



UNIVERSIDAD  
SAN SEBASTIAN

SEDE CONCEPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE NCH2369 OF 2003 Y ANTE PROYECTO  
DE NORMA NCH 2369 APLICADO SOBRE TORRE DE ALTA TENSIÓN.

Memoria para Optar al Título de Ingeniero civil

Profesor Guía: Msc. Patricio Ananías Uarac Pinto

Alumno: Hanz Alexander Wolf Valenzuela

Concepción, Marzo, 2019

© Hanz Alexander Wolf Valenzuela

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, con fines académicos, por cualquier forma, medio o procedimiento siempre y cuando se incluya cita bibliográfica del documento.

## **CALIFICACIÓN DE LA MEMORIA**

En Concepción, el \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_, los abajo firmantes dejan constancia que el alumno Hanz Alexander Wolf Valenzuela, de la carrera Ingeniería Civil ha aprobado la memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil con una nota de \_\_\_\_\_.

---

Profesor Msc Patricio Uarac Pinto

---

Profesor Msc Gian Carlo Giuliano Bilbao

## **DEDICATORIA**

En especial a mi meme María Teresa Schaw Celis, dos generaciones totalmente diferentes capaces de comunicarse perfectamente a través del lenguaje del amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Principalmente a mi familia por apoyarme durante toda mi formación profesional.

En especial a mis padres, a mi madre por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional y a mi padre por sus consejos que buscan guiarme de forma correcta en la vida.

A Valeria por acompañarme por este largo y difícil camino compartiendo conmigo alegrías, fracasos y amor.

Al Msc Patricio Uarac, profesor guía de esta memoria de título por su valioso asesoramiento a realización de esta misma.

## RESUMEN

Chile, país ubicado en el extremo sudoeste de América del sur, se posiciona a lo largo de la convergencia entre las placas sudamericana y nazca, donde se encuentra una de las zonas sísmicas de mayor intensidad a nivel mundial.

A lo largo de los años se ha generado un registro histórico de sismos, los cuales existen precedentes de constantes movimientos telúricos que pueden ser perceptibles o no perceptibles, los cuales son clasificados según las escalas de Mercalli y Richter.

La escala Mercalli busco evaluar la intensidad del sismo, mientras tanto que la escala de Richter se utilizó para cuantificar el efecto de un sismo, dejando en claro que se necesitó una normativa que nos permita estar preparados para cualquier eventualidad que afecte la seguridad y productividad de nuestro país.

En Chile, actualmente se rige por tres normativas sobre el diseño sísmico de estructuras, las cuales son: NCh 433 of. 1996, NCh 2369 of. 2003 Y NCh 2745 of. 2013. Éstas aprobaron realizar diseños acordes a las acciones sísmicas para diferentes tipos de estructuras.

La NCh 2369 of. 2003 tiene dos objetivos principales, proteger la vida y mantener una continuidad de operación en la industria, por lo que es necesario mantener una constante actualización de normativas.

## **ABSTRACT**

Chile, a country located at the southwestern tip of South America, long-term positioning of the convergence between the South American and Nazca plates, where one of the most intense seismic zones in the world is located.

A long time of the years has generated a historical record of earthquakes, which exist the principles of constants, telluric movements that may be perceptible or not perceptible, which are classified according to the scales of Mercalli and Richter.

The escalation of Mercalli evaluated the intensity of the earthquake, while the escalation of the company was improved to quantify the effect of an earthquake, leaving aside the image of the company. our country

In Chile, the rules on the seismic design of structures are currently published, which are: NCh 433 de. 1996, NCh 2369 de. 2003 and NCh 2745 of. 2013. These responses are made in accordance with the basic actions.

The NCh 2369 of. 2003 I mainly seek the provisions of the general application, which is to protect life and maintain a continuity of the operation in the industry, so it is necessary to maintain a constant updating of regulations.

## TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1	MARCO GENERAL.....	1
1.	Introducción .....	1
1.1.	Justificación y motivación .....	1
1.2.	Objetivos.....	2
1.2.1.	Objetivo General .....	2
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	2
1.3.	Alcance.....	3
1.4.	Metodología.....	3
1.4.1.	<i>Software</i> CSI SAP2000 v20 .....	4
CAPÍTULO 2	MARCO TEÓRICO .....	5
2.	Introducción .....	5
2.1.	Normativa Asociada .....	6
2.2.	Diferencias capítulo 1: alcance y campo de aplicación .....	7
2.3.	Diferencia capítulo 2: referencia de normativas.....	8
2.4.	Diferencia capítulo 3: Términos, definiciones y simbología .....	8
2.5.	Diferencia capítulo 4: Disposiciones de aplicación general .....	9
2.6.	Diferencia capítulo 5: Análisis sísmico .....	10
2.7.	Diferencia capítulo 6: Deformaciones sísmicas .....	12
2.8.	Diferencia capítulo 7: Elementos secundarios y equipos montados sobre estructuras.....	13
2.9.	Diferencia capítulo 8: Disposiciones especiales para estructuras de acero 15	
2.10.	Diferencia capítulo 9: Disposiciones especiales para estructuras de hormigón armado .....	17

2.11.	Diferencia capítulo 10: Disposiciones sobre fundaciones .....	18
2.12.	Diferencia capítulo 11: Capítulos adicionales para estructuras específicas.....	20
CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL.....		20
3.	Introducción .....	20
3.1.	Descripción.....	20
3.2.	Descripción de cuerpo de una torre de alta tensión .....	20
3.3.	Materialidad estructural .....	23
3.4.	Elementos constitutivos .....	24
CAPÍTULO 4 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS.....		25
4.	Introducción .....	25
4.1.	Metodología para utilizar .....	25
4.2.	Disposiciones generales.....	25
4.3.	Líneas Aéreas: .....	26
4.4.	Conductores y aislación .....	27
4.5.	Distancia mínima al suelo.....	28
4.6.	Verificación de solicitudes mecánicas de conductores y soportes de líneas aéreas.....	28
CAPÍTULO 5 FUNDACIONES .....		30
5.	Introducción .....	30
5.1.	Bases de diseño de fundaciones de estructuras autosoportantes....	30
5.2.	Reconocimiento de tipo de suelo según TRANSELEC .....	30
5.3.	Parámetros geomecánicos .....	32
5.4.	Metodología de cálculo de fundaciones .....	32
5.4.1.	Método 1 .....	32
5.4.2.	Método 2.....	33

CAPITULO 6	CONSIDERACIONES Y BASES DE CALCULO .....	34
6.	Introducción .....	34
6.1.	Casos de cargas.....	34
6.1.1.	Determinación de cargas .....	34
6.1.2.	Comentarios previos a los casos .....	34
6.2.	Casos para analizar.....	35
6.2.1.	Caso 1-A.....	36
6.2.2.	Caso 2-A.....	37
6.2.3.	Caso 3-A.....	38
6.2.4.	Caso 3-B.....	39
6.2.5.	Caso 4-A.....	40
CAPITULO 7	RESULTADOS DE ANÁLISIS.....	43
7.	Introducción .....	43
7.1.	Selección <i>Software</i> CSI SAP2000 V20 .....	43
7.2.	Propiedades del acero.....	43
7.3.	Diseño de torre en CSI SAP 2000 V20.....	45
7.4.	Aplicación de normativa .....	46
7.5.	ANÁLISIS DE CARGAS .....	47
7.5.1.	Peso propio torre de alta tensión .....	47
7.5.2.	Carga de viento VX actuando en la estructura.....	48
7.5.3.	Carga de viento VY actuando en la estructura.....	49
7.6.	Cargas asignadas.....	50
7.6.1.	Caso 1-A en CSI SAP 2000 V20.....	51
7.6.2.	Caso 2-A CSI SAP 2000 V20.....	52
7.6.3.	Caso 3-A CSI SAP 2000 V20.....	53

7.6.4. Caso 3-B CSI SAP 2000 V20.....	54
7.6.5. Caso 4-A CSI SAP 2000 V20.....	55
7.7. Resultados del diseño miembros de acero.....	56
CAPÍTULO 8 RESULTADO DE DISEÑO DE FUNDACIONES.....	58
8. Introducción .....	58
8.1. Propuesta de fundaciones.....	58
8.2. Fundación tipo aislada.....	59
8.3. Puntos de apoyo en nodos.....	60
8.4. Parámetros de diseño seleccionados.....	61
8.5. Gráfico de excentricidades .....	62
8.6. Dimensiones de fundaciones aisladas .....	64
CAPITULO 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
Conclusiones.....	65
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS .....	67
ANEXO A.....	69

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema metodología .....	4
Figura 3.1 Estructuración de una torre de alta tensión .....	22
Figura 5.1 Zapata con carga vertical y momentos en dos direcciones MB y ML. .....	33
Figura 6.1 Caso 1-A Carga vertical y transversal.....	36
Figura 6.2 Caso 2-A Sobrecarga vertical y aplicados sobre conductor.....	37
Figura 6.3 Caso 3-A Rotura de cable de guarda.....	38
Figura 6.4 Caso 3-B Rotura de conductor .....	39
Figura 6.5 Caso 4-A Desbalanciamiento longitudinal .....	40
Figura 7.1 Propiedades A572Gr50. ....	44
Figura 7.2 Geometría torre alta tensión .....	45
Figura 7.3 Ítems normativa Software CSI SAP2000 v20 .....	46
Figura 7.4 Carga de viento VX.....	48
Figura 7.5 Carga de viento VY.....	49
Figura 7.6 Carga vertical y transversal. ....	51
Figura 7.7 Sobre carga vertical.. .....	52
Figura 7.8 Rotura del cable de guardia.....	53
Figura 7.9 Rotura del conductor.....	54
Figura 7.10 Desbalanciamiento longitudinal. ....	55
Figura 7.1 Vista lateral fundaciones.....	58
Figura 7.2 Selección de tipo de fundacion aislada.....	59
Figura 7.3 Vista de nodos por apoyo. ....	60
Figura 7.4 Excentricidad en zona 2. ....	63
Figura 7.5 Diseño de fundación. ....	64

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1 Parámetros de diseño.....	3
Tabla 2.1 Normativas utilizadas.....	6
Tabla 2.2 normativas a utilizar en capítulo 1.....	7
Tabla 2.3 Normativas a utilizar en capítulo 2.....	8
Tabla 2.4 Normativas a utilizar en capítulo 3.....	8
Tabla 2.5 Normativas a utilizar en capítulo 4.....	9
Tabla 2.6 Normativas a utilizar en capítulo 5.....	10
Tabla 2.7 Normativa a utilizar en capítulo 7.....	12
Tabla 2.8 Normativa a utilizar en capítulo 9.....	15
Tabla 2.9 Normativa a utilizar capítulo 10.....	17
Tabla 2.10 Normativas a utilizar capítulo 11.....	18
Tabla 2.11 Normativa a utilizar en el capítulo 11.....	20
Tabla 3.1 Elementos Constitutivos.....	21
Tabla 3.2 Materialidad.....	23
Tabla 3.3 Secciones de torre de alta tensión.....	24
Tabla 4.1 Tipos de instalaciones.....	26
Tabla 4.2 Categorías de líneas aéreas.....	26
Tabla 4.3 Características del conductor.....	27
Tabla 4.4 Altura de los conductores sobre el suelo.....	28
Tabla 4.5 Altitud según zona.....	29
Tabla 4.6 Hipótesis de sobrecargas y temperaturas.....	29
Tabla 5.1 Clasificación tipo de suelo según TRANSELEC.....	30
Tabla 6.1 Combinaciones de cargas especiales.....	41
Tabla 7.1 Parámetros de diseño.....	47
Tabla 7.2 Casos de carga en miembros.....	50
Tabla 7.3 Secciones optimizadas.....	56
Tabla 7.4 Miembros de acero más solicitados.....	57
Tabla 7.1 Parámetros de diseño seleccionados.....	61



## **CAPÍTULO 1      MARCO GENERAL**

### **1. Introducción**

#### **1.1. Justificación y motivación**

El Sismo ocurrido en Chile el 27 de febrero del 2010, alcanzó una magnitud de 8,8 grados en la escala de Richter, dejando a la zona central del país sin suministro eléctrico.

Luego de este hito, que marcó a todo un país, se propone al Instituto Nacional de Normalización actualizar la normativa NCh 2369, por lo que se creó un comité compuesto por personas e instituciones para modificar la respuesta de las estructuras industriales.

En este Proyecto de Título se diseñará una estructura industrial, como lo es una torre de alta tensión, basándose en el Anteproyecto de norma NCh 2369.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Analizar una torre de alta tensión mediante la aplicación del Anteproyecto de Norma NCh 2369.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Detectar las modificaciones propuestas por el Anteproyecto de norma NCh 2369.
- Comparar teóricamente la NCh 2369 Of. 2003 con el anteproyecto de norma NCh 2369.
- Diseñar una torre de alta tensión y fundaciones acordes a las solicitudes requeridas por el Anteproyecto de norma NCh 2369.

### 1.3. Alcance

En la presente memoria se empleó la normativa Anteproyecto de norma NCh2369, diseñando una torre de alta tensión con los siguientes parámetros en la Tabla 1.1.

*Tabla 1.1 Parámetros de diseño.*

Parámetros	Descripción
Zonificación Sísmica	Zona 3
Tipo de suelo	Tipo III
Método de diseño	LRFD
Tipo de estructura	Acero Estructural, ASTM A572
Software	SAP 2000 v20

Fuente: elaboración propia.

### 1.4. Metodología

Se inició con la identificación de las principales diferencias establecidas para el análisis, para lo cual se llevó a cabo un estudio teórico de ambas normativas, obteniendo para cada uno de los capítulos de las normativas tablas comparativas que representan de forma clara los parámetros y consideraciones modificadas.

Luego se obtuvo las diferencias de los criterios teóricos de diseño y se procedió a realizar el caso planteado.

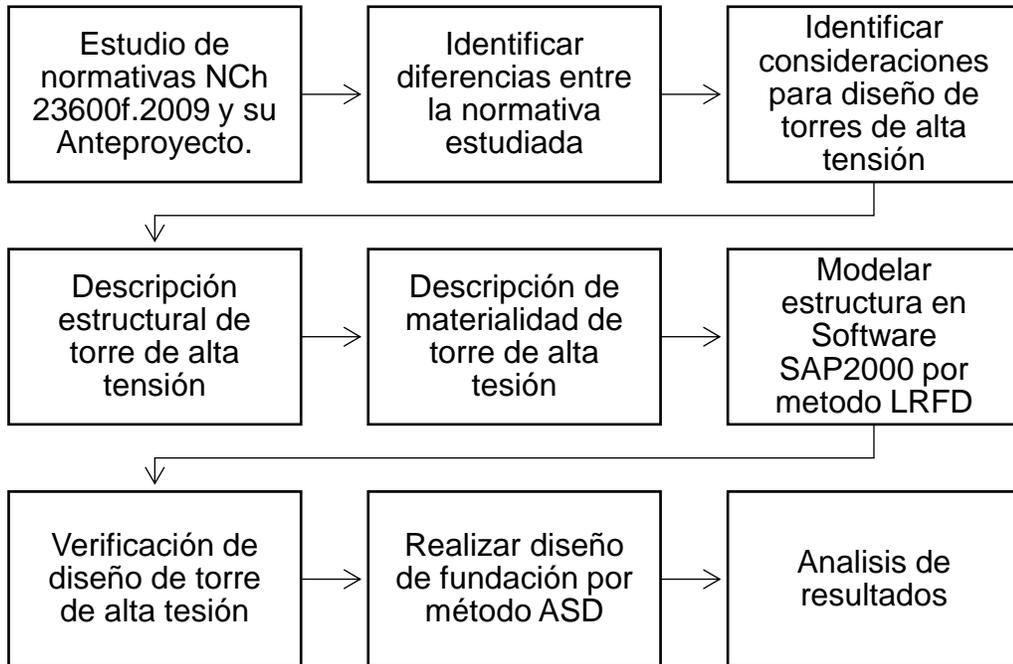


Figura 1.1 Esquema metodología. (Fuente: Elaboración propia)

#### 1.4.1. Software CSI SAP2000 v20

El *software* SAP2000 v20 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, la modelación, análisis y dimensionamiento del más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras.

## **CAPÍTULO 2      MARCO TEÓRICO**

### **2. Introducción**

En el presente capítulo se muestra las principales diferencias entre la NCh 2369 of. 2003 y Anteproyecto de norma NCh 2369, abordando por medio de tablas comparativas los capítulos siguientes:

- Capítulo 1: Alcance y campo de aplicación.
- Capítulo 2: Referencia de normativas.
- Capítulo 3: Términos, definiciones y simbología.
- Capítulo 4: Disposición de aplicación general.
- Capítulo 5: Análisis sísmico.
- Capítulo 6: Deformaciones sísmicas.
- Capítulo 7: Elementos secundarios y equipos montados sobre estructuras.
- Capítulo 8: Disposiciones especiales para estructuras de hormigón acero.
- Capítulo 9: Disposiciones especiales para estructuras de hormigón armado.
- Capítulo 10: Disposiciones sobre fundaciones.
- Capítulo 11: Capítulos adicionales para estructuras específicas.

## 2.1. Normativa Asociada

Para la realización de comparación de contenido teórico y construcción del modelo, se utilizan las siguientes normativas:

*Tabla 2.1 Normativas utilizadas*

Normativa	Descripción
NCh 2369 of.2003	Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
NCh 1537 of.2009	Cargas permanentes y sobrecargas.
NCh 3171 of.2010	Disposiciones generales y combinaciones de carga.
Ante Proyecto NCh 2369	Anteproyecto de diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
NCh 432 Of. 2010	Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.
NSEG 5. E.n.71	Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes.
ETG-A.0.10	Estudio de mecánica de suelos y diseño de fundaciones para estructuras autoportantes de líneas de transmisión y de subestaciones.

Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Diferencias capítulo 1: alcance y campo de aplicación

El capítulo 1 presenta principales diferencias en la adición de una columna de comentarios, la cual para el lector pueda entender de forma más clara los puntos a tratar durante la explicación de la normativa y en casos explicación de términos o pequeñas reseñas.

*Tabla 2.2 normativas a utilizar en capítulo 1.*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
Estructura de normativa solo cuenta con reglamento.	Estructura de normativa divide su contenido agregando una columna especial para comentarios de los puntos a tratar.
Aplica a estructuras tales como sistemas de ductos y cañerías y a los equipos de procesos mecánicos y eléctricos y a sus anclajes.	Se adiciona los equipos de control e instrumentación.
La norma no aplica para tipos de estructuras tales como centrales nucleares, centrales de energía eléctrica y líneas de transmisión, presas, tranques de relevés, puentes, túneles, muelles gravitacionales, muros de contención, líneas de ductos enterradas.	Incluye a la normativa las estructuras tales como procesos eléctricos y líneas de transmisión.

Fuente: elaboración propia.

### 2.3. Diferencia capítulo 2: referencia de normativas

El capítulo 2 extrae el anexo B de la normativa la cual es agregada a la NCh427/1 y NCh 427/2.

*Tabla 2.3 Normativas a utilizar en capítulo 2.*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
Constituida por la normativa vigente y actualizada.	Se elimina el anexo B de la normativa oficial para su actualización.

Fuente: elaboración propia.

### 2.4. Diferencia capítulo 3: Términos, definiciones y simbología

El capítulo 3 no presenta modificación alguna, por lo que se utiliza la misma nomenclatura en ambas normativas.

*Tabla 2.4 Normativas a utilizar en capítulo 3.*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
Contempla los términos y definiciones correspondientes a usar en normativa.	No presenta actualización.
Simbología para utilizar en normativa.	No presenta actualización.

Fuente: elaboración propia.

## 2.5. Diferencia capítulo 4: Disposiciones de aplicación general

El capítulo 4 propone que las combinaciones de cargas sísmicas, independientemente sea por el método de las tensiones admisibles (ASD) o método de las cargas ultimas (LRFD) sean modificadas por las combinaciones de carga de la NCh3171 of 2010.

*Tabla 2.5 Normativas a utilizar en capítulo 4*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
<p>Dispone de sistemas simples y claramente identificables para la transmisión de esfuerzos sísmicos a las fundaciones, evitando estructuraciones de alta asimetría y complejidad.</p>	<p>Se adiciona a las disposiciones que sea claramente identificables las irregularidades de las estructuras para su óptimo funcionamiento.</p>
<p>Las combinaciones de cargas de solicitaciones sísmicas mediante el método de tensiones admisibles:</p> <p>i) CP + aSC + SO + SA ± Sismo Horizontal ± Sismo Vertical</p> <p>ii) CP + SA ± Sismo Horizontal ± Sismo Vertical</p>	<p>Adiciona los distintos tipos de sobrecargas por la normativa NCh 3171 en los puntos 9.1 y 9.2 que se indican:</p> <p>i) L=aSC+SO+SA</p>
<p>Solicitaciones sísmicas mediante el método de las cargas ultimas:</p> <p>i) 1,2CP + aSC + SO + SA ± b Sismo Horizontal ± b Sismo Vertical</p> <p>ii) 0,9CP + SA ± b Sismo Horizontal ± 0,3 Sismo Vertical</p>	<p>Se mantienen los valores de tipo de reciento de “a” con la excepción de que se elimina el de diagonales que soportan cargas verticales.</p> <p>No se menciona referencia a los valores del factor de amplificación “b”.</p>

---

Los valores mínimos de “a” en diagonales que soportan cargas verticales es de  $a=1,00$ .

---

Fuente: elaboración propia.

## 2.6. Diferencia capítulo 5: Análisis sísmico

El capítulo 5 agrega coeficientes para reducir las sobrecargas de la masa sísmicas de los diferentes tipos de estructuras a diseñar y además el anteproyecto nos dice que para los casos la longitud entre los apoyos dependerá el tipo de suelo el cual el factor S será amplificado por  $S_0$ .

*Tabla 2.6 Normativas a utilizar en capítulo 5.*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
<p>La masa sísmica para el modelo estructural las sobrecargas de uso se pueden reducir por los siguientes coeficientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Techos, plataformas y pasarelas tanto operación como de mantención con un coeficiente igual a 0.</li> <li>-Bodegas de almacenamiento, sala de archivo y similares un coeficiente igual a 0,5.</li> </ul> <p>No existe requisito de clasificación de diafragma rígido o flexible.</p> <p>En el coeficiente sísmico el valor de C no necesita ser mayor que el indicado en la Tabla 5.7.</p>	<p>Se agrega a lo anterior dos tipos de coeficientes para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Zonas de acopio con baja tasa de rotación igual a 0,5.</li> <li>-Zonas de uso normal, plataformas de operación igual a 0,25.</li> </ul> <p>Los diafragmas deben clasificarse como flexibles o rígidos, donde para ello se debe efectuar un análisis estructural que considere rigideces relativas de los diafragmas y de los elementos verticales que componen el sistema.</p> <p>El valor del coeficiente sísmico C, no necesita ser mayor que la siguiente expresión:</p>

$$C_{\max} = \frac{2,75A_0}{(1 + R)g} \left( \frac{0,05}{\xi} \right)^{0,4}$$

El diseño por desplazamientos diferenciales horizontales especifica que en ningún caso la longitud del apoyo será menor a la ecuación 5-9, donde:

$$S(\text{cm})=20+0,2L+0,5H; L \leq 60 \text{ m}$$

El diseño por desplazamientos diferenciales horizontales es modificado donde se especifica que en ningún caso la nueva longitud del apoyo ser menor a la ecuación 5-9, donde:

$$S(\text{cm})=S_0(20+0,2L+0,5H); L \leq 60 \text{ m}$$

En los análisis espectrales se deben considerar las componentes horizontales, una a la vez, actuando en la planta en la dirección más desfavorable simultáneamente con la componente vertical, cuando ello sea necesario de acuerdo con 5.1.1.

Los cortes basales obtenidos en el diseño de estructuras se debe aplicar el espectro de sitio, donde deberá cumplir con 75% a 125%.

Donde  $S_0$  tiene los siguientes valores:

- i) 1,00 para Suelo Tipo I
- ii) 1,25 para Suelo Tipo II
- iii) 1,50 para Suelo Tipo III
- iv) 1,70 para Suelo Tipo IV

Clausura 5.9.1.5 eliminada debido a que los componentes verticales se deben considerar en todos los casos 5.1.1.

Se eliminó la Tabla 5.7 de Valores máximos del coeficiente sísmico.

Por último, los cortes basales obtenidos en el diseño de estructuras se debe aplicar el espectro de sitio, donde deberá cumplir con 80% a 125%.

---

Fuente: elaboración propia.

## 2.7. Diferencia capítulo 6: Deformaciones sísmicas

El capítulo 6 trata acerca de las deformaciones demandadas por las estructuras, las cuales no deben superar la capacidad de las deformaciones sísmicas máximas dependiendo del tipo de estructura que se esté analizando, provocando que las deformaciones sean aun menores, ya que no existe el factor del cociente  $Q_0/Q_{\min}$  de la tabla 5.6 del Anteproyecto por el factor R.

*Tabla 2.7 Normativa a utilizar en capítulo 7.*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
El cálculo de deformaciones se determina por la siguiente expresión:	Se modifica la expresión de cálculo de deformaciones por la expresión:
$d = d_0 + R_1 d_d$	$d = d_0 + d_d$
La separación entre estructuras que evita choque adyacente debe ser superior al más alto de los valores:	La nueva separación actualizada para evitar que entre estructuras choquen son:
$S = \sqrt{(R_{i1} + d_{di})^2 + (R_{j1} + d_{dj})^2} + d_{o1} + d_{o2}$ $S = 0,002(h_i + h_j)$ $S = 30 \text{ mm}$	$S = \sqrt{(d_{di})^2 + (d_{dj})^2} + d_{o1} + d_{o2}$ $S = 0,002(h_i + h_j)$ $S = 30 \text{ mm}$
Las deformaciones sísmicas máximas son cuatro:	Se agrega una condición más a las deformaciones sísmicas máximas:
i) Estructuras de hormigón prefabricado:	i) Estructuras en general:
$d^{\max} = 0,002h$	$d^{\max} = 0,015h$

- ii) Estructuras de muros albañilería:

$$d^{\text{máx}}=0,003h$$

- iii) Marcos no arriostrados de albañilería:

$$d^{\text{máx}}=0,0075h$$

- iv) Otras estructuras:

$$d^{\text{máx}}=0,015h$$

---

Fuente: elaboración propia.

## **2.8. Diferencia capítulo 7: Elementos secundarios y equipos montados sobre estructuras**

El capítulo 7 corresponde a la modificación de las fuerzas sísmicas de los elementos secundarios que se plantean en la NCh3357 y a su vez el factor de modificación de la repuesta de elementos secundarios será actualizado a los de la Tabla 7.1 del Anteproyecto de norma NCh2369.

*Tabla 2.8 Normativa a utilizar capítulo 7*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
El alcance de la normativa para elementos secundarios aplicables son tabiques y otros apéndices adheridos a la estructura resistente pero no forman parte de ella.	Se actualiza y se agrega a los equipos secundarios aquellos equipos montados sobre estructuras y diseño de sus anclajes.

Diseño con fuerza sísmica horizontal siguiente, actuando en cualquier dirección: Se modifica el diseño de fuerza sísmica horizontal:

$$F_p = \frac{1,2Q_p R_1}{R_p} < P_p$$

$$F_p = \frac{Q_p R_1}{R_p} < \frac{3A_0}{g} I P_p$$

Cuando el equipo no se necesita incluir en la modelación de la estructura y se conoce la aceleración  $a_p$ : Se modifica al contar con la aceleración  $a_k$  por:

$$F_p = \frac{3,0a_p K_p}{R_p} P_p < P_p$$

$$F_p = \frac{a_k R_1 K_p}{g R_p} P_p < \frac{3A_0}{g} I P_p$$

En el caso que no se ha realizado un análisis dinámico modal del edificio, se calculara con la siguiente ecuación: Los factores para modificar para el caso de no haber realizado un análisis modal del edificio son:

$$F_p = \frac{0,7a_k K_p}{R_p} P_p < P_p$$

$$F_p = \frac{a_k K_p}{g R_p} P_p < \frac{3A_0}{g} I P_p$$

La aceleración en el nivel k de la estructura se debe determinar de: Se actualiza la aceleración en el nivel k de la estructura como:

$$a_k = \frac{A_0}{g} \left( 1 + 3 \frac{Z_k}{H} \right)$$

$$a_k = 1,2A_0 I \left( 1 + 2 \frac{Z_k}{H} \right)$$

Los sistemas de corte automático su tabla de valores máximos del factor de modificación de respuesta para elementos secundarios y equipos es: Existen valores máximos del factor de modificación de la respuesta en los siguientes casos:

- |   |   |
|---|---|
| <p>i) Equipos o elementos rígidos o flexibles, con materiales o agregados dúctiles: <math>R_p = 1,5</math>.</p> <p>ii) Elementos secundarios prefabricados. Elementos en voladizo. Particiones: <math>R_p = 3</math>.</p> | <p>i) Equipos o elementos, rígidos o flexibles, construidos con materiales o agregados no dúctiles: <math>R_p = 2,0</math>.</p> <p>ii) Equipos eléctricos y mecánicos sin anclaje dúctil: <math>R_p = 2,0</math>.</p> |
|---|---|

- |      |   |      |   |
|------|---|------|---|
| iii) | Equipos eléctricos y mecánicos en general: $R_p = 3$ .  | iii) | Otros casos no especificados en esta tabla: $R_p = 2,0$ . |
| iv)  | Chimeneas, estanques, torres de acero: $R_p = 3$ .      |      |   |
| v)   | Otros casos no especificados en esta tabla: $R_p = 3$ . |      |   |
| vi)  | Estanterías de almacenamiento: $R_p = 4$ .              |      |   |
| vii) | Estructuras secundarias: $R_p = 4$ .                    |      |   |

---

Fuente: elaboración propia.

## 2.9. Diferencia capítulo 8: Disposiciones especiales para estructuras de acero

El capítulo 8 muestra que, para el diseño de estructuras sismorresistentes de sistemas de acero o compuestos, estas deben ser diseñadas de acuerdo con el documento AISC 360-16 y además nos entrega los requisitos generales para diseño mostrando de forma explicativa los métodos LRFD y ASD.

*Tabla 2.8 Normativa a utilizar en capítulo 9.*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
Las condiciones especificadas en 8.2.1, los materiales deben cumplir alguna de las especificaciones mencionada en los cinco puntos.	Las especificaciones son actualizadas en un formato de tabla, donde es más cómodo para el diseñador encontrar la denominación del acero, grado y formato de su uso.  A modo de complementación se adiciona el punto 8.3 de requisitos generales para

el diseño, donde se especifica los siguientes métodos:

Método LRFD:

- i) Capacidad en tracción esperada:  
 $T_{ye} = R_y F_y A_g$
- ii) Capacidad en compresión esperada:  $P_{ne} = 1,14 F_{cre} A_g$
- iii) Capacidad residual en compresión esperada:  $0,3 P_{ne}$
- iv) Capacidad flexural esperada:  
 $M_{pe} = R_y F_y Z$

Donde  $M_{pe} = M_{pe} \left(1 - \frac{|P|}{T_{ye}}\right)$ , donde P corresponde a la máxima carga axial obtenida de las combinaciones de cargas definidas en la sección 4.5.

Método ASD:

- i) Corresponde a las capacidades esperadas definidas anteriormente para el método LRFD divididas por 1,5.
- ii) No se permite ningún tipo de reducción de rigidez en los elementos estructurales, producto de la aplicación de diseño indicado en NCh427.

---

Fuente: elaboración propia.

## 2.10. Diferencia capítulo 9: Disposiciones especiales para estructuras de hormigón armado

El capítulo 9 añade los diferentes diseños de conexiones posibles según el tipo de modelo de análisis, donde estructura proyectada debe cumplir con las resistencias, rigidez y ductilidad dependiendo de la materialidad y código de diseño (ACI 318-14).

*Tabla 2.9 Normativa a utilizar capítulo 10*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
Para estructuras de hormigón armado se debe usar las disposiciones del código ACI 318-99.	Se menciona que se debe usar las disposiciones del código ACI 318-14 mientras no contradiga la presente norma.
Presenta solo criterios para diseñar y resistir las acciones sísmicas por sistemas establecidos.	El diseño de muros debe realizarse utilizando las disposiciones del Decreto N° 60 del año 2011.  Se añade los siguientes requisitos generales para diseño de conexiones:  a) Conexiones que emulan el comportamiento del hormigón vaciado en sitio.  b) Conexiones especiales.  c) Conexiones que no emulan el comportamiento del hormigón vaciado en sitio.  d) Conexiones discontinuas.  e) Conexiones rotuladas.

Fuente: elaboración propia.

## 2.11. Diferencia capítulo 10: Disposiciones sobre fundaciones

El capítulo 10 amplía el diseño de fundaciones especificando los diferentes tipos de fundaciones que pueden existir en estructuras dependiendo de las exigencias o esfuerzos que se necesitan transmitir al suelo, incluyendo los terrenos especiales.

*Tabla 2.10 Normativas a utilizar capítulo 11*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
<p>Se mencionan las especificaciones generales para el diseño de fundaciones donde estas deben reflejar los supuestos del modelo de análisis empleado, tanto en su geometría como en sus características de rigidez y masa.</p>	<p>A modo de mejor comprensión, se añade en el punto 10.1.1. definición y tipos de fundaciones superficiales los cuales muestra cinco tipos de fundaciones, tales como:</p>
<p>Las fundaciones superficiales deben ser a lo menos un 80% del área bajo cada fundación aislada o losa de fundación debe quedar sometido a compresión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fundación aislada.</li> <li>b) Fundación corrida.</li> <li>c) Fundación combinada.</li> <li>d) Viga de fundación</li> <li>e) Losa de fundación.</li> </ul>
	<p>Se agrega el punto 10.1.3 asentamientos.</p>
	<p>A forma de complementación del cálculo de fundaciones, se agrega:</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Constante de balasto vertical para carga centrada estática.</li> </ul>

- b) Constante de balasto vertical para carga estática excéntrica.
- c) Constante de balasto horizontal para carga lateral estática.

Como complemento desde el punto de vista geotécnico se agrega el punto 10.2 Fundaciones profundas.

---

Fuente: elaboración propia.

## 2.12. Diferencia capítulo 11: Capítulos adicionales para estructuras específicas

En el capítulo 11 se agregan estructuras que deben ser evaluadas totalmente por separadas, ya que en cada una de ellas tienen comportamientos diferentes y requerimiento necesario que demandan por sí solas.

*Tabla 2.11 Normativa a utilizar en el capítulo 11*

NCh 2369 Of. 2003	Anteproyecto de Norma NCh 2369
Normativa de estructuras particulares:	Se adiciona a la normativa los siguientes capítulos de estructuras:
i) Capítulo 11: Galpones industriales, naves de acero livianas, estanques.	i) Capítulo 11: Estanques. ii) Capítulo 12: Chimeneas Industriales y recipientes de proceso. iii) Capítulo 13: Estructuras marítimo-portuarias de tipo muelle transparente. iv) Capítulo 14: Sistema de generación y transmisión de energía. v) Capítulo 15: Estructuras específicas.

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAL**

### **3. Introducción**

Teniendo claridad de las diferencias presentes en la normativa en estudio, abordadas en el capítulo 1 del presente proyecto de título, se procede en este capítulo a definir la estructura que será diseñada

#### **3.1. Descripción**

La estructura seleccionada para esta memoria de título es una torre de alta tensión, la que corresponde a una estructura de considerable altura, la cual está construida por una celosía doble de acero, usada para el soporte de transmisión eléctrica mediante cables de transmisión eléctrica.

La torre de alta tensión consta de los siguientes parámetros:

- Altura = 36,66 m.
- Largo = 10 m.
- Ancho = 10 m.

#### **3.2. Descripción de cuerpo de una torre de alta tensión**

Una torre de alta tensión es una estructura de diversos niveles, como lo son sus aperturas de patas, cúpula, cabeza, cuerpo y patas, donde cada uno de los elementos diseñados dependen de su solicitud y uso.

A continuación, se muestra la configuración de la estructura en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Elementos Constitutivos

Elementos constitutivos	Dimensión (m)
Patas	8,8
Cuerpo	11,9
Cabeza	11,2
Cúpula	5,1
Apertura de patas	10

Fuente: Elaboración propia.

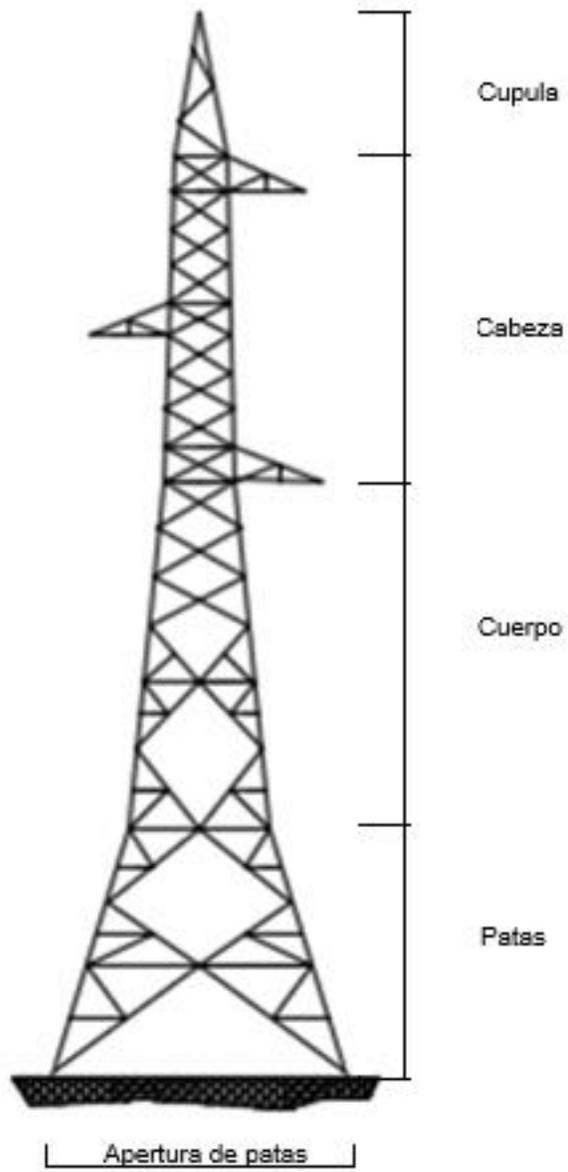


Figura 3.1 Estructuración de una torre de alta tensión. (Fuente: Elaboración propia)

### 3.3. Materialidad estructural

La materialidad de los elementos constitutivos de la estructura seleccionada se regirá por la estandarización de la ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

Para los alcances de esta memoria no se considerará el diseño de uniones, juntas apernadas y métodos de apriete.

*Tabla 3.2 Materialidad*

Tipo de acero	Característica	Valor (kg/cm <sup>2</sup> )
A572 Gr50	Fy	3500
	Fu	4500

Fuente: elaboración propia

### 3.4. Elementos constitutivos

Las diferentes secciones que conforman la estructuración de la torre de alta tensión serán perfiles metálicos simétricos y fueron solicitados por los planos DWG b7060205. El diseño cuenta con los siguientes detalles de sus elementos constitutivos:

*Tabla 3.3 Secciones de torre de alta tensión*

Perfil	Tipo de acero
L 50x50x3,2	A572 (G50)
L 51x51x4,8	A572 (G50)
L 64x64x4,8	A572 (G50)
L 64x64x7,9	A572 (G50)
L 76x76x6,4	A572 (G50)
L 102x102x7,9	A572 (G50)
L 127x127x7,9	A572 (G50)
L 152x152x12,7	A572 (G50)
L 203x203x12,7	A572 (G50)

Fuente: elaboración propia.

## **CAPÍTULO 4**

## **METODOLOGÍA DE ANÁLISIS**

### **4. Introducción**

El presente capítulo aborda la metodología de análisis utilizada para el diseño computacional de la torre de alta tensión.

#### **4.1. Metodología para utilizar**

La memoria se llevó a cabo según la normativa vigente de NSEG 5. E.n. 71. Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción y Anteproyecto de norma NCh 2369.

Según el artículo 1.2 del documento NSEG5. E.n. 71. será clasificada como una instalación de corrientes fuertes y aquellas instalaciones que sirven para generar, transportar, convertir distribuir y utilizar energía eléctrica.

#### **4.2. Disposiciones generales**

Se considera como corrientes fuertes aquellas instalaciones o estructuras que puedan generar peligro, principalmente a personas o daño industrial que generan, transportan y distribuyen energía eléctrica.

Las estructuras que transporten energía de corrientes fuertes serán clasificadas en dos tipos en la Tabla 4.1.

*Tabla 4.1 Tipos de instalaciones.*

Instalaciones bajas tensión	Instalaciones altas tensión
Tensión nominal no supera los 1.000 volts.	Tensión nominal supera los 1.000 volts.

Fuente: elaboración propia.

### **4.3. Líneas Aéreas:**

En el ARTICULO 94°, CAPITULO VI del documento NSEG 5. E.n. 71. Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes, señala las generalidades y disposiciones a cumplir con el diseño de estructuras de transmisión de energía, donde esta las clasifica por tres tipos de categorías Tabla 4.2.

*Tabla 4.2 Categorías de líneas aéreas.*

Categoría	Aplicación
Categoría A	Líneas de baja tensión menores a 1.000 Volts.
Categoría B	Líneas aéreas de alta tensión menores a 25.000 Volts.
Categoría C	Líneas aéreas de alta tensión mayores a 25.000 Volts.

Fuente: elaboración propia.

Para los efectos de esta memoria, la estructura a analizar será clasificada como suspensión, la cual cumple la función de soportar conductores y resistir esfuerzos moderados.

#### 4.4. Conductores y aislación

La normativa vigente NSEG 5. E.n. 71. Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes exige en diferentes artículos ciertas propiedades que deben cumplir los diferentes tipos de conectores a utilizar.

**“ARTICULO 97°:** *Los conductores serán de un material o una combinación de materiales que no sufre corrosión excesiva a las condiciones ambientales.”*

**“ARTICULO 98°:** *Las líneas aéreas se ejecutarán, como una general, con alambres o cables desnudos. En caso de usar conductores cubiertos de una capa aislante, este deberá ser resistente a las acciones atmosféricas.”*

**“ARTICULO 99°:** *La Superintendencia podrá exigir a las empresas la presentación de certificación de ensayo o emitidos por laboratorios competentes que justifiquen el valor adoptado como resistencia de ruptura de los conductores”.*

Los conductores para el diseño de esta memoria se encuentran definidos en las siguientes tablas:

*Tabla 4.3 Características del conductor*

Características	Valor
1. Calibre [mm <sup>2</sup> ]	400
2. Diámetro del conductor [mm]	23,4
3. Espesor aislación nominal [mm]	20
4. Sección pantalla de alambres de cobre [mm <sup>2</sup> ]	150
5. Espesor cubierta [mm]	3,5
6. Diámetro total aproximado [mm]	84,7
7. Peso Total aprox [kg/km]	9.192
8. Resistencia max. A 20°C CC [ $\Omega$ /km]	0,047
9. Capacidad [ $\mu$ F/km]	0,14
10. Capacidad de corriente a 30°C	-
10.1. Aterrizado en ambos extremos [A]	471
10.2. Pantallas cruzadas [A]	705

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5. Distancia mínima al suelo

El artículo 107.1° del CAPITULO VI LÍNEAS ÁREAS, parte B CONDUCTORES Y AISLACIÓN nos muestra a través de TABLA N°5.-ALTURAS DE LOS CONDUCTORES SOBRE EL SUELO señala las distancias mínimas requeridas para el cumplimiento de distancia vertical en metros a utilizar.

*Tabla 4.4 Altura de los conductores sobre el suelo*

Lugar	Distancia medida verticalmente en metros				
	Categoría A		Categoría B		Categoría C
	fases	neutro	fases	neutro	Fases
Regiones poco transitables (montañas, praderas, cursos de agua no navegables).	5	4,6	5,5	4,6	5 + 0,006 por kv
Regiones transitables (localidades, caminos principales, calles y plazas públicas).	5	5	6	5,5	6,5 + 0,006 por kv
En cruces de caminos y calles	5,5	5,5	6	5,5	6,5 + 0,006 por kv

Fuente: TABLA N°5, NSEG 5. E.n. 71.

#### 4.6. Verificación de solicitudes mecánicas de conductores y soportes de líneas aéreas

Las verificaciones se considerarán según la región en la que se encuentre la estructura.

**ZONA I:** Comprenderá en general las regiones ubicadas a una altura en metros sobre el nivel del mar superior a la dada por la siguiente tabla:

*Tabla 4.5 Altitud según zona*

Paralelos	Altitud [msnm]
Puerto Montt y Los Ángeles	600
Los Ángeles y San Felipe	1.000
San Felipe y Copiapó	1.500
Al Norte de Copiapó	2.000

Fuente: Tabla ZONA I, NSEG 5. E.n. 71.

**ZONA II:** Se comprenderá en general una faja costera de hasta 20 km. De ancho entre los paralelos de Tongoy y Puerto Montt.

**ZONA III:** El resto del país al norte del paralelo de Puerto Montt.

**ZONA IV:** El resto del país al sur del paralelo de Puerto Montt.

Además, se debe cumplir con las hipótesis más desfavorables de sobrecargas y temperaturas simultáneas que se considere por zona, donde se representa en la siguiente Tabla 4.6.

*Tabla 4.6 Hipótesis de sobrecargas y temperaturas*

Zona	Presión del Viento (kg/m <sup>2</sup> )	Espesor radial de la capa de hielo (mm)	Temperatura °C
Zona I	20	10	-10
Zona II	50	-	0
Zona III	40	-	-5
Zona IV	-	No se especifica	-

Fuente: Tabla Disposiciones de sobrecargas y temperatura, NSEG 5. E.n. 71.

## CAPÍTULO 5

## FUNDACIONES

### 5. Introducción

A continuación, se muestra a través de este capítulo las disposiciones para fundaciones presentes en las normativas en estudio.

#### 5.1. Bases de diseño de fundaciones de estructuras autosoportantes

Para el diseño se utilizaron las normativas mencionadas en la tabla 2.1, la cual cumple con las disposiciones generales de parámetros de diseño reglamentario vigente.

#### 5.2. Reconocimiento de tipo de suelo según TRANSELEC

A continuación, se muestra la tabla 6.1 de clasificación del tipo de suelo según TRANSELEC.

*Tabla 5.1 Clasificación tipo de suelo según TRANSELEC.*

Tipo de suelo	Anteproyecto de Norma NCh 2369
Suelo tipo 1	Roca sana moderadamente agrietada.
Suelo tipo 2	Roca sana agrietada, roca parcialmente descompuesta firme, gravas o arenas densas cementadas. Nivel estático máximo de la napa de agua bajo nivel inferior de la fundación.
Suelo tipo 3	Roca completamente descompuesta de consistencia firme, gravas gruesas arcillosas o limosas firmes. Nivel estático

---

	máximo de la napa de agua bajo nivel inferior de la fundación.
Suelo tipo 4	Gravas limpias sueltas, arenas, gravas finas y arena arcillosas o limosas, limo o arcillas de consistencia media o firme. Nivel estático máximo de la napa de agua bajo el sello de la fundación.
Suelo tipo 5	Suelo tipo 2 con nivel estático máximo de la napa de agua a cota de sello de fundación o sobre ella.
Suelo tipo 6	Suelo tipo 3 o 4 con nivel estático máximo de la napa de agua a cota de sello de fundación o sobre ella.
Suelo tipo 7	Arenas arcillosas o limosas, limos o arcillas de consistencia media a blanda, nivel estático máximo de la napa de agua a cota de sello de la fundación o sobre ella.

---

Fuente: ETG-A.0.10.

La NCh 2369 of. 2003 y Anteproyecto de norma cuentan con su propia clasificación de suelo, la cual consta de cuatro diferentes tipos de suelos y están indicadas en la tabla 5.3 de las normativas señaladas.

Para esta memoria solo se tomará en consideración el tipo de suelo ya señalado en la tabla 1.1 de la presente memoria.

### **5.3. Parámetros geomecánicos**

Se representará el peor de los casos que posea el tipo de suelo para la utilización del diseño según ETG-A.0.10.

- Angulo de fricción interna del suelo.
- Cohesión.
- Peso unitario natural, efectivo y saturado.
- Angulo del cono de arrancamiento.
- Módulo de reacción o coeficiente de balasto vertical y horizontal.
- Tensión admisible horizontal y vertical.
- Cualquier otro parámetro de interés para el diseño de fundaciones.

Se adjunta en ANEXOS tabla de parámetros de clasificación de suelos.

### **5.4. Metodología de cálculo de fundaciones**

#### **5.4.1. Método 1**

El cálculo se hará suponiendo que al suelo comprometido en la falla es un tronco de cono o pirámide, que forma con la vertical un ángulo beta y que alcanza una altura que se medirá a partir de la superficie superior de la losa de fundación o de la superficie inferior del ensanche de esta.

### 5.4.2. Método 2

El cálculo se hará suponiendo que la falla se produce de acuerdo con el esquema fijado por G.G. Meyerhof y J.I. Adams, procedimiento que se utilizará también para calcular la resistencia última del suelo de fundación, adoptando criterios conservadores en el caso de los suelos cohesivos, además se adjunta la figura 5.1 la cual muestra las direcciones de las fuerzas que llegan a la fundación y sus respectivos momentos.

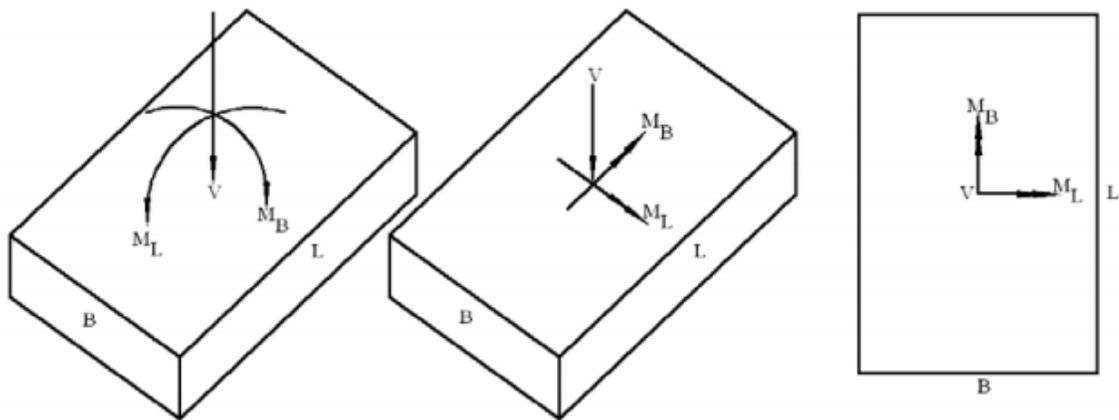


Figura 5.1 Zapata con carga vertical y momentos en dos direcciones  $M_B$  y  $M_L$ . (Fuente: INGENIERIA GEOTECNICA-GICO IPC).

## **CAPITULO 6      CONSIDERACIONES Y BASES DE CALCULO**

### **6. Introducción**

En este capítulo abordará los diferentes casos a analizar para la estructura mencionada y sus casos correspondientes de combinaciones a aplicados.

#### **6.1. Casos de cargas**

##### **6.1.1. Determinación de cargas**

El diseño realizado, a modo que la normativa vigente debe ser verificada estructuralmente para que no sobrepase las combinaciones más desfavorables, donde mantener la seguridad contra cualquier eventualidad posible es el principal foco de atención.

##### **6.1.2. Comentarios previos a los casos**

Para los diferentes casos de cargas a analizar se deberá tomar las siguientes consideraciones: (casos que se detallan a continuación 1-5).

- i) La torre será diseñada, considerando todos los casos de carga indicados.
- ii) Las cargas longitudinales deberán ser aplicadas en dirección perpendicular al eje central de la cruceta.
- iii) Las torres serán diseñadas para llevar un cable de fuerza y un circuito.
- iv) Las cargas transversales deberán ser aplicadas en dirección paralela al eje central de la cruceta.
- v) Todas las cargas longitudinales y transversales serán aplicadas como se presentan o en dirección opuesta.
- vi) Todas las cargas son últimas e incluyen los factores de seguridad (O.L.F).
- vii)  $VT = (\text{Peso muerto de la torre} + 150\text{kg}) \times OLF$ , siendo  $OLF = 1,4$ .

## **6.2. Casos para analizar**

La verificación estructural ante la aplicación de cinco casos de carga que pueden presentarse serán verificados con el cumplimiento de la norma AISC 260-16.

### 6.2.1. Caso 1-A

El caso 1-A será aplicada una presión de viento de  $90 \text{ kg/m}^2$  la cual deberá ser multiplicada por el ancho de los elementos estructurales que debe ser aplicada como carga distribuida y se adiciona las cargas correspondientes verticales y transversales como se muestra en la imagen 7.1.

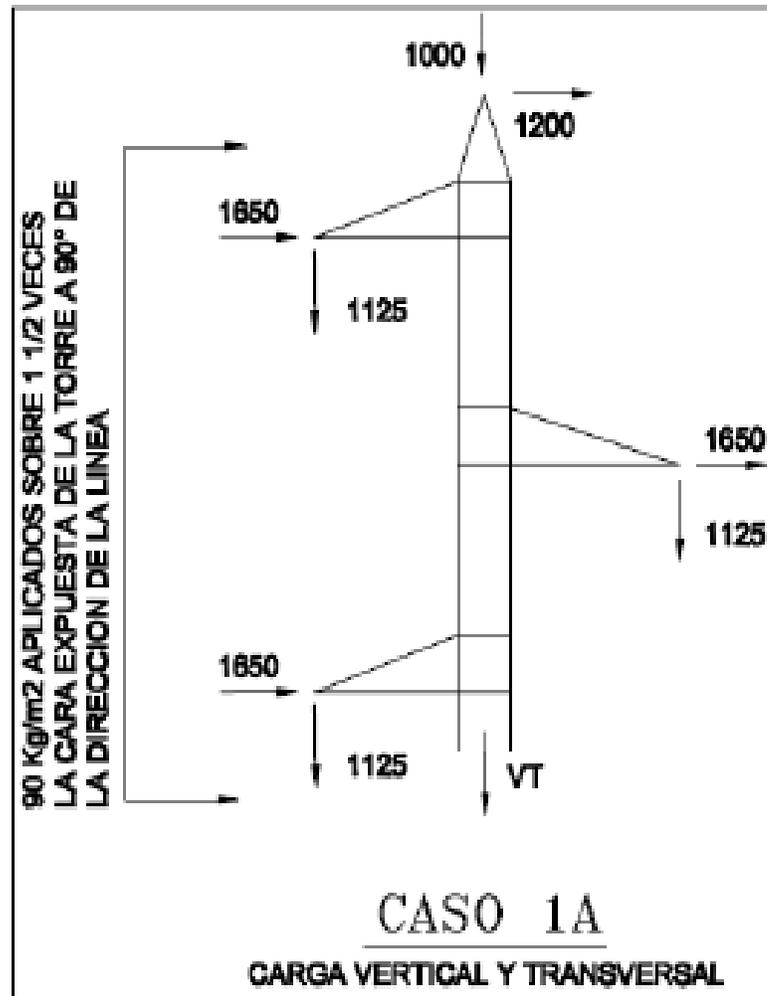


Figura 6.1 Caso 1-A Carga vertical y transversal. (Fuente: DWG b7060205).

### 6.2.2. Caso 2-A

El caso 2-A se aplicarán las cargas verticales con el fin de aumentar las distancias eléctricas en caso de que el montaje de la línea fuera insuficiente y se adicionara una presión de viento de 45 kg/m<sup>2</sup>.

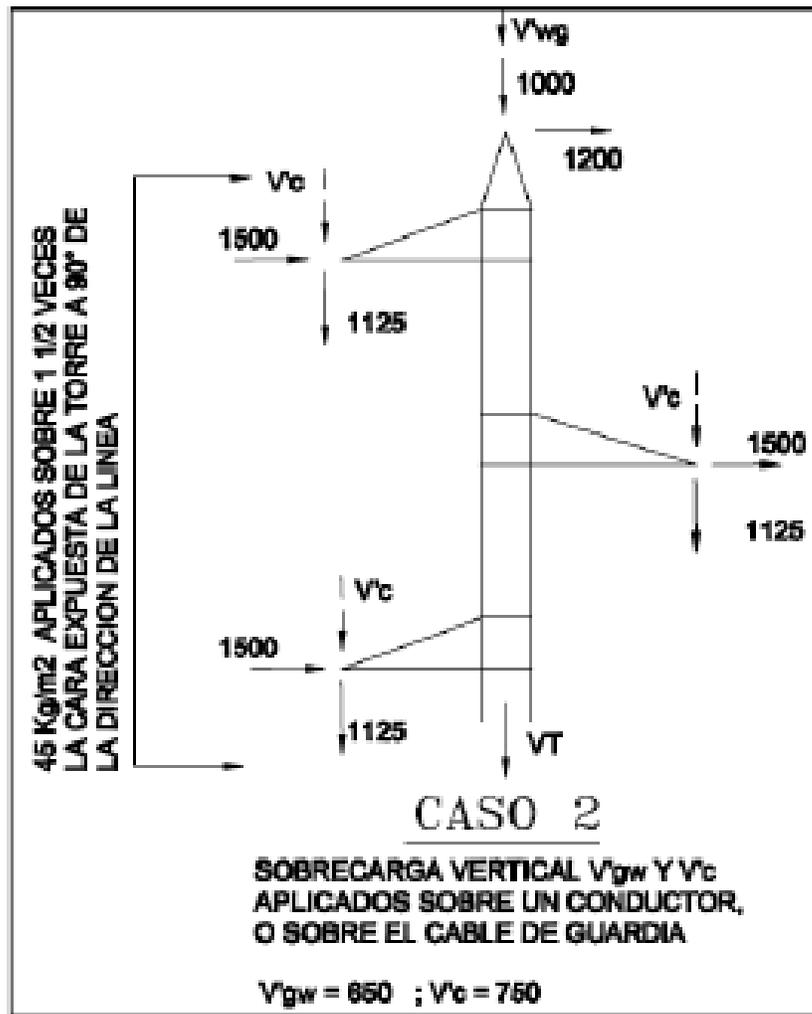


Figura 6.2 Caso 2-A Sobrecarga vertical y aplicados sobre conductor. (Fuente: DWG b7060205).

### 6.2.3. Caso 3-A

El caso 3-A se considera excepcional, ya que se evalúa la rotura de cable de guarda ubicado en la cúpula de la torre de suspensión, para este caso se considerará a pedido del mandante reducir un 25% la carga de viento máximo, por lo que nos entrega un valor de  $22,5 \text{ kg/m}^2$ .

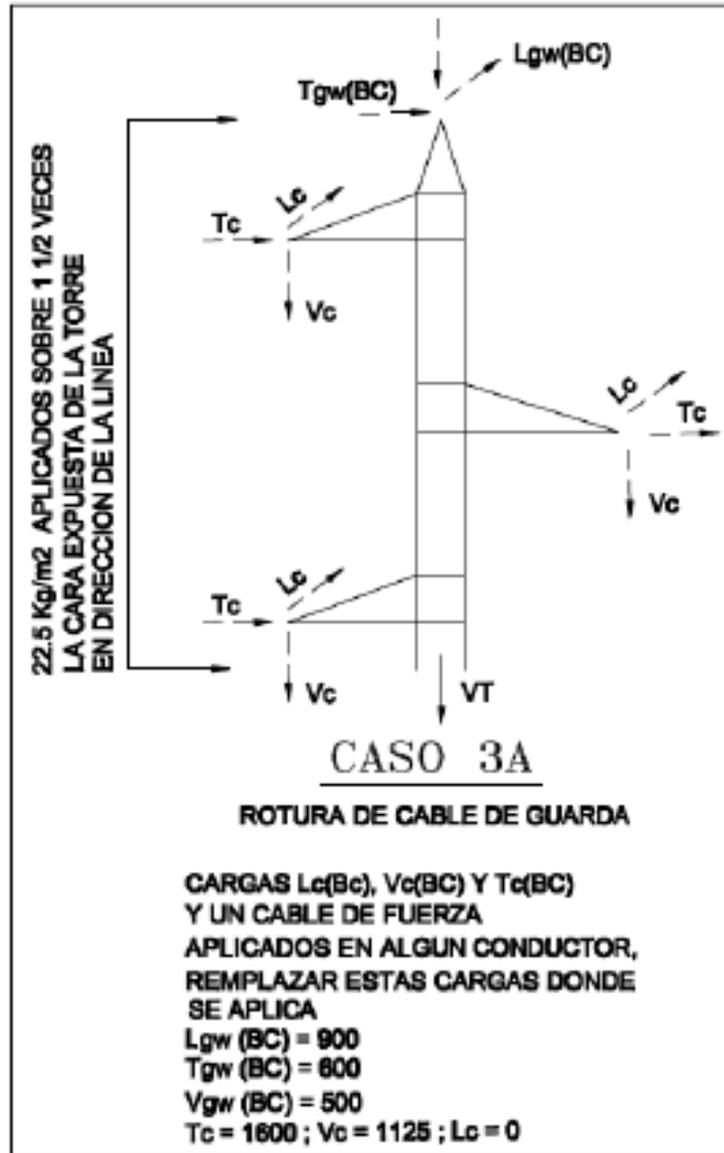


Figura 6.3 Caso 3-A Rotura de cable de guarda. (Fuente: DWG b7060205).

### 6.2.4. Caso 3-B

El caso 3-B se considera que las fuerzas aplicadas sobre la torre produzcan una rotura del cable conductor en la zona intermedia de la estructura, por lo que generaría un posible volcamiento y un momento torsor hacia el cuerpo central de la torre.

Además, la carga de viento será reducida un 25% de la carga máxima de viento  $22,5 \text{ kg/m}^2$ .

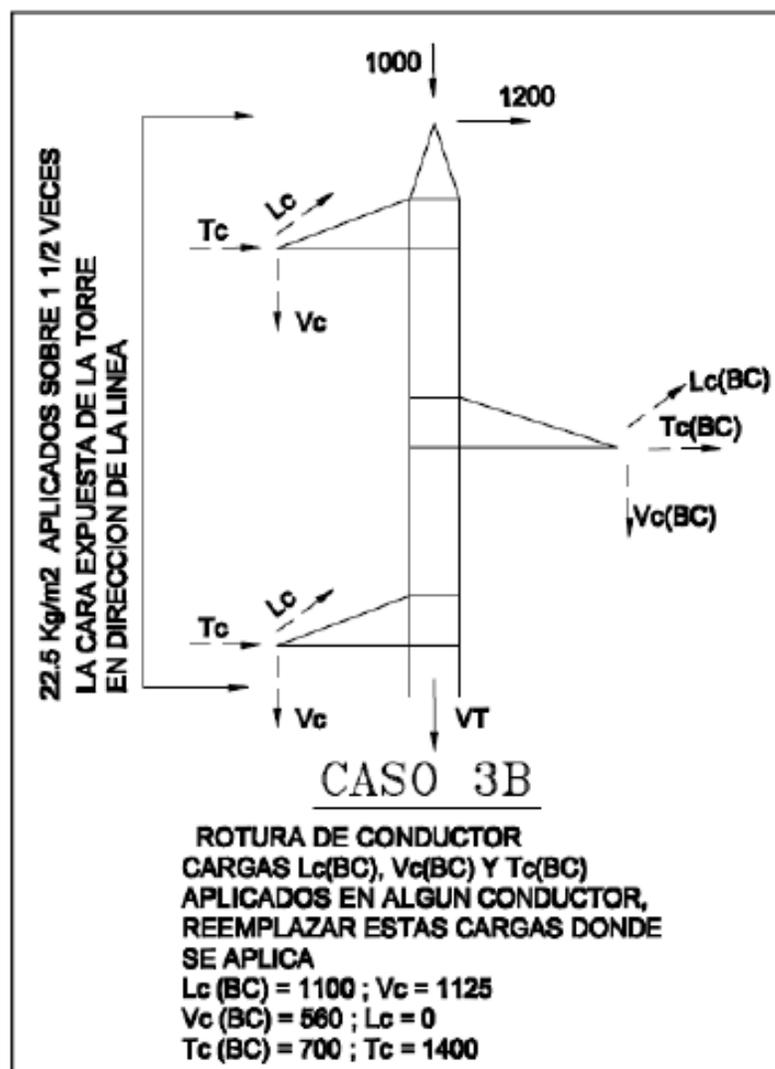


Figura 6.4 Caso 3-B Rotura de conductor. (Fuente: DWG b7060205).

### 6.2.5. Caso 4-A

El caso 4-A se considera excepcional, ya que se evalúa la rotura de cable de guarda ubicado en la cúpula de la torre de suspensión, para este caso se considerará a pedido del mandante reducir un 25% la carga de viento máximo, por lo que nos entrega un valor de 22,5 kg/m<sup>2</sup>.

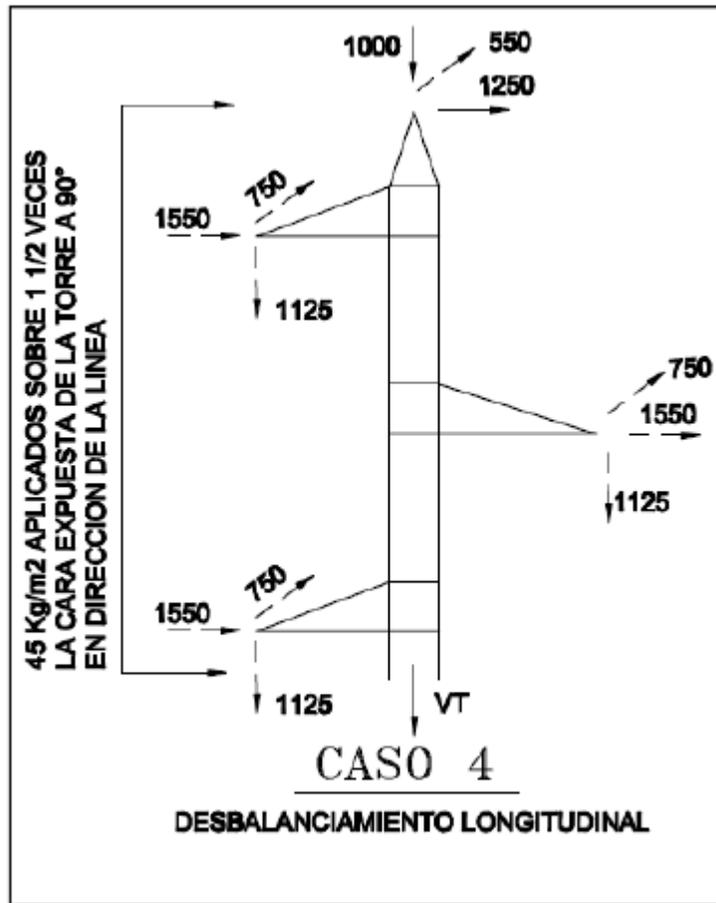


Figura 6.5 Caso 4-A Desbalanceamiento longitudinal. (Fuente: DWG b7060205).

### 6.2.6. Combinaciones de carga

Las combinaciones para utilizar serán especiales, ya que se necesita realizar un análisis conservativo que cuente con un análisis sísmico simultáneamente a la acción del viento, además de los casos anteriormente mencionados, que respalde que las estructuras aéreas predominan las cargas efectivas del viento sobre el área de sus perfiles, donde el Anteproyecto de norma NCh2369 nos permite realizar esta solicitud para ubicaciones especiales.

*Tabla 6.1 Combinaciones de cargas especiales*

Descripción	Combinación
Combinación 1X Caso 1-A	Caso 1-A+Vx+DEAD+Ux
Combinación 1Y Caso 1-A	Caso 1-A+Vx+DEAD+Uy
Combinación 2X Caso 2-A	Caso 2-A+Vx+DEAD+Ux
Combinación 2Y Caso 2-A	Caso 2-A+Vx+DEAD+Uy
Combinación 3X Caso 3-A	Caso 3-A+Vy+DEAD+Ux
Combinación 3Y Caso 3-A	Caso 3-A+Vy+DEAD+Uy
Combinación 3X Caso 3-B	Caso 3-B+Vy+DEAD+Ux
Combinación 3Y Caso 3-B	Caso 3-B+Vy+DEAD+Uy
Combinación 4X Caso 4-A	Caso 4-A+Vy+DEAD+Ux
Combinación 4Y Caso 4-A	Caso 4-A+Vy+DEAD+Uy

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- Caso 1-A: caso definido en el punto 6.2.1.
- Caso 2-A: caso definido en el punto 6.2.2.
- Caso 3-A: caso definido en el punto 6.2.3.
- Caso 3-B: caso definido en el punto 6.2.4.
- Caso 4-A: caso definido en el punto 6.2.5.
- $V_x$ : Carga de viento en dirección al eje X.
- $V_y$ : Carga de viento en dirección al eje Y.
- DEAD: Peso propio de la estructura.
- $U_x$ : Fuerza sísmica en dirección al eje X.
- $U_y$ : Fuerza sísmica en dirección al eje Y.

## **CAPITULO 7 RESULTADOS DE ANÁLISIS**

### **7. Introducción**

A continuación, se muestran las consideraciones para el diseño mediante el *software* CSI SAP2000 V20.

#### **7.1. Selección Software CSI SAP2000 V20**

Debido a que el *software* CSI SAP2000 V20 cuenta con un completo análisis estructural y permite utilizar el código AIC 360-16 vigente, se diseña la estructura de acero sin la necesidad de realizar cálculos iterativos.

Es importante en el proceso de diseño verificar y comprobar que los valores obtenidos en el análisis a través del *software* CSI SAP2000 V20 cumplan con los requerimientos necesarios para una correcta modelación, en caso de existir duda con los resultados entregados por el *software*, es recomendable verificarlos mediante calculo manual, con el fin de detectar y corregir las fallas antes de obtener resultados que podrían ser erróneos.

#### **7.2. Propiedades del acero**

Es necesario contar con un tipo de acero el cual sea de uso estructural con alta resistencia y de baja aleación, por lo que se escoge un tipo de acero que cumpla con calidad ASTM A572.

General Data	
Material Name and Display Color	A572Gr50
Material Type	Steel
Material Grade	Grade 50
Material Notes	Modify/Show Notes...

Weight and Mass		Units
Weight per Unit Volume	7849,0476	Kgf, m, C
Mass per Unit Volume	800,3801	

Isotropic Property Data	
Modulus Of Elasticity, E	2,039E+10
Poisson, U	0,3
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1,170E-05
Shear Modulus, G	7,842E+09

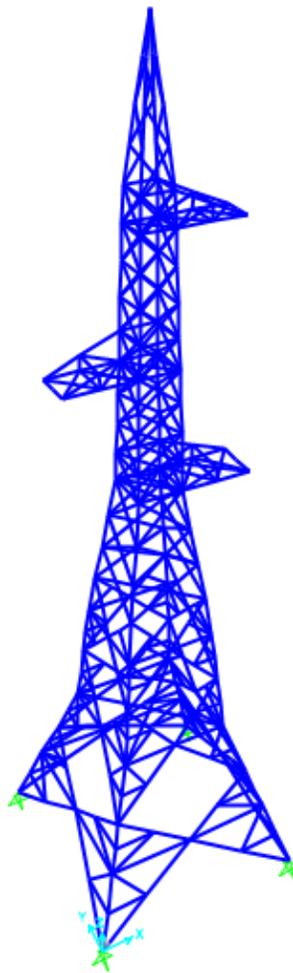
  

Other Properties For Steel Materials	
Minimum Yield Stress, Fy	35153481,
Minimum Tensile Stress, Fu	45699526,
Expected Yield Stress, Fye	38668829,
Expected Tensile Stress, Fue	50269478,

Figura 7.1 Propiedades A572Gr50. (Figura: CSI SAP 2000 V20).

### 7.3. Diseño de torre en CSI SAP 2000 V20

A pesar de ser una estructura con diferentes tipos de alineamientos, CSI SAP 2000 V20 tiene la capacidad de realizar cambios como lo desee el diseñador estructural, donde se podrá establecer las diferentes condiciones y se generaron los resultados necesarios de la forma más rápida, por lo que la toma de decisiones forma parte de un ahorro de tiempo posible.



*Figura 7.2 Geometría torre alta tensión. (Fuente: CSI SAP 2000 V20)*

#### 7.4. Aplicación de normativa

El *software* CSI SAP2000 V20 permite seleccionar el código necesario por el cual se deseó diseñar, en este caso se utilizó la normativa AISC360-16 donde facilito el diseño por factores de carga y resistencia (LRFD).

	Item	Value
1	Design Code	AISC 360-16
2	Multi-Response Case Design	Envelopes
3	Framing Type	OCBF
4	Seismic Design Category	D
5	Importance Factor	1,
6	Design System Rho	1,
7	Design System Sds	0,5
8	Design System R	8,
9	Design System Omega0	3,
10	Design System Cd	5,5
11	Design Provision	LRFD
12	Analysis Method	Direct Analysis
13	Second Order Method	General 2nd Order
14	Stiffness Reduction Method	Tau-b Fixed
15	Phi(Bending)	0,9
16	Phi(Compression)	0,9
17	Phi(Tension-Yielding)	0,9
18	Phi(Tension-Fracture)	0,75
19	Phi(Shear)	0,9
20	Phi(Shear-Short Webed Rolled I)	1,
21	Phi(Torsion)	0,9
22	Ignore Seismic Code?	Yes
23	Ignore Special Seismic Load?	Yes

Figura 7.3 Ítems normativa Software CSI SAP2000 v20. (Fuente: CSI SAP 2000 V20).

## 7.5. ANÁLISIS DE CARGAS

### 7.5.1. Peso propio torre de alta tensión

La estructura analizada tiene un peso propio de 11.220,97 kg, tal que solo se consideró el peso de cada uno de los elementos como los perfiles, donde es amplificado por un factor de seguridad de 1,4.

Para la determinación del peso total de la estructura, como fue mencionado anteriormente, no incluye el peso de los elementos no estructurales.

*Tabla 7.1 Parámetros de diseño*

<b>Tipo de objeto</b>	<b>Material</b>	<b>Peso total Kg</b>	<b>Número de piezas</b>
Frame	A572Gr50	11220,97	632

Fuente: Elaboración Propia.

### 7.5.2. Carga de viento VX actuando en la estructura

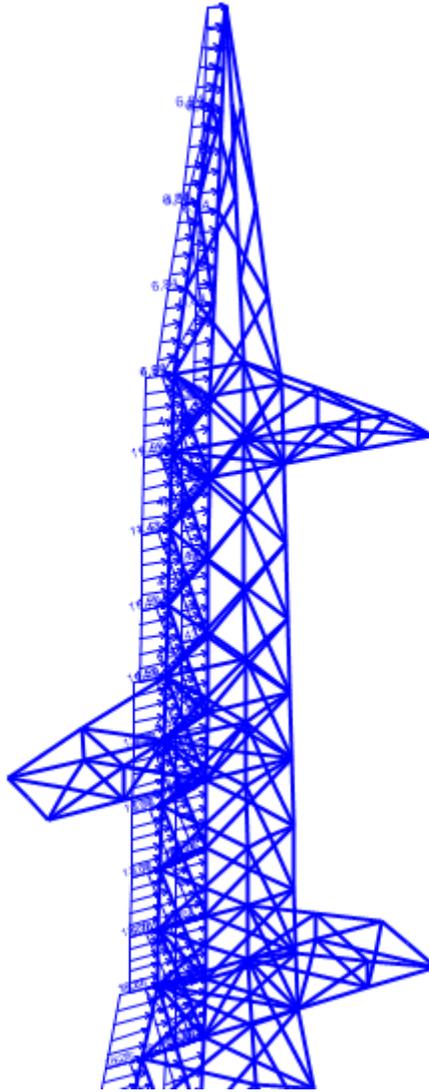


Figura 7.4 Carga de viento VX. (Fuente: CSI SAP 2000 V20).

### 7.5.3. Carga de viento VY actuando en la estructura.

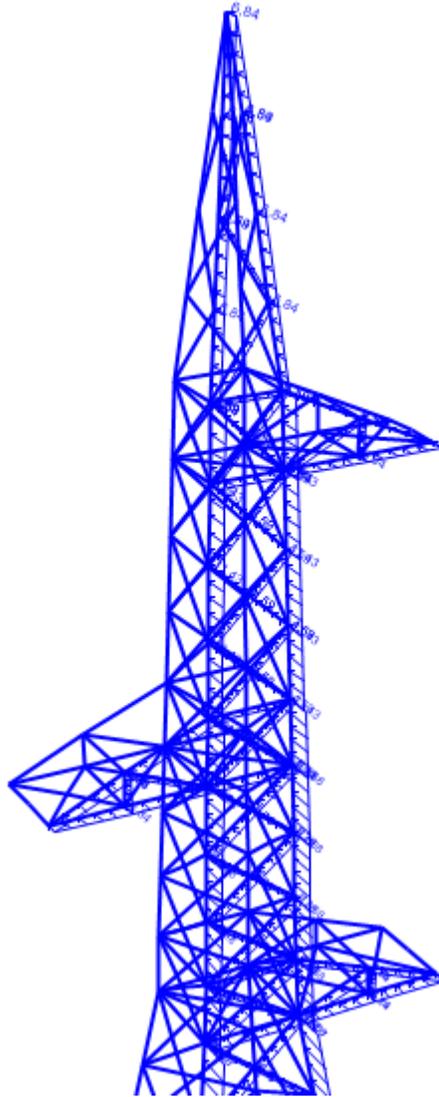


Figura 7.5 Carga de viento VY. (Fuente: CSI SAP 2000 V20).

## 7.6. Cargas asignadas

En la tabla 8.7 se muestran los casos de carga para cada miembro de la estructura.

*Tabla 7.2 Casos de carga en miembros*

Elemento	Tipo de caso	F1 (kg)	F2 (kg)	F3 (kg)
99	CASO 3-A	600	900	-500
99	CASO 3-B	1200	0	-1000
99	CASO 4-A	1250	550	-1000
246	CASO 1-A	1650	0	-1125
246	CASO 2-A	1500	0	-1875
246	CASO 3-A	1600	0	-1125
246	CASO 3-B	700	1100	-560
246	CASO 4-A	1550	750	-1125
247	CASO 1-A	1650	0	-1125
247	CASO 2-A	1500	0	-1875
247	CASO 3-A	1600	0	-1125
247	CASO 3-B	1400	0	-1125
247	CASO 4-A	1550	750	-1125
248	CASO 1-A	1650	0	-1125
248	CASO 2-A	1500	0	-1875
248	CASO 3-A	1600	0	-1125
248	CASO 3-B	1400	0	-1125
248	CASO 4-A	1550	750	-1125

Fuente: CSI SAP 2000 V20.

7.6.1. Caso 1-A en CSI SAP 2000 V20

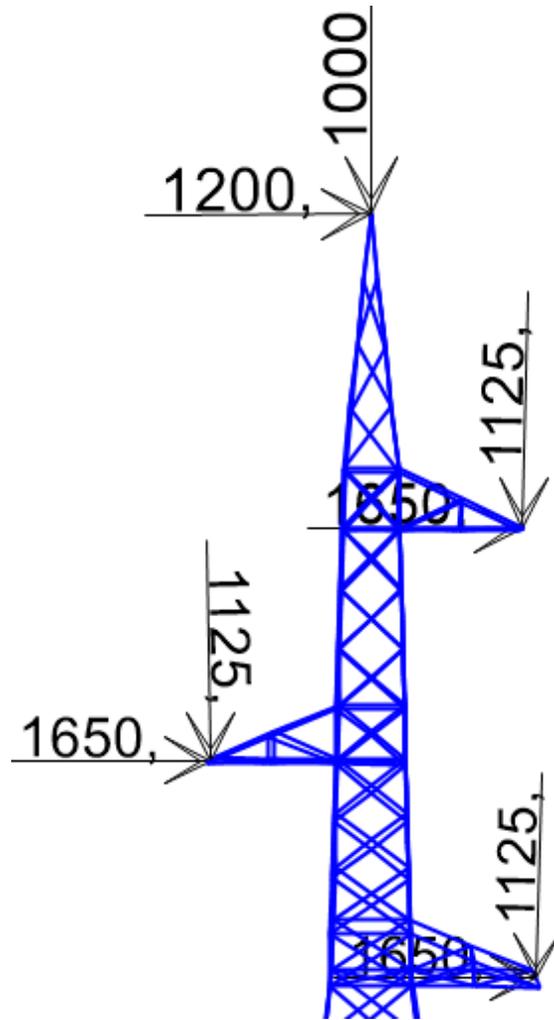


Figura 7.6 Carga vertical y transversal. (Fuente: CSI SAP 2000 V20)

7.6.2. Caso 2-A CSI SAP 2000 V20

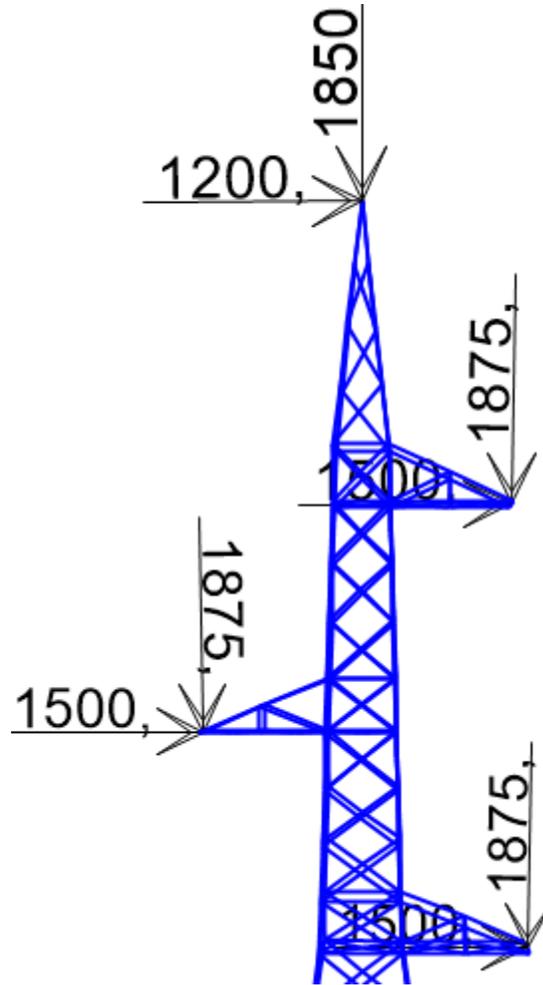


Figura 7.7 Sobre carga vertical. (Fuente: CSI SAP 2000 V20).

7.6.3. Caso 3-A CSI SAP 2000 V20

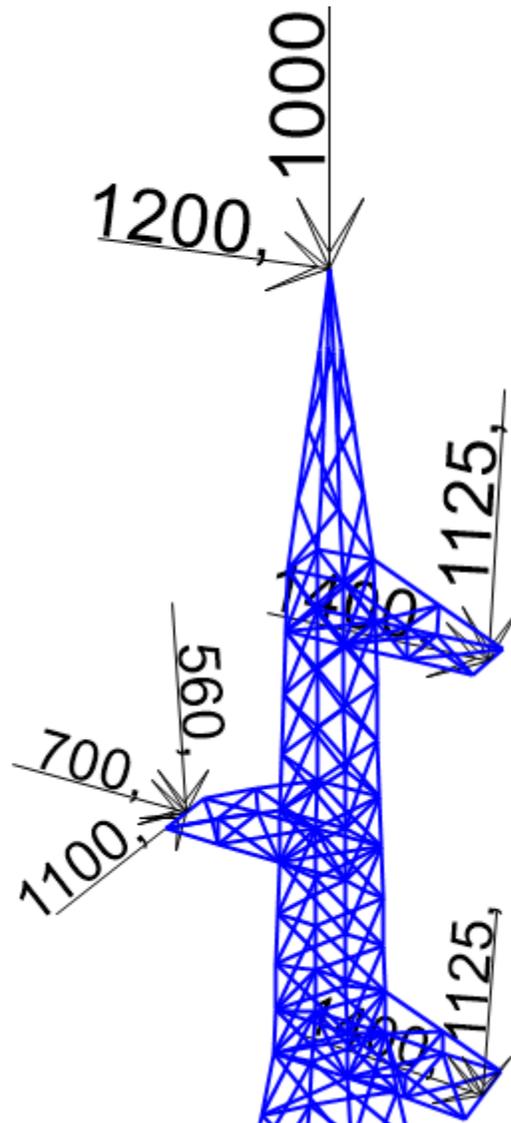


Figura 7.8 Rotura del cable de guardia. (Fuente: CSI SAP 2000 V20).

7.6.4. Caso 3-B CSI SAP 2000 V20

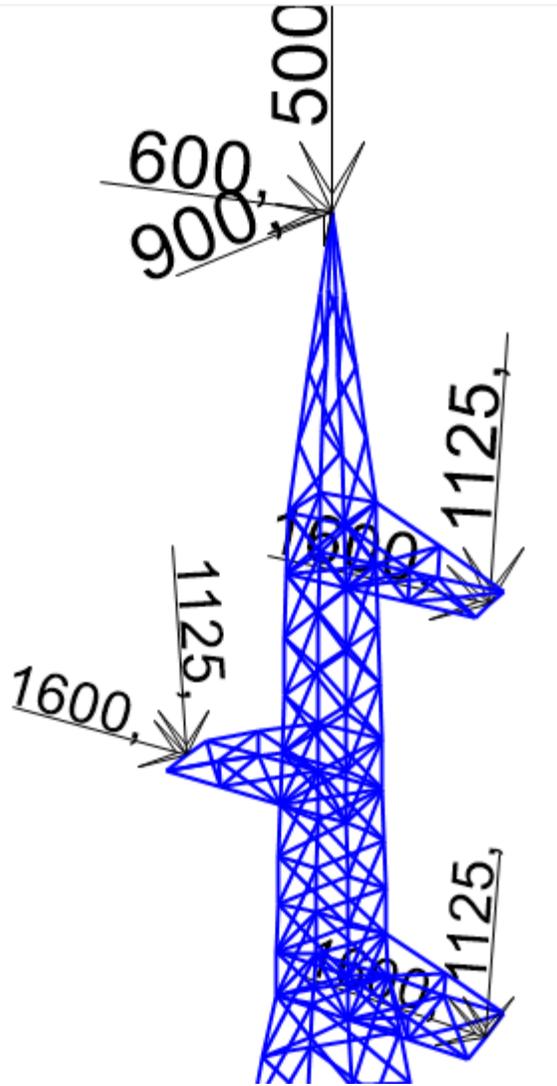


Figura 7.9 Rotura del conductor. (Fuente: CSI SAP 2000 V20).

7.6.5. Caso 4-A CSI SAP 2000 V20

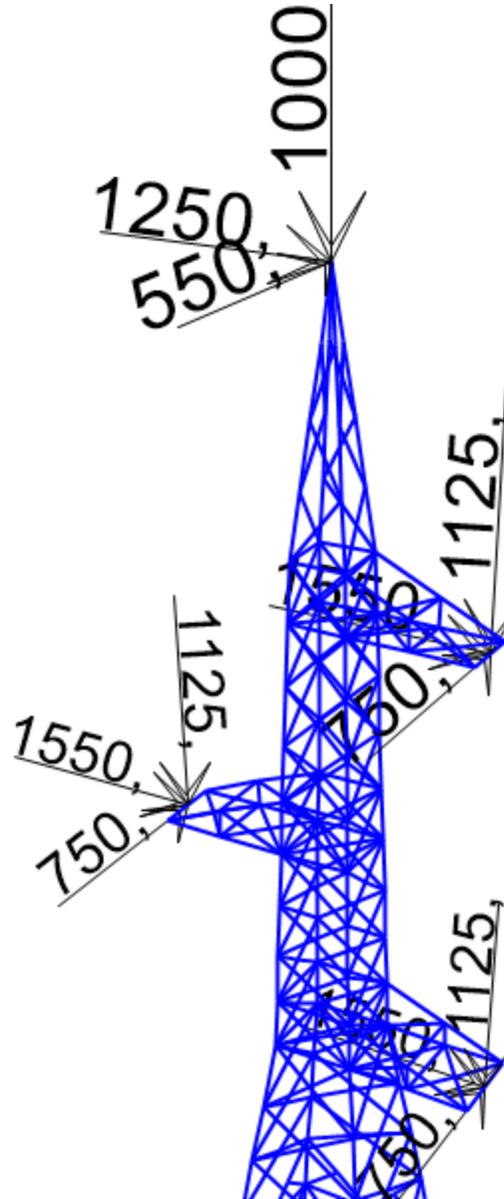


Figura 7.10 Desbalanceamiento longitudinal. (Fuente: CSI SAP 2000 V20).

### 7.7. Resultados del diseño miembros de acero

Algunos de los perfiles de la tabla 3.3 de las secciones de torre de alta tensión no cumplen con las solicitaciones indicadas, por lo que estos fueron optimizados por perfiles que cumplan los requerimientos y las secciones con peso total 0 en la Tabla 7.3 Secciones optimizadas fueron eliminadas del diseño.

A modo de ejemplificación, se muestran los 15 elementos de acero más solicitados de la estructura, para seleccionar estos perfiles se tomó como criterio que los elementos de la torre de alta tensión pueden trabajar como máximo al 90% de su capacidad, por lo que esto nos da un margen de diseño conservador en caso de eventos especiales.

*Tabla 7.3 Secciones optimizadas*

Sección	Material	t3 (m)	t2 (m)	tf (m)	tw (m)	Peso Total (kg)
L102x102x7,9	A572Gr50	0,102	0,102	0,00794	0,00794	2866,24
L127x127x7,9	A572Gr50	0,127	0,127	0,00794	0,00794	654,54
L127x76x7,9	A572Gr50	0,127	0,0762	0,00794	0,00794	0
L152x152x12,7	A572Gr50	0,152	0,152	0,0127	0,0127	1101,91
L203X203X12,7	A572Gr50	0,203	0,203	0,0127	0,0127	3885,92
L51x51x3,2	A572Gr50	0,0508	0,0508	0,00318	0,00318	95,29
L51x51x4,8	A572Gr50	0,0508	0,0508	0,00476	0,00476	583,8
L64x64X4,8	A572Gr50	0,0635	0,0635	0,00476	0,00476	588,72
L64X64X7,9	A572Gr50	0,0635	0,0635	0,00794	0,00794	0
L76X76X6,4	A572Gr50	0,0762	0,0762	0,00635	0,00635	1444,56

Fuente: Elaboración propia.

*Tabla 7.4 Miembros de acero más solicitados*

<b>Elemento</b>	<b>Perfil</b>	<b>Diseño</b>	<b>Estado</b>	<b>Ratio</b>	<b>Combinación</b>
			No		
630	L102X102X7.9	Beam	Messages	0,905	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
631	L102X102X7.9	Beam	Messages	0,905	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
103	L76X76X6.4	Brace	Messages	0,897	Combinación 4Y Caso 4-A
			No		
98	L76X76X6.4	Brace	Messages	0,892	Combinación 4X Caso 4-A
			No		
386	L64X64X4.8	Brace	Messages	0,856	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
381	L64X64X4.8	Brace	Messages	0,855	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
628	L127X127X7.9	Beam	Messages	0,852	Combinacion 2X Caso 2-A
			No		
629	L127X127X7.9	Beam	Messages	0,852	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
423	L64X64X4.8	Brace	Messages	0,837	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
443	L64X64X4.8	Brace	Messages	0,832	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
626	L127X127X7.9	Beam	Messages	0,798	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
627	L127X127X7.9	Beam	Messages	0,798	Combinación 2X Caso 2-A
			No		
573	L76X76X6.4	Beam	Messages	0,788	Combinación 2Y Caso 2-A
			No		
436	L51X51X4.8	Brace	Messages	0,769	Combinación 4X Caso 4-A
			No		
461	L51X51X4.8	Brace	Messages	0,763	Combinación 4X Caso 4-A

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO 8 RESULTADO DE DISEÑO DE FUNDACIONES

### 8. Introducción

En este capítulo se abordarán los resultados obtenidos por medio del diseño, para las fundaciones.

#### 8.1. Propuesta de fundaciones.

El diseño sísmico de las fundaciones y estructuras de soporte de equipos eléctricos deberá asegurar que las solicitaciones sísmicas resultantes no excedan los valores utilizados para su calificación sísmica.

El punto 14.14.3.3.3 del Anteproyecto NCh 2369 nos indica que preferentemente del tipo fundaciones aisladas superficiales para torres de alta tensión.

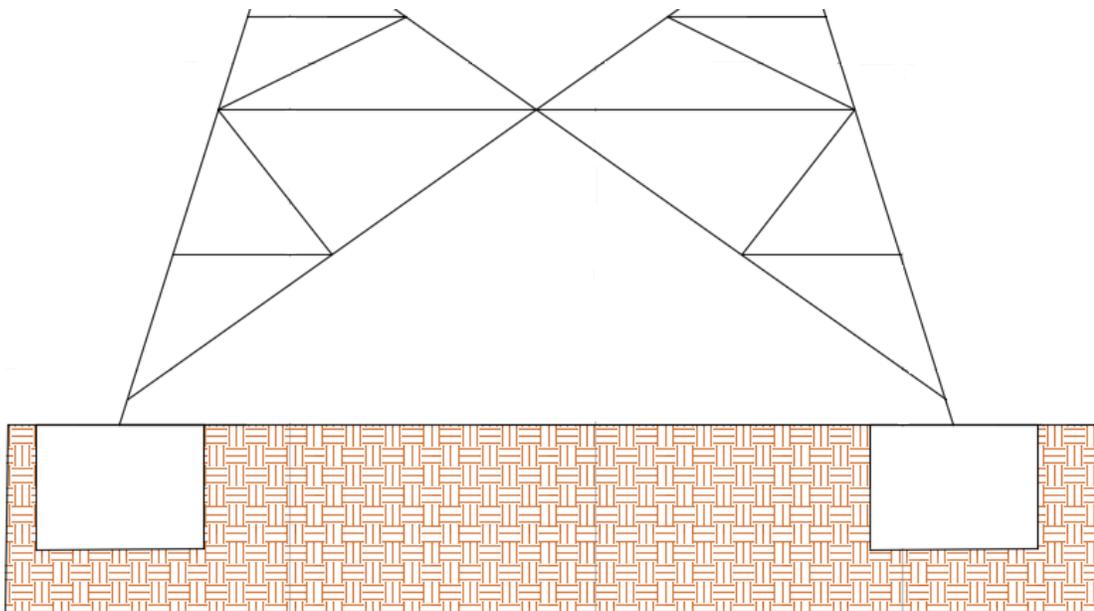


Figura 7.1 Vista lateral fundaciones. (Fuente: Elaboración propia).

## 8.2. Fundación tipo aislada

Las zapatas aisladas son comúnmente utilizadas para cimientos poco profundas con el fin de transportar y extender cargas concentradas, causadas por columnas o pilares. Las zapatas aisladas pueden ser de material reforzado o no reforzado. Sin embargo, para la base no reforzada, la altura de la base debe ser mayor para proporcionar la separación de carga necesaria.

Se utilizó para soportar la estructura, un diseño clásico de fundación cuadrada.



*Figura 7.2 Selección de tipo de fundación aislada. (Fuente: Anteproyecto NCh 2369)*

### 8.3. Puntos de apoyo en nodos

Los puntos de apoyos de la estructura son enumerados por su correspondiente nodo a cada una de las patas que sostiene a la torre de alta tensión junto con sus ejes de coordenadas.

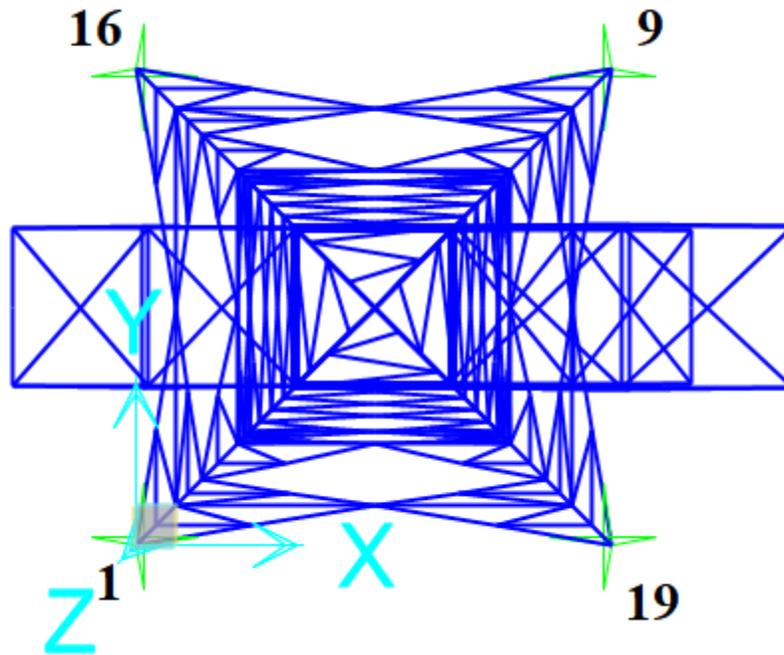


Figura 7.3 Vista de nodos por apoyo. (Fuente: CSI SAP 2000 V20).

#### 8.4. Parámetros de diseño seleccionados

A continuación, se muestran los parámetros seleccionados para el correcto diseño de un tipo de fundación para la torre de alta tensión.

*Tabla 7.1 Parámetros de diseño seleccionados*

Parámetro	Descripción o valor
Tipo de suelo	Suelo tipo 3
Cohesión (C)	0 ton/m <sup>2</sup>
Angulo de fricción ( $\phi$ )	35°
Peso unitario del suelo al arrancamiento ( $\gamma_s$ )	2.0 ton/m <sup>2</sup>
Metodología por utilizar	G.G. Meyerhof y J.I. Adams

---

Fuente: elaboración propia.

### 8.5. Gráfico de excentricidades

Se utilizó la hipótesis de Meyerhof para las cuatro zapatas aisladas, por lo que se empleó el sistema equivalente, el cual determinó a partir del peso de la estructura los momentos, obteniendo las excentricidades debido a las combinaciones del método ASD (diseño por factores de carga y resistencia) propuestas por la normativa NCh 3171 Disposiciones generales y combinaciones de cargas.

A continuación, se muestran las combinaciones del método ASD utilizadas:

- $D$
- $D + L$
- $D + W_X$
- $D + W_Y$
- $D + E_X$
- $D + E_Y$
- $0,6 D + W_X$
- $0,6 D + W_Y$
- $0,6 D + E_X$
- $0,6 D + E_Y$

Donde:

- $D$ : Carga permanente.
- $L$ : Carga de uso.
- $W_X$ : Carga de viento dirección X.
- $W_Y$ : Carga de viento dirección Y.
- $E_X$ : Carga sísmica en dirección X.
- $E_Y$ : Carga sísmica en dirección Y.

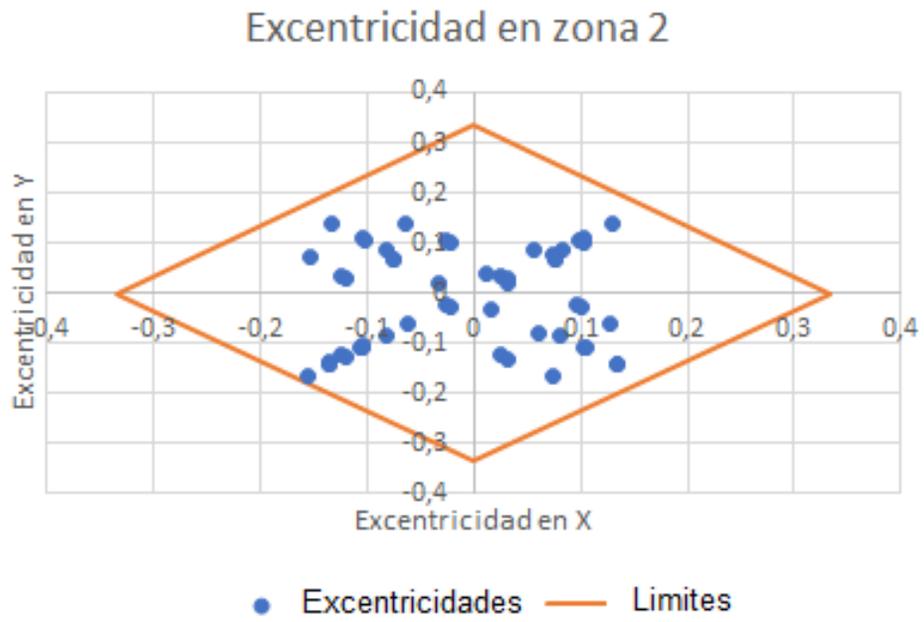


Figura 7.4 Excentricidad en zona 2. (Fuente: Elaboración propia).

### 8.6. Dimensiones de fundaciones aisladas

Las fundaciones fueron dimensionadas solo con solicitaciones que fueron entregadas, por lo que las solicitaciones empleadas no fueron mayoradas por los factores de seguridad en los estados de carga de la torre.

En la figura 6.5 se muestra el tipo de fundación necesaria con las siguientes dimensiones y materialidad:

- Alto = 1,5 m.
- Largo = 2 m.
- Ancho = 2 m.
- Hormigón grado H-25.

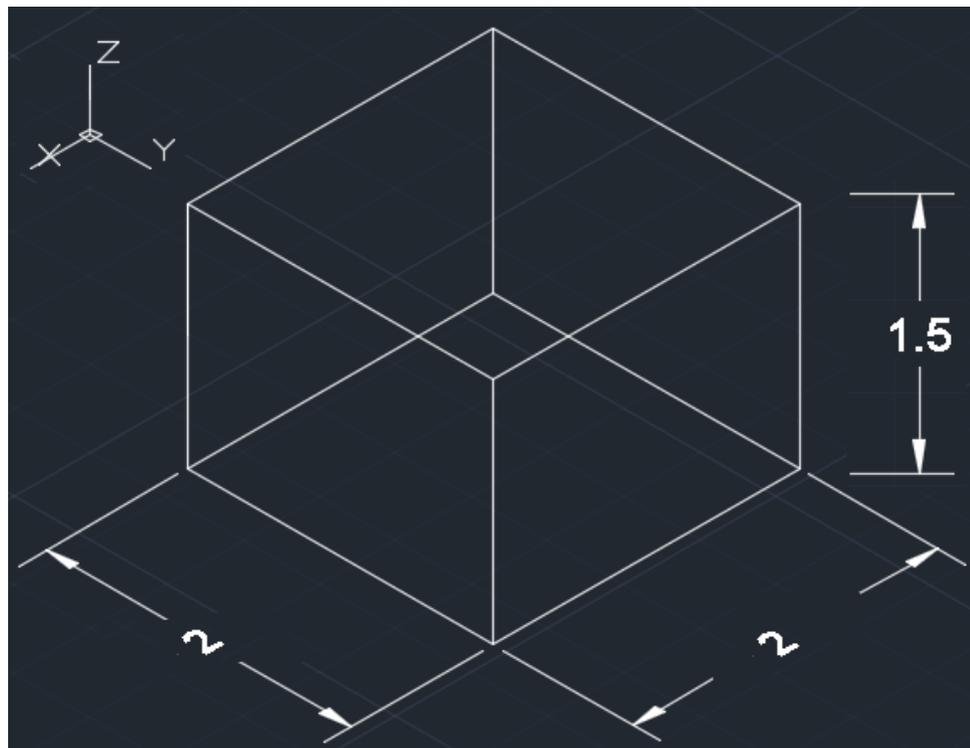


Figura 7.5 Diseño de fundación. (Fuente: Elaboración propia).

## **CAPITULO 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

La nueva normativa incluye capítulos para estructuras como lo son estanques, chimeneas industriales, recipientes de proceso, estructuras marítimo-portuarias de tipo muelle, sistema de generación y transmisión de energía, que ya no son consideradas como estructuras especiales, donde ahora se trataran como estructuras independientes que necesitan un diseño más minucioso.

Se debe tener en cuenta que al diseñar cualquier tipo de estructura metálica es necesario contar con la comercialización de perfiles que sean producido en masa, ya que establecer medidas especiales de perfiles significa pedir al fabricante crear piezas poco comunes.

Al diseñar con ambas normativas, se logro concluir que no existen cambios que afecten a las torres de alta tension,

En la NCh 2369 of 2003 las estructuras de transmisión eléctrica son consideradas como estructuras especiales, por lo que las empresas dedicadas al rubro debían generar sus propias combinaciones de carga para determinar el comportamiento de la estructura, siendo estas de manera más conservadoras para el cumplimiento de los perfiles de las estructuras, las que previamente debían ser verificadas por la identidad legal supervisora, por lo que ahora al diseñar con ambas normativas se logro concluir que no existen cambios que afecten a las torres de alta tension, ya que la mayoría de los cambios son planteados para los elementos secundarios de estas y las empresas continuaran aplicando los mismos criterios de diseño.

Las torres de alta tensión son estructuras que se ven afectadas mayormente por las presiones de viento, las cuales generan cargas excepcionales, generando momentos que provocar mayores esfuerzos en los apoyos de las estructuras.

Debido al bajo peso de la estructura, el sismo eventual, es casi despreciable en algunos casos, pero logra afectar la estructura por deslizamiento.

Los perfiles más solicitados dentro de la composición estructural son las crucetas, ya que reciben de forma directa las fuerzas aplicadas para los cinco tipos de casos diferentes.

Queda demostrado que en el cálculo de fundaciones (Capítulo 9), existen eventualidades sísmicas que modifican el diseño de las zapatas aisladas, siendo tres de las mayores excentricidades provocadas por la combinación que contiene eventos sísmicos y no de viento como se mantiene estipulado para este tipo de estructuras.

El diseño debe ser establecido para que la estructura tenga un buen comportamiento para casos de eventos excepcionales, donde contemple una pronta reposición del servicio eléctrico.

## **BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS**

ANSI/AISC 360-16 (2016). "Specification for Structural Steel Buildings". American Society of Civil Engineers.

Calistro , R. (2017). DISEÑO, ANALISIS Y CALCULO TORRE DE SUSPENSION MORFOLOGIA INNOVADORA PARA LINEA DE TRANSMISION CIRUELOS-PICHIRROPULLI, XIV REGION. (Memoria para optar al título de ingeniero civil). Universidad San Sebastián. Concepción.

Instituto Nacional de Normalización. (2003). Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales NCh 2369 Of. 2003. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.

Instituto Nacional de Normalización. (2017). Anteproyecto de norma: Actualización NCh 2369 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales. Santiago, Chile: Instituto Nacional de Normalización.

Miranda, A. (2018). ANALISIS COMPARATIVO DEL METODO SEUDO-ESTATICO APLICADO A UNA CINTA TRANSPORTADORA SEGÚN NCh2369 Of. 2003 Y EL "ANTEPROYECTO DE NORMA: ACTUALIZACION NCh 2369". (Memoria para optar al título de ingeniero civil). Universidad San Sebastián. Concepción.

Norma NSEG 5. E.n.71, Reglamento de instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes.

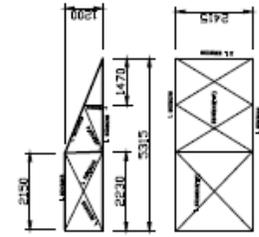
## Bibliografía y referencias

Romero, J. (2010). Guía práctica para el diseño y proyecto de líneas de transmisión de alta tensión en Chile. (Memoria para optar al título de ingeniero civil electricista). Universidad de Chile. Santiago.

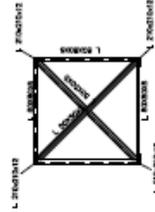
SEMBLANTES, M. (2010). DISEÑO DE UNA TORRE DE TRANSMISION ELECTRICA AUTOSOPORTADA PARA UNA LINEA DE 69KV. (PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO MECANICO). ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. QUITO.

Villalobos, S. (2015). ANALISIS COMPARATIVO ENTRE NCH432.OF71 Y NCH432-2010. (Memoria para optar al título de ingeniero civil). Universidad San Sebastián. Concepción.

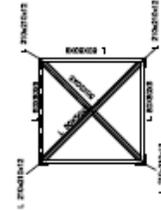
**ANEXO A**



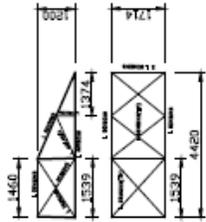
ESTRUCTURA D3 TORRE 8ER  
esc: 1:50



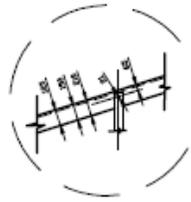
VISTA AA  
esc: S/E



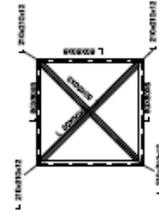
VISTA CC  
esc: S/E



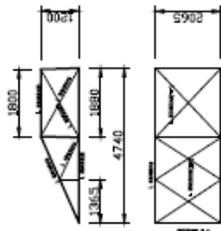
ESTRUCTURA D1 TORRE 8ER  
esc: 1:50



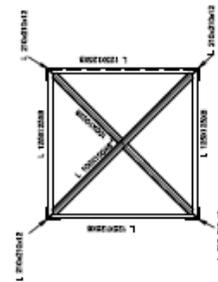
DETALLE TIPICO  
esc: S/E



VISTA BB  
esc: S/E



ESTRUCTURA D2 TORRE 8ER  
esc: 1:50



VISTA DD  
esc: 1:50

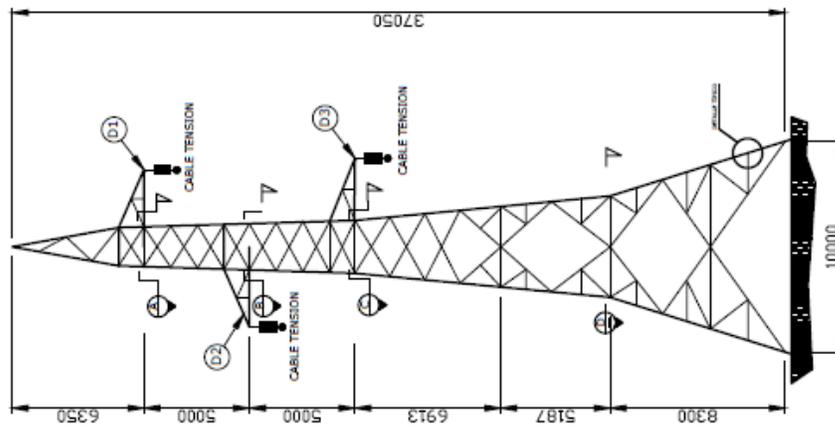


Tabla A.1 Factores para el análisis y diseño de diferentes sistemas.

	Sistema / Tipo Estructural	$I_E$	$R$	$\xi(\%)$	Análisis
B	Centrales de Generación con Torre de Concentración Solar				
1	Estructura de Soporte de "Solar Receiver" (Torre Hormigón)	1.0	3	5	D
2	Estructura "Solar Receiver"	1.0	3	2/3 <sup>(B)</sup>	D
3	Otros sistema son equivalentes a los de una Central Termo-eléctrica. Ver Sección A de esta Tabla				
C	Centrales de Generación Eólica (Parques Eólicos)				
1	Estado Aerogenerador detenido <sup>(1)</sup>				
1.1	Conexión Torre - Fundación no dúctil	1.0	1.0	1	D
1.2	Conexión Torre - Fundación dúctil	1.0	2.0	1	D
2	Estado Aerogenerador en producción <sup>(1)</sup>				
2.1	Conexión Torre - Fundación no dúctil	1.0	1.0	5	D
2.2	Conexión Torre - Fundación dúctil	1.0	2.0	5	D
D	Sub Estaciones Eléctricas				<sup>(13)</sup>
1	Equipos eléctricos en general, incluidos GIS/GIL	1.0	1.0	2	
2	Estructuras de soporte de acero con conexiones emperradas	1.0	3.0	5	
3	Estructuras de soporte de acero con conexiones soldadas	1.0	3.0	3	
4	Estructuras de soporte de hormigón armado	1.0	3.0	5	
5	Fundaciones monolíticas de hormigón armado	1.0	3.0	5	
6	Sistemas de Anclajes de acero embebidos en hormigón	1.0	2.0	5	
7	Sistemas de Anclajes con pernos post instalados (químicos y otros)	1.0	1.0	5	
8	Sistemas de Anclaje de equipos con aislación sísmica en la base	1.0	1.0	5	
9	Muros cortafuegos sin equipos eléctricos	1.0	3.0	5	
10	Equipos de Transformación				
10.1	Equipo y sus componentes	1.0	1.0	2	
10.2	Sistemas de Anclajes: pernos de acero reemplazables, cajas de anclaje embebidas en hormigón, llaves de corte y/o topes sísmicos	1.0	2.0 <sup>(11)</sup>	5	

Fuente: ANTEPROYECTO DE NORMA NCh 2369.

Figura A.2 Parámetros de clasificación de suelos.

Tipo de Suelo	Forma de Trabajo	Cohesión	Angulo de Fricción	Angulo del Cono de Arrancamiento	Peso Unitario del Suelo al Arrancamiento	Peso Unitario del Suelo al Aplastamiento	Peso Unitario del Hormigón al Arrancamiento	Peso Unitario del Hormigón al Aplastamiento	Presión Admisible Neta Vertical	Presión Admisible Neta Horizontal
		(t/m <sup>2</sup> )	(°)	(°)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
1	Anclaje	-	-	30	2.0	2.3	2.3	2.4	200	150
2	C y F	6.0	35	40	2.0	2.0	2.3	2.4	60	50
3	F	0.0	35	30	2.0	2.0	2.3	2.4	40	30
4	F	0.0	30	30	1.6	2.0	2.3	2.4	20	15
	C	4.0	30	40	1.0	2.0	1.3	2.4	30	25
5	F	0.0	35	40	1.0	2.0	1.3	2.4	30	25
	C	4.0	30	40	1.0	2.0	1.3	2.4	30	25
6	F	0.0	30	30	1.0	2.0	1.3	2.4	15	-
	C	5.0	0	30	1.0	2.0	1.3	2.4	15	-
7	C	2.5	0	20	1.0	1.6	1.3	2.4	5	-

Fuente: ETG-A.0.10.

Tabla A.1 Excentricidades calculadas por combinación del nodo 1.

Nodo	Combinación	FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg m)	MY (kg m)	ex (m)	ey (m)
1	COMB5a VY ASD	1905,16	-1884	5650,11	-120,55	-85,24	0,134	-0,143
1	COMB5b EY ASD	1905,16	-1884	5650,11	-120,55	-85,24	0,134	-0,143
1	COMB5b EX ASD	1798,02	1829,11	5534,61	117,25	-42,47	0,129	0,139
1	COMB5b EX ASD	1789,13	-821,07	5541,94	-47,5	-63,87	0,128	-0,062
1	COMB7 VY ASD	1367,05	-1354,33	4086,95	-84,58	-55,47	0,105	-0,111
1	COMB2 ASD	1347,05	1325,3	3908,55	102,96	-52,59	0,104	0,111
1	COMB8 EY ASD	1312,57	1226,39	3998,19	109,65	-0,97	0,104	0,103
1	COMB2 ASD	1345,28	-1324,17	3907,91	-89,92	-74,41	0,103	-0,110
1	COMB8 EY ASD	1308,59	-368,71	3985,03	-19,29	-35,32	0,102	-0,030
1	COMB8 EX ASD	1259,2	1298,99	3971,2	76,07	-21,43	0,098	0,107
1	COMB8 EX ASD	1251,02	-291,4	3978,77	-11,53	-34,11	0,097	-0,024
1	COMB1 ASD	1010,29	993,98	2931,41	77,22	-39,44	0,082	0,087
1	COMB1 ASD	1008,96	-993,13	2930,93	-67,44	-55,81	0,081	-0,087

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.1 Excentricidades calculadas por combinación del nodo 9.

Nodo	Combinación	FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg m)	MY (kg m)	ex (m)	ey (m)
9	COMB5a VY ASD	863,97	699,59	2165,83	111,39	7,14	0,076	0,068
9	COMB5b EY ASD	863,97	699,59	2165,83	111,39	7,14	0,076	0,068
9	COMB5b EX ASD	896,09	821,49	2282,48	88,67	-62,71	0,074	0,076
9	COMB5b EX ASD	901,43	-1827,28	2273,88	-132,35	-84,95	0,073	-0,166
9	COMB5a VX ASD	760,19	-894,16	2353,46	-23,82	-98,35	0,060	-0,079
9	COMB5a VX ASD	744,91	894,1	2378,26	119,65	-127,53	0,057	0,084
9	COMB7 VY ASD	325,15	169,47	602,41	70,21	28,17	0,033	0,021
9	COMB8 EX ASD	357,27	291,37	719,06	47,49	-41,68	0,031	0,031
9	COMB8 EX ASD	363,32	-1297,61	710,71	-96,38	-55,19	0,031	-0,130
9	COMB8 EY ASD	305,75	-1220,3	704,46	-88,61	-53,97	0,026	-0,122
9	COMB8 EY ASD	303,9	363,97	692,07	13,9	-62,13	0,025	0,036
9	COMB7 VX ASD	222,07	-364,49	790,3	12,15	-68,58	0,017	-0,034
9	COMB7 VX ASD	206,09	363,98	814,84	78,47	-106,5	0,013	0,039

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.2 Excentricidades calculadas por combinación del nodo 16.

Nodo	Combinación	FX (kg)	FY (kg)	FZ (kg)	MX (kg m)	MY (kg m)	ex (m)	ey (m)
16	COMB8 EY ASD	-309,03	1238,93	4013,24	85,43	56,06	-0,021	0,102
16	COMB8 EY ASD	-307,86	-376,47	4009,65	-8,31	49,79	-0,022	-0,030
16	COMB8 EX ASD	-352,4	-300,09	4003,33	-5,96	33,79	-0,026	-0,024
16	COMB8 EX ASD	-359,36	1295,2	4002,13	90,48	36,05	-0,026	0,107
16	COMB7 VY ASD	-327,01	153,61	637,03	87,47	-17,4	-0,032	0,020
16	COMB5b EX ASD	-890,85	-831,88	5581,62	-39,09	51,66	-0,062	-0,063
16	COMB5b EX ASD	-897,86	1826,54	5581,01	122,58	55,59	-0,063	0,139
16	COMB5a VY ASD	-865,5	684,95	2215,9	119,57	2,13	-0,075	0,067
16	COMB5b EY ASD	-865,5	684,95	2215,9	119,57	2,13	-0,075	0,067
16	COMB1 ASD	-1009,67	996,27	2960,38	60,19	36,63	-0,082	0,087
16	COMB1 ASD	-1009,58	-997,11	2959,29	-62,12	33,51	-0,082	-0,087
16	COMB7 VX ASD	-1322,06	1288,81	3906,64	64,74	42,53	-0,103	0,106
16	COMB7 VX ASD	-1334,86	-1288,3	3913,83	-68,63	38,85	-0,104	-0,106

Fuente: Elaboración propia.

<b>Nodo</b>	<b>Combinación</b>	<b>FX (kg)</b>	<b>FY (kg)</b>	<b>FZ (kg)</b>	<b>MX (kg m)</b>	<b>MY (kg m)</b>	<b>ex (m)</b>	<b>ey (m)</b>
19	COMB2 ASD	-1346,23	1328,36	3947,18	80,25	48,84	-0,104	0,109
19	COMB2 ASD	-1346,11	-1329,49	3945,73	-82,83	44,69	-0,104	-0,110
19	COMB7 VY ASD	-1365,19	-1350,57	4099,24	-79,99	29,81	-0,106	-0,110
19	COMB8 EX ASD	-1256,11	298,83	734,48	5,82	22,55	-0,118	0,029
19	COMB8 EX ASD	-1262,92	-1295,29	731,54	-93,44	19,83	-0,119	-0,129
19	COMB8 EY ASD	-1306,45	355,1	723,38	10,87	2,54	-0,124	0,035
19	COMB8 EY ASD	-1307,47	-1218,92	725,22	-91,08	3,83	-0,124	-0,122
19	COMB5a VX ASD	-1860,56	1820,15	5485,51	96,84	62,06	-0,133	0,138
19	COMB5a VX ASD	-1873,3	-1820,09	5492,12	-101,76	56,73	-0,134	-0,138
19	COMB5a VY ASD	-1903,63	-1882,37	5677,53	-113,12	47,68	-0,136	-0,142
19	COMB5b EY ASD	-1903,63	-1882,37	5677,53	-113,12	47,68	-0,136	-0,142
19	COMB5b EX ASD	-1794,6	830,18	2313,35	37,92	42,09	-0,153	0,074
19	COMB5b EX ASD	-1801,37	-1827,09	2309,83	-126,57	37,71	-0,154	-0,166

Fuente: Elaboración propia.