

# Bases de cálculo

Entrega N°1

Integrantes: Mauricio Leal V.  
Pablo Pizarro R.  
Ignacio Yáñez G.  
Profesor: Juan Mendoza V.  
Auxiliares: Felipe Andrade T.

Fecha de entrega: 03 de octubre de 2018  
Santiago, Chile

# Índice de Contenidos

<b>1. Identificación del Edificio</b>	<b>1</b>
<b>2. Estructuración</b>	<b>2</b>
2.1. Tipo de estructuración . . . . .	2
2.2. Elementos estructurales . . . . .	3
<b>3. Materiales</b>	<b>4</b>
<b>4. Normas</b>	<b>6</b>
<b>5. Solicitaciones</b>	<b>7</b>
5.1. Cargas muertas . . . . .	7
5.2. Cargas de uso . . . . .	7
5.3. Carga de nieve . . . . .	8
5.4. Carga de viento . . . . .	8
<b>6. Combinaciones de carga</b>	<b>9</b>
<b>7. Antecedentes Análisis Sísmico</b>	<b>11</b>
7.1. Zona sísmica . . . . .	11
7.2. Período de la estructura . . . . .	11
7.3. Cálculo coeficiente sísmico . . . . .	11
7.4. Cálculo peso sísmico . . . . .	12
7.5. Corte basal . . . . .	12
7.6. Espectro de diseño . . . . .	12
<b>8. Suelo y parámetros mecánica de suelos</b>	<b>13</b>
8.1. Presiones de suelo . . . . .	13
8.2. Clasificación suelo y descripción de características generales . . . . .	13
8.3. Balastos . . . . .	13
<b>9. Conclusiones</b>	<b>14</b>

## Lista de Figuras

1. Ubicación de la ciudad de Antofagasta. . . . .	1
2. Ilustración de referencia edificio de muros de hormigón armado. . . . .	2
3. Ilustraciones sistema de muros, Ref.: Reinforced Concrete Design of Tall Buildings, Taranath, B. S., CRC Press, 2010. . . . .	2
4. Elemento estructural muro, tipo de trabajo. Ref: Paulay and Priestley, 1992. . . . .	3
5. Secciones que forman parte del metalcon. . . . .	5
6. Coeficiente de forma a considerar para cargas de viento. . . . .	8
7. Zona sísmica ciudad de Antofagasta, Figura 4.1 norma NCh 433. . . . .	11

8.	Espectro de diseño, según NCh433. . . . .	12
----	-------------------------------------------	----

## Lista de Tablas

1.	Tensiones admisibles y características de hormigones a utilizar. . . . .	4
2.	Tensiones admisibles y características del acero a utilizar. . . . .	4
3.	Tensiones admisibles y módulo de elasticidad para piezas estructurales de madera. .	4
4.	Resistencias al corte y tracción de elementos de albañilería. . . . .	5
5.	Capacidades a flexión, carga axial y corte de perfiles de metalcon. . . . .	5
6.	Cargas de uso aplicables al edificio . . . . .	7
7.	Valor de la aceleración efectiva $A_o$ , Tabla 6.2 NCh433. . . . .	11
8.	Parámetros que dependen del tipo de suelo. . . . .	13

# 1. Identificación del Edificio

El proyecto semestral corresponde al diseño de un edificio de uso residencial, de departamentos. Con 1 subterráneo y 23 pisos. Ubicado en la ciudad de Antofagasta (Figura 1), Región de Antofagasta, Chile.

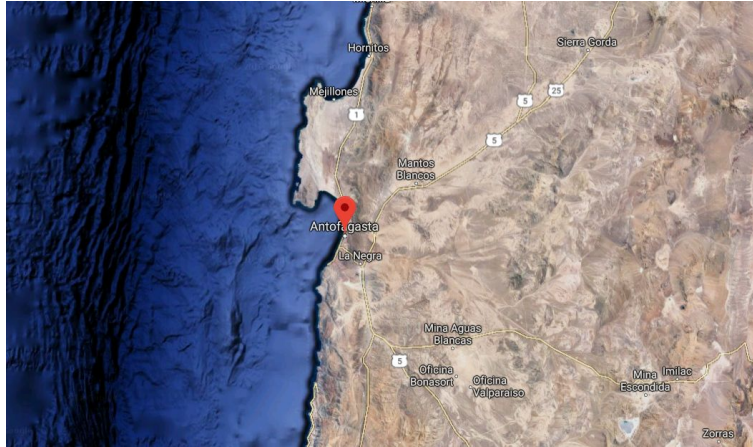


Figura 1: Ubicación de la ciudad de Antofagasta.

El edificio poseerá una materialidad de Hormigón Armado, con sistema de estructural de muros de carga y losas, fundada sobre una losa de fundación. El suelo es de tipo A roca.

## 2. Estructuración

### 2.1. Tipo de estructuración

El tipo de estructuración es del tipo muro y losa de Hormigón Armado (H.A.); En este sentido el muro tiene la función de transmitir cargas tipo gravitacionales (compresión) a las fundaciones y resistir cargas cortantes, tracciones y compresiones por flexión en caso de un sismo. Las losas por otra parte tributan las cargas al sistema de muros.



Figura 2: Ilustración de referencia edificio de muros de hormigón armado.

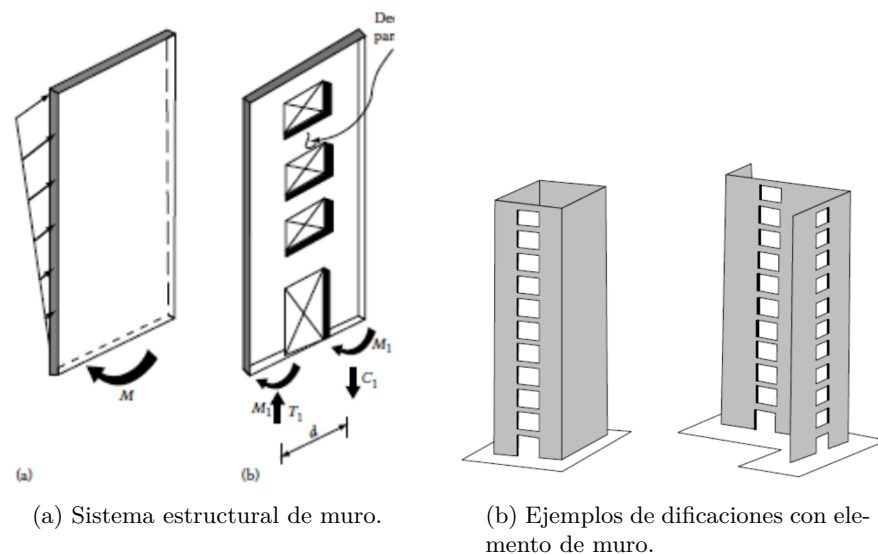


Figura 3: Ilustraciones sistema de muros, Ref.: Reinforced Concrete Design of Tall Buildings, Taranath, B. S., CRC Press, 2010.

De acuerdo a lo estipulado en la NCh433 Tabla 5.1 y Tabla 6.1 se tienen los siguientes parámetros de modificación de acuerdo al tipo de estructuración, en donde  $R$  y  $R_o$  corresponden a factores de reducción e  $I$  es el nivel de importancia de la estructura.

Parámetro	Valor
R	7
$R_o$	11
I	1

## 2.2. Elementos estructurales

### ■ Muro de carga

El muro de carga o muro portante es un elemento estructural del edificio que permite transmitir cargas de tipo compresionales (peso) de la estructura hacia las fundaciones, además tiene la función de resistir cargas cortantes producto de un sismo. Los muros funcionan principalmente a compresión y corte.

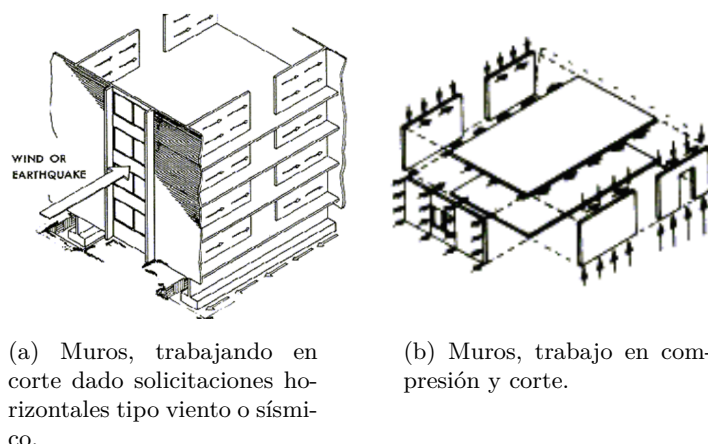


Figura 4: Elemento estructural muro, tipo de trabajo. Ref: Paulay and Priestley, 1992.

### ■ Losas

Permite tributar las cargas y solicitaciones de uso hacia los sistemas de muro de la estructura. Es un elemento estructural que trabaja principalmente en flexión.

### ■ Vigas

En la estructura también es posible encontrar vigas, ubicadas entre los muros. Estos elementos permiten transmitir y conectar los elementos de muro, trabajando principalmente en flexión.

### ■ Fundaciones

Las fundaciones son elementos estructurales que transmiten al suelo las cargas transmitidas por el sistema de muros, el diseño está limitado a no permitir que la estructura completa sufra asentamientos de gran magnitud y que no existan asentamientos diferenciales. Con el fin de que estas limitaciones se cumplan se deben transmitir las cargas hasta un estrato de suelo que tenga una resistencia suficiente y distribuirlas en un área capaz de minimizar las presiones de contacto. Además de estas limitaciones se debe proporcionar suficiente resistencia que resista el deslizamiento y el volteo.

### 3. Materiales

Se presentan los materiales a utilizar en el proyecto junto con sus principales características y propiedades.

#### ■ Hormigón

Se hará uso de dos hormigones para este edificio, H-40 y H-35. El primer hormigón está pensado para un uso en los primeros pisos del edificio junto con el subterráneo, mientras que el segundo se utilizará para el resto de los pisos ubicados mayor altura. De acuerdo a la norma NCh 170.Of1985 se obtienen las siguientes propiedades:

Tabla 1: Tensiones admisibles y características de hormigones a utilizar.

Grado	$\rho[\text{tonf}/\text{m}^3]$	$f'c[\text{Mpa}]$	$E[\text{Mpa}]$	$\nu[-]$	$G[\text{Mpa}]$
H35	2,5	30	25742,96	0,2	10726,23
H40	2,5	35	27805,57	0,2	11585,66

#### ■ Acero

Se considera un acero ASTM-A36 como acero estructural y de refuerzo, el cual posee las siguientes características:

Tabla 2: Tensiones admisibles y características del acero a utilizar.

Grado	$F_y[\text{tonf}/\text{cm}^2]$	$F_u[\text{tonf}/\text{cm}^2]$	$E[\text{tonf}/\text{cm}^2]$	$\nu[-]$	$G[\text{tonf}/\text{cm}^2]$
A36	2,53	4,08	2100	0,29	787,44

#### ■ Madera

De acuerdo a la NCh 1198 se entregan las principales propiedades de dos especies de madera de sección transversal circular, el pino radiata y el eucalipto.

Tabla 3: Tensiones admisibles y módulo de elasticidad para piezas estructurales de madera.

Especie	$E[\text{Mpa}]$	$Flexion[\text{Mpa}]$	$Traccion[\text{Mpa}]$	$Comp.[\text{Mpa}]$	$Corte[\text{Mpa}]$	$Comp.normal[\text{Mpa}]$
Pino radiata	6423	13,8	8,3	5,4	0,71	2,45
Eucalipto	12425	32,5	19,5	17,7	1,73	8,47

#### ■ Albañilería

De acuerdo a la NCh 2123.Of1997 se entregan las resistencias a corte y tracción por flexión perpendicular a la junta horizontal del mortero para distintas clases de cerámicos y bloques de hormigón utilizados en albañilería:

Tabla 4: Resistencias al corte y tracción de elementos de albañilería.

Unidad	Clase	$F_{bt}[Mpa]$	$F_y[Mpa]$	Grado mortero	$\tau_m[Mpa]$
Cerámica	MqM	0,3	16	M 15	0,6
	MqP	0,3	10	M 10	0,5
	MqHv	0,3	10	M 10	0,5
	mnM	0,1	4	M 5	0,25
Bloques de H.	Sin relleno de huecos	0,1	4,5	M 10	0,3
	Con relleno total	0,6	5	M 10	0,2

### ■ Metalcon

Se consideran los siguientes elementos para la conformación de una estructura de metalcon:

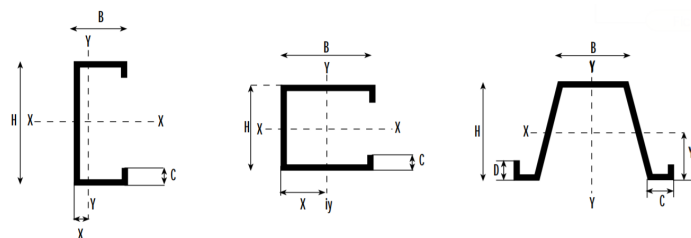


Figura 5: Secciones que forman parte del metalcon.

Para varios tipos de los elementos anteriores se entregan las capacidades a flexión, carga axial y corte de los perfiles según la especificación AISI 1989, y considerando una tensión de fluencia del material de  $F_y = 2812 \text{ kgf/cm}^2$ :

Tabla 5: Capacidades a flexión, carga axial y corte de perfiles de metalcon.

Perfil	$Mx(+)[kgf \cdot cm]$	$Mx(-)[kgf \cdot cm]$	$My(-)[kgf \cdot cm]$	$P[kgf]$	$V[kgf]$
400MA05	1210	1310	1510	801	326
400MA085	2150	2150	2750	1690	713
40CA05	1010	874	820	498	166
40CA085	1950	1410	1410	1120	350
60CA05	1710	927	830	507	124
60CA085	3280	1500	1460	1170	482
90CA085CP	7110	2120	1990	1590	411



## 4. Normas

El diseño de las estructuras se regirá principalmente por las siguientes normas y estándares:

- NCh 170.Of2016 - Hormigón - Requisitos generales.
- NCh 430.Of2007 - Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo.
- NCh 431.Of77 Construcción - Sobrecargas de nieve.
- NCh 432.Of71 Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.
- NCh 433.Of1996 Modificada 2010 - Diseño Sísmico de Edificios.
- NCh 1537.Of2009 - Diseño estructural de Edificios - Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
- NCh 3171.Of2010 - Diseño estructural - Disposiciones generales y combinaciones de cargas.
- DS 60 MINVU- 2010 Reglamento de Requisitos de Diseño y Cálculo para el Hormigón Armado.
- DS 61 MINVU- 2010 Reglamento Diseño Sísmico de Edificios.

## 5. Solicitaciones

### 5.1. Cargas muertas

Además de considerarse como cargas muertas el peso de las estructuras, techumbres, pisos, muros y paneles, plataformas, equipo permanente, materiales normalmente almacenados, etc., las presiones laterales y verticales de líquidos, gases y materiales fluidos (granulares o similares) serán también tratadas como cargas muertas.

Se consideran como cargas muertas los siguientes conjuntos:

- a) Peso del Edificio que considera los elementos estructurales pesados: vigas, losas, techumbre, columnas, muros, tabiques, plataformas, etc., y los no estructurales pesados: peso de las terminaciones (cielos falsos, estuco, terminaciones de piso, etc.).
- b) Carga suspendida. Todas las cargas colgantes permanentes tales como puentes de cañerías, bandejas de soportes de cables eléctricos, luminarias, etc.
- c) Cargas fijas. Todo el equipo menor que no se muestra en el diagrama de cargas, tales como pequeñas bombas, motores, agitadores, etc., incluyendo el cojinete de hormigón.
- d) Cargas introducidas por el equipo. Estas cargas son proporcionadas por los proveedores o indicadas en el Diagrama de Cargas. (Peso del equipo, carga de operación, carga de exceso - overflow).
- e) Empuje de tierras sobre muros de sostenimiento. Presiones laterales y verticales de líquidos, gases y materiales capaces de fluir. Materiales almacenados.

### 5.2. Cargas de uso

Como carga de uso se considera lo establecido en la NCh 1537. A continuación se listan las cargas aplicables al caso:

Tabla 6: Cargas de uso aplicables al edificio

Tipo de edificio	Descripción de uso	Carga de uso [kPa]
Estacionamiento	Vehículos livianos	3
Viviendas	Áreas de uso general	2
	Dormitorios y buhardillas habitables	2
	Balcones que no excedan $10m^2$	3
	Entretecho con almacenaje	1,5
Lugares especiales de uso público	Corredores/lugares de uso público	5
	Balcones exteriores	5
	Escaleras y vías de evacuación	5
Techos	Con acceso peatonal (uso público)	5

### 5.3. Carga de nieve

No se considera carga de nieve, debido a la ubicación geográfica del edificio.

### 5.4. Carga de viento

Para el cálculo de fuerzas debidas a la acción del viento se aplicará lo especificado en la norma NCh 432. Para ello se suponen los casos W+ y W-, con viento en sentido positivo y negativo de la dirección X, respectivamente, que se aplicarán de forma independiente en el modelo.

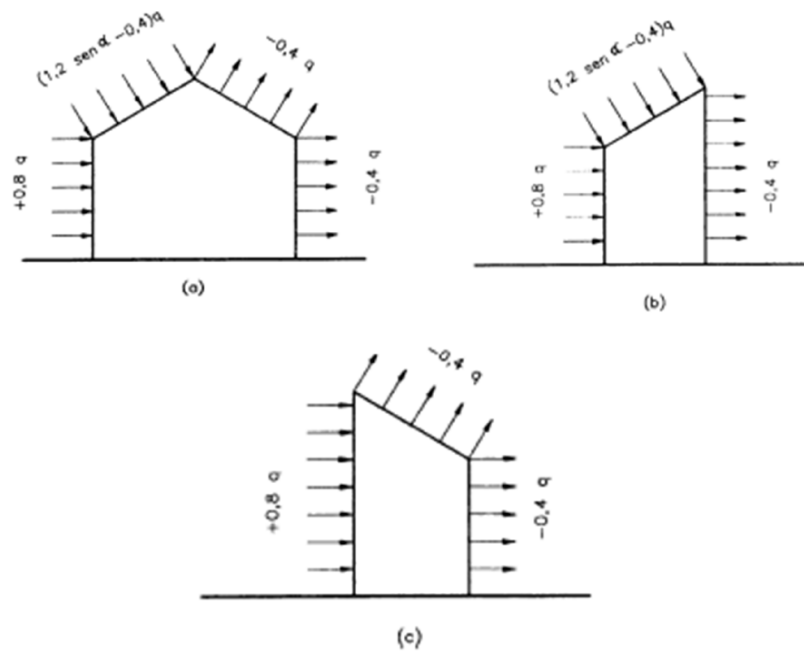


Figura 6: Coeficiente de forma a considerar para cargas de viento.

## 6. Combinaciones de carga

Los elementos estructurales serán diseñados para aquella combinación de cargas que genere la condición más desfavorable, en cuanto a su resistencia límite requerida.

Los estados de carga serán modificados por factores de mayoración o minoración de acuerdo a la combinación general de cargas, según se indique en la norma NCh3171, apartado 9.2.1 combinaciones de cargas nominales que se usan en el método de tensiones admisibles.

Como criterios generales de combinación para todas las estructuras se establece que, a lo menos, se debe considerar lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 C1 &= PP \\
 C2 &= PP + SC \\
 C3.1 &= PP + S \\
 C3.2 &= PP + L_r \\
 C4.1 &= PP + 0,75SC + 0,75S \\
 C4.2 &= PP + 0,75SC + 0,75L_r \\
 C5.a.1 &= PP + W^+ \\
 C5.a.2 &= PP + W^- \\
 C5.b.1 &= PP + S + Ex + Ez \\
 C5.b.2 &= PP + S + Ex - Ez \\
 C5.b.3 &= PP + S - Ex + Ez \\
 C5.b.4 &= PP + S - Ex - Ez \\
 C5.b.1 &= PP + S + Ey + Ez \\
 C5.b.2 &= PP + S + Ey - Ez \\
 C5.b.3 &= PP + S - Ey + Ez \\
 C5.b.4 &= PP + S - Ey - Ez \\
 C6.a.1 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ + 0,75S \\
 C6.a.2 &= PP + 0,75SC + 0,75W^- + 0,75S \\
 C6.a.3 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ + 0,75L_r \\
 C6.a.4 &= PP + 0,75SC + 0,75W^- + 0,75L_r \\
 C6.b.1 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ + 0,75Ex + 0,75Ez \\
 C6.b.2 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ + 0,75Ex - 0,75Ez \\
 C6.b.3 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ - 0,75Ex + 0,75Ez \\
 C6.b.4 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ - 0,75Ex - 0,75Ez \\
 C6.b.5 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ + 0,75Ey + 0,75Ez \\
 C6.b.6 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ + 0,75Ey - 0,75Ez \\
 C6.b.7 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ - 0,75Ey + 0,75Ez \\
 C6.b.8 &= PP + 0,75SC + 0,75W^+ - 0,75Ey - 0,75Ez \\
 C7.1 &= 0,6PP + W^+ \\
 C7.2 &= 0,6PP + W^- \\
 C8.1 &= 0,6PP + Ex + Ez \\
 C8.2 &= 0,6PP + Ex - Ez \\
 C8.3 &= 0,6PP - Ex + Ez \\
 C8.4 &= 0,6PP - Ex - Ez
 \end{aligned}$$

$$C8.5 = 0,6PP + Ey + Ez$$

$$C8.6 = 0,6PP + Ey - Ez$$

$$C8.7 = 0,6PP - Ey + Ez$$

$$C8.8 = 0,6PP - Ey - Ez$$

Donde:

<b>PP</b>	Carga por peso propio
<b>SC</b>	Sobrecarga de uso
<b>W</b>	Carga de viento
<b>Lr</b>	Carga de uso de techo
<b>S</b>	Carga de nieve
<b>Ex, Ey</b>	Sismo horizontal
<b>Ez</b>	Sismo vertical
<b>H</b>	Carga debido a la presión lateral de tierra, a la presión del agua subterránea, o a la presión lateral de materiales a granel, más el empuje sísmico de suelo u otros materiales en las combinaciones que incluyan el efecto sísmico

De acuerdo al apartado 9.2.1 b) de la NCH 3171, cuando la carga H esta presente, aplicada sobre los muros del subterráneo en este caso, su factor debe ser 1,0 en las combinaciones 2, 3.n y 4.n, y cuando la acción de H se suma al efecto de las cargas E o W en las combinaciones 5.a.n, 5.b.n, 6.a.n y 6.b.n.

## 7. Antecedentes Análisis Sísmico

### 7.1. Zona sísmica

El edificio se encuentra en la ciudad de Antofagasta, declarada como zona sísmica tipo 3 según la norma Chilena NCh 433 Of 1996:2012 (Figura 7).

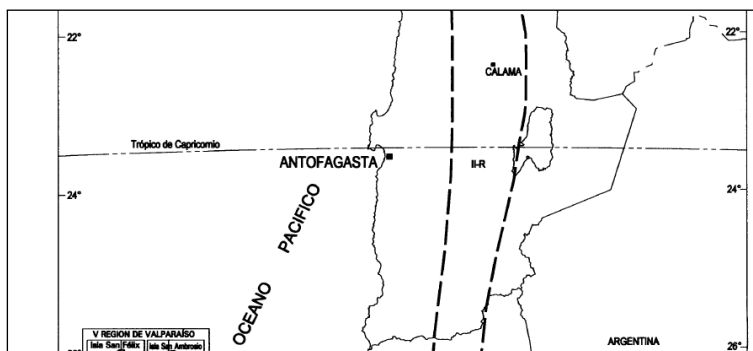


Figura 7: Zona sísmica ciudad de Antofagasta, Figura 4.1 norma NCh 433.

Tabla 7: Valor de la aceleración efectiva  $A_o$ , Tabla 6.2 NCh433.

Zona sísmica	$A_o$
1	0.20g
2	0.30g
3	0.40g

Luego, según la Tabla 7 el edificio poseerá una aceleración efectiva  $A_o$  igual a 0.40g.

### 7.2. Período de la estructura

Se utilizará una aproximación encontrada en la literatura, utilizada durante el curso de Diseño Sísmico, para el cálculo del período de la estructura en función de la altura:

$$T^* = 0,035 \cdot N_{\text{piso}} = 0,84s$$

En donde  $N_{\text{piso}}$  corresponde a cantidad de pisos, obtenida de los planos.

### 7.3. Cálculo coeficiente sísmico

En edificios de H.A. de estas características el coeficiente sísmico debe ser del orden del 10%, teóricamente, según el acápite 6.2.3.1 de la norma sísmica NCh433:

$$C = \frac{2,75 \cdot S \cdot A_o}{g \cdot R} \left( \frac{T'}{T^*} \right)^n = 0,034$$

El valor del coeficiente sísmico no debe ser inferior a  $C_{min} = \frac{A_o \cdot S}{6 \cdot g} = 0,06$ , por otro lado el valor de  $C$  no necesita ser mayor que el indicado por la tabla 6.4, el cual, para el tipo de estructura con  $R = 7$  se tiene  $C_{max} = \frac{0,35 \cdot S \cdot A_o}{g} = 0,126$ .

Luego, dado que 10 % está dentro de los rangos de  $C$ , se usará  $C = 0,1$ .

## 7.4. Cálculo peso sísmico

Se tiene que  $P = 23 \cdot A_{piso} \cdot q$  en donde  $q$  es el peso sísmico por piso, igual a  $1 \frac{Ton}{m^2}$  y  $A_{piso}$  corresponde al área de las losas de los pisos del edificio. Dicha área se obtuvo a partir de los planos AutoCAD, restando el área de los ascensores, equivalente a  $410,4 m^2$  por cada piso. Luego:

$$P = 23 \cdot 410,4 \cdot 1 = 9439,2 [Ton]$$

## 7.5. Corte basal

Según el capítulo 6.2.3 de la norma NCh433 el esfuerzo de corte basal está dado por:

$$Q_o = C \cdot I \cdot P = 943,92 [Ton]$$

## 7.6. Espectro de diseño

El espectro de diseño se obtuvo según punto 6.3.5 de NCh433, en donde se utilizó el período estimado  $T^*$  para obtener el perfil de  $S_a$ . Dado que no se posee suficiente información se utilizará el mismo perfil para ambos ejes  $x$  e  $y$ . Principales valores:  $R_{x,y}^* = 10,194$ ,  $Q_{x,y} = 943,92 [Ton]$ , aceleración máxima:  $0,957 \frac{m}{s^2}$ .

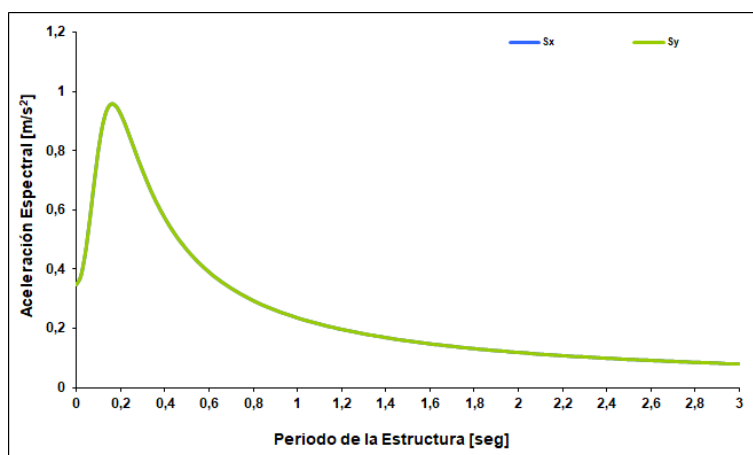


Figura 8: Espectro de diseño, según NCh433.

## 8. Suelo y parámetros mecánica de suelos

La transmisión de cargas producidas en los muros se transfiere al suelo mediante el uso de fundaciones. Dada la naturaleza del proyecto, como su estructuración no consta de columnas, sino que solo sistemas de muros, las fundaciones a utilizar corresponden a zapatas corridas.

Los muros generalmente transmiten a su fundación además de cargas verticales, momentos flectores; debido a este momento la carga resultante no coincide con el centroide de la fundación, ya que estos momentos son generados por vientos, sismos entre otras presiones laterales y sus magnitudes son variables en el tiempo. Si estas presiones fueran constantes se podría colocar el centro de la fundación bajo la carga resultante y con esto evitar la excentricidad.

### 8.1. Presiones de suelo

A nivel del subterráneo del edificio, existen presiones de suelo que actúan de forma horizontal a los muros de este nivel. Dichas presiones se producen principalmente por el peso propio del suelo, como también producto de la altura del nivel freático.

### 8.2. Clasificación suelo y descripción de características generales

El tipo de suelo de la estructura está clasificado como tipo A - 8.0-10.0  $Kg/cm^2$ . Según NCh 433 el suelo posee los siguientes parámetros:

Tabla 8: Parámetros que dependen del tipo de suelo.

Parámetro	Valor
S	0.90
$T_o(s)$	0.15
$T'(s)$	0.20
n	1.00
p	2.0

### 8.3. Balastos

La constante de balasto representa una medida de la rigidez de un terreno. El cálculo de este coeficiente viene dado por:

$$k_b = \frac{P}{A \cdot w} = \frac{\sigma_V}{w} \quad (1)$$

De la ecuación anterior se puede rescatar que, para estimar de forma preliminar la constante de balasto se necesita saber la carga que las zapatas transfieren al suelo por unidad de área, junto además con la deformación que experimentará el suelo producto de esta carga, la cual es transferida a través de los muros.

Considerando todo el peso sísmico de la estructura y el área de los muros presentes en el subterráneo, es posible tener buenas aproximaciones para  $P$  y  $A$ , sin embargo, las deformaciones del suelo requieren de un análisis mas exhaustivo difícil de efectuar en este análisis preliminar.



## 9. Conclusiones

- Con la aproximación aplicada para la determinación del período sísmico de la estructura se obtuvo un resultado cercano a lo espera, según la experiencia con estructuras de este estilo. Es de esperar que este valor se vea modificado una vez analizada la estructura con la estructuración definitiva y las cargas correspondientes.
- Como se pudo apreciar en los antecedentes del análisis sísmico y en los parámetros de mecánica de suelos, la ubicación de la estructura influencia en un comienzo la zona sísmica en la cual se encuentra el edificio. Esta, en conjunto con los posteriores análisis sísmicos que deben efectuarse generan una variación directa del periodo de la estructura, peso sísmico, corte basal, entre otros. Lo anterior sumado a que según este tipo de suelo también ocurrirán variaciones en el dimensionamiento de las zapatas de la estructura, producen de igual forma variaciones en la constante de balasto y asentamientos que se producirán bajo el edificio.
- Se consideró la utilización de dos tipos de hormigón a modo de conseguir un diseño más costo-eficiente. Debido a la concentración de esfuerzos de compresión hacia la base del edificio, se opta por un hormigón H-40. Por otra parte, hacia los pisos superiores, para conservar la homogeneidad de los elementos sin caer en el sobre-dimensionamiento de estos, se escogió un hormigón H-35.