MTS)	$\sigma / \mu$		DIRECCION	
	X	Z	X	Z
2,85	0,2765	0,3399	0,8897	1,0206
5,70	0,2765	0,3399	0,8897	1,0206
8,55	0,2765	0,3399	0,8897	1,0206
9,33	0,2765	0,3399	0,8897	1,0206
11,50	0,2697	0,3315	0,8937	1,0209
14,00	0,2603	0,3199	0,8937	1,0215



$$\frac{\sigma}{\mu} = \sqrt{\frac{k_r}{C_{\alpha'}} \left( B + \frac{SE}{\xi} \right)} \quad F_g = \frac{1}{g^2} \left[ 1 + g_p \left( \frac{\sigma}{\mu} \right) \right]$$

$C_a$  = es el coeficiente de arrastre, que depende de la forma de la estructura, adimensional  
 $C_a = 2,2$  coeficiente de arrastre.

$$P_z = F_g C_a q_z \quad \text{Presión total en la dirección del viento.}$$

ALTURA MAXIMA (MTS)	X	Z
	Kg/m2	Kg/m2
2,85	243,52	279,35
5,70	243,52	279,35
8,55	243,52	279,35
9,33	243,52	279,35
11,50	253,05	289,84
14,00	267,16	305,35

### CALCULOS DE LAS AREAS VIENTO EN DIRECCIÓN X

ALTURAS (m)	AREAS (m2)	PRESIÓN DE VIENTO (kg/m2)	FUERZAS (kg)	CARGAS EN NODOS (kg)	(kg)
0,00					78,47432
2,85	1,289	243,52	313,89728	78,47432	156,94864
5,70	1,289	243,52	313,89728	78,47432	156,94864
8,55	1,289	243,52	313,89728	78,47432	131,92696
10,50	0,878	243,52	213,81056	53,45264	80,72688
11,50	0,448	243,52	109,09696	27,27424	51,86976
14,00	0,404	243,52	98,38208	24,59552	24,59552



**CALCULOS DE LAS AREAS VIENTO EN DIRECCIÓN X**

ALTURAS (m)	AREAS (m <sup>2</sup> )	PRESIÓN DE VIENTO (kg/m <sup>2</sup> )	FUERZAS (kg)	CARGAS EN NODOS (kg)	
0,00					90,0205375
2,85	1,289	279,35	360,08215	90,0205375	180,041075
5,70	1,289	279,35	360,08215	90,0205375	180,041075
8,55	1,289	279,35	360,08215	90,0205375	151,337863
10,50	0,878	279,35	245,2693	61,317325	92,604525
11,50	0,448	279,35	125,1488	31,2872	59,50155
14,00	0,404	279,35	112,8574	28,21435	28,21435

**ANÁLISIS SÍSMICO**

(Manual de diseño de obras civiles-Diseño por sismo C.F.E)

Características particulares de la zona donde se encuentra la subestación

Zona sísmica de la republica: A

Grupo: A

Q= 3(Marcos de Acero)

Cs= 0.36

Para el cortante sísmico en la base de la estructura tenemos que:

$$V_b = C_s / Q W_t FC$$

Donde:

$V_b$  = cortante sísmico

Q = factor de comportamiento sísmico

$W_t$  = peso total de la estructura

FC = Factor de carga (1.50)



*Para  $W_t$  de la estructura se anexa tablas del peso de cada una de las columnas y traveses que la conforman.*

*$W = 3.45 \text{ Ton.}$  (Reporte de STAAD III)*

*$W_t = 3.97 \text{ Ton.}$  (15% adicional por galvanizado)*

*Sustituyendo valores en la fórmula del Cortante Sísmico:*

*$V_b = 0.62 \text{ ton}$*

### **Comparación de fuerzas sísmica ( $V_b$ ) contra Fuerzas de Viento ( $F_v$ )**

*Dirección X:*

*$V_b = 0.62 \text{ Ton}$*

*$F_v = 1.93 \text{ Ton}$*

*Por lo tanto domina caso de viento.*

*Dirección Z:*

*$V_b = 0.62 \text{ Ton}$*

*$F_v = 2.89 \text{ Ton}$*

*Esta comparativa se realizó para determinar que condición es la más crítica entre las cargas por sismo o las provocadas por viento y lo que se observa es que la condición de viento para este tipo de estructuras el viento predomina.*



## V.6 DISEÑO ESTRUCTURAL

INPUT FILE: PORT. REMATE 115 REV.1.STD

1. STAAD TRUSS
2. START JOB INFORMATION
3. JOB NAME S.E.NOPALA
4. JOB CLIENT UNAM
5. JOB PART PORTAL DE REMATE BAHIA DE 115 KV
6. ENGINEER NAME ZMM
7. CHECKER NAME M. EN ING. MARIO SOSA
8. APPROVED NAME M. EN ING. MARIO SOSA
9. ENGINEER DATE MAYO 2011
10. CHECKER DATE MAYO 2011
11. APPROVED DATE MAYO 2011
12. END JOB INFORMATION
13. INPUT WIDTH 79
14. UNIT CM KG
15. JOINT COORDINATES
16. 7 -86.9565 579.783 -50; 8 -84.7826 676.413 -50; 9 -82.6087 773.043 -50
17. 10 -80.4348 869.674 -50; 11 -78.2609 966.304 -50; 12 -76.087 1062.93 -50
18. 13 100 0 -50; 14 97.8261 96.6304 -50; 15 95.6522 193.261 -50
19. 16 93.4783 289.891 -50; 17 91.3043 386.522 -50; 18 89.1304 483.152 -50
20. 19 86.9565 579.783 -50; 20 84.7826 676.413 -50; 21 82.6087 773.043 -50
21. 22 80.4348 869.674 -50; 23 78.2609 966.304 -50; 24 76.087 1062.93 -50
22. 25 100 0 50; 26 97.8261 96.6304 50; 27 95.6522 193.261 50
23. 28 93.4783 289.891 50; 29 91.3043 386.522 50; 30 89.1304 483.152 50
24. 31 86.9565 579.783 50; 32 84.7826 676.413 50; 33 82.6087 773.043 50
25. 34 80.4348 869.674 50; 35 78.2609 966.304 50; 36 76.087 1062.93 50
26. 37 -100 0 50; 38 -97.8261 96.6304 50; 39 -95.6522 193.261 50
27. 40 -93.4783 289.891 50; 41 -91.3043 386.522 50; 42 -89.1304 483.152 50
28. 43 -86.9565 579.783 50; 44 -84.7826 676.413 50; 45 -82.6087 773.043 50
29. 46 -80.4348 869.674 50; 47 -78.2609 966.304 50; 48 -76.087 1062.93 50
30. 49 -100 0 2350; 50 -97.8261 96.6304 2350; 51 -95.6522 193.261 2350
31. 52 -93.4783 289.891 2350; 53 -91.3043 386.522 2350; 54 -89.1304 483.152 2350
32. 55 -86.9565 579.783 2350; 56 -84.7826 676.413 2350; 57 -82.6087 773.043 2350
33. 58 -80.4348 869.674 2350; 59 -78.2609 966.304 2350; 60 -76.087 1062.93 2350
34. 61 100 0 2350; 62 97.8261 96.6304 2350; 63 95.6522 193.261 2350
35. 64 93.4783 289.891 2350; 65 91.3043 386.522 2350; 66 89.1304 483.152 2350
36. 67 86.9565 579.783 2350; 68 84.7826 676.413 2350; 69 82.6087 773.043 2350
37. 70 80.4348 869.674 2350; 71 78.2609 966.304 2350; 72 76.087 1062.93 2350
38. 73 100 0 2450; 74 97.8261 96.6304 2450; 75 95.6522 193.261 2450
39. 76 93.4783 289.891 2450; 77 91.3043 386.522 2450; 78 89.1304 483.152 2450
40. 79 86.9565 579.783 2450; 80 84.7826 676.413 2450; 81 82.6087 773.043 2450
- S.E. NOPALA MARCO M-1
41. 82 80.4348 869.674 2450; 83 78.2609 966.304 2450; 84 76.087 1062.93 2450
42. 85 -100 0 2450; 86 -97.8261 96.6304 2450; 87 -95.6522 193.261 2450
43. 88 -93.4783 289.891 2450; 89 -91.3043 386.522 2450; 90 -89.1304 483.152 2450
44. 91 -86.9565 579.783 2450; 92 -84.7826 676.413 2450; 93 -82.6087 773.043 2450
45. 94 -80.4348 869.674 2450; 95 -78.2609 966.304 2450; 96 -76.087 1062.93 2450
46. 98 -73.913 1159.57 -50; 99 -71.7391 1256.2 -50; 100 -69.5652 1352.83 -50
47. 101 -67.3913 1449.46 -50; 102 -65.2174 1546.09 -50; 103 -63.0435 1642.72 -50
48. 104 -60.8696 1739.35 -50; 105 -58.6957 1835.98 -50; 106 -56.5217 1932.61 -50
49. 107 -54.3478 2029.24 -50; 108 -52.1739 2125.87 -50; 109 -50 2222.5 -50
50. 111 73.913 1159.57 -50; 112 71.7391 1256.2 -50; 113 69.5652 1352.83 -50
51. 114 67.3913 1449.46 -50; 115 65.2174 1546.09 -50; 116 63.0435 1642.72 -50
52. 117 60.8696 1739.35 -50; 118 58.6957 1835.98 -50; 119 56.5217 1932.61 -50
53. 120 54.3478 2029.24 -50; 121 52.1739 2125.87 -50; 122 50 2222.5 -50
54. 124 73.913 1159.57 50; 125 71.7391 1256.2 50; 126 69.5652 1352.83 50
55. 127 67.3913 1449.46 50; 128 65.2174 1546.09 50; 129 63.0435 1642.72 50
56. 130 60.8696 1739.35 50; 131 58.6957 1835.98 50; 132 56.5217 1932.61 50
57. 133 54.3478 2029.24 50; 134 52.1739 2125.87 50; 135 50 2222.5 50
58. 137 -73.913 1159.57 50; 138 -71.7391 1256.2 50; 139 -69.5652 1352.83 50
59. 140 -67.3913 1449.46 50; 141 -65.2174 1546.09 50; 142 -63.0435 1642.72 50
60. 143 -60.8696 1739.35 50; 144 -58.6957 1835.98 50; 145 -56.5217 1932.61 50



- 61. 146 -54.3478 2029.24 50; 147 -52.1739 2125.87 50; 148 -50 2222.5 50
- 62. 150 -73.913 1159.57 2350; 151 -71.7391 1256.2 2350; 152 -69.5652 1352.83 2350
- 63. 153 -67.3913 1449.46 2350; 154 -65.2174 1546.09 2350
- 64. 155 -63.0435 1642.72 2350; 156 -60.8696 1739.35 2350
- 65. 157 -58.6957 1835.98 2350; 158 -56.5217 1932.61 2350
- 66. 159 -54.3478 2029.24 2350; 160 -52.1739 2125.87 2350; 161 -50 2222.5 2350
- 67. 163 73.913 1159.57 2350; 164 71.7391 1256.2 2350; 165 69.5652 1352.83 2350
- 68. 166 67.3913 1449.46 2350; 167 65.2174 1546.09 2350; 168 63.0435 1642.72 2350
- 69. 169 60.8696 1739.35 2350; 170 58.6957 1835.98 2350; 171 56.5217 1932.61 2350
- 70. 172 54.3478 2029.24 2350; 173 52.1739 2125.87 2350; 174 50 2222.5 2350
- 71. 176 73.913 1159.57 2450; 177 71.7391 1256.2 2450; 178 69.5652 1352.83 2450
- 72. 179 67.3913 1449.46 2450; 180 65.2174 1546.09 2450; 181 63.0435 1642.72 2450
- 73. 182 60.8696 1739.35 2450; 183 58.6957 1835.98 2450; 184 56.5217 1932.61 2450
- 74. 185 54.3478 2029.24 2450; 186 52.1739 2125.87 2450; 187 50 2222.5 2450
- 75. 189 -73.913 1159.57 2450; 190 -71.7391 1256.2 2450; 191 -69.5652 1352.83 2450
- 76. 192 -67.3913 1449.46 2450; 193 -65.2174 1546.09 2450
- 77. 194 -63.0435 1642.72 2450; 195 -60.8696 1739.35 2450
- 78. 196 -58.6957 1835.98 2450; 197 -56.5217 1932.61 2450
- 79. 198 -54.3478 2029.24 2450; 199 -52.1739 2125.87 2450; 200 -50 2222.5 2450
- 80. 202 -50 2322.5 -50; 204 50 2322.5 -50; 206 50 2322.5 50; 208 -50 2322.5 50
- 81. 210 -50 2322.5 2350; 212 50 2322.5 2350; 214 50 2322.5 2450
- 82. 216 -50 2322.5 2450; 218 -50 2422.5 -50; 220 50 2422.5 -50; 222 50 2422.5 50
- 83. 224 -50 2422.5 50; 226 -50 2422.5 2350; 228 50 2422.5 2350; 230 50 2422.5 2450
- 84. 232 -50 2422.5 2450; 234 -45.625 2466.25 -45.625; 235 -41.25 2510 -41.25
- 85. 236 -36.875 2553.75 -36.875; 237 -32.5 2597.5 -32.5
- 86. 238 -28.125 2641.25 -28.125; 239 -23.75 2685 -23.75
- 87. 240 -19.375 2728.75 -19.375; 241 -15 2772.5 -15; 243 45.625 2466.25 -45.625
- 88. 244 41.25 2510 -41.25; 245 36.875 2553.75 -36.875; 246 32.5 2597.5 -32.5
- 89. 247 28.125 2641.25 -28.125; 248 23.75 2685 -23.75; 249 19.375 2728.75 -19.375
- 90. 250 15 2772.5 -15; 252 45.625 2466.25 45.625; 253 41.25 2510 41.25
- 91. 254 36.875 2553.75 36.875; 255 32.5 2597.5 32.5; 256 28.125 2641.25 28.125
- 92. 257 23.75 2685 23.75; 258 19.375 2728.75 19.375; 259 15 2772.5 15
- 93. 261 -45.625 2466.25 45.625; 262 -41.25 2510 41.25; 263 -36.875 2553.75 36.875
- 94. 264 -32.5 2597.5 32.5; 265 -28.125 2641.25 28.125; 266 -23.75 2685 23.75
- 95. 267 -19.375 2728.75 19.375; 268 -15 2772.5 15; 270 -45.625 2466.25 2354.38
- 96. 271 -41.25 2510 2358.75; 272 -36.875 2553.75 2363.13; 273 -32.5 2597.5 2367.5
- S.E. NOPALA MARCO M-1
- 97. 274 -28.125 2641.25 2371.88; 275 -23.75 2685 2376.25
- 98. 276 -19.375 2728.75 2380.62; 277 -15 2772.5 2385; 279 45.625 2466.25 2354.38
- 99. 280 41.25 2510 2358.75; 281 36.875 2553.75 2363.13; 282 32.5 2597.5 2367.5
- 100. 283 28.125 2641.25 2371.88; 284 23.75 2685 2376.25; 285 19.375 2728.75 2380.62
- 101. 286 15 2772.5 2385; 288 45.625 2466.25 2445.62; 289 41.25 2510 2441.25
- 102. 290 36.875 2553.75 2436.87; 291 32.5 2597.5 2432.5; 292 28.125 2641.25 2428.13
- 103. 293 23.75 2685 2423.75; 294 19.375 2728.75 2419.38; 295 15 2772.5 2415
- 104. 297 -45.625 2466.25 2445.62; 298 -41.25 2510 2441.25
- 105. 299 -36.875 2553.75 2436.87; 300 -32.5 2597.5 2432.5
- 106. 301 -28.125 2641.25 2428.13; 302 -23.75 2685 2423.75
- 107. 303 -19.375 2728.75 2419.38; 304 -15 2772.5 2415; 306 -50 2322.5 137.5
- 108. 307 -50 2322.5 225; 308 -50 2322.5 312.5; 309 -50 2322.5 400
- 109. 310 -50 2322.5 500; 311 -50 2322.5 600; 312 -50 2322.5 700; 313 -50 2322.5 800
- 110. 314 -50 2322.5 900; 315 -50 2322.5 1000; 316 -50 2322.5 1100
- 111. 317 -50 2322.5 1200; 318 -50 2322.5 1300; 319 -50 2322.5 1400
- 112. 320 -50 2322.5 1500; 321 -50 2322.5 1600; 322 -50 2322.5 1700
- 113. 323 -50 2322.5 1800; 324 -50 2322.5 1900; 325 -50 2322.5 2000
- 114. 326 -50 2322.5 2087.5; 327 -50 2322.5 2175; 328 -50 2322.5 2262.5
- 115. 331 50 2322.5 137.5; 332 50 2322.5 225; 333 50 2322.5 312.5; 334 50 2322.5 400
- 116. 335 50 2322.5 500; 336 50 2322.5 600; 337 50 2322.5 700; 338 50 2322.5 800
- 117. 339 50 2322.5 900; 340 50 2322.5 1000; 341 50 2322.5 1100; 342 50 2322.5 1200
- 118. 343 50 2322.5 1300; 344 50 2322.5 1400; 345 50 2322.5 1500; 346 50 2322.5 1600
- 119. 347 50 2322.5 1700; 348 50 2322.5 1800; 349 50 2322.5 1900; 350 50 2322.5 2000
- 120. 351 50 2322.5 2087.5; 352 50 2322.5 2175; 353 50 2322.5 2262.5
- 121. 356 50 2422.5 137.5; 357 50 2422.5 225; 358 50 2422.5 312.5; 359 50 2422.5 400
- 122. 360 50 2422.5 500; 361 50 2422.5 600; 362 50 2422.5 700; 363 50 2422.5 800
- 123. 364 50 2422.5 900; 365 50 2422.5 1000; 366 50 2422.5 1100; 367 50 2422.5 1200
- 124. 368 50 2422.5 1300; 369 50 2422.5 1400; 370 50 2422.5 1500; 371 50 2422.5 1600
- 125. 372 50 2422.5 1700; 373 50 2422.5 1800; 374 50 2422.5 1900; 375 50 2422.5 2000
- 126. 376 50 2422.5 2087.5; 377 50 2422.5 2175; 378 50 2422.5 2262.5



127. 381 -50 2422.5 137.5; 382 -50 2422.5 225; 383 -50 2422.5 312.5  
128. 384 -50 2422.5 400; 385 -50 2422.5 500; 386 -50 2422.5 600; 387 -50 2422.5 700  
129. 388 -50 2422.5 800; 389 -50 2422.5 900; 390 -50 2422.5 1000  
130. 391 -50 2422.5 1100; 392 -50 2422.5 1200; 393 -50 2422.5 1300  
131. 394 -50 2422.5 1400; 395 -50 2422.5 1500; 396 -50 2422.5 1600  
132. 397 -50 2422.5 1700; 398 -50 2422.5 1800; 399 -50 2422.5 1900  
133. 400 -50 2422.5 2000; 401 -50 2422.5 2087.5; 402 -50 2422.5 2175  
134. 403 -50 2422.5 2262.5; 405 0 2322.5 400; 407 50 2372.5 400; 409 0 2422.5 400  
135. 411 -50 2372.5 400; 413 0 2322.5 500; 415 50 2372.5 500; 417 0 2422.5 500  
136. 419 -50 2372.5 500; 421 0 2322.5 600; 423 50 2372.5 600; 425 0 2422.5 600  
137. 427 -50 2372.5 600; 429 0 2322.5 1100; 431 50 2372.5 1100; 433 0 2422.5 1100  
138. 435 -50 2372.5 1100; 437 0 2322.5 1200; 439 50 2372.5 1200; 441 0 2422.5 1200  
139. 443 -50 2372.5 1200; 445 0 2322.5 1300; 447 50 2372.5 1300; 449 0 2422.5 1300  
140. 451 -50 2372.5 1300; 453 0 2322.5 1800; 455 50 2372.5 1800; 457 0 2422.5 1800  
141. 459 -50 2372.5 1800; 461 0 2322.5 1900; 463 50 2372.5 1900; 465 0 2422.5 1900  
142. 467 -50 2372.5 1900; 469 0 2322.5 2000; 471 50 2372.5 2000; 473 0 2422.5 2000  
143. 475 -50 2372.5 2000  
144. MEMBER INCIDENTES  
145. 89 1 2; 90 2 3; 91 3 4; 92 4 5; 93 5 6; 94 6 7; 95 7 8; 96 8 9; 97 9 10  
146. 98 10 11; 99 11 12; 100 13 14; 101 14 15; 102 15 16; 103 16 17; 104 17 18  
147. 105 18 19; 106 19 20; 107 20 21; 108 21 22; 109 22 23; 110 23 24; 111 25 26  
148. 112 26 27; 113 27 28; 114 28 29; 115 29 30; 116 30 31; 117 31 32; 118 32 33  
149. 119 33 34; 120 34 35; 121 35 36; 122 37 38; 123 38 39; 124 39 40; 125 40 41  
150. 126 41 42; 127 42 43; 128 43 44; 129 44 45; 130 45 46; 131 46 47; 132 47 48  
151. 221 49 50; 222 50 51; 223 51 52; 224 52 53; 225 53 54; 226 54 55; 227 55 56  
152. 228 56 57; 229 57 58; 230 58 59; 231 59 60; 232 61 62; 233 62 63; 234 63 64  
S.E. NOPALA MARCO M-1  
153. 235 64 65; 236 65 66; 237 66 67; 238 67 68; 239 68 69; 240 69 70; 241 70 71  
154. 242 71 72; 243 73 74; 244 74 75; 245 75 76; 246 76 77; 247 77 78; 248 78 79  
155. 249 79 80; 250 80 81; 251 81 82; 252 82 83; 253 83 84; 254 85 86; 255 86 87  
156. 256 87 88; 257 88 89; 258 89 90; 259 90 91; 260 91 92; 261 92 93; 262 93 94  
157. 263 94 95; 264 95 96; 361 12 98; 362 98 99; 363 99 100; 364 100 101  
158. 365 101 102; 366 102 103; 367 103 104; 368 104 105; 369 105 106; 370 106 107  
159. 371 107 108; 372 108 109; 373 24 111; 374 111 112; 375 112 113; 376 113 114  
160. 377 114 115; 378 115 116; 379 116 117; 380 117 118; 381 118 119; 382 119 120  
161. 383 120 121; 384 121 122; 385 36 124; 386 124 125; 387 125 126; 388 126 127  
162. 389 127 128; 390 128 129; 391 129 130; 392 130 131; 393 131 132; 394 132 133  
163. 395 133 134; 396 134 135; 397 48 137; 398 137 138; 399 138 139; 400 139 140  
164. 401 140 141; 402 141 142; 403 142 143; 404 143 144; 405 144 145; 406 145 146  
165. 407 146 147; 408 147 148; 505 60 150; 506 150 151; 507 151 152; 508 152 153  
166. 509 153 154; 510 154 155; 511 155 156; 512 156 157; 513 157 158; 514 158 159  
167. 515 159 160; 516 160 161; 517 72 163; 518 163 164; 519 164 165; 520 165 166  
168. 521 166 167; 522 167 168; 523 168 169; 524 169 170; 525 170 171; 526 171 172  
169. 527 172 173; 528 173 174; 529 84 176; 530 176 177; 531 177 178; 532 178 179  
170. 533 179 180; 534 180 181; 535 181 182; 536 182 183; 537 183 184; 538 184 185  
171. 539 185 186; 540 186 187; 541 96 189; 542 189 190; 543 190 191; 544 191 192  
172. 545 192 193; 546 193 194; 547 194 195; 548 195 196; 549 196 197; 550 197 198  
173. 551 198 199; 552 199 200; 561 109 202; 562 122 204; 563 135 206; 564 148 208  
174. 573 161 210; 574 174 212; 575 187 214; 576 200 216; 577 202 220; 578 218 204  
175. 579 204 222; 580 220 206; 581 206 224; 582 222 208; 583 208 218; 584 224 202  
176. 585 202 206; 586 218 222; 587 204 208; 588 220 224; 589 202 204; 590 218 220  
177. 591 204 206; 592 220 222; 593 206 208; 594 222 224; 595 202 208; 596 218 224  
178. 597 202 218; 598 204 220; 599 206 222; 600 208 224; 601 210 228; 602 226 212  
179. 603 212 230; 604 228 214; 605 214 232; 606 230 216; 607 216 226; 608 232 210  
180. 609 210 214; 610 226 230; 611 212 216; 612 228 232; 613 210 212; 614 226 228  
181. 615 212 214; 616 228 230; 617 214 216; 618 230 232; 619 210 216; 620 226 232  
182. 621 210 226; 622 212 228; 623 214 230; 624 216 232; 657 218 234; 658 234 235  
183. 659 235 236; 660 236 237; 661 237 238; 662 238 239; 663 239 240; 664 240 241  
184. 665 220 243; 666 243 244; 667 244 245; 668 245 246; 669 246 247; 670 247 248  
185. 671 248 249; 672 249 250; 673 222 252; 674 252 253; 675 253 254; 676 254 255  
186. 677 255 256; 678 256 257; 679 257 258; 680 258 259; 681 224 261; 682 261 262  
187. 683 262 263; 684 263 264; 685 264 265; 686 265 266; 687 266 267; 688 267 268  
188. 689 241 250; 690 250 259; 691 259 268; 692 268 241; 725 226 270; 726 270 271  
189. 727 271 272; 728 272 273; 729 273 274; 730 274 275; 731 275 276; 732 276 277  
190. 733 228 279; 734 279 280; 735 280 281; 736 281 282; 737 282 283; 738 283 284  
191. 739 284 285; 740 285 286; 741 230 288; 742 288 289; 743 289 290; 744 290 291  
192. 745 291 292; 746 292 293; 747 293 294; 748 294 295; 749 232 297; 750 297 298  
193. 751 298 299; 752 299 300; 753 300 301; 754 301 302; 755 302 303; 756 303 304



194. 757 277 286; 758 286 295; 759 295 304; 760 304 277; 761 208 331; 762 306 332  
195. 763 307 333; 764 308 334; 765 309 335; 766 310 336; 767 311 337; 768 312 338  
196. 769 313 339; 770 314 340; 771 315 341; 772 316 342; 773 317 343; 774 318 344  
197. 775 319 345; 776 320 346; 777 321 347; 778 322 348; 779 323 349; 780 324 350  
198. 781 325 351; 782 326 352; 783 327 353; 784 328 212; 785 306 206; 786 307 331  
199. 787 308 332; 788 309 333; 789 310 334; 790 311 335; 791 312 336; 792 313 337  
200. 793 314 338; 794 315 339; 795 316 340; 796 317 341; 797 318 342; 798 319 343  
201. 799 320 344; 800 321 345; 801 322 346; 802 323 347; 803 324 348; 804 325 349  
202. 805 326 350; 806 327 351; 807 328 352; 808 210 353; 809 206 356; 810 331 357  
203. 811 332 358; 812 333 359; 813 334 360; 814 335 361; 815 336 362; 816 337 363  
204. 817 338 364; 818 339 365; 819 340 366; 820 341 367; 821 342 368; 822 343 369  
205. 823 344 370; 824 345 371; 825 346 372; 826 347 373; 827 348 374; 828 349 375  
206. 829 350 376; 830 351 377; 831 352 378; 832 353 228; 833 331 222; 834 332 356  
207. 835 333 357; 836 334 358; 837 335 359; 838 336 360; 839 337 361; 840 338 362  
208. 841 339 363; 842 340 364; 843 341 365; 844 342 366; 845 343 367; 846 344 368  
S.E. NOPALA MARCO M-1  
209. 847 345 369; 848 346 370; 849 347 371; 850 348 372; 851 349 373; 852 350 374  
210. 853 351 375; 854 352 376; 855 353 377; 856 212 378; 857 222 381; 858 356 382  
211. 859 357 383; 860 358 384; 861 359 385; 862 360 386; 863 361 387; 864 362 388  
212. 865 363 389; 866 364 390; 867 365 391; 868 366 392; 869 367 393; 870 368 394  
213. 871 369 395; 872 370 396; 873 371 397; 874 372 398; 875 373 399; 876 374 400  
214. 877 375 401; 878 376 402; 879 377 403; 880 378 226; 881 356 224; 882 357 381  
215. 883 358 382; 884 359 383; 885 360 384; 886 361 385; 887 362 386; 888 363 387  
216. 889 364 388; 890 365 389; 891 366 390; 892 367 391; 893 368 392; 894 369 393  
217. 895 370 394; 896 371 395; 897 372 396; 898 373 397; 899 374 398; 900 375 399  
218. 901 376 400; 902 377 401; 903 378 402; 904 228 403; 905 224 306; 906 381 307  
219. 907 382 308; 908 383 309; 909 384 310; 910 385 311; 911 386 312; 912 387 313  
220. 913 388 314; 914 389 315; 915 390 316; 916 391 317; 917 392 318; 918 393 319  
221. 919 394 320; 920 395 321; 921 396 322; 922 397 323; 923 398 324; 924 399 325  
222. 925 400 326; 926 401 327; 927 402 328; 928 403 210; 929 381 208; 930 382 306  
223. 931 383 307; 932 384 308; 933 385 309; 934 386 310; 935 387 311; 936 388 312  
224. 937 389 313; 938 390 314; 939 391 315; 940 392 316; 941 393 317; 942 394 318  
225. 943 395 319; 944 396 320; 945 397 321; 946 398 322; 947 399 323; 948 400 324  
226. 949 401 325; 950 402 326; 951 403 327; 952 226 328; 953 208 306; 954 306 307  
227. 955 307 308; 956 308 309; 957 309 310; 958 310 311; 959 311 312; 960 312 313  
228. 961 313 314; 962 314 315; 963 315 316; 964 316 317; 965 317 318; 966 318 319  
229. 967 319 320; 968 320 321; 969 321 322; 970 322 323; 971 323 324; 972 324 325  
230. 973 325 326; 974 326 327; 975 327 328; 976 328 210; 977 206 331; 978 331 332  
231. 979 332 333; 980 333 334; 981 334 335; 982 335 336; 983 336 337; 984 337 338  
232. 985 338 339; 986 339 340; 987 340 341; 988 341 342; 989 342 343; 990 343 344  
233. 991 344 345; 992 345 346; 993 346 347; 994 347 348; 995 348 349; 996 349 350  
234. 997 350 351; 998 351 352; 999 352 353; 1000 353 212; 1001 222 356  
235. 1002 356 357; 1003 357 358; 1004 358 359; 1005 359 360; 1006 360 361  
236. 1007 361 362; 1008 362 363; 1009 363 364; 1010 364 365; 1011 365 366  
237. 1012 366 367; 1013 367 368; 1014 368 369; 1015 369 370; 1016 370 371  
238. 1017 371 372; 1018 372 373; 1019 373 374; 1020 374 375; 1021 375 376  
239. 1022 376 377; 1023 377 378; 1024 378 228; 1025 224 381; 1026 381 382  
240. 1027 382 383; 1028 383 384; 1029 384 385; 1030 385 386; 1031 386 387  
241. 1032 387 388; 1033 388 389; 1034 389 390; 1035 390 391; 1036 391 392  
242. 1037 392 393; 1038 393 394; 1039 394 395; 1040 395 396; 1041 396 397  
243. 1042 397 398; 1043 398 399; 1044 399 400; 1045 400 401; 1046 401 402  
244. 1047 402 403; 1048 403 226; 1049 405 334; 1050 334 407; 1051 407 359  
245. 1052 359 409; 1053 409 384; 1054 384 411; 1055 411 309; 1056 309 405  
246. 1057 405 407; 1058 407 409; 1059 409 411; 1060 411 405; 1061 405 409  
247. 1062 413 335; 1063 335 415; 1064 415 360; 1065 360 417; 1066 417 385  
248. 1067 385 419; 1068 419 310; 1069 310 413; 1070 413 415; 1071 415 417  
249. 1072 417 419; 1073 419 413; 1074 413 417; 1075 421 336; 1076 336 423  
250. 1077 423 361; 1078 361 425; 1079 425 386; 1080 386 427; 1081 427 311  
251. 1082 311 421; 1083 421 423; 1084 423 425; 1085 425 427; 1086 427 421  
252. 1087 421 425; 1088 429 341; 1089 341 431; 1090 431 366; 1091 366 433  
253. 1092 433 391; 1093 391 435; 1094 435 316; 1095 316 429; 1096 429 431  
254. 1097 431 433; 1098 433 435; 1099 435 429; 1100 429 433; 1101 437 342  
255. 1102 342 439; 1103 439 367; 1104 367 441; 1105 441 392; 1106 392 443  
256. 1107 443 317; 1108 317 437; 1109 437 439; 1110 439 441; 1111 441 443  
257. 1112 443 437; 1113 437 441; 1114 445 343; 1115 343 447; 1116 447 368  
258. 1117 368 449; 1118 449 393; 1119 393 451; 1120 451 318; 1121 318 445  
259. 1122 445 447; 1123 447 449; 1124 449 451; 1125 451 445; 1126 445 449  
260. 1127 453 348; 1128 348 455; 1129 455 373; 1130 373 457; 1131 457 398  
261. 1132 398 459; 1133 459 323; 1134 323 453; 1135 453 455; 1136 455 457





262. 1137 457 459; 1138 459 453; 1139 453 457; 1140 461 349; 1141 349 463  
263. 1142 463 374; 1143 374 465; 1144 465 399; 1145 399 467; 1146 467 324  
264. 1147 324 461; 1148 461 463; 1149 463 465; 1150 465 467; 1151 467 461  
S.E. NOPALA MARCO M-1  
265. 1152 461 465; 1153 469 350; 1154 350 471; 1155 471 375; 1156 375 473  
266. 1157 473 400; 1158 400 475; 1159 475 325; 1160 325 469; 1161 469 471  
267. 1162 471 473; 1163 473 475; 1164 475 469; 1165 469 473; 1166 38 26; 1167 26 14  
268. 1168 14 2; 1169 2 38; 1170 39 27; 1171 27 15; 1172 15 3; 1173 3 39; 1174 40 28  
269. 1175 28 16; 1176 16 4; 1177 4 40; 1178 41 29; 1179 29 17; 1180 17 5; 1181 5 41  
270. 1182 42 30; 1183 30 18; 1184 18 6; 1185 6 42; 1186 43 31; 1187 31 19  
271. 1188 19 7; 1189 7 43; 1190 44 32; 1191 32 20; 1192 20 8; 1193 8 44; 1194 45 33  
272. 1195 33 21; 1196 21 9; 1197 9 45; 1198 46 34; 1199 34 22; 1200 22 10  
273. 1201 10 46; 1202 47 35; 1203 35 23; 1204 23 11; 1205 11 47; 1206 48 36  
274. 1207 36 24; 1208 24 12; 1209 12 48; 1210 137 124; 1211 124 111; 1212 111 98  
275. 1213 98 137; 1214 138 125; 1215 125 112; 1216 112 99; 1217 99 138  
276. 1218 139 126; 1219 126 113; 1220 113 100; 1221 100 139; 1222 140 127  
277. 1223 127 114; 1224 114 101; 1225 101 140; 1226 141 128; 1227 128 115  
278. 1228 115 102; 1229 102 141; 1230 142 129; 1231 129 116; 1232 116 103  
279. 1233 103 142; 1234 143 130; 1235 130 117; 1236 117 104; 1237 104 143  
280. 1238 144 131; 1239 131 118; 1240 118 105; 1241 105 144; 1242 145 132  
281. 1243 132 119; 1244 119 106; 1245 106 145; 1246 146 133; 1247 133 120  
282. 1248 120 107; 1249 107 146; 1250 147 134; 1251 134 121; 1252 121 108  
283. 1253 108 147; 1254 109 148; 1255 148 135; 1256 135 122; 1257 122 109  
284. 1258 86 74; 1259 74 62; 1260 62 50; 1261 50 86; 1262 87 75; 1263 75 63  
285. 1264 63 51; 1265 51 87; 1266 88 76; 1267 76 64; 1268 64 52; 1269 52 88  
286. 1270 89 77; 1271 77 65; 1272 65 53; 1273 53 89; 1274 90 78; 1275 78 66  
287. 1276 66 54; 1277 54 90; 1278 91 79; 1279 79 67; 1280 67 55; 1281 55 91  
288. 1282 92 80; 1283 80 68; 1284 68 56; 1285 56 92; 1286 93 81; 1287 81 69  
289. 1288 69 57; 1289 57 93; 1290 94 82; 1291 82 70; 1292 70 58; 1293 58 94  
290. 1294 95 83; 1295 83 71; 1296 71 59; 1297 59 95; 1298 96 84; 1299 84 72  
291. 1300 72 60; 1301 60 96; 1302 189 176; 1303 176 163; 1304 163 150; 1305 150 189  
292. 1306 190 177; 1307 177 164; 1308 164 151; 1309 151 190; 1310 191 178  
293. 1311 178 165; 1312 165 152; 1313 152 191; 1314 192 179; 1315 179 166  
294. 1316 166 153; 1317 153 192; 1318 193 180; 1319 180 167; 1320 167 154  
295. 1321 154 193; 1322 194 181; 1323 181 168; 1324 168 155; 1325 155 194  
296. 1326 195 182; 1327 182 169; 1328 169 156; 1329 156 195; 1330 196 183  
297. 1331 183 170; 1332 170 157; 1333 157 196; 1334 197 184; 1335 184 171  
298. 1336 171 158; 1337 158 197; 1338 198 185; 1339 185 172; 1340 172 159  
299. 1341 159 198; 1342 199 186; 1343 186 173; 1344 173 160; 1345 160 199  
300. 1346 200 187; 1347 187 174; 1348 174 161; 1349 161 200; 1350 261 252  
301. 1351 252 243; 1352 243 234; 1353 234 261; 1354 262 253; 1355 253 244  
302. 1356 244 235; 1357 235 262; 1358 263 254; 1359 254 245; 1360 245 236  
303. 1361 236 263; 1362 264 255; 1363 255 246; 1364 246 237; 1365 237 264  
304. 1366 265 256; 1367 256 247; 1368 247 238; 1369 238 265; 1370 266 257  
305. 1371 257 248; 1372 248 239; 1373 239 266; 1374 267 258; 1375 258 249  
306. 1376 249 240; 1377 240 267; 1378 297 288; 1379 288 279; 1380 279 270  
307. 1381 270 297; 1382 298 289; 1383 289 280; 1384 280 271; 1385 271 298  
308. 1386 299 290; 1387 290 281; 1388 281 272; 1389 272 299; 1390 300 291  
309. 1391 291 282; 1392 282 273; 1393 273 300; 1394 301 292; 1395 292 283  
310. 1396 283 274; 1397 274 301; 1398 302 293; 1399 293 284; 1400 284 275  
311. 1401 275 302; 1402 303 294; 1403 294 285; 1404 285 276; 1405 276 303  
312. 1406 85 74; 1407 74 87; 1408 87 76; 1409 76 89; 1410 89 78; 1411 78 91  
313. 1412 91 80; 1413 80 93; 1414 93 82; 1415 82 95; 1416 95 84; 1417 84 189  
314. 1418 189 177; 1419 177 191; 1420 191 179; 1421 179 193; 1422 193 181  
315. 1423 181 195; 1424 195 183; 1425 183 197; 1426 197 185; 1427 185 199  
316. 1428 199 187; 1429 187 216; 1430 61 50; 1431 50 63; 1432 63 52; 1433 52 65  
317. 1434 65 54; 1435 54 67; 1436 67 56; 1437 56 69; 1438 69 58; 1439 58 71  
318. 1440 71 60; 1441 60 163; 1442 163 151; 1443 151 165; 1444 165 153  
319. 1445 153 167; 1446 167 155; 1447 155 169; 1448 169 157; 1449 157 171  
320. 1450 171 159; 1451 159 173; 1452 173 161; 1453 161 212; 1454 37 26; 1455 26 39  
S.E. NOPALA MARCO M-1  
321. 1456 39 28; 1457 28 41; 1458 41 30; 1459 30 43; 1460 43 32; 1461 32 45  
322. 1462 45 34; 1463 34 47; 1464 47 36; 1465 36 137; 1466 137 125; 1467 125 139  
323. 1468 139 127; 1469 127 141; 1470 141 129; 1471 129 143; 1472 143 131  
324. 1473 131 145; 1474 145 133; 1475 133 147; 1476 147 135; 1477 135 208  
325. 1478 13 2; 1479 2 15; 1480 15 4; 1481 4 17; 1482 17 6; 1483 6 19; 1484 19 8  
326. 1485 8 21; 1486 21 10; 1487 10 23; 1488 23 12; 1489 12 111; 1490 111 99



327. 1491 99 113; 1492 113 101; 1493 101 115; 1494 115 103; 1495 103 117  
328. 1496 117 105; 1497 105 119; 1498 119 107; 1499 107 121; 1500 121 109  
329. 1501 109 204; 1502 49 86; 1503 86 51; 1504 51 88; 1505 88 53; 1506 53 90  
330. 1507 90 55; 1508 55 92; 1509 92 57; 1510 57 94; 1511 94 59; 1512 59 96  
331. 1513 96 150; 1514 150 190; 1515 190 152; 1516 152 192; 1517 192 154  
332. 1518 154 194; 1519 194 156; 1520 156 196; 1521 196 158; 1522 158 198  
333. 1523 198 160; 1524 160 200; 1525 200 210; 1526 73 62; 1527 62 75; 1528 75 64  
334. 1529 64 77; 1530 77 66; 1531 66 79; 1532 79 68; 1533 68 81; 1534 81 70  
335. 1535 70 83; 1536 83 72; 1537 72 176; 1538 176 164; 1539 164 178; 1540 178 166  
336. 1541 166 180; 1542 180 168; 1543 168 182; 1544 182 170; 1545 170 184  
337. 1546 184 172; 1547 172 186; 1548 186 174; 1549 174 214; 1550 1 38; 1551 38 3  
338. 1552 3 40; 1553 40 5; 1554 5 42; 1555 42 7; 1556 7 44; 1557 44 9; 1558 9 46  
339. 1559 46 11; 1560 11 48; 1561 48 98; 1562 98 138; 1563 138 100; 1564 100 140  
340. 1565 140 102; 1566 102 142; 1567 142 104; 1568 104 144; 1569 144 106  
341. 1570 106 146; 1571 146 108; 1572 108 148; 1573 148 202; 1574 25 14; 1575 14 27  
342. 1576 27 16; 1577 16 29; 1578 29 18; 1579 18 31; 1580 31 20; 1581 20 33  
343. 1582 33 22; 1583 22 35; 1584 35 24; 1585 24 124; 1586 124 112; 1587 112 126  
344. 1588 126 114; 1589 114 128; 1590 128 116; 1591 116 130; 1592 130 118  
345. 1593 118 132; 1594 132 120; 1595 120 134; 1596 134 122; 1597 122 206  
346. START USER TABLE  
347. TABLE 1  
348. UNIT CM KG  
349. ANGLE  
350. L15153  
351. 3.81 3.81 0.476 0.73 1.89 1.89  
352. END  
353. START GROUP DEFINITION  
354. GEOMETRY  
355. \_CUERDC1-1 89 TO 132 221 TO 264  
356. \_CUERDC1-2 361 TO 408 505 TO 552  
357. \_CUERDC1-3 561 TO 564 573 TO 576  
358. \_DIAGVN1-1 577 TO 584 601 TO 608  
359. \_DIAGHN1-1 585 TO 588 609 TO 612  
360. \_MONTHN1-1 589 TO 596 613 TO 620  
361. \_CUERDN1-1 597 TO 600 621 TO 624  
362. \_CUERDH1 657 TO 688 725 TO 756  
363. \_MONTH1 689 TO 692 757 TO 760  
364. \_DIAGT-1 761 TO 952  
365. \_CUERDT-1 953 TO 1048  
366. \_CUERA1 1049 TO 1056 1062 TO 1069 1075 TO 1082 1088 TO 1095 1101 TO 1108 1114 -  
367. 1115 TO 1121 1127 TO 1134 1140 TO 1147 1153 TO 1160  
368. \_DIAGAA1 1057 TO 1060 1070 TO 1073 1083 TO 1086 1096 TO 1099 1109 TO 1112 -  
369. 1122 TO 1125 1135 TO 1138 1148 TO 1151 1161 TO 1164  
370. \_DIAGCA1 1061 1074 1087 1100 1113 1126 1139 1152 1165  
371. \_MONT-C1A1 1166 1168 1170 1172 1174 1176 1178 1180 1182 1184 1186 1188 1190 -  
372. 1192 1194 1196 1258 1260 1262 1264 1266 1268 1270 1272 1274 1276 1278 1280 -  
373. 1282 1284 1286 1288  
374. \_MONT-C1A2 1198 1200 1202 1204 1206 1208 1210 1212 1214 1216 1218 1220 1222 -  
375. 1224 1226 1228 1290 1292 1294 1296 1298 1300 1302 1304 1306 1308 1310 1312 -  
376. 1314 1316 1318 1320  
S.E. NOPALA MARCO M-1  
377. \_MONT-C1A3 1230 1232 1234 1236 1238 1240 1242 1244 1246 1248 1250 1252 1255 -  
378. 1257 1322 1324 1326 1328 1330 1332 1334 1336 1338 1340 1342 1344 1346 1348  
379. \_MONT-C1B1 1167 1169 1171 1173 1175 1177 1179 1181 1183 1185 1187 1189 1191 -  
380. 1193 1195 1197 1259 1261 1263 1265 1267 1269 1271 1273 1275 1277 1279 1281 -  
381. 1283 1285 1287 1289  
382. \_MONT-C1B2 1199 1201 1203 1205 1207 1209 1211 1213 1215 1217 1219 1221 1223 -  
383. 1225 1227 1229 1291 1293 1295 1297 1299 1301 1303 1305 1307 1309 1311 1313 -  
384. 1315 1317 1319 1321  
385. \_MONT-C1B3 1231 1233 1235 1237 1239 1241 1243 1245 1247 1249 1251 1253 1254 -  
386. 1256 1323 1325 1327 1329 1331 1333 1335 1337 1339 1341 1343 1345 1347 1349  
387. \_MONT-C3 1350 TO 1405  
388. \_DIAG-ACART 1406 TO 1501  
389. \_DIAG\_PRIS 1502 TO 1597  
390. END GROUP DEFINITION  
391. MEMBER RELEASE  
392. \_DIAGVN1-1 START MX MY MZ





393. \_DIAGVN1-1 END MX MY MZ  
394. \_DIAGHN1-1 START MX MY MZ  
395. \_DIAGHN1-1 END MX MY MZ  
396. \_MONTHN1-1 START MX MY MZ  
397. \_MONTHN1-1 END MX MY MZ  
398. \_MONTH1 START MX MY MZ  
399. \_MONTH1 END MX MY MZ  
400. \_DIAGT-1 START MX MY MZ  
401. \_DIAGT-1 END MX MY MZ  
402. \_DIAGAA1 START MX MY MZ  
403. \_DIAGAA1 END MX MY MZ  
404. \_DIAGCA1 START MX MY MZ  
405. \_DIAGCA1 END MX MY MZ  
406. \_MONT-C1A1 START MX MY MZ  
407. \_MONT-C1A1 END MX MY MZ  
408. \_MONT-C1A2 START MX MY MZ  
409. \_MONT-C1A2 END MX MY MZ  
410. \_MONT-C1A3 START MX MY MZ  
411. \_MONT-C1A3 END MX MY MZ  
412. \_MONT-C1B1 START MX MY MZ  
413. \_MONT-C1B1 END MX MY MZ  
414. \_MONT-C1B2 START MX MY MZ  
415. \_MONT-C1B2 END MX MY MZ  
416. \_MONT-C1B3 START MX MY MZ  
417. \_MONT-C1B3 END MX MY MZ  
418. \_DIAG-ACART START MX MY MZ  
419. \_DIAG-ACART END MX MY MZ  
420. \_DIAG\_PRIS START MX MY MZ  
421. \_DIAG\_PRIS END MX MY MZ  
422. MEMBER PROPERTY AMERICAN  
423. \_CUERDC1-1 TABLE ST L60608  
424. \_CUERDC1-2 TABLE ST L60606  
425. \_CUERDC1-3 TABLE ST L60606  
426. \_DIAGVN1-1 TABLE ST L20204  
427. \_DIAGHN1-1 TABLE ST L20204  
428. \_MONTHN1-1 TABLE ST L20204  
429. \_CUERDN1-1 TABLE ST L60606  
430. \_CUERDH1 TABLE ST L20203  
431. \_MONTH1 TABLE ST L20203  
432. \_DIAGT-1 TABLE ST L20203  
S.E. NOPALA MARCO M-1  
433. \_CUERDT-1 TABLE ST L30306  
434. \_CUERA1 TABLE ST L25253  
435. \_DIAGAA1 UPTABLE 1 L15153  
436. \_DIAGCA1 UPTABLE 1 L15153  
437. \_MONT-C1A1 TABLE ST C6X8  
438. \_MONT-C1A2 TABLE ST C4X5  
439. \_MONT-C1A3 TABLE ST C4X5  
440. \_MONT-C1B1 TABLE ST C6X8  
441. \_MONT-C1B2 TABLE ST C4X5  
442. \_MONT-C1B3 TABLE ST C4X5  
443. \_MONT-C3 TABLE ST C4X5  
444. \_DIAG-ACART TABLE ST L25254  
445. \_DIAG\_PRIS TABLE ST L25254  
446. DEFINE MATERIAL START  
447. ISOTROPIC MATERIAL1  
448. E 2.09042E+006  
449. POISSON 0.3  
450. DENSITY 0.00785181  
451. END DEFINE MATERIAL  
452. CONSTANTS  
453. BETA 45 MEMB 89 TO 132 221 TO 264 361 TO 408 505 TO 552 561 TO 564 -  
454. 573 TO 624 657 TO 692 725 TO 1165 1406 TO 1597  
455. BETA 180 MEMB 1166 TO 1405  
456. MATERIAL MATERIAL1 ALL  
457. SUPPORTS  
458. 1 13 25 37 49 61 73 85 PINNED



- 459. LOAD 1 PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA (PP)
- 460. SELFWEIGHT Y -1
- 461. LOAD 2 PESO DEL EQUIPO Y CABLES (PEC)
- 462. JOINT LOAD
- 463. \*PESO DE EQUIPO Y CABLES F6
- 464. 411 427 435 451 459 475 FY -174
- 465. MEMBER LOAD
- 466. \*PESO DE EQUIPO Y CABLES F10
- 467. 758 CON GY -14 15
- 468. \*PESO DE EQUIPO Y CABLES F11
- 469. 760 CON GY -5 15
- 470. \*PESO DE EQUIPO Y CABLES F13
- 471. 690 CON GY -13 15
- 472. \*PESO DE EQUIPO Y CABLES F14
- 473. 692 CON GY -6 15
- 474. LOAD 3 TENSION MAXIMA DE CABLES EN CONDICIONES NORMALES POR PESO PROPIO (TMCCN-
- 475. JOINT LOAD
- 476. \*TENSION DE CABLES F6
- 477. 411 427 435 451 459 475 FX -462
- 478. MEMBER LOAD
- 479. \*TENSION DE CABLES F10
- 480. 758 CON GX -131 15
- 481. \*TENSION DE CABLES F11
- 482. 760 CON GX 225 15
- 483. \*TENSION DE CABLES F13
- 484. 690 CON GX 204 15
- 485. \*TENSION DE CABLES F14
- 486. 692 CON GX -174 15
- 487. LOAD 4 TENSION MAXIMA DE CABLES EN CONDICIONES NORMALES POR VIENTO (TMCCN-V)
- S.E. NOPALA MARCO M-1
- 488. JOINT LOAD
- 489. \*TENSION DE CABLES F6
- 490. 411 427 435 451 459 475 FX -11 FZ 7.5
- 491. MEMBER LOAD
- 492. \*TENSION DE CABLES F10
- 493. 758 CON GX -104 15
- 494. 758 CON GZ 6 15
- 495. \*TENSION DE CABLES F11
- 496. 760 CON GX 196 15
- 497. 760 CON GZ 18 15
- 498. \*TENSION DE CABLES F13
- 499. 690 CON GX 182 15
- 500. 690 CON GZ 16 15
- 501. \*TENSION DE CABLES F14
- 502. 692 CON GX -122 15
- 503. 692 CON GZ 7 15
- 504. LOAD 5 TENSION DE TRABAJO DE CABLES EN CONDICIONES NORMALES POR PESO PROPIO (TT
- 505. \*0.75 DE LA TENSION MAXIMA
- 506. REPEAT LOAD
- 507. 3 0.75
- 508. LOAD 6 TENSION DE TRABAJO DE CABLES EN CONDICIONES NORMALES POR VIENTO (TTCCN-V
- 509. \*0.75 DE LA TENSION MAXIMA
- 510. REPEAT LOAD
- 511. 4 0.75
- 512. LOAD 7 TENSION MAXIMA DE CABLES EN CONDICIONES DESBALANCEADAS POR PESO PROPIO (
- 513. JOINT LOAD
- 514. \*TENSION DE CABLES F6
- 515. 411 427 435 451 459 475 FX -462
- 516. MEMBER LOAD
- 517. \*TENSION DE CABLES F10
- 518. 758 CON GX -131 15
- 519. \*TENSION DE CABLES F11
- 520. 760 CON GX 225 15
- 521. \*TENSION DE CABLES F13
- 522. 690 CON GX 204 15
- 523. \*TENSION DE CABLES F14
- 524. 692 CON GX -174 15



- 525. LOAD 8 TENSION MAXIMA DE CABLES EN CONDICIONES DESBALANCEADAS POR VIENTO (TMCCD)
- 526. JOINT LOAD
- 527. \*TENSION DE CABLES F6
- 528. 411 427 435 451 459 475 FX -11 FZ 7.5
- 529. MEMBER LOAD
- 530. \*TENSION DE CABLES F10
- 531. 758 CON GX -104 15
- 532. 758 CON GZ 6 15
- 533. \*TENSION DE CABLES F11
- 534. 760 CON GX 196 15
- 535. 760 CON GZ 18 15
- 536. \*TENSION DE CABLES F13
- 537. 690 CON GX 182 15
- 538. 690 CON GZ 16 15
- 539. \*TENSION DE CABLES F14
- S.E. NOPALA MARCO M-1
- 540. 692 CON GX -122 15
- 541. 692 CON GZ 7 15
- 542. LOAD 9 TENSIONES DE TRABAJO EN CONDICIONES DESBALANCEADAS POR PESO PROPIO (TTCC)
- 543. \*0.75 DE LA TENSION MAXIMA
- 544. REPEAT LOAD
- 545. 7 0.75
- 546. LOAD 10 TENSIONES DE TRABAJO EN CONDICIONES DESBALANCEADAS POR VIENTO (TTCCD-V)
- 547. \*0.75 DE LA TENSION MAXIMA
- 548. REPEAT LOAD
- 549. 8 0.75
- 550. LOAD 11 VIENTO MAXIMO PARALELO A LA ESTRUCTURA (VMPE)
- 551. JOINT LOAD
- 552. \*PERPENDICULAR A LA TENSION DE CABLES
- 553. 2 FZ 35.012
- 554. 3 FZ 34.4993
- 555. 4 FZ 33.9918
- 556. 5 FZ 33.4897
- 557. 6 FZ 32.993
- 558. 7 FZ 32.5019
- 559. 8 FZ 32.0164
- 560. 9 FZ 31.5367
- 561. 10 FZ 31.0628
- 562. 11 FZ 30.595
- 563. 12 FZ 30.8215
- 564. 14 FZ 35.012
- 565. 15 FZ 34.4993
- 566. 16 FZ 33.9918
- 567. 17 FZ 33.4897
- 568. 18 FZ 32.993
- 569. 19 FZ 32.5019
- 570. 20 FZ 32.0164
- 571. 21 FZ 31.5367
- 572. 22 FZ 31.0628
- 573. 23 FZ 30.595
- 574. 24 FZ 30.8215
- 575. 26 FZ 14.7987
- 576. 27 FZ 14.2729
- 577. 28 FZ 13.743
- 578. 29 FZ 13.2086
- 579. 30 FZ 12.6689
- 580. 31 FZ 12.1233
- 581. 32 FZ 11.5711
- 582. 33 FZ 11.0113
- 583. 34 FZ 10.4429
- 584. 35 FZ 9.86497
- 585. 36 FZ 9.48803
- 586. 38 FZ 14.7987
- 587. 39 FZ 14.2729
- 588. 40 FZ 13.743
- 589. 41 FZ 13.2086
- 590. 42 FZ 12.6689
- 591. 43 FZ 12.1233



- 592. 44 FZ 11.5711
- 593. 45 FZ 11.0113
- 594. 46 FZ 10.4429
- S.E. NOPALA MARCO M-1
- 1155. 383 FX -8.80421
- 1156. 384 FX -8.80421
- 1157. 385 FX -9.78733
- 1158. 386 FX -10.006
- 1159. 387 FX -10.006
- 1160. 388 FX -10.006
- 1161. 389 FX -10.006
- 1162. 390 FX -10.006
- 1163. 391 FX -10.006
- 1164. 392 FX -10.006
- 1165. 393 FX -10.006
- 1166. 394 FX -10.006
- 1167. 395 FX -10.006
- 1168. 396 FX -10.006
- 1169. 397 FX -10.006
- 1170. 398 FX -10.006
- 1171. 399 FX -10.006
- 1172. 400 FX -10.006
- 1173. 401 FX -9.07158
- 1174. 402 FX -8.80421
- 1175. 403 FX -8.80421
- 1176. LOAD 13 VIENTO MEDIO PARALELO A LA ESTRUCTURA (VMPE)
- 1177. \*PERPENDICULAR A LA TENSION DE CABLES
- 1178. \*0.66 DEL VIENTO MAXIMO PARALELO A LA ESTRUCTURA
- 1179. REPEAT LOAD
- 1180. 11 0.66
- 1181. LOAD 14 VIENTO MEDIO NORMAL A LA ESTRUCTURA (VMNE)
- 1182. \*EN LA DIRECCION DE LA TENSION DE LOS CABLES
- 1183. \*0.66 DEL VIENTO MAXIMO NORMAL A LA ESTRUCTURA
- 1184. REPEAT LOAD
- 1185. 12 0.66
- 1186. LOAD 15 CARGA DE SISMO NORMAL A LA ESTRUCTURA (CSNE)
- 1187. \*100% ACTUANDO EN UNA DIRECCION Y 30% ACTUANDO EN LA DIRECCION PERPENDICULAR
- 1188. SELFWEIGHT X 0.21
- 1189. SELFWEIGHT Z 0.063
- 1190. LOAD 16 CARGA DE SISMO PARALELO A LA ESTRUCTURA (CSPE)
- 1191. \*100% ACTUANDO EN UNA DIRECCION Y 30% ACTUANDO EN LA DIRECCION PERPENDICULAR
- 1192. SELFWEIGHT X 0.063
- 1193. SELFWEIGHT Z 0.21
- 1194. \*\*\*\*\*
- 1195. \*COMBINACIONES SIN FACTORIZAR\*
- 1196. \*\*\*\*\*
- 1197. LOAD 17 (PP+PEC+TTCCN-P)
- 1198. REPEAT LOAD
- 1199. 1 1.0 2 1.0 5 1.0
- 1200. LOAD 18 (PP+PEC+TMCCN-P)+(TMCCN-V+VMPE)
- 1201. REPEAT LOAD
- 1202. 1 1.0 2 1.0 3 1.0 4 1.0 11 1.0
- 1203. LOAD 19 (PP+PEC+TTCCN-P)+(TTCC-V+VMNE)
- 1204. REPEAT LOAD
- 1205. 1 1.0 2 1.0 5 1.0 6 1.0 12 1.0
- 1206. LOAD 20 (PP+PEC+TMCCD-P)+(TMCCD-V+VMPE)
- 1207. REPEAT LOAD
- 1208. 1 1.0 2 1.0 7 1.0 8 1.0 11 1.0
- 1209. LOAD 21 (PP+PEC+TTCCD-P)+(TTCCD-V+VMNE)
- 1210. REPEAT LOAD
- S.E. NOPALA MARCO M-1
- 1211. 1 1.0 2 1.0 9 1.0 10 1.0 12 1.0
- 1212. LOAD 22 (PP+PEC+TTCCN-P)+(TTCCN-V+VM45°)
- 1213. REPEAT LOAD
- 1214. 1 1.0 2 1.0 5 1.0 6 1.0 11 0.7071 12 0.7071
- 1215. LOAD 23 (PP+PEC+TTCCD-P)+(TTCCD-V+VM45°)
- 1216. REPEAT LOAD



1217. 1 1.0 2 1.0 9 1.0 10 1.0 11 0.7071 12 0.7071  
1218. LOAD 24 (PP+PEC+TMCCN-P)+(TMCCN-V+VMPE)  
1219. REPEAT LOAD  
1220. 1 1.0 2 1.0 3 1.0 4 1.0 13 1.0  
1221. LOAD 25 (PP+PEC+TTCCN-P)+(TTCCN-V+VMNE)  
1222. REPEAT LOAD  
1223. 1 1.0 2 1.0 5 1.0 6 1.0 14 1.0  
1224. LOAD 26 (PP+PEC+TMCCD-P)+(TMCCD-V+VMPE)  
1225. REPEAT LOAD  
1226. 1 1.0 2 1.0 7 1.0 8 1.0 13 1.0  
1227. LOAD 27 (PP+PEC+TTCCD-P)+(TTCCD-V+VMNE)  
1228. REPEAT LOAD  
1229. 1 1.0 2 1.0 9 1.0 10 1.0 14 1.0  
1230. LOAD 28 (PP+PEC+TTCCN-P)+TTCCN-V+CSNE  
1231. REPEAT LOAD  
1232. 1 1.0 2 1.0 5 1.0 6 1.0 15 1.0  
1233. LOAD 29 (PP+PEC+TTCCD-P)+TTCCD-V+CSNE  
1234. REPEAT LOAD  
1235. 1 1.0 2 1.0 9 1.0 10 1.0 15 1.0  
1236. LOAD 30 (PP+PEC+TTCCN-P)+TTCCN-V+CSPE  
1237. REPEAT LOAD  
1238. 1 1.0 2 1.0 5 1.0 6 1.0 16 1.0  
1239. LOAD 31 (PP+PEC+TTCCD-P)+TTCCD-V+CSPE  
1240. REPEAT LOAD  
1241. 1 1.0 2 1.0 9 1.0 10 1.0 16 1.0  
1242. \*\*\*\*\*  
1243. \*COMBINACIONES FACTORIZADAS\*  
1244. \*\*\*\*\*  
1245. LOAD 32 1.5(PP+PEC+TTCCN-P)  
1246. REPEAT LOAD  
1247. 1 1.4 2 1.4 5 1.4  
1248. LOAD 33 1.2(PP+PEC+TMCCN-P)+1.3(TMCCN-V+VMPE)  
1249. REPEAT LOAD  
1250. 1 1.2 2 1.2 3 1.2 4 1.3 11 1.3  
1251. LOAD 34 1.2(PP+PEC+TTCCN-P)+1.3(TTCC-V+VMNE)  
1252. REPEAT LOAD  
1253. 1 1.2 2 1.2 5 1.2 6 1.3 12 1.3  
1254. LOAD 35 1.2(PP+PEC+TMCCD-P)+1.3(TMCCD-V+VMPE)  
1255. REPEAT LOAD  
1256. 1 1.2 2 1.2 7 1.2 8 1.3 11 1.3  
1257. LOAD 36 1.2(PP+PEC+TTCCD-P)+1.3(TTCCD-V+VMNE)  
1258. REPEAT LOAD  
1259. 1 1.2 2 1.2 9 1.2 10 1.3 12 1.3  
1260. LOAD 37 1.2(PP+PEC+TTCCN-P)+1.3(TTCCN-V+VM45°)  
1261. REPEAT LOAD  
1262. 1 1.2 2 1.2 5 1.2 6 1.3 11 0.9191 12 0.9191  
1263. LOAD 38 1.2(PP+PEC+TTCCD-P)+1.3(TTCCD-V+VM45°)  
1264. REPEAT LOAD  
1265. 1 1.2 2 1.2 9 1.2 10 1.3 11 0.9191 12 0.9191  
1266. LOAD 39 1.2(PP+PEC+TMCCN-P)+1.3(TMCCN-V+VMPE)  
S.E. NOPALA MARCO M-1  
1267. REPEAT LOAD  
1268. 1 1.2 2 1.2 3 1.2 4 1.3 13 1.3  
1269. LOAD 40 1.2(PP+PEC+TTCCN-P)+1.3(TTCCN-V+VMNE)  
1270. REPEAT LOAD  
1271. 1 1.2 2 1.2 5 1.2 6 1.3 14 1.3  
1272. LOAD 41 1.2(PP+PEC+TMCCD-P)+1.3(TMCCD-V+VMPE)  
1273. REPEAT LOAD  
1274. 1 1.2 2 1.2 7 1.2 8 1.3 13 1.3  
1275. LOAD 42 1.2(PP+PEC+TTCCD-P)+1.3(TTCCD-V+VMNE)  
1276. REPEAT LOAD  
1277. 1 1.2 2 1.2 9 1.2 10 1.3 14 1.3  
1278. LOAD 43 1.2(PP+PEC+TTCCN-P)+1.3TTCCN-V+1.5CSNE  
1279. REPEAT LOAD  
1280. 1 1.2 2 1.2 5 1.2 6 1.3 15 1.5  
1281. LOAD 44 1.2(PP+PEC+TTCCD-P)+1.3TTCCD-V+1.5CSNE



- 1282. REPEAT LOAD
- 1283. 1 1.2 2 1.2 9 1.2 10 1.3 15 1.5
- 1284. LOAD 45 1.2(P+PE+TTCCN-P)+1.3TTCCN-V+1.5CSPE
- 1285. REPEAT LOAD
- 1286. 1 1.2 2 1.2 5 1.2 6 1.3 16 1.5
- 1287. LOAD 46 1.2(P+PE+TTCCD-P)+1.3TTCCD-V+1.5CSPE
- 1288. REPEAT LOAD
- 1289. 1 1.2 2 1.2 9 1.2 10 1.3 16 1.5
- 1290. PDELTA 3 ANALYSIS

ALL UNITS ARE - KG CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/	CRITICAL COND/	RATIO/	LOADING/
	FX	MY	MZ	LOCATION	

89	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.406	36
		23972.91 C	-17059.86	3618.94	96.65
90	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.390	36
		22861.44 C	-17059.86	3618.94	0.00
91	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.374	36
		21777.59 C	-15616.44	4447.57	96.65
92	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.357	36
		20678.59 C	-15616.44	4447.57	0.00
93	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.337	36
		19607.43 C	-14380.58	3984.99	96.65
94	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.321	36
		18504.79 C	-14380.58	3984.99	0.00
95	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.300	36
		17434.89 C	-13108.41	3475.75	96.65
96	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.284	36
		16326.51 C	-13108.41	3475.75	0.00
97	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.262	36
		15264.30 C	-11520.65	2912.66	96.66
98	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-C	0.246	36
		14155.40 C	-11520.65	2912.66	0.00
99	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-C	0.134	36
		13090.61 C	-10773.13	2567.80	96.65
100	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.315	38
		24997.48 T	8469.36	213.22	96.65
101	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.303	38
		22591.42 T	-8528.83	4773.84	96.66
102	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.294	38
		21837.87 T	-8528.83	4773.84	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1



ALL UNITS ARE - KG CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------

103	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.267	38
		19881.66 T	-7077.99	4551.21	96.66
104	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.258	38
		19118.35 T	-7077.98	4551.21	0.00
105	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.233	38
		17342.35 T	-5757.69	4171.67	96.66
106	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.129	38
		16575.18 T	-5757.69	4171.67	0.00
107	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.124	36
		13843.87 T	11134.83	-2878.49	0.00
108	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.113	36
		12865.31 T	10044.75	-2511.36	96.66
109	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.112	36
		12613.75 T	10044.75	-2511.36	0.00
110	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.103	36
		11615.88 T	9434.99	-2154.20	96.65
111	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.264	36
		18786.58 T	14450.72	-2391.59	96.65
112	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.245	36
		17184.39 T	14450.72	-2391.59	0.00
113	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1A-T	0.252	36
		17564.62 T	13783.77	-3148.04	96.65
114	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.144	36
		15902.63 T	13783.77	-3148.04	0.00
115	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.143	36
		16298.71 T	13153.54	-2797.56	96.65
116	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.132	36
		14568.25 T	13153.54	-2797.56	0.00
117	ST L60608	PASS	LRFD-H1-1B-T	0.131	36
		14967.07 T	12449.08	-2398.94	96.65

S.E. NOPALA MARCO M-1

ALL UNITS ARE - KG CM (UNLESS OTHERWISE NOTED)

MEMBER	TABLE	RESULT/ FX	CRITICAL COND/ MY	RATIO/ MZ	LOADING/ LOCATION
--------	-------	---------------	----------------------	--------------	----------------------





118 ST L60608	PASS LRFD-H1-1B-T	0.120	36		
	13155.27 T 12449.08	-2398.94	0.00		
119 ST L60608	PASS LRFD-H1-1B-T	0.118	36		
	13560.12 T 11418.30	-1933.46	96.66		
120 ST L60608	PASS LRFD-H1-1B-T	0.106	36		
	11646.66 T 11418.30	-1933.46	0.00		
121 ST L60608	PASS LRFD-H1-1B-T	0.106	36		
	12036.70 T 11074.40	-1598.54	96.65		
122 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.416	38		
	26077.27 C -12130.48	535.33	96.65		
123 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.416	38		
	24783.06 C 11513.92	-4905.57	96.66		
124 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.396	38		
	23432.64 C 11513.92	-4905.57	0.00		
125 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.379	38		
	22507.50 C 9974.45	-4768.36	96.66		
126 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.357	38		
	21088.81 C 9974.45	-4768.36	0.00		
127 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.341	38		
	20311.65 C 8572.17	-4445.33	96.66		
128 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.319	38		
	18822.37 C 8572.17	-4445.33	0.00		
129 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.305	38		
	18190.19 C 7139.72	-4150.16	96.65		
130 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.282	38		
	16622.48 C 7139.72	-4150.16	0.00		
131 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.280	36		
	16376.60 C -12593.22	2668.89	0.00		
132 ST L60608	PASS LRFD-H1-1A-C	0.246	36		
	14282.02 C -11968.96	2184.57	96.65		

S.E. NOPALA MARCO M-1

\*\*\*\*\* END OF TABULATED RESULT OF DESIGN \*\*\*\*\*

453. STEEL TAKE OFF ALL

STEEL TAKE-OFF

PROFILE	LENGTH(METE)	WEIGHT(KG )
ST L60606	92.03	2032.058
ST L20203	274.08	995.468
ST L25253	137.11	628.573
ST L30304	52.00	378.791





ST L20204	1.41	6.720
ST L25254	98.31	591.642
PRISMATIC STEEL	113.61	8.920
		-----
TOTAL =		4642.189

TOTAL VOLUME OF PRISMATIC STEEL SECTIONS = 0.00 CUBIC METE

\*\*\*\*\* END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE \*\*\*\*\*

PROBLEM STATISTICS

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 400/ 1149/ 8  
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH= 167/ 18/ 114 DOF  
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 46, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 2376  
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 271 DOUBLE KILO-WORDS  
 REQRD/AVAIL. DISK SPACE = 20.2/196658.3 MB, EXMEM = 4096.0 MB

++ Adjusting Displacements 11:41:18  
 ++ Adjusting Displacements 11:41:18  
 ++ Adjusting Displacements 11:41:18

1291. LOAD LIST 17 TO 46  
 1292. PRINT JOINT DISPLACEMENTS  
 S.E. NOPALA MARCO M-1

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD X-TRANS Y-TRANS Z-TRANS X-ROTAN Y-ROTAN Z-ROTAN

1	17	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0026	0.0001
18	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	-0.0051	0.0000	
19	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0050	0.0003	
20	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	-0.0051	0.0000	
21	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0050	0.0003	
22	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	-0.0056	0.0002	
23	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	-0.0056	0.0002	
24	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	-0.0044	0.0000	
25	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0041	0.0002	
26	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	-0.0044	0.0000	
27	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0041	0.0002	
28	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0016	0.0000	
29	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0016	0.0000	
30	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	-0.0026	0.0000	
31	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	-0.0026	0.0000	
32	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0037	0.0001	
33	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	-0.0062	0.0000	
34	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	-0.0063	0.0004	
35	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	-0.0062	0.0000	
36	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	-0.0063	0.0004	
37	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	-0.0070	0.0002	
38	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	-0.0070	0.0002	
39	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	-0.0054	0.0000	
40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0051	0.0003	
41	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	-0.0054	0.0000	
42	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0051	0.0003	
43	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0017	-0.0001	
44	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0017	-0.0001	
45	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	-0.0032	0.0000	
46	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	-0.0032	0.0000	



2	17	-0.0076	-0.0113	-0.0015	-0.0002	-0.0026	0.0001
18		-0.0030	0.0000	0.0338	0.0002	-0.0051	0.0001
19		-0.0280	-0.0232	0.0064	-0.0003	-0.0050	0.0003
20		-0.0030	0.0000	0.0338	0.0002	-0.0051	0.0001
21		-0.0280	-0.0232	0.0064	-0.0003	-0.0050	0.0003
22		-0.0177	-0.0103	0.0282	0.0001	-0.0056	0.0002
23		-0.0177	-0.0103	0.0282	0.0001	-0.0056	0.0002
24		-0.0051	-0.0045	0.0221	0.0001	-0.0044	0.0001
25		-0.0210	-0.0190	0.0039	-0.0002	-0.0041	0.0002
26		-0.0051	-0.0045	0.0221	0.0001	-0.0044	0.0001
27		-0.0210	-0.0190	0.0039	-0.0002	-0.0041	0.0002
28		0.0036	-0.0032	0.0016	-0.0001	-0.0016	0.0000
29		0.0036	-0.0032	0.0016	-0.0001	-0.0016	0.0000
30		-0.0008	-0.0017	0.0168	0.0001	-0.0026	0.0000
31		-0.0008	-0.0017	0.0168	0.0001	-0.0026	0.0000
32		-0.0107	-0.0158	-0.0021	-0.0003	-0.0036	0.0001
33		-0.0031	0.0014	0.0439	0.0003	-0.0062	0.0001
34		-0.0357	-0.0291	0.0085	-0.0003	-0.0063	0.0004

S.E. NOPALA MARCO M-1

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD X-TRANS Y-TRANS Z-TRANS X-ROTAN Y-ROTAN Z-ROTAN

35		-0.0031	0.0014	0.0439	0.0003	-0.0062	0.0001
36		-0.0357	-0.0291	0.0085	-0.0003	-0.0063	0.0004
37		-0.0223	-0.0123	0.0367	0.0001	-0.0070	0.0003
38		-0.0223	-0.0123	0.0367	0.0001	-0.0070	0.0003
39		-0.0057	-0.0044	0.0288	0.0001	-0.0054	0.0001
40		-0.0265	-0.0236	0.0052	-0.0003	-0.0051	0.0003
41		-0.0057	-0.0044	0.0288	0.0001	-0.0054	0.0001
42		-0.0265	-0.0236	0.0052	-0.0003	-0.0051	0.0003
43		0.0076	-0.0016	0.0028	0.0000	-0.0017	-0.0001
44		0.0076	-0.0016	0.0028	0.0000	-0.0017	-0.0001
45		0.0010	0.0008	0.0256	0.0002	-0.0032	0.0000
46		0.0010	0.0008	0.0256	0.0002	-0.0032	0.0000
3	17	-0.0183	-0.0223	-0.0196	-0.0002	-0.0026	0.0002
18		-0.0218	0.0005	0.0722	0.0005	-0.0051	0.0002
19		-0.0675	-0.0451	-0.0202	-0.0003	-0.0050	0.0005
20		-0.0218	0.0005	0.0722	0.0005	-0.0051	0.0002
21		-0.0675	-0.0451	-0.0202	-0.0003	-0.0050	0.0005
22		-0.0520	-0.0195	0.0453	0.0002	-0.0056	0.0004
23		-0.0520	-0.0195	0.0453	0.0002	-0.0056	0.0004
24		-0.0224	-0.0085	0.0409	0.0002	-0.0044	0.0002
25		-0.0506	-0.0370	-0.0193	-0.0002	-0.0041	0.0004
26		-0.0224	-0.0085	0.0409	0.0002	-0.0044	0.0002
27		-0.0506	-0.0370	-0.0193	-0.0002	-0.0041	0.0004
28		0.0055	-0.0067	-0.0011	0.0000	-0.0016	0.0000
29		0.0055	-0.0067	-0.0011	0.0000	-0.0016	0.0000
30		-0.0098	-0.0032	0.0337	0.0002	-0.0026	0.0001
31		-0.0098	-0.0032	0.0337	0.0002	-0.0026	0.0001
32		-0.0256	-0.0312	-0.0274	-0.0003	-0.0036	0.0002
33		-0.0261	0.0034	0.0960	0.0006	-0.0062	0.0003
34		-0.0859	-0.0565	-0.0243	-0.0003	-0.0063	0.0007
35		-0.0261	0.0034	0.0960	0.0006	-0.0062	0.0003
36		-0.0859	-0.0565	-0.0243	-0.0003	-0.0063	0.0007
37		-0.0659	-0.0231	0.0605	0.0003	-0.0070	0.0006
38		-0.0659	-0.0231	0.0605	0.0003	-0.0070	0.0006
39		-0.0268	-0.0083	0.0553	0.0003	-0.0054	0.0003
40		-0.0639	-0.0459	-0.0232	-0.0003	-0.0051	0.0005
41		-0.0268	-0.0083	0.0553	0.0003	-0.0054	0.0003
42		-0.0639	-0.0459	-0.0232	-0.0003	-0.0051	0.0005
43		0.0136	-0.0036	0.0039	0.0000	-0.0017	0.0000
44		0.0136	-0.0036	0.0039	0.0000	-0.0017	0.0000
45		-0.0094	0.0017	0.0561	0.0004	-0.0032	0.0001



46 -0.0094 0.0017 0.0561 0.0004 -0.0032 0.0001  
 4 17 -0.0409 -0.0321 -0.0299 -0.0002 -0.0026 0.0003  
 18 -0.0482 -0.0003 0.1420 0.0006 -0.0051 0.0003  
 19 -0.1334 -0.0653 -0.0248 -0.0003 -0.0050 0.0007  
 20 -0.0482 -0.0003 0.1420 0.0006 -0.0051 0.0003  
 21 -0.1334 -0.0653 -0.0248 -0.0003 -0.0050 0.0007  
 22 -0.1033 -0.0290 0.0948 0.0004 -0.0056 0.0006  
 S.E. NOPALA MARCO M-1

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = SPACE  
 JOINT LOAD X-TRANS Y-TRANS Z-TRANS X-ROTAN Y-ROTAN Z-ROTAN

23 -0.1033 -0.0290 0.0948 0.0004 -0.0056 0.0006  
 24 -0.0496 -0.0129 0.0840 0.0003 -0.0044 0.0003  
 25 -0.1015 -0.0535 -0.0253 -0.0003 -0.0041 0.0006  
 26 -0.0496 -0.0129 0.0840 0.0003 -0.0044 0.0003  
 27 -0.1015 -0.0535 -0.0253 -0.0003 -0.0041 0.0006  
 28 0.0030 -0.0097 0.0021 0.0000 -0.0016 0.0000  
 29 0.0030 -0.0097 0.0021 0.0000 -0.0016 0.0000  
 30 -0.0246 -0.0050 0.0688 0.0003 -0.0026 0.0002  
 31 -0.0246 -0.0050 0.0688 0.0003 -0.0026 0.0002  
 32 -0.0573 -0.0450 -0.0419 -0.0003 -0.0036 0.0004  
 33 -0.0576 0.0035 0.1877 0.0009 -0.0063 0.0004  
 34 -0.1694 -0.0817 -0.0293 -0.0004 -0.0063 0.0009  
 35 -0.0576 0.0035 0.1877 0.0009 -0.0063 0.0004  
 36 -0.1694 -0.0817 -0.0293 -0.0004 -0.0063 0.0009  
 37 -0.1305 -0.0345 0.1258 0.0005 -0.0070 0.0008  
 38 -0.1305 -0.0345 0.1258 0.0005 -0.0070 0.0008  
 39 -0.0593 -0.0129 0.1124 0.0005 -0.0054 0.0004  
 40 -0.1279 -0.0663 -0.0300 -0.0003 -0.0051 0.0007  
 41 -0.0593 -0.0129 0.1124 0.0005 -0.0054 0.0004  
 42 -0.1279 -0.0663 -0.0300 -0.0003 -0.0051 0.0007  
 43 0.0166 -0.0053 0.0115 0.0000 -0.0017 0.0000  
 44 0.0166 -0.0053 0.0115 0.0000 -0.0017 0.0000  
 45 -0.0249 0.0018 0.1114 0.0005 -0.0032 0.0002  
 46 -0.0249 0.0018 0.1114 0.0005 -0.0032 0.0002  
 5 17 -0.0673 -0.0416 -0.0536 -0.0003 -0.0026 0.0003  
 18 -0.0868 -0.0007 0.2175 0.0008 -0.0051 0.0004  
 19 -0.2110 -0.0841 -0.0557 -0.0003 -0.0050 0.0009  
 20 -0.0868 -0.0007 0.2175 0.0008 -0.0051 0.0004  
 21 -0.2110 -0.0841 -0.0557 -0.0003 -0.0050 0.0009  
 22 -0.1686 -0.0373 0.1369 0.0005 -0.0056 0.0008  
 23 -0.1686 -0.0373 0.1369 0.0005 -0.0056 0.0008  
 24 -0.0868 -0.0170 0.1257 0.0004 -0.0044 0.0004  
 25 -0.1615 -0.0690 -0.0529 -0.0003 -0.0041 0.0007  
 26 -0.0868 -0.0170 0.1257 0.0004 -0.0044 0.0004  
 27 -0.1615 -0.0690 -0.0529 -0.0003 -0.0041 0.0007  
 28 -0.0012 -0.0130 0.0020 0.0000 -0.0016 0.0001  
 29 -0.0012 -0.0130 0.0020 0.0000 -0.0016 0.0001  
 30 -0.0459 -0.0067 0.1051 0.0004 -0.0026 0.0003  
 31 -0.0459 -0.0067 0.1051 0.0004 -0.0026 0.0003  
 32 -0.0943 -0.0584 -0.0753 -0.0004 -0.0036 0.0005  
 33 -0.1042 0.0042 0.2886 0.0011 -0.0063 0.0005  
 34 -0.2677 -0.1053 -0.0673 -0.0004 -0.0063 0.0012  
 35 -0.1042 0.0042 0.2886 0.0011 -0.0063 0.0005  
 36 -0.2677 -0.1053 -0.0673 -0.0004 -0.0063 0.0012  
 37 -0.2130 -0.0444 0.1827 0.0006 -0.0070 0.0010  
 38 -0.2130 -0.0444 0.1827 0.0006 -0.0070 0.0010  
 39 -0.1042 -0.0169 0.1693 0.0006 -0.0054 0.0005  
 40 -0.2033 -0.0856 -0.0636 -0.0004 -0.0051 0.0009



JOINT LOAD - UNIT KG METE

JOINT	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
1570	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1578	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1586	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1594	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1602	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1610	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1645	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1651	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1294	50.25	-21.75	49.50	0.00	0.00	0.00
1295	50.25	-21.75	49.50	0.00	0.00	0.00
1562	50.25	-21.75	49.50	0.00	0.00	0.00
1563	50.25	-21.75	49.50	0.00	0.00	0.00

LOADING 4 (PP + PEC + TMCCN)

SELFWEIGHT Y -1.000

JOINT LOAD - UNIT KG METE

JOINT	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
1570	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1578	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1586	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1594	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1602	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1610	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1645	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1651	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1294	67.00	-29.00	66.00	0.00	0.00	0.00
1295	67.00	-29.00	66.00	0.00	0.00	0.00
1562	67.00	-29.00	66.00	0.00	0.00	0.00
1563	67.00	-29.00	66.00	0.00	0.00	0.00

LOADING 5 (PP + PEC + TMCCD)

SELFWEIGHT Y -1.000

JOINT LOAD - UNIT KG METE

JOINT	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
1570	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1578	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1586	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1594	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1602	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1610	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1645	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1651	132.00	-422.00	914.00	0.00	0.00	0.00
1294	67.00	-29.00	66.00	0.00	0.00	0.00
1295	67.00	-29.00	66.00	0.00	0.00	0.00
1562	67.00	-29.00	66.00	0.00	0.00	0.00
1563	67.00	-29.00	66.00	0.00	0.00	0.00

ACTUAL WEIGHT OF THE STRUCTURE = 4642.187 KG

JOINT LOAD - UNIT KG METE

JOINT	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
1570	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1578	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1586	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1594	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1602	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1610	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1645	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1651	99.00	-316.50	685.50	0.00	0.00	0.00
1294	50.25	-21.75	49.50	0.00	0.00	0.00
1295	50.25	-21.75	49.50	0.00	0.00	0.00

STAAD TRUSS



1562	50.25	-21.75	49.50	0.00	0.00	0.00
1563	50.25	-21.75	49.50	0.00	0.00	0.00
LOADING 7 VIENTO X I - D (PVMPE)						
JOINT LOAD - UNIT KG METE						
JOINT	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
1236	72.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1242	72.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1500	72.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1506	72.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1244	71.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1247	71.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1508	71.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1511	71.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1248	70.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1251	70.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1512	70.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1515	70.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1252	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1255	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1516	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1519	70.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1256	69.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1259	69.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1520	69.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1523	69.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1260	68.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1263	68.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1524	68.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1527	68.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1264	67.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1267	67.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1528	67.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1531	67.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1268	67.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1271	67.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1532	67.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1535	67.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1272	66.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1275	66.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1536	66.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1539	66.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1276	65.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1279	65.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1540	65.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1543	65.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1229	60.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1230	60.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1544	60.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1545	60.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1228	61.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1231	61.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1548	61.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1549	61.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1284	55.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1286	55.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1552	55.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1554	55.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1288	49.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1290	49.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1556	49.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1558	49.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1292	48.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1294	48.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1560	48.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1562	48.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LOADING 8 VIENTO Z I - D (PVMNE)						



JOINT LOAD - UNIT KG METE

JOINT	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
1236	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1238	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1244	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1245	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1248	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1249	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1252	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1253	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1256	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1257	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1260	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1261	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1264	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1265	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1268	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1269	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1272	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1273	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1500	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1502	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1508	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1509	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1512	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1513	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1516	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1517	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1520	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1521	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1524	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1525	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1528	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1529	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1532	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1533	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1536	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1537	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1540	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1541	0.00	0.00	64.44	0.00	0.00	0.00
1229	0.00	0.00	60.34	0.00	0.00	0.00
1280	0.00	0.00	60.34	0.00	0.00	0.00
1544	0.00	0.00	60.34	0.00	0.00	0.00
1546	0.00	0.00	60.34	0.00	0.00	0.00
1228	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1282	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1548	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1550	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1284	0.00	0.00	55.70	0.00	0.00	0.00
1285	0.00	0.00	55.70	0.00	0.00	0.00
1552	0.00	0.00	55.70	0.00	0.00	0.00
1553	0.00	0.00	55.70	0.00	0.00	0.00
1288	0.00	0.00	49.48	0.00	0.00	0.00
1289	0.00	0.00	49.48	0.00	0.00	0.00
1556	0.00	0.00	49.48	0.00	0.00	0.00
1557	0.00	0.00	49.48	0.00	0.00	0.00
1292	0.00	0.00	48.47	0.00	0.00	0.00
1293	0.00	0.00	48.47	0.00	0.00	0.00
1560	0.00	0.00	48.47	0.00	0.00	0.00
1561	0.00	0.00	48.47	0.00	0.00	0.00
1460	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1463	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1468	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1471	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1484	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1487	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1568	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00



1571	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1576	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1579	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1584	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1587	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1592	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1595	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1600	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1603	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1608	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1611	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1616	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1619	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1624	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1627	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1632	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1635	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1640	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00
1643	0.00	0.00	61.79	0.00	0.00	0.00

LOADING 9 VIENTO X I - D (PVMPE)

JOINT LOAD - UNIT KG METE

JOINT FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM-Z

1236	47.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1242	47.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1500	47.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1506	47.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1244	47.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1247	47.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1508	47.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1511	47.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1248	46.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1251	46.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1512	46.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1515	46.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1252	46.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1255	46.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1516	46.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1519	46.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1256	45.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1259	45.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1520	45.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1523	45.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1260	45.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1263	45.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1524	45.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1527	45.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1264	44.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1267	44.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1528	44.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1531	44.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1268	44.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1271	44.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1532	44.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1535	44.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1272	43.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1275	43.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1536	43.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1539	43.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1276	43.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1279	43.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1540	43.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1543	43.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1229	39.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1230	39.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1544	39.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1545	39.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00





1228	40.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1231	40.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1548	40.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1549	40.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1284	36.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1286	36.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1552	36.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1554	36.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1288	32.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1290	32.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1556	32.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1558	32.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1292	31.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1294	31.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1560	31.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1562	31.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

LOADING 10 VIENTO Z I - D (PVMNE)

JOINT LOAD - UNIT KG METE

JOINT FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM-Z

1236	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1238	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1244	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1245	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1248	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1249	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1252	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1253	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1256	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1257	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1260	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1261	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1264	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1265	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1268	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1269	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1272	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1273	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1500	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1502	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1508	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1509	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1512	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1513	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1516	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1517	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1520	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1521	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1524	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1525	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1528	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1529	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1532	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1533	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1536	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1537	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1540	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1541	0.00	0.00	42.53	0.00	0.00	0.00
1229	0.00	0.00	39.82	0.00	0.00	0.00
1280	0.00	0.00	39.82	0.00	0.00	0.00
1544	0.00	0.00	39.82	0.00	0.00	0.00
1546	0.00	0.00	39.82	0.00	0.00	0.00
1228	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1282	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1548	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1550	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1284	0.00	0.00	36.76	0.00	0.00	0.00
1285	0.00	0.00	36.76	0.00	0.00	0.00
1552	0.00	0.00	36.76	0.00	0.00	0.00



1553	0.00	0.00	36.76	0.00	0.00	0.00
1288	0.00	0.00	32.66	0.00	0.00	0.00
1289	0.00	0.00	32.66	0.00	0.00	0.00
1556	0.00	0.00	32.66	0.00	0.00	0.00
1557	0.00	0.00	32.66	0.00	0.00	0.00
1292	0.00	0.00	31.99	0.00	0.00	0.00
1293	0.00	0.00	31.99	0.00	0.00	0.00
1560	0.00	0.00	31.99	0.00	0.00	0.00
1561	0.00	0.00	31.99	0.00	0.00	0.00
1460	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1463	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1468	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1471	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1484	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1487	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1568	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1571	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1576	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1579	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1584	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1587	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1592	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1595	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1600	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1603	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1608	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1611	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1616	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1619	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1624	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1627	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1632	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1635	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1640	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00
1643	0.00	0.00	40.78	0.00	0.00	0.00

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM Z

1	17	184.61	9594.03	407.78	0.00	0.00	0.00
	18	-56.73	-634.67	-721.83	0.00	0.00	0.00
	19	365.61	19708.72	537.10	0.00	0.00	0.00
	20	-56.73	-634.67	-721.83	0.00	0.00	0.00
	21	365.61	19708.72	537.10	0.00	0.00	0.00
	22	120.59	8265.57	-341.25	0.00	0.00	0.00
	23	120.59	8265.57	-341.25	0.00	0.00	0.00
	24	34.23	3377.76	-320.18	0.00	0.00	0.00
	25	300.78	16111.98	487.13	0.00	0.00	0.00
	26	34.23	3377.76	-320.18	0.00	0.00	0.00
	27	300.78	16111.98	487.13	0.00	0.00	0.00
	28	45.63	2671.17	133.54	0.00	0.00	0.00
	29	45.63	2671.17	133.54	0.00	0.00	0.00
	30	-1.34	1124.70	-264.65	0.00	0.00	0.00
	31	-1.34	1124.70	-264.65	0.00	0.00	0.00
	32	258.45	13431.64	570.89	0.00	0.00	0.00
	33	-96.12	-2003.58	-986.68	0.00	0.00	0.00
	34	456.84	24661.93	657.45	0.00	0.00	0.00
	35	-96.12	-2003.58	-986.68	0.00	0.00	0.00
	36	456.84	24661.93	657.45	0.00	0.00	0.00
	37	138.32	9786.00	-484.27	0.00	0.00	0.00
	38	138.32	9786.00	-484.27	0.00	0.00	0.00
	39	22.12	3212.57	-464.54	0.00	0.00	0.00

40	372.55	1	9986.17	592.49	0.00	0.00	0.00
----	--------	---	---------	--------	------	------	------



41	22.12	3212.57	-464.54	0.00	0.00	0.00
42	372.55	19986.17	592.49	0.00	0.00	0.00
43	15.00	1221.34	81.50	0.00	0.00	0.00
44	15.00	1221.34	81.50	0.00	0.00	0.00
45	-55.45	-1098.36	-515.78	0.00	0.00	0.00
46	-55.45	-1098.36	-515.78	0.00	0.00	0.00
13	188.04	-3674.60	-31.68	0.00	0.00	0.00
18	537.09	-17872.17	-4.43	0.00	0.00	0.00
19	1231.94	-14387.04	-94.46	0.00	0.00	0.00
20	537.09	-17872.17	-4.43	0.00	0.00	0.00
21	1231.94	-14387.04	-94.46	0.00	0.00	0.00
22	1114.61	-19650.94	-49.23	0.00	0.00	0.00
23	1114.61	-19650.94	-49.23	0.00	0.00	0.00
24	446.22	-13851.81	-17.03	0.00	0.00	0.00
25	876.38	-10791.71	-72.39	0.00	0.00	0.00
26	446.22	-13851.81	-17.03	0.00	0.00	0.00
27	876.38	-10791.71	-72.39	0.00	0.00	0.00
28	-273.33	-1360.20	2.40	0.00	0.00	0.00
29	-273.33	-1360.20	2.40	0.00	0.00	0.00
30	185.57	-9159.28	-4.24	0.00	0.00	0.00
31	185.57	-9159.28	-4.24	0.00	0.00	0.00
32	263.25	-5144.43	-44.36	0.00	0.00	0.00
33	670.98	-22647.46	-1.32	0.00	0.00	0.00
34	1582.72	-18335.69	-119.63	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM-Z

35	670.98	-22647.46	-1.32	0.00	0.00	0.00
36	1582.72	-18335.69	-119.63	0.00	0.00	0.00
37	1430.02	-25175.86	-60.83	0.00	0.00	0.00
38	1430.02	-25175.86	-60.83	0.00	0.00	0.00
39	552.86	-17420.99	-17.71	0.00	0.00	0.00
40	1120.49	-13661.77	-90.94	0.00	0.00	0.00
41	552.86	-17420.99	-17.71	0.00	0.00	0.00
42	1120.49	-13661.77	-90.94	0.00	0.00	0.00
43	-466.03	-910.33	12.68	0.00	0.00	0.00
44	-466.03	-910.33	12.68	0.00	0.00	0.00
45	222.32	-12608.95	2.72	0.00	0.00	0.00
46	222.32	-12608.95	2.72	0.00	0.00	0.00
25 17	92.66	-5231.11	15.85	0.00	0.00	0.00
18	-149.43	5124.42	-1243.77	0.00	0.00	0.00
19	264.52	-14844.80	-20.94	0.00	0.00	0.00
20	-149.43	5124.42	-1243.77	0.00	0.00	0.00
21	264.52	-14844.80	-20.94	0.00	0.00	0.00
22	26.43	-3728.58	-852.46	0.00	0.00	0.00
23	26.43	-3728.58	-852.46	0.00	0.00	0.00
24	-60.50	1198.38	-841.76	0.00	0.00	0.00
25	202.83	-11419.00	-15.66	0.00	0.00	0.00
26	-60.50	1198.38	-841.76	0.00	0.00	0.00
27	202.83	-11419.00	-15.66	0.00	0.00	0.00
28	-40.83	1401.15	-184.21	0.00	0.00	0.00
29	-40.83	1401.15	-184.21	0.00	0.00	0.00
30	-88.29	3006.59	-637.67	0.00	0.00	0.00
31	-88.29	3006.59	-637.67	0.00	0.00	0.00
32	129.72	-7323.55	22.19	0.00	0.00	0.00
33	-206.75	7365.64	-1613.60	0.00	0.00	0.00
34	334.61	-18775.13	-28.81	0.00	0.00	0.00
35	-206.75	7365.64	-1613.60	0.00	0.00	0.00
36	334.61	-18775.13	-28.81	0.00	0.00	0.00
37	25.10	-4324.23	-1109.63	0.00	0.00	0.00
38	25.10	-4324.23	-1109.63	0.00	0.00	0.00
39	-91.14	2261.80	-1090.98	0.00	0.00	0.00
40	254.41	-14321.59	-21.94	0.00	0.00	0.00



41	-91.14	2261.80	-1090.98	0.00	0.00	0.00
42	254.41	-14321.59	-21.94	0.00	0.00	0.00
43	-87.13	3578.62	-276.82	0.00	0.00	0.00
44	-87.13	3578.62	-276.82	0.00	0.00	0.00
45	-158.31	5986.78	-957.01	0.00	0.00	0.00
46	-158.31	5986.78	-957.01	0.00	0.00	0.00
37 17	550.33	5733.07	-57.36	0.00	0.00	0.00
18	996.41	19214.54	-29.37	0.00	0.00	0.00
19	1725.93	15919.06	-121.81	0.00	0.00	0.00
20	996.41	19214.54	-29.37	0.00	0.00	0.00
21	1725.93	15919.06	-121.81	0.00	0.00	0.00
22	1567.00	21117.09	-74.83	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM-Z

23	1567.00	21117.09	-74.83	0.00	0.00	0.00
24	907.40	15296.72	-42.58	0.00	0.00	0.00
25	1326.57	12494.84	-99.16	0.00	0.00	0.00
26	907.40	15296.72	-42.58	0.00	0.00	0.00
27	1326.57	12494.84	-99.16	0.00	0.00	0.00
28	28.96	3580.14	-22.16	0.00	0.00	0.00
29	28.96	3580.14	-22.16	0.00	0.00	0.00
30	529.00	11076.86	-28.46	0.00	0.00	0.00
31	529.00	11076.86	-28.46	0.00	0.00	0.00
32	770.46	8026.30	-80.31	0.00	0.00	0.00
33	1222.01	24225.04	-31.07	0.00	0.00	0.00
34	2188.68	20121.47	-152.62	0.00	0.00	0.00
35	1222.01	24225.04	-31.07	0.00	0.00	0.00
36	2188.68	20121.47	-152.62	0.00	0.00	0.00
37	1981.88	26876.11	-91.54	0.00	0.00	0.00
38	1981.88	26876.11	-91.54	0.00	0.00	0.00
39	1106.30	19131.88	-48.24	0.00	0.00	0.00
40	1669.50	15669.98	-123.17	0.00	0.00	0.00
41	1106.30	19131.88	-48.24	0.00	0.00	0.00
42	1669.50	15669.98	-123.17	0.00	0.00	0.00
43	-121.86	3627.35	-16.47	0.00	0.00	0.00
44	-121.86	3627.35	-16.47	0.00	0.00	0.00
45	628.20	14872.42	-25.91	0.00	0.00	0.00
46	628.20	14872.42	-25.91	0.00	0.00	0.00
49 17	96.95	5393.39	-319.85	0.00	0.00	0.00
18	-151.52	-5311.79	-1592.40	0.00	0.00	0.00
19	266.78	14878.09	-361.37	0.00	0.00	0.00
20	-151.52	-5311.79	-1592.40	0.00	0.00	0.00
21	266.78	14878.09	-361.37	0.00	0.00	0.00
22	28.24	3747.24	-1193.51	0.00	0.00	0.00
23	28.24	3747.24	-1193.51	0.00	0.00	0.00
24	-62.54	-1385.58	-1190.33	0.00	0.00	0.00
25	204.69	11435.74	-356.70	0.00	0.00	0.00
26	-62.54	-1385.58	-1190.33	0.00	0.00	0.00
27	204.69	11435.74	-356.70	0.00	0.00	0.00
28	-39.72	-1417.20	-526.54	0.00	0.00	0.00
29	-39.72	-1417.20	-526.54	0.00	0.00	0.00
30	-87.18	-3022.56	-980.08	0.00	0.00	0.00
31	-87.18	-3022.56	-980.08	0.00	0.00	0.00
32	135.72	7550.75	-447.80	0.00	0.00	0.00
33	-209.70	-7614.23	-2032.83	0.00	0.00	0.00
34	337.11	18802.17	-437.80	0.00	0.00	0.00
35	-209.70	-7614.23	-2032.83	0.00	0.00	0.00
36	337.11	18802.17	-437.80	0.00	0.00	0.00
37	27.02	4332.26	-1519.43	0.00	0.00	0.00
38	27.02	4332.26	-1519.43	0.00	0.00	0.00
39	-94.02	-2510.16	-1510.15	0.00	0.00	0.00
40	256.41	14327.12	-431.72	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1



SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
41		-94.02	-2510.16	-1510.15	0.00	0.00	0.00
42		256.41	14327.12	-431.72	0.00	0.00	0.00
43		-86.12	-3615.84	-688.31	0.00	0.00	0.00
44		-86.12	-3615.84	-688.31	0.00	0.00	0.00
45		-157.29	-6023.89	-1368.61	0.00	0.00	0.00
46		-157.29	-6023.89	-1368.61	0.00	0.00	0.00
61	17	531.30	-4871.70	-24.33	0.00	0.00	0.00
18		967.82	-18000.83	5.79	0.00	0.00	0.00
19		1703.77	-14925.84	-87.78	0.00	0.00	0.00
20		967.82	-18000.83	5.79	0.00	0.00	0.00
21		1703.77	-14925.84	-87.78	0.00	0.00	0.00
22		1544.54	-20109.61	-40.69	0.00	0.00	0.00
23		1544.54	-20109.61	-40.69	0.00	0.00	0.00
24		878.68	-14083.33	-7.47	0.00	0.00	0.00
25		1303.74	-11485.80	-65.12	0.00	0.00	0.00
26		878.68	-14083.33	-7.47	0.00	0.00	0.00
27		1303.74	-11485.80	-65.12	0.00	0.00	0.00
28		4.89	-2540.81	11.88	0.00	0.00	0.00
29		4.89	-2540.81	11.88	0.00	0.00	0.00
30		505.02	-10036.89	5.59	0.00	0.00	0.00
31		505.02	-10036.89	5.59	0.00	0.00	0.00
32		743.82	-6820.38	-34.06	0.00	0.00	0.00
33		1187.06	-22744.72	11.27	0.00	0.00	0.00
34		2161.77	-18916.42	-111.68	0.00	0.00	0.00
35		1187.06	-22744.72	11.27	0.00	0.00	0.00
36		2161.77	-18916.42	-111.68	0.00	0.00	0.00
37		1954.59	-25652.51	-50.46	0.00	0.00	0.00
38		1954.59	-25652.51	-50.46	0.00	0.00	0.00
39		1071.17	-17651.96	-5.96	0.00	0.00	0.00
40		1641.73	-14444.36	-82.22	0.00	0.00	0.00
41		1071.17	-17651.96	-5.96	0.00	0.00	0.00
42		1641.73	-14444.36	-82.22	0.00	0.00	0.00
43		-151.24	-2362.43	24.48	0.00	0.00	0.00
44		-151.24	-2362.43	24.48	0.00	0.00	0.00
45		598.95	-13606.55	15.04	0.00	0.00	0.00
46		598.95	-13606.55	15.04	0.00	0.00	0.00
73	17	47.87	-3433.13	52.62	0.00	0.00	0.00
18		-198.22	7071.25	-1067.82	0.00	0.00	0.00
19		226.85	-13447.86	185.53	0.00	0.00	0.00
20		-198.22	7071.25	-1067.82	0.00	0.00	0.00
21		226.85	-13447.86	185.53	0.00	0.00	0.00
22		-18.18	-1993.82	-692.42	0.00	0.00	0.00
23		-18.18	-1993.82	-692.42	0.00	0.00	0.00
24		-107.32	3059.41	-666.23	0.00	0.00	0.00
25		161.85	-9837.06	135.88	0.00	0.00	0.00
26		-107.32	3059.41	-666.23	0.00	0.00	0.00
27		161.85	-9837.06	135.88	0.00	0.00	0.00
28		-93.63	3631.32	-217.11	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1



SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
29	-93.63	3631.32	-217.11	0.00	0.00	0.00
30	-140.57	5176.83	-615.13	0.00	0.00	0.00
31	-140.57	5176.83	-615.13	0.00	0.00	0.00
32	67.02	-4806.38	73.67	0.00	0.00	0.00
33	-266.22	9746.16	-1401.24	0.00	0.00	0.00
34	290.12	-17138.90	235.93	0.00	0.00	0.00
35	-266.22	9746.16	-1401.24	0.00	0.00	0.00
36	290.12	-17138.90	235.93	0.00	0.00	0.00
37	-28.42	-2248.80	-905.27	0.00	0.00	0.00
38	-28.42	-2248.80	-905.27	0.00	0.00	0.00
39	-148.06	4530.76	-879.18	0.00	0.00	0.00
40	205.62	-12444.86	171.39	0.00	0.00	0.00
41	-148.06	4530.76	-879.18	0.00	0.00	0.00
42	205.62	-12444.86	171.39	0.00	0.00	0.00
43	-152.36	6355.86	-338.83	0.00	0.00	0.00
44	-152.36	6355.86	-338.83	0.00	0.00	0.00
45	-222.78	8674.12	-935.86	0.00	0.00	0.00
46	-222.78	8674.12	-935.86	0.00	0.00	0.00
85 17	294.25	9334.42	-43.02	0.00	0.00	0.00
18	616.58	23253.63	-13.72	0.00	0.00	0.00
19	1328.83	19944.04	-105.26	0.00	0.00	0.00
20	616.58	23253.63	-13.72	0.00	0.00	0.00
21	1328.83	19944.04	-105.26	0.00	0.00	0.00
22	1210.05	25197.42	-59.97	0.00	0.00	0.00
23	1210.05	25197.42	-59.97	0.00	0.00	0.00
24	525.83	19232.81	-26.28	0.00	0.00	0.00
25	971.87	16335.38	-83.00	0.00	0.00	0.00
26	525.83	19232.81	-26.28	0.00	0.00	0.00
27	971.87	16335.38	-83.00	0.00	0.00	0.00
28	-180.56	6878.80	-7.82	0.00	0.00	0.00
29	-180.56	6878.80	-7.82	0.00	0.00	0.00
30	278.25	14678.12	-14.46	0.00	0.00	0.00
31	278.25	14678.12	-14.46	0.00	0.00	0.00
32	411.95	13068.18	-60.23	0.00	0.00	0.00
33	764.54	29086.41	-12.34	0.00	0.00	0.00
34	1698.05	24993.80	-132.54	0.00	0.00	0.00
35	764.54	29086.41	-12.34	0.00	0.00	0.00
36	1698.05	24993.80	-132.54	0.00	0.00	0.00
37	1543.47	31820.29	-73.66	0.00	0.00	0.00
38	1543.47	31820.29	-73.66	0.00	0.00	0.00
39	646.57	23859.34	-28.66	0.00	0.00	0.00
40	1234.01	20302.56	-103.60	0.00	0.00	0.00
41	646.57	23859.34	-28.66	0.00	0.00	0.00
42	1234.01	20302.56	-103.60	0.00	0.00	0.00
43	-356.06	7518.68	0.52	0.00	0.00	0.00
44	-356.06	7518.68	0.52	0.00	0.00	0.00
45	332.17	19217.67	-9.44	0.00	0.00	0.00
46	332.17	19217.67	-9.44	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1



SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM-Z

1	17	184.61	9594.03	407.78	0.00	0.00	0.00
	18	-56.73	-634.67	-721.83	0.00	0.00	0.00
	19	365.61	19708.72	537.10	0.00	0.00	0.00
	20	-56.73	-634.67	-721.83	0.00	0.00	0.00
	21	365.61	19708.72	537.10	0.00	0.00	0.00
	22	120.59	8265.57	-341.25	0.00	0.00	0.00
	23	120.59	8265.57	-341.25	0.00	0.00	0.00
	24	34.23	3377.76	-320.18	0.00	0.00	0.00
	25	300.78	16111.98	487.13	0.00	0.00	0.00
	26	34.23	3377.76	-320.18	0.00	0.00	0.00
	27	300.78	16111.98	487.13	0.00	0.00	0.00
	28	45.63	2671.17	133.54	0.00	0.00	0.00
	29	45.63	2671.17	133.54	0.00	0.00	0.00
	30	-1.34	1124.70	-264.65	0.00	0.00	0.00
	31	-1.34	1124.70	-264.65	0.00	0.00	0.00
	32	258.45	13431.64	570.89	0.00	0.00	0.00
	33	-96.12	-2003.58	-986.68	0.00	0.00	0.00
	34	456.84	24661.93	657.45	0.00	0.00	0.00
	35	-96.12	-2003.58	-986.68	0.00	0.00	0.00
	36	456.84	24661.93	657.45	0.00	0.00	0.00
	37	138.32	9786.00	-484.27	0.00	0.00	0.00
	38	138.32	9786.00	-484.27	0.00	0.00	0.00
	39	22.12	3212.57	-464.54	0.00	0.00	0.00
	40	372.55	19986.17	592.49	0.00	0.00	0.00
	41	22.12	3212.57	-464.54	0.00	0.00	0.00
	42	372.55	19986.17	592.49	0.00	0.00	0.00
	43	15.00	1221.34	81.50	0.00	0.00	0.00
	44	15.00	1221.34	81.50	0.00	0.00	0.00
	45	-55.45	-1098.36	-515.78	0.00	0.00	0.00
	46	-55.45	-1098.36	-515.78	0.00	0.00	0.00
13	17	188.04	-3674.60	-31.68	0.00	0.00	0.00
	18	537.09	-17872.17	-4.43	0.00	0.00	0.00
	19	1231.94	-14387.04	-94.46	0.00	0.00	0.00
	20	537.09	-17872.17	-4.43	0.00	0.00	0.00
	21	1231.94	-14387.04	-94.46	0.00	0.00	0.00
	22	1114.61	-19650.94	-49.23	0.00	0.00	0.00
	23	1114.61	-19650.94	-49.23	0.00	0.00	0.00
	24	446.22	-13851.81	-17.03	0.00	0.00	0.00
	25	876.38	-10791.71	-72.39	0.00	0.00	0.00
	26	446.22	-13851.81	-17.03	0.00	0.00	0.00
	27	876.38	-10791.71	-72.39	0.00	0.00	0.00
	28	-273.33	-1360.20	2.40	0.00	0.00	0.00
	29	-273.33	-1360.20	2.40	0.00	0.00	0.00
	30	185.57	-9159.28	-4.24	0.00	0.00	0.00
	31	185.57	-9159.28	-4.24	0.00	0.00	0.00
	32	263.25	-5144.43	-44.36	0.00	0.00	0.00
	33	670.98	-22647.46	-1.32	0.00	0.00	0.00
	34	1582.72	-18335.69	-119.63	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1



SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
35	670.98	-22647.46	-1.32	0.00	0.00	0.00
36	1582.72	-18335.69	-119.63	0.00	0.00	0.00
37	1430.02	-25175.86	-60.83	0.00	0.00	0.00
38	1430.02	-25175.86	-60.83	0.00	0.00	0.00
39	552.86	-17420.99	-17.71	0.00	0.00	0.00
40	1120.49	-13661.77	-90.94	0.00	0.00	0.00
41	552.86	-17420.99	-17.71	0.00	0.00	0.00
42	1120.49	-13661.77	-90.94	0.00	0.00	0.00
43	-466.03	-910.33	12.68	0.00	0.00	0.00
44	-466.03	-910.33	12.68	0.00	0.00	0.00
45	222.32	-12608.95	2.72	0.00	0.00	0.00
46	222.32	-12608.95	2.72	0.00	0.00	0.00
25 17	92.66	-5231.11	15.85	0.00	0.00	0.00
18	-149.43	5124.42	-1243.77	0.00	0.00	0.00
19	264.52	-14844.80	-20.94	0.00	0.00	0.00
20	-149.43	5124.42	-1243.77	0.00	0.00	0.00
21	264.52	-14844.80	-20.94	0.00	0.00	0.00
22	26.43	-3728.58	-852.46	0.00	0.00	0.00
23	26.43	-3728.58	-852.46	0.00	0.00	0.00
24	-60.50	1198.38	-841.76	0.00	0.00	0.00
25	202.83	-11419.00	-15.66	0.00	0.00	0.00
26	-60.50	1198.38	-841.76	0.00	0.00	0.00
27	202.83	-11419.00	-15.66	0.00	0.00	0.00
28	-40.83	1401.15	-184.21	0.00	0.00	0.00
29	-40.83	1401.15	-184.21	0.00	0.00	0.00
30	-88.29	3006.59	-637.67	0.00	0.00	0.00
31	-88.29	3006.59	-637.67	0.00	0.00	0.00
32	129.72	-7323.55	22.19	0.00	0.00	0.00
33	-206.75	7365.64	-1613.60	0.00	0.00	0.00
34	334.61	-18775.13	-28.81	0.00	0.00	0.00
35	-206.75	7365.64	-1613.60	0.00	0.00	0.00
36	334.61	-18775.13	-28.81	0.00	0.00	0.00
37	25.10	-4324.23	-1109.63	0.00	0.00	0.00
38	25.10	-4324.23	-1109.63	0.00	0.00	0.00
39	-91.14	2261.80	-1090.98	0.00	0.00	0.00
40	254.41	-14321.59	-21.94	0.00	0.00	0.00
41	-91.14	2261.80	-1090.98	0.00	0.00	0.00
42	254.41	-14321.59	-21.94	0.00	0.00	0.00
43	-87.13	3578.62	-276.82	0.00	0.00	0.00
44	-87.13	3578.62	-276.82	0.00	0.00	0.00
45	-158.31	5986.78	-957.01	0.00	0.00	0.00
46	-158.31	5986.78	-957.01	0.00	0.00	0.00
37 17	550.33	5733.07	-57.36	0.00	0.00	0.00
18	996.41	19214.54	-29.37	0.00	0.00	0.00
19	1725.93	15919.06	-121.81	0.00	0.00	0.00
20	996.41	19214.54	-29.37	0.00	0.00	0.00
21	1725.93	15919.06	-121.81	0.00	0.00	0.00
22	1567.00	21117.09	-74.83	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD	FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM Z
23	1567.00	21117.09	-74.83	0.00	0.00	0.00
24	907.40	15296.72	-42.58	0.00	0.00	0.00
25	1326.57	12494.84	-99.16	0.00	0.00	0.00
26	907.40	15296.72	-42.58	0.00	0.00	0.00
27	1326.57	12494.84	-99.16	0.00	0.00	0.00
28	28.96	3580.14	-22.16	0.00	0.00	0.00
29	28.96	3580.14	-22.16	0.00	0.00	0.00
30	529.00	11076.86	-28.46	0.00	0.00	0.00





31	529.00	11076.86	-28.46	0.00	0.00	0.00
32	770.46	8026.30	-80.31	0.00	0.00	0.00
33	1222.01	24225.04	-31.07	0.00	0.00	0.00
34	2188.68	20121.47	-152.62	0.00	0.00	0.00
35	1222.01	24225.04	-31.07	0.00	0.00	0.00
36	2188.68	20121.47	-152.62	0.00	0.00	0.00
37	1981.88	26876.11	-91.54	0.00	0.00	0.00
38	1981.88	26876.11	-91.54	0.00	0.00	0.00
39	1106.30	19131.88	-48.24	0.00	0.00	0.00
40	1669.50	15669.98	-123.17	0.00	0.00	0.00
41	1106.30	19131.88	-48.24	0.00	0.00	0.00
42	1669.50	15669.98	-123.17	0.00	0.00	0.00
43	-121.86	3627.35	-16.47	0.00	0.00	0.00
44	-121.86	3627.35	-16.47	0.00	0.00	0.00
45	628.20	14872.42	-25.91	0.00	0.00	0.00
46	628.20	14872.42	-25.91	0.00	0.00	0.00
49 17	96.95	5393.39	-319.85	0.00	0.00	0.00
18	-151.52	-5311.79	-1592.40	0.00	0.00	0.00
19	266.78	14878.09	-361.37	0.00	0.00	0.00
20	-151.52	-5311.79	-1592.40	0.00	0.00	0.00
21	266.78	14878.09	-361.37	0.00	0.00	0.00
22	28.24	3747.24	-1193.51	0.00	0.00	0.00
23	28.24	3747.24	-1193.51	0.00	0.00	0.00
24	-62.54	-1385.58	-1190.33	0.00	0.00	0.00
25	204.69	11435.74	-356.70	0.00	0.00	0.00
26	-62.54	-1385.58	-1190.33	0.00	0.00	0.00
27	204.69	11435.74	-356.70	0.00	0.00	0.00
28	-39.72	-1417.20	-526.54	0.00	0.00	0.00
29	-39.72	-1417.20	-526.54	0.00	0.00	0.00
30	-87.18	-3022.56	-980.08	0.00	0.00	0.00
31	-87.18	-3022.56	-980.08	0.00	0.00	0.00
32	135.72	7550.75	-447.80	0.00	0.00	0.00
33	-209.70	-7614.23	-2032.83	0.00	0.00	0.00
34	337.11	18802.17	-437.80	0.00	0.00	0.00
35	-209.70	-7614.23	-2032.83	0.00	0.00	0.00
36	337.11	18802.17	-437.80	0.00	0.00	0.00
37	27.02	4332.26	-1519.43	0.00	0.00	0.00
38	27.02	4332.26	-1519.43	0.00	0.00	0.00
39	-94.02	-2510.16	-1510.15	0.00	0.00	0.00
40	256.41	14327.12	-431.72	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM-Z

41	-94.02	-2510.16	-1510.15	0.00	0.00	0.00
42	256.41	14327.12	-431.72	0.00	0.00	0.00
43	-86.12	-3615.84	-688.31	0.00	0.00	0.00
44	-86.12	-3615.84	-688.31	0.00	0.00	0.00
45	-157.29	-6023.89	-1368.61	0.00	0.00	0.00
46	-157.29	-6023.89	-1368.61	0.00	0.00	0.00
61 17	531.30	-4871.70	-24.33	0.00	0.00	0.00
18	967.82	-18000.83	5.79	0.00	0.00	0.00
19	1703.77	-14925.84	-87.78	0.00	0.00	0.00
20	967.82	-18000.83	5.79	0.00	0.00	0.00
21	1703.77	-14925.84	-87.78	0.00	0.00	0.00
22	1544.54	-20109.61	-40.69	0.00	0.00	0.00
23	1544.54	-20109.61	-40.69	0.00	0.00	0.00
24	878.68	-14083.33	-7.47	0.00	0.00	0.00
25	1303.74	-11485.80	-65.12	0.00	0.00	0.00
26	878.68	-14083.33	-7.47	0.00	0.00	0.00
27	1303.74	-11485.80	-65.12	0.00	0.00	0.00
28	4.89	-2540.81	11.88	0.00	0.00	0.00
29	4.89	-2540.81	11.88	0.00	0.00	0.00
30	505.02	-10036.89	5.59	0.00	0.00	0.00
31	505.02	-10036.89	5.59	0.00	0.00	0.00
32	743.82	-6820.38	-34.06	0.00	0.00	0.00



33	1187.06	-22744.72	11.27	0.00	0.00	0.00
34	2161.77	-18916.42	-111.68	0.00	0.00	0.00
35	1187.06	-22744.72	11.27	0.00	0.00	0.00
36	2161.77	-18916.42	-111.68	0.00	0.00	0.00
37	1954.59	-25652.51	-50.46	0.00	0.00	0.00
38	1954.59	-25652.51	-50.46	0.00	0.00	0.00
39	1071.17	-17651.96	-5.96	0.00	0.00	0.00
40	1641.73	-14444.36	-82.22	0.00	0.00	0.00
41	1071.17	-17651.96	-5.96	0.00	0.00	0.00
42	1641.73	-14444.36	-82.22	0.00	0.00	0.00
43	-151.24	-2362.43	24.48	0.00	0.00	0.00
44	-151.24	-2362.43	24.48	0.00	0.00	0.00
45	598.95	-13606.55	15.04	0.00	0.00	0.00
46	598.95	-13606.55	15.04	0.00	0.00	0.00
73 17	47.87	-3433.13	52.62	0.00	0.00	0.00
18	-198.22	7071.25	-1067.82	0.00	0.00	0.00
19	226.85	-13447.86	185.53	0.00	0.00	0.00
20	-198.22	7071.25	-1067.82	0.00	0.00	0.00
21	226.85	-13447.86	185.53	0.00	0.00	0.00
22	-18.18	-1993.82	-692.42	0.00	0.00	0.00
23	-18.18	-1993.82	-692.42	0.00	0.00	0.00
24	-107.32	3059.41	-666.23	0.00	0.00	0.00
25	161.85	-9837.06	135.88	0.00	0.00	0.00
26	-107.32	3059.41	-666.23	0.00	0.00	0.00
27	161.85	-9837.06	135.88	0.00	0.00	0.00
28	-93.63	3631.32	-217.11	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1

SUPPORT REACTIONS -UNIT KG CM STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT LOAD FORCE-X FORCE-Y FORCE-Z MOM-X MOM-Y MOM-Z

29	-93.63	3631.32	-217.11	0.00	0.00	0.00
30	-140.57	5176.83	-615.13	0.00	0.00	0.00
31	-140.57	5176.83	-615.13	0.00	0.00	0.00
32	67.02	-4806.38	73.67	0.00	0.00	0.00
33	-266.22	9746.16	-1401.24	0.00	0.00	0.00
34	290.12	-17138.90	235.93	0.00	0.00	0.00
35	-266.22	9746.16	-1401.24	0.00	0.00	0.00
36	290.12	-17138.90	235.93	0.00	0.00	0.00
37	-28.42	-2248.80	-905.27	0.00	0.00	0.00
38	-28.42	-2248.80	-905.27	0.00	0.00	0.00
39	-148.06	4530.76	-879.18	0.00	0.00	0.00
40	205.62	-12444.86	171.39	0.00	0.00	0.00
41	-148.06	4530.76	-879.18	0.00	0.00	0.00
42	205.62	-12444.86	171.39	0.00	0.00	0.00
43	-152.36	6355.86	-338.83	0.00	0.00	0.00
44	-152.36	6355.86	-338.83	0.00	0.00	0.00
45	-222.78	8674.12	-935.86	0.00	0.00	0.00
46	-222.78	8674.12	-935.86	0.00	0.00	0.00
85 17	294.25	9334.42	-43.02	0.00	0.00	0.00
18	616.58	23253.63	-13.72	0.00	0.00	0.00
19	1328.83	19944.04	-105.26	0.00	0.00	0.00
20	616.58	23253.63	-13.72	0.00	0.00	0.00
21	1328.83	19944.04	-105.26	0.00	0.00	0.00
22	1210.05	25197.42	-59.97	0.00	0.00	0.00
23	1210.05	25197.42	-59.97	0.00	0.00	0.00
24	525.83	19232.81	-26.28	0.00	0.00	0.00
25	971.87	16335.38	-83.00	0.00	0.00	0.00
26	525.83	19232.81	-26.28	0.00	0.00	0.00
27	971.87	16335.38	-83.00	0.00	0.00	0.00
28	-180.56	6878.80	-7.82	0.00	0.00	0.00
29	-180.56	6878.80	-7.82	0.00	0.00	0.00
30	278.25	14678.12	-14.46	0.00	0.00	0.00
31	278.25	14678.12	-14.46	0.00	0.00	0.00
32	411.95	13068.18	-60.23	0.00	0.00	0.00



33	764.54	29086.41	-12.34	0.00	0.00	0.00
34	1698.05	24993.80	-132.54	0.00	0.00	0.00
35	764.54	29086.41	-12.34	0.00	0.00	0.00
36	1698.05	24993.80	-132.54	0.00	0.00	0.00
37	1543.47	31820.29	-73.66	0.00	0.00	0.00
38	1543.47	31820.29	-73.66	0.00	0.00	0.00
39	646.57	23859.34	-28.66	0.00	0.00	0.00
40	1234.01	20302.56	-103.60	0.00	0.00	0.00
41	646.57	23859.34	-28.66	0.00	0.00	0.00
42	1234.01	20302.56	-103.60	0.00	0.00	0.00
43	-356.06	7518.68	0.52	0.00	0.00	0.00
44	-356.06	7518.68	0.52	0.00	0.00	0.00
45	332.17	19217.67	-9.44	0.00	0.00	0.00
46	332.17	19217.67	-9.44	0.00	0.00	0.00

S.E. NOPALA MARCO M-1

\*\*\*\*\* END OF LATEST ANALYSIS RESULT \*\*\*\*\*

. FINISH



## CONCLUSIÓN

*Como conclusión me permito comentar que este trabajo está orientado a dar solución al cálculo estructural de una estructura mayor, definida como marco a base de celosía de una subestación y que puede ser utilizada esta tesis como referencia a aquellos alumnos que se quieran dedicar al cálculo estructural de este tipo de elementos.*

*Las dimensiones generales de las estructuras metálicas de este trabajo son propias de los arreglos para subestaciones para estructuras mayores. Entonces estas estructuras se construyen preferentemente con cuerpos abiertos, en celosía para reducir los efectos de viento además los miembros de acero en esa disposición proporciona una disminución importante de pesos muertos.*

*Los lineamientos contenidos en las especificaciones para diseño de subestaciones que emite la Comisión Federal de Electricidad, permiten que el análisis y diseño de las estructuras metálicas mayores de una subestación se calculen bajo criterios estandarizados.*

*Para las estructuras mayores para subestaciones (marco de celosía), resulta fundamental conocer con certeza las acciones y cargas a las que se encontrara sometida dicha estructura, debido a que en el transcurso de la vida útil será afectada por su esbeltez y por su sistema estructural con diferentes condiciones de cargas.*

*El haber realizado este trabajo me permitió adentrarme en la complejidad y responsabilidad que implica para un ingeniero civil el realizar el diseño y análisis de una estructura de esta magnitud y que esta considerara como estructura de alta seguridad y que no puede tener falla alguna en virtud de que no se puede dejar sin energía eléctrica a las entidades cercanas a ellas, lo que provocaría grandes pérdidas económicas y adicional a ello pudiera ser la causante de la pérdida de vidas si se encuentra personal cerca de estas estructuras ante una falla estructural de la misma, por tal motivo, una estructura metálica mayor, es fundamental su buen funcionamiento dentro de una subestación eléctrica.*



## **BIBLIOGRAFÍA**

- Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1993, “Manual de diseño de obras civiles Diseño por viento”.
- Comisión Federal de Electricidad, Instituto de Investigaciones Eléctricas, 1993, “Manual de diseño de obras civiles Diseño por sismo”.
- Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A. C. “Manual de Construcción en acero Diseño por esfuerzos permisibles”, Ed. LIMUSA
- “Manual de Diseño de Estructuras Metálicas del American Institute of Steel Construction”, Inc. (AISC 1989)
- “Reglamento de construcciones para el Distrito Federal. (RCDF)”
- Comisión Federal de Electricidad. “Especificaciones para diseño de estructuras metálicas para subestaciones”, CFE JA100-57.
- Comisión Federal de Electricidad. “Especificaciones para diseño de subestaciones”, CPTT-GT-001-95.
- American Institute of Steel Construction, 1994, Manual of steel Construction. Load and Resistance Factor Design, 2 nd Edition.

## **NORMAS**

- Design of Latticed Steel Transmission Structures “ A.S.C.E.”*
- American Institute of Steel Construction “ A.I.S.C.”*
- Guide for Design of Steel Transmission Towers “ A.S.C.E.”*
- Manuales de Diseño de Obras Civiles de C.F.E.*

ANEXO

