



MEMORIA DE CÁLCULO
CESFAM VILLA ALEGRE

20-11-MEM-001-J

TEMUCO, REGIÓN DE LA ARAUCANIA

REV		EJECUTÓ	REVISÓ	APROBÓ	DESCRIPCIÓN
A	Nombre	J.G.T.	J.C.C	C.P.C	Memoria de cálculo
	Fecha	23.03.20	23.03.20	23.03.20	
B	Nombre	J.G.T.	J.C.C	C.P.C	Memoria de cálculo
	Fecha	14.07.20	15.07.20	15.07.20	
C	Nombre	J.G.T.	J.C.C	C.P.C	Memoria de cálculo
	Fecha	21.08.20	21.08.20	24.08.20	
J	Nombre	J.G.T.	J.C.C	C.P.C	Memoria de cálculo
	Fecha	28.02.22	28.02.22	28.02.22	



CONTENIDOS

1	DESCRIPCIÓN.....	3
2	MATERIALES UTILIZADOS.....	4
3	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	4
4	NORMAS CONSULTADAS.....	5
5	MODELO DE ANÁLISIS	6
6	DESCRIPCIÓN CARGAS APLICADAS	7
6.1	Cargas Normales	7
6.2	Cargas de Sismo	7
6.3	Estados de Carga.....	7
7	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS	8
7.1	Antecedentes	8
7.2	Cálculo de Masa Sísmica	10
7.3	Corte Basal	10
7.4	Control de Deformación.	11
8	PARÁMETROS DE DISEÑO	12
8.1	Fundaciones	12
8.2	Hormigón Armado.....	12
9	COMBINACIONES DE CARGAS Y TENSIONES ADMISIBLES	12
9.1	Normal:.....	12
9.2	Eventual:.....	12
9.3	Combinaciones para Diseño de Elementos de Hormigón (NCh 3171)....	12
9.4	Combinaciones para Diseño de Elementos de Acero y determinación de tensiones de contacto.....	13
10	ANTECEDENTES GEOTECNICOS.....	14
10.1	Parámetros Geotécnicos.....	14

1 DESCRIPCIÓN

La presente memoria contiene los antecedentes básicos relacionados al cálculo estructural del proyecto "CESFAM VILLA ALEGRE", Temuco, y sus respectivos resultados y diseño estructural. Este proyecto consiste en dos bloques estructurales destinados para la atención de salud primaria. La estructura mayor, Bloque A, está dividida en tres plantas, las cuales tendrán un destino de uso para box clínicos, laboratorios, y oficinas profesionales, estructurada en base a muros, pilares, vigas, losas de hormigón armado. La Estructura menor, Bloque B, útil en dos plantas, destinada a bodegas de farmacia, insumos médicos y alimentación, además de las salas del sistema eléctrico, climatización y depósito de residuos. Este bloque es estructurado a base de muros y losa de hormigón en el 2do piso, y para el 1er piso, envigado de acero y losa colaborante en el sector bodegas. Ambos bloques con fundación superficial tradicional de hormigón armado, con la salvedad que el bloque B también será una estructura de contención de suelo para salvar una diferencia de cota de terreno de 8 mts.



Figura 1: Vista Renderizada del proyecto CESFAM VILLA ALEGRE

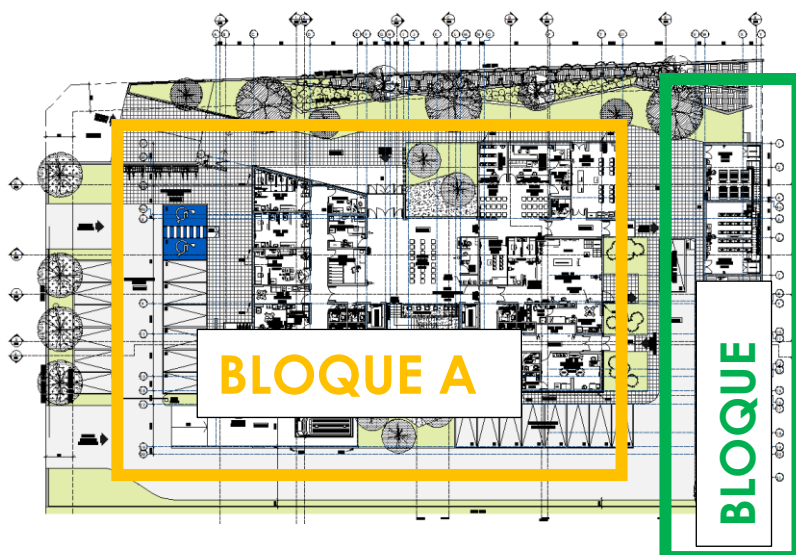


Figura 2: Planta de arquitectura 1er piso Bloque A y Bloque B.



2 **MATERIALES UTILIZADOS**

- Acero A630-420H con resaltes.
- Hormigón Armado G25 N.C.=90%. Incluyendo fundaciones (S.I.C en planos).
- Acero Estructural: Perfiles formados en frío A240 ES/NCh. 203.
- Acero para planchas de unión y placa base A270 ES /NCh. 203.
- Acero Pernos de Anclaje A325 o equivalente / NCh. 205,208, y 301.
- Perfiles metálicos tipo ASTM A 653 gr 40 (Metalcon)

3 **PROPIEDADES DE LOS MATERIALES**

- Hormigón:
Tipo de Hormigón: G-25
Módulo de Elasticidad $E = 213.546 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia Cilíndrica $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Peso específico $\gamma_h = 2.5 \text{ t/m}^3$
- Acero de Armadura:
Tipo de Acero: A630-420H
Módulo de Elasticidad $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a Fluencia $f_y = 4280 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a Última $f_u = 6420 \text{ kg/cm}^2$
Peso específico $\gamma_{ach} = 7.85 \text{ t/m}^3$
- Acero Estructural:
Tipo de Acero: A240 ES
Módulo de Elasticidad $E = 2.100.000 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a Fluencia $f_y = 2447 \text{ kg/cm}^2$
Resistencia a Última $f_u = 3670 \text{ kg/cm}^2$
Peso específico $\gamma_{ach} = 7.85 \text{ t/m}^3$

4 NORMAS CONSULTADAS

Las estructuras darán cumplimiento a todas las normas que establecen los requisitos para el diseño, pudiendo ser enmendadas o complementadas con otras normas o reglamentos, en cuyo caso prevalecerá el criterio más desfavorable desde el punto de vista estructural.

a) Hormigón

- NCh 170 Hormigón - Requisitos generales.
- NCh 171 Hormigón - Extracción de muestras del hormigón fresco.
- NCh 430 Hormigón armado, requisito de diseños y cálculo.
- ACI 318 Building code Requirements for Reinforced Concrete.
- ACI SP-43 Industrialization of Concrete Construction.
- DS 60 Diseño y Cálculo hormigón armado.

b) Armaduras de refuerzo en Hormigón Armado

- NCh 203 Acero para uso estructural. Requisitos.
- NCh 204 Acero barras laminadas en caliente para hormigón armado.
- NCh 211 Barras con resalte en obras de hormigón armado.
- NCh 218 Acero malla de alta resistencia para hormigón armado.
- NCh 219 Construcción - Malla de acero de alta resistencia.
- NCh 434 Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado.

c) Acero

- NCh 427 Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios

d) Sismo

- NCh 433 Diseño sísmico de edificios.
- DS 61 Diseño sísmico de Edificios.
- NTM 001 Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales. Minvu
- NCh 3357 Diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales, 2015

e) Viento y Nieve

- NCh 431 Diseño Estructural – Sobrecargas de Nieves.
- NCh 432 Diseño Estructural – Cargas de Viento.

f) Cargas y Combinaciones de carga

- NCh 1537 Diseño estructural – Cargas Permanentes y cargas de uso.
- NCh 3171 Diseño estructural – disposiciones generales y combinaciones de cargas.

g) Documentos Especiales

- Bases Técnicas Para El Desarrollo De Proyectos De Arquitectura, Ingeniería Y Especialidades De Centros De Salud Familiar, MINSAL

5 MODELO DE ANÁLISIS

Para el análisis del comportamiento estático y sísmico, además de la obtención de los esfuerzos internos de las estructuras se generó un modelo computacional de cada uno de los bloques donde se consideran en todos sus elementos resistentes constitutivos, su geometría y las propiedades de los materiales involucrados.

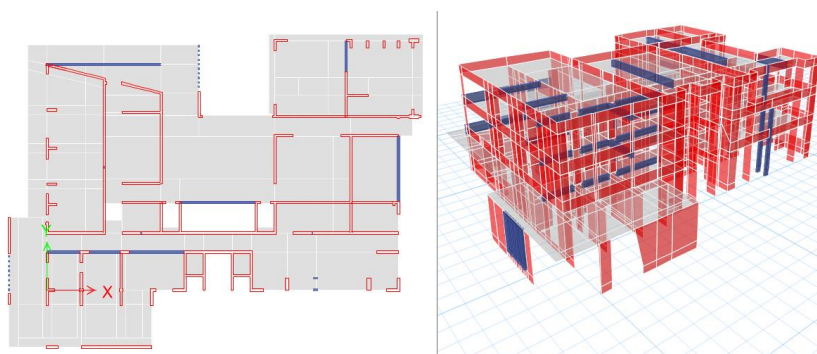


Figura 3: Vista 1er piso estructural e isométrica del modelo computacional del Bloque A, ETABS.

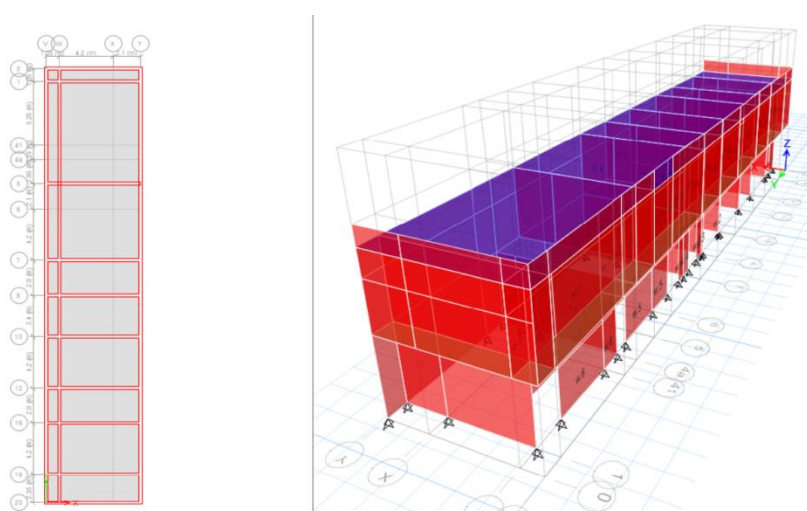


Figura 4: Vista 1er piso estructural e isométrica del modelo computacional del Bloque B, ETABS.

6 DESCRIPCIÓN CARGAS APLICADAS

6.1 Cargas Normales

Las cargas y sobrecargas de uso consideradas para este proyecto serán determinadas de acuerdo con lo indicado en la norma NCh 1537, estos son valores característicos o en el caso de las sobrecargas, valores mínimos recomendados.

Para cargas especiales, cargas producto de máquinas y / o equipos, estas se determinarán de acuerdo con lo que señale el fabricante.

6.2 Cargas de Sismo

Las estructuras se diseñan para resistir la acción sísmica de acuerdo con la norma NCh 433, permitiendo la estabilidad frente a las sollicitaciones a las que estará expuesta durante su vida útil.

Se considera entonces, características como: la zona geográfica en la cual estará emplazada, el efecto del suelo de fundación y la topografía, clasificación de acuerdo con el tipo de estructura, importancia, uso y riesgo de falla, limitación de deformaciones horizontales, etc.

6.3 Estados de Carga

A continuación, se describen los estados de carga aplicados al modelo estructural:

PP: Peso propio de los elementos estructurales.

CP: Peso propio adicional, producto de terminaciones u otro elemento adicional de un peso relevante sobre las losas.

Relleno de Piso	60 kg/m ²
Tabiques	50 kg/m ²
Cielo Falso o Enlucido	50 kg/m ²
CP = 160 kg/m ²	

SC: Sobrecarga de uso, En este caso correspondiente a recintos hospitalarios de la Norma NCh 1537-of2009 y Bases Técnicas para CESFAM del MINSAL.

- | | |
|---|---|
| A. Salas, box clínicos y laboratorios | SC ₁ = 300 kg/m ² |
| B. Escaleras, espacios comunes y Pasillos | SC ₂ = 400 kg/m ² |

Lr o SC₃: Sobrecarga de Techo, se considera solo una carga de acceso mantención, 100kg/m², reducida por área según la NCh 1537, excepto en zonas con jardín en cubierta.



Sx: Sismo en dirección X, Carga de sismo en dirección X incorporada a través de un espectro de aceleraciones con los parámetros de la norma NCh 433 Of96+ DS60, adicionando una torsión accidental que provoca las fuerzas sísmicas en cada piso con una excentricidad en una proporción de la dimensión en ortogonal a la dirección del sismo de la planta del piso respectivo. Como indica el punto 6.3.4. b) de la misma norma mencionada.

Excentricidad para el sismo en x $\longrightarrow e_x = \pm 0.1 b_{ky} \cdot \frac{Z_k}{H}$

Sy: Sismo en dirección Y, Se utiliza el mismo procedimiento descrito en el párrafo anterior, solo cambiando la dirección del sismo al eje Y

Excentricidad para el sismo en y $\longrightarrow e_y = \pm 0.1 b_{kx} \cdot \frac{Z_k}{H}$

Donde:

b_{kx} : Dimensión en planta en el eje X, en el piso K.

b_{ky} : Dimensión en planta en el eje Y, en el piso K.

Z_k : Altura del nivel K sobre el nivel basal.

H: Altura total del edificio sobre el nivel basal.

7 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ANÁLISIS

7.1 Antecedentes

Para el análisis sísmico se utilizará el método de análisis modal espectral, determinando los esfuerzos de corte, momento y cargas verticales, con los cuales se diseñarán los elementos sismorresistentes.

Se considera la zona sísmica y clasificación de tipo de suelos indicados en informe de mecánica de suelos

Tipo de Suelo	E	
Zona Sísmica	2	$A_0 = 0.3g$
Tipo de estructura (Especial, CRITERIO CESFAM)	-	$I = 1.25$
Factor de Modificación de respuesta (CRITERIO CESFAM)	Estructura a base de muros de hormigón armado	$R = 5$

Tabla 1 :Parámetros de diseño sísmico basados en la mecánica de suelos y criterios CESFAM



Parámetros del tipo de Suelo

Tipo de Suelo	S	T ₀ (s)	T' (s)	n	p
E	1.3	1.2	1.35	1.8	1.0

Tabla 2 : Parámetros del suelo.

El espectro de diseño se determina según el acápite d.3.2 de las "bases técnicas para el desarrollo de proyectos de arquitectura, ingeniería y especialidades de centros de salud familiar", MINSAL. Dicho espectro esta basado en la norma NCh 433.

Espectro de respuesta:

$$S_a = \frac{S \times A_0 \times \alpha}{(R^*/I)}$$

Donde:

S: parámetro del suelo.

A₀: Aceleración efectiva máxima del suelo (g).

α: Factor de amplificación de la aceleración efectiva máxima.

R*: Factor de reducción de la aceleración espectral.

I: Coeficiente relativo a la importancia.

g: Aceleración de gravedad, 9,81 [m/s²]

Y el factor de amplificación α: se define como:

$$\alpha = \frac{1 + 4.5 \left(\frac{T_n}{T_0}\right)^p}{1 + \left(\frac{T_n}{T_0}\right)^3}$$

T_n: Parámetros que dependen del tipo de suelo.

A₀: Aceleración efectiva del suelo.

R: Factor de reducción estructural.

T: Período fundamental de vibración de la estructura.

Y el factor de reducción de aceleración espectral R* se define como:

$$R^* = 1 + \frac{T^*}{0,10T_0 + \frac{T^*}{R_0}}$$

Donde:

T*: Periodo del modo con mayor masa traslacional equivalente.

R₀: Factor de modificación de respuesta estructural, en análisis modal.

T₀: Parámetro que depende del tipo de suelo.

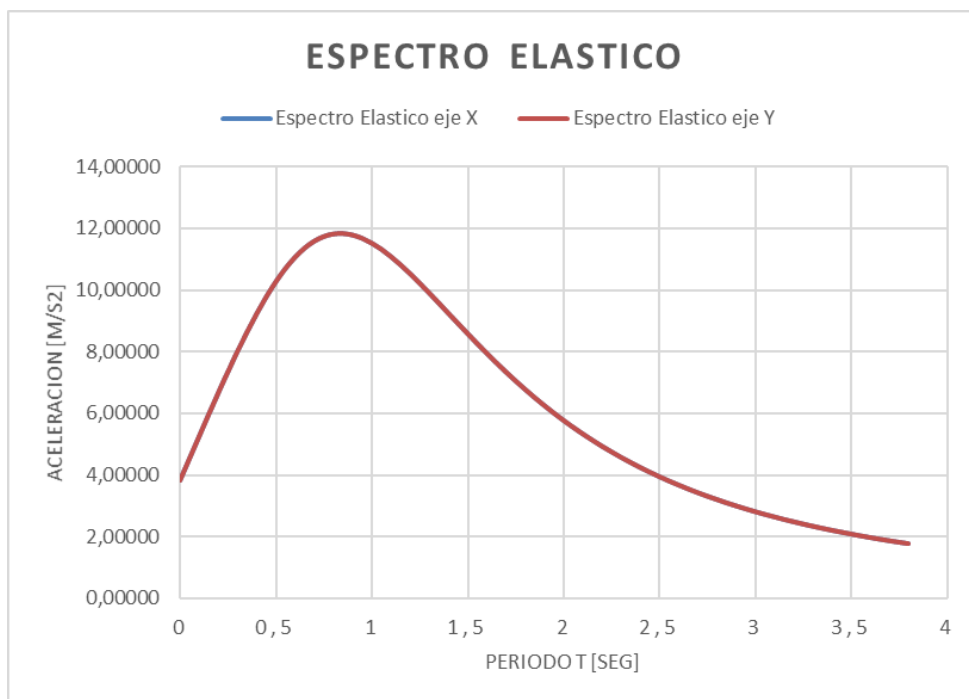


Figura 5: Espectro elástico según NCh 433 of 96 + DS 60.

La acción sísmica se considera como una carga eventual, por lo que no es necesario combinarla con otras cargas eventuales.

Para elementos y estructuras susceptibles a sismo vertical se considera:
2 / 3 S

7.2 Cálculo de Masa Sísmica

Para el cálculo de las masas sísmicas se incorporó los elementos que componen la estructura, incluyendo pilares, vigas, losas, muros, más 50% de la sobrecarga de uso correspondiente para el bloque A, y más 25% de la sobrecarga de uso correspondiente para el bloque B y, como indica del párrafo 5.5.1 de la Nch433.Of.96 Mod 2012

7.3 Corte Basal

Determinación de los coeficientes sísmicos y las limitaciones de C_{min} y C_{max} según 6.3.7 según Nch.433Of 96 + DS61 of 2011 y “bases técnicas para el desarrollo de proyectos de arquitectura, ingeniería y especialidades de centros de salud familiar”, MINSAL, en donde se debe considerar un R diferente al sistema de hormigón armado (usualmente $R=7$) y un coeficiente de importancia mayor (usualmente $I=1,2$)

Para $R = 5$ $\longrightarrow C_{max} = 0.5 \cdot S \cdot A_0 / g$
Y donde $\longrightarrow C_{min} = S \cdot A_0 / (6g)$



A_0 : Aceleración efectiva del suelo.
 S : parámetro del suelo.
 P : Peso Sísmico.
 g : Aceleración de gravedad.

Estructura tipo (CESFAM) \longrightarrow Coef. de importancia $I = 1.25$

Analisis NCh433 of1996 +DS 60

Inputs de diseño

Parametros del Suelo		Parametro de zona sismica
T'	1,35	A_0/g 0,3
n	1,80	
S	1,30	Parametro Coef de Importancia
		I 1,25

Tipo de Estructura	V	CESFAM
Zona Sísmica	2	
Tipo de Suelo	E	
Coeficiente R	5	

Coeficiente Sísmico

$$C = \frac{2,75 S A_0}{gR} \left(\frac{T'}{T^*} \right)^n$$

Coef sísmico $C = 0,19500$

IC = 0,24375

$$C_{max} = 0,5 \cdot S \cdot A_0 / g$$

Cmax 0,195

$$C_{min} = S \cdot A_0 \cdot P / (6g)$$

Cmin 0,0650

En ambas direcciones de cada uno de los bloques predomina el C_{max} por sobre los C calculados, por lo tanto:

$$I * C = 0.195$$

7.4 Control de Deformación.

De acuerdo con Nch433.Of96+DS61 of2011, en el punto 5.9:

La deformación relativa máxima admisible entre piso es un 2‰ de la altura considerada por cada piso medido en el centro de masa de los pisos involucrados en ambas direcciones de análisis.

$$|\delta_{CM\ k+1} - \delta_{CM\ k}| \leq 0,002 * h_k$$

La deformación relativa máxima admisible en cualquier punto cualquiera de la planta con respecto a su centro de masa es un 1‰ de la altura considerada entre los pisos involucrados en ambas direcciones de análisis.

$$|(\delta_{pto\ k+1} - \delta_{pto\ k}) - (\delta_{CM\ k+1} - \delta_{CM\ k})| \leq 0,001 * h_k$$



Donde:

- $\delta_{CM k}$: Deformación en el centro de masa piso k.
- $\delta_{CM k+1}$: Deformación en el centro de masa piso superior a k.
- $\delta_{pto k}$: Deformación en un punto cualquiera del piso k.
- $\delta_{pto k+1}$: Deformación en un punto cualquiera en el piso superior a k.
- h_k : Altura de entre piso.

8 PARÁMETROS DE DISEÑO

8.1 Fundaciones

Las fundaciones serán diseñadas de acuerdo con los parámetros considerados por el respectivo Informe de Mecánico de Suelos desarrollado por GH Lab.

8.2 Hormigón Armado

Todos los elementos de hormigón armado se diseñarán de acuerdo con lo indicado en las normas NCh 430 y código ACI 318-08, basando el diseño en el uso de hormigones con resistencia a la compresión a los 28 días.

Las armaduras con resaltes consideradas en este proyecto deberán cumplir con lo dispuesto en la norma NCh 204, para barras normales en la calidad A630-420H y con la norma NCh 218 para el caso de mallas electrosoldadas de ser utilizadas.

Todas las armaduras llevarán resaltes.

9 COMBINACIONES DE CARGAS Y TENSIONES ADMISIBLES

9.1 Normal:

Cargas Permanentes peso propio (peso de la estructura y todo el material unido o soportado permanentemente por ella) más sobrecargas de uso (verticales, de nieve, de viento, impacto, etc. Según corresponda).

9.2 Eventual:

Peso propio más un porcentaje de la sobrecarga de uso, más una sola de las cargas siguientes: sismo, viento, temperatura o fuerzas horizontales de equipos. Las tensiones admisibles podrán incrementarse en un 33.33 %

9.3 Combinaciones para Diseño de Elementos de Hormigón (NCh 3171).

Las estructuras, los elementos y las fundaciones deben ser diseñados de

manera que su resistencia de diseño se mayor o igual que el efecto de las cargas mayoradas en las combinaciones siguientes:

1. $1,4D$
2. $1,2D+1,6L+0,5 L_r$
3. $1,2D+1,6L_r+L$
4. $1,2D+1,6L_r+0,8 W$
5. $1,2D+L+0,5L_r+1,6 W$
6. $1,2D+1,4E+L+0,5L_r$
7. $0,9D+1,6W$
8. $0,9D+1,4E$

Y adicionalmente se considerarán las combinaciones del punto D.4) de las Bases técnicas para proyectos de Arquitectura e Ingeniería MINSAL:

1. $1,4D+1,7L$
2. $1,4D+1,7L\pm 1,4E$
3. $0,9D\pm 1,4E$

9.4 Combinaciones para Diseño de Elementos de Acero y determinación de tensiones de contacto.

Las estructuras, los elementos y las fundaciones deben ser diseñados de manera que su resistencia admisible sea mayor o igual que el efecto de las cargas nominales en las combinaciones siguientes:

1. D
2. $D+L$
3. $D+L_r$
4. $D+0,75L+0,75L_r$
5. $D+W$
6. $D+E$
7. $D+W$
8. $D+0,75W+0,75L+0,75L_r$
9. $D+0,75E+0,75L$
10. $0,6D+W$
11. $0,6D+E$

Donde:

- D: Cargas Permanentes, incluyendo peso propio y cargas muertas.
- L: Cargas de uso o sobrecargas.
- S: Cargas de Nieve.
- R: Cargas de Lluvia.
- Lr: Sobrecargas en techumbre.
- W: Cargas de Viento.
- E: Cargas por sismo.

10 ANTECEDENTES GEOTÉCNICOS

Las tensiones de terreno serán las indicadas en el respectivo informe de mecánica de suelos desarrollado por GH LAB.

Donde se recomienda fundaciones superficiales tipo zapata corrida o aisladas de conectadas entre ellas por vigas de amarre, todo ello sobre una capa de mejoramiento de material granular con un espesor mínimo de 30 cm y un ancho en planta de el mismo ancho de fundación (B), mas 40 cm.

El nivel de sello de fundación debe estar a una profundidad mínima de 120 cm bajo el nivel del terreno natural actual, y penetrando 20 cm en el estrato U2(Arcilla Limosa).

10.1 Parámetros Geotécnicos

Estrato U2 (Arcilla Limosa):

Estático: $Q_{adm-est}=1.0 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ *

Dinámico: $Q_{adm-est}=1.33 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

*: siempre considerando mejoramiento, de no ser así bajan a un 60% de los valores antes mencionados.

Este estrato U2 se observó entre los 50 cm de profundidad y 4 mts
No se detectó napa freática dentro de las profundidades mencionadas

Parámetro	Tipo de Suelo	Peso Unitario húmedo γ_h	Peso Unitario Seco γ	Cohesión [C]	Angulo de Fricción (Φ)	Coef. de Poisson ν	Módulo de Elasticidad E50
U2	Unidades	Ton/m ³	Ton/m ³	Ton/m ²	°	-	T/m ²
	Arcilla Limosa (CL)	1,5	1,2	1,0	22	0,35	600

Tabla 3: Parámetros del estrato U2.

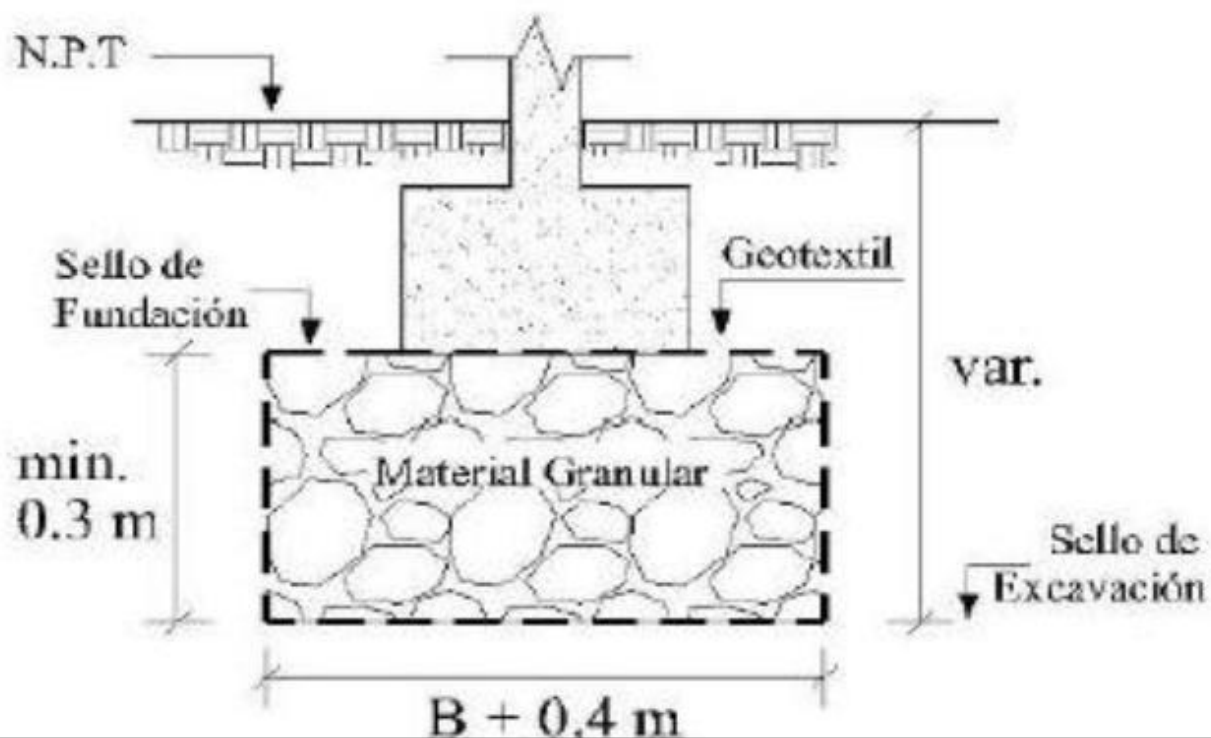


Figura 6: Esquema tipo de fundación aplicado a este proyecto.

Las Fundaciones junto con cumplir con las capacidades de soporte del suelo, también con los asentamientos admisibles.

Asentamiento Admisibles

D= 1/250 para cargas permanentes



Carlos Perretta C.
Ingeniero Civil