MEMORIA DE CÁLCULO DE ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

PROYECTO:

ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LOS DIFERENTES EQUIPAMIENTOS, INFRAESTRUCTURA Y PROYECTOS ESTRATÉGICOS DEL MUNICIPIO DE SUBACHOQUE, CUNDINAMARCA

ELABORACIÓN		
Elaboró	**Vo. Bo.**	**Aprobó**
		
Mateo Gutiérrez Pineda		Secretaría de Planeación de Subachoque
Especialista en estructuras		

CONTROL DE CAMBIOS		
Versión	**Fecha**	**Descripción del cambio**
1	26/03/2025	Emisión para revisión del cliente
2		
3		
0		**Aprobado para construcción**

Tabla de contenido

1. Presentación 5
1.1. Normas aplicables 5
1.2. Excepciones 5
2. Criterios de diseño 5
3. Grado de desempeño de los elementos no estructurales 6
3.1. Grado de desempeño aplicable 6
4. Fuerzas sísmicas de diseño 6
4.1. Cálculo de la aceleración en el punto de soporte del elemento ax 7
4.1.1. Espectro sísmico de diseño 7
4.1.2. Características geométricas del proyecto 8
4.1.3. Cálculo de las diferentes aceleraciones de piso ax para cada piso 9
5. Materiales empleados en el diseño 9
6. Diseño de mampostería 10
6.1. Capacidad de disipación de energía 10
6.2. Diseño de muro piso techo 10
6.3. Diseño de muro de altura parcial 14

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de la estructura por zona de amenaza sísmica y grupo de uso. 5

Tabla 2. Grado de desempeño de la estructura. Fuente: NSR-10 Título A. 6

Tabla 3. Valor de Sa para la estructura. 8

Tabla 4. Características geométricas del proyecto.....9

Tabla 5. Materiales empleados para el diseño en concreto.....9

Tabla 6. Materiales empleados para el diseño en acero.....9

Tabla 7. Clasificación de elementos no estructurales. Fuente: NSR-10 Título A..... 11

Tabla 8. Diseño de mampostería..... 14

Tabla 9. Clasificación de elementos no estructurales. Fuente: NSR-10 Título A..... 15

Tabla 10. Diseño de mampostería. 17

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño. Fuente: NSR-10 - Título A. 7

Ilustración 2. Espectro sísmico de diseño. 8

Ilustración 3. Bloque de mampostería horizontal. 10

1. Presentación

En el presente documento se muestran los cálculos realizados para los elementos no estructurales que se construirán en el presente proyecto, se tuvieron en cuenta los muros divisorios de piso a techo en los distintos niveles.

1.1. Normas aplicables

Se aplicaron las normas dadas en el titulo A.9 “Elementos no estructurales” de la norma sismo resistente colombiana NSR-10.

1.2. Excepciones

Están exentas de los requisitos del capítulo A.9 todas las edificaciones pertenecientes a los grupos de uso I y II localizadas en zona de amenaza sísmica baja.

En el caso de los elementos estructurales analizados en el presente documento tenemos:

Zona de amenaza sísmica	**Intermedia**
Grupo de uso	**II**

Tabla 1. Clasificación de la estructura por zona de amenaza sísmica y grupo de uso.

Por lo que se deben realizar los análisis correspondientes a los elementos no estructurales existentes.

2. Criterios de diseño

Se tomó como criterio de diseño la estrategia de separarla de la estructura. En este tipo de diseño los elementos no estructurales se aíslan lateralmente de la estructura dejando una separación suficiente para que la estructura al deformarse como consecuencia del sismo no los afecte adversamente.

Los elementos no estructurales se apoyan en su parte inferior sobre la estructura, o se cuelgan de ella; por lo tanto, deben ser capaces de resistir por sí mismos las fuerzas inerciales que les impone el sismo, y sus anclajes a la estructura deben ser capaces de resistir y transferir a la estructura estas fuerzas inducidas por el sismo. Además, la separación a la estructura de la edificación debe ser lo suficientemente amplia para garantizar que no entren en contacto, para los desplazamientos impuestos por el sismo de diseño. En el espacio resultante deberá evitarse colocar elementos que rigidicen la unión eliminando la flexibilidad requerida por el diseño.

3. Grado de desempeño de los elementos no estructurales

El grado de desempeño de los elementos no estructurales se clasifica según A.9.2.1 en:

- **Superior:** Es aquel en el cual el daño cuando se presenta un evento sísmico es mínimo y no interfiere con la operación de la edificación.
- **Bueno:** Es aquel en el cual el daño a los elementos no estructurales cuando se presenta un evento sísmico es reparable, puede haber alguna interferencia con la operación de la edificación.
- **Bajo:** Es aquel en el cual se pueden presentar daños graves cuando se presenta un evento sísmico es reparable, pero sin desprendimiento o colapso.

3.1. Grado de desempeño aplicable

Como mínimo debe cumplirse el grado de desempeño aplicable en la tabla A.9.2-1:

Grupo de USO:	Grado de desempeño:
IV	Superior
III	Superior
II	Bueno
I	Bajo

Tabla 2. Grado de desempeño de la estructura. Fuente: NSR-10 Título A.

Dado el grupo de uso que tenemos en el proyecto, el grado de desempeño de los elementos no estructurales es: **BUENO**.

4. Fuerzas sísmicas de diseño

Las fuerzas sísmicas horizontales reducidas de diseño que actúan sobre cualquier elemento no estructural deben calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$F_p = \left(\frac{a_x * a_p}{R_p} * g * M_p\right) \geq \left(\frac{A_a * I}{2} * g * M_p\right)$$

Donde:
$\boldsymbol{M_p}$ = Masa del elemento.
$\boldsymbol{g}$ = Aceleración de la gravedad.
$\boldsymbol{a_x}$ = Aceleración en el punto de soporte del elemento no estructural
$\boldsymbol{a_p}$ = Coeficiente de amplificación dinámica del elemento no estructural

$\boldsymbol{R_p}$ = Coeficiente de capacidad de disipación de energía del elemento no estructural y sus sistemas de soporte.

4.1. Cálculo de la aceleración en el punto de soporte del elemento ax

La aceleración en el punto de soporte del elemento no estructural depende del nivel de la placa donde este apoyado. El ax varia de piso a piso, a continuación, se muestran los cálculos realizados para hallar dicha aceleración la cual está en función del espectro sísmico de diseño:

4.1.1. Espectro sísmico de diseño

Según a los registros sísmicos en Colombia, se adopta el espectro de diseño como una manera de representar adecuadamente la aceleración que soporta una estructura expresada como fracción de la gravedad de acuerdo al periodo de la estructura.

Dicho espectro de diseño debe calcularse de acuerdo a las ecuaciones dadas en la norma sismo resistente colombiana NSR-10 en el numeral A.2.6

$$T0 = 0.1 * \frac{A_v * F_v}{A_a * F_a} \qquad TC = 0.48 * \frac{A_v * F_v}{A_a * F_a} \qquad TL = 2.4 * F_v$$

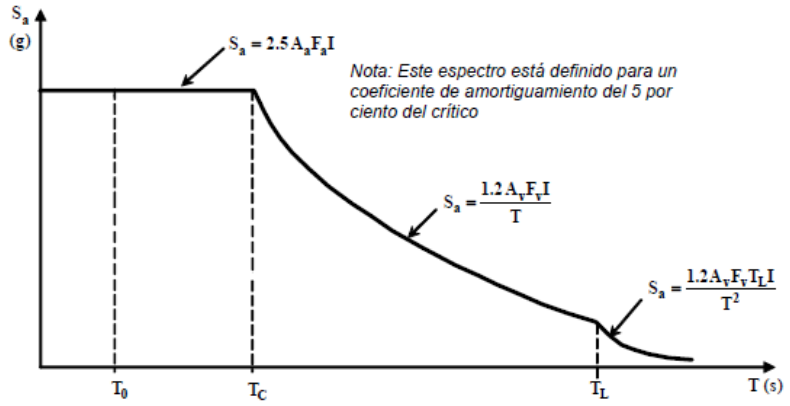
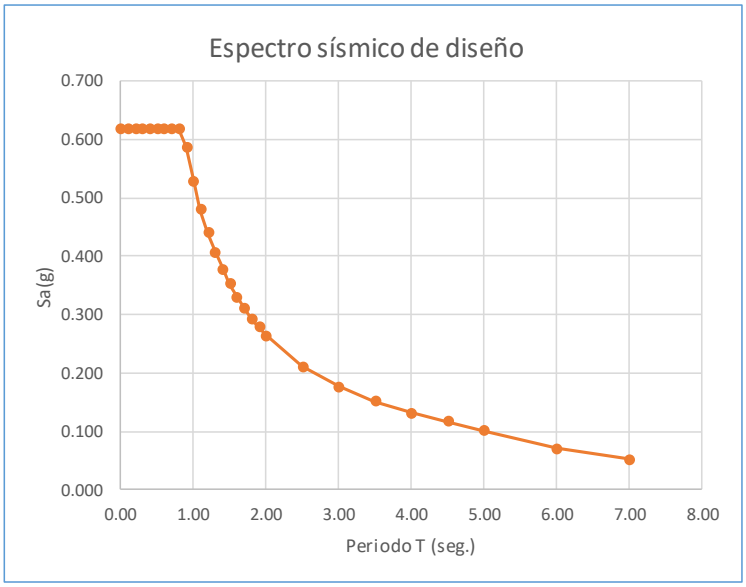


Ilustración 1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño. Fuente: NSR-10 - Título A.

ESPECTRO SISMICO DE DISEÑO

Departamento	CUNDINAMARCA
Municipio	Subachoque
Aa	0.15 Subachoque
Av	0.20 Subachoque
Grupo de uso	II
I	1.1
Tipo de suelo	D
Fa	1.50
Fv	2.00

TC	0.853
TL	4.800



Periodo T(seg.)	Sa (g)
0.00	0.619
0.10	0.619
0.20	0.619
0.30	0.619
0.40	0.619
0.50	0.619
0.60	0.619
0.70	0.619
0.80	0.619
0.90	0.587
1.00	0.528
1.10	0.480
1.20	0.440
1.30	0.406
1.40	0.377
1.50	0.352
1.60	0.330
1.70	0.311
1.80	0.293
1.90	0.278
2.00	0.264
2.50	0.211
3.00	0.176
3.50	0.151
4.00	0.132
4.50	0.117
5.00	0.101
6.00	0.070
7.00	0.052

Ilustración 2. Espectro sísmico de diseño.

Se define el coeficiente Sa como la aceleración máxima de la superficie del suelo estimada como la aceleración espectral correspondiente a un periodo de vibración igual a cero.

Sa	0.619 g

Tabla 3. Valor de Sa para la estructura.

4.1.2. Características geométricas del proyecto

El nivel más bajo de la estructura es: N+0.00 y el nivel más alto es el N+3.50

Cantidad de Niveles	1

Hn (altura máxima)	3.50 m
Heq (altura equivalente) 0.75*Hn	2.625

Tabla 4. Características geométricas del proyecto.

4.1.3. Cálculo de las diferentes aceleraciones de piso ax para cada piso

Se utilizan las ecuaciones dadas en A.9.4.2.1 para placas localizadas a una altura igual o mayor al Heq:

$$a_x = S_a * \frac{h_x}{h_{eq}}$$

Donde h_x es la altura del piso estudiado:

Aceleración por piso		
Nivel	**hx(m)**	**ax**
2	N+3.50	0.83
1	BASE	0.62

5. Materiales empleados en el diseño

- Concreto

Elementos	**Resistencia a la compresión f'c**	**Módulo de elasticidad E**
Columnetas	21 MPa	$4700 \cdot \sqrt{f'c} = 21538.11\ MPa$
Vigas de confinamiento	21 MPa	$4700 \cdot \sqrt{f'c} = 21538.11\ MPa$

Tabla 5. Materiales empleados para el diseño en concreto.

- Aceros

Diámetro Ø del acero de refuerzo	**Resistencia a la fluencia f_y**
<=3/8"	420 MPa
>=1/2"	420 MPa

Tabla 6. Materiales empleados para el diseño en acero.

6. Diseño de mampostería

El espesor mínimo del muro en ningún caso puede tener una relación entre la altura libre del muro y su espesor mayor a 25. Pero nunca menor a 11cm., según D.10.3.3.

$$\frac{320Cm.}{15Cm.} = 21.3 < 25, ok.$$

Por lo que el espesor del muro será de 15cm.

Para este diseño se utilizarán unidades de perforación horizontal (bloque)



Ilustración 3. Bloque de mampostería horizontal.

$$f'_{cu}\,\min = 3Mpa$$

6.1. Capacidad de disipación de energía

La capacidad de disipación de energía que debe cumplir esta estructura es DMO (disipación de energía moderada), ya que se encuentra en una zona de amenaza sísmica INTERMEDIA.

6.2. Diseño de muro piso techo

El muro divisorio más largo, apoyado en la planta N+0.00, tiene una longitud total de 3.20m.

El muro se clasifico como un muro divisorio de altura total en la tabla A.9.5-1.

Elemento no estructural	a_p	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p, mínimo requerido en A.9.4.9		
		Grado de desempeño		
		Superior	Bueno	Bajo
Fachadas				
• paneles prefabricados apoyados arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• en vidrio apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• lámina en yeso, con costillas de acero	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura ,apoyadas solo abajo	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles[1]
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura ,apoyadas solo abajo	2.5	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles[1]
• mampostería no reforzada, confinada por la estructura	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles[2]
Muros que encierran puntos fijos y ductos de escaleras, ascensores, y otros	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos[1]
Muros divisorios y particiones				
• corredores en áreas públicas	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos[1]
• muros divisorios de altura total	1.0	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos[1]
• muros divisorios de altura parcial	2.5	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos[1]
Elementos en voladizo vertical				
• áticos, parapetos y chimeneas	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Anclaje de enchapes de fachada	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Altillos	1.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Cielos rasos	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido[3]
Anaqueles, estanterías y bibliotecas de más de 2.50 m de altura, incluyendo el contenido				
• Diseñadas de acuerdo al Título F	2.5	Especiales	Dúctiles	No requerido[3]
• Otras	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No requerido[3]
Tejas	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido[3]

Tabla 7. Clasificación de elementos no estructurales. Fuente: NSR-10 Título A.

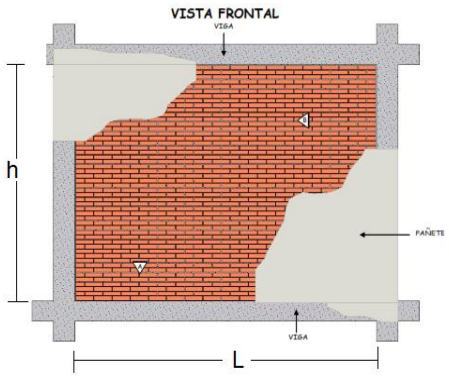
Estructura apoyada sobre placa	Nivel	ax	Aa	I
0	N+0.00	0.61875	0.15	1.10

Descripción del elemento no estructural según tabla A.9.5-1	Desempeño	ap	Anclaje	Rp
Muros divisorios y particiones de altura total	bueno	1	No dúctiles	**mínimo 1.50**

La fuerza sísmica de diseño para este elemento no estructural se calcula de la siguiente forma:

$$F_p = \frac{a_x * a_p}{R_p} * g * Mp \geq \frac{A_a * I}{2} * g * M_p$$

material del elemento no estructural	Dendidad	L elemento	H elemento	e elemento
Mamposteria de arcilla	1850 Kg/m3	3.20 m	3.20 m	0.15 m

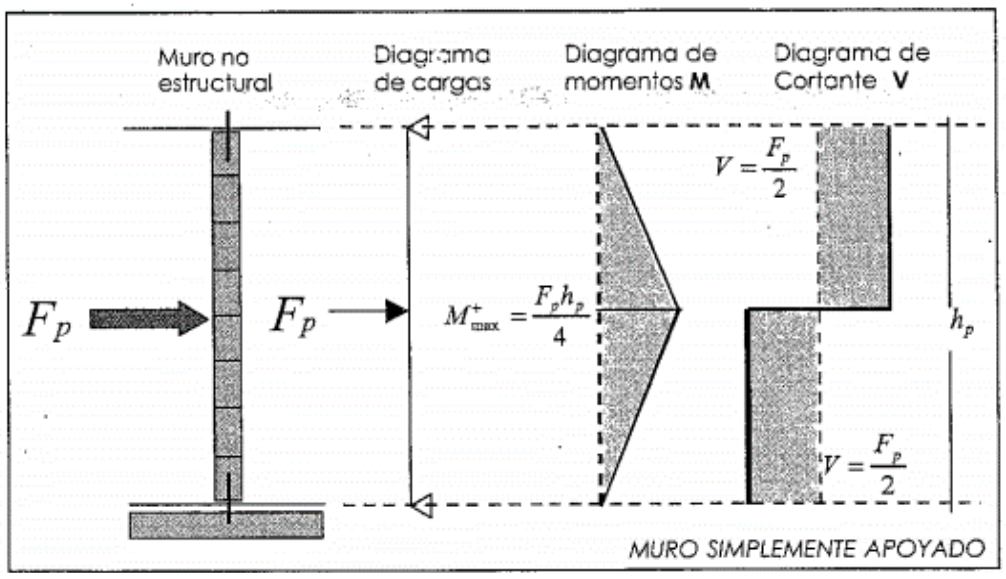


Mp	289.66 Kg

$$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} g M_p \geq \frac{A_a I}{2} g M_p$$

Fp	1172.16 Kgf
	11.5 KN

la fuerza Fp se aplica en el centroide del muro



Bu

M req.	9.20 KN-m
V req.	5.75 KN

debido a que no se puede establecer un valor de la capacidad de la mamposteria para soportar esfuerzoz a tracción, los elementos que soportaran los esfuerzos tanto de momento, como de cortante seran columnetas de concreto.

la capacidad de una columneta de concreto para soportar momentos es:

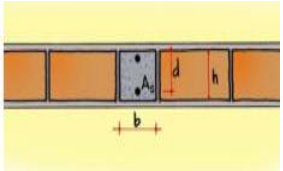
$$M_n = \rho f_y b d^2 \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_y}{f'_c}\right)$$

la capacidad de una columneta de concreto para soportar esfuerzos de cortante es:

$$V_n = 0.6 A_{st} f_y$$

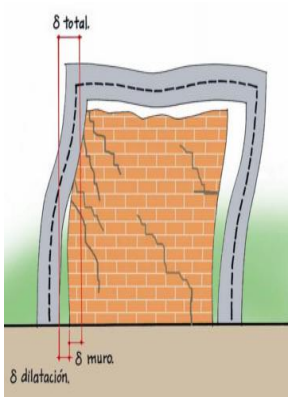
h (cm)	**15.00**
r (cm)	3.00
b (cm)	**15.00**
d (cm)	12.00
fy (Mpa)	420.0
f´c (Mpa)	21.0

Ast	4	ø 3/8 "	2.85 cm2.



Mn total	10.22 KN-m	la cantidad mínima de columnetas requerida
Mn por columneta	5.11 KN-m	es de 2, una a cada lado del muro,
M Max	5110.62 N-m	la cantidad de columnetas puestas en el muro
K	2.37 KN-m	es de : **2**
m	23.53	
ρ	0.0000	
Asv cal	0.01 cm2.	ok

Vn	7.67 KN-m	<	143.65 KN-m	ok



la deformación total maximo del portico sera la deriva, del 1%. La altura del muro es de: 3.20 m luego la dilatación sera de: 3.2cm

Tabla 8. Diseño de mampostería.

6.3. Diseño de muro de altura parcial

El muro de antepecho más largo, apoyado en la planta N+3.50, tiene una longitud total de 28.26m.

El muro se clasifico como un muro divisorio de altura parcial en la tabla A.9.5-1.

Elemento no estructural	a_p	Tipo de anclajes o amarres para determinar el coeficiente de capacidad de disipación de energía, R_p, mínimo requerido en A.9.4.9		
		Grado de desempeño		
		Superior	Bueno	Bajo
Fachadas				
• paneles prefabricados apoyados arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• en vidrio apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• lámina en yeso, con costillas de acero	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería reforzada, separada lateralmente de la estructura ,apoyadas solo abajo	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura, apoyadas arriba y abajo	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles[1]
• mampostería no reforzada, separada lateralmente de la estructura ,apoyadas solo abajo	2.5	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles[1]
• mampostería no reforzada, confinada por la estructura	1.0	No se permite este tipo de elemento no estructural		No dúctiles[2]
Muros que encierran puntos fijos y ductos de escaleras, ascensores, y otros	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos[1]
Muros divisorios y particiones				
• corredores en áreas públicas	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos[1]
• muros divisorios de altura total	1.0	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos[1]
• muros divisorios de altura parcial	2.5	No dúctiles	No dúctiles	Húmedos[1]
Elementos en voladizo vertical				
• áticos, parapetos y chimeneas	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Anclaje de enchapes de fachada	1.0	Dúctiles	No dúctiles	Húmedos
Altillos	1.5	Dúctiles	No dúctiles	No dúctiles
Cielos rasos	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido[3]
Anaqueles, estanterías y bibliotecas de más de 2.50 m de altura, incluyendo el contenido				
• Diseñadas de acuerdo al Título F	2.5	Especiales	Dúctiles	No requerido[3]
• Otras	2.5	Dúctiles	No dúctiles	No requerido[3]
Tejas	1.0	No dúctiles	No dúctiles	No requerido[3]

Tabla 9. Clasificación de elementos no estructurales. Fuente: NSR-10 Título A.

Estructura apoyada sobre placa	Nivel	ax	Aa	I
1	N+3.50	0.825	0.15	1.10

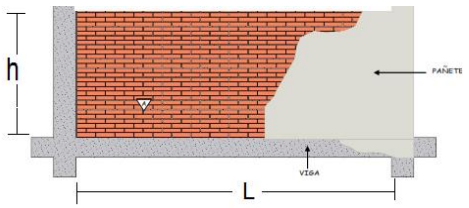
Descripción del elemento no estructural según tabla A.9.5-1	Desempeño	ap	Anclaje	Rp
Muros divisorios y particiones de altura parcial	bueno	2.5	No dúctiles	1.50

La fuerza sísmica de diseño para este elemento no estructural se calcula de la siguiente forma:

$$F_p = \frac{a_x * a_p}{R_p} * g * Mp \geq \frac{A_a * I}{2} * g * M_p$$

material del elemento no estructural	Densidad	L elemento	H elemento	e elemento
Mamposteria de arcilla	1850 Kg/m3	28.26 m	1.00 m	0.12 m

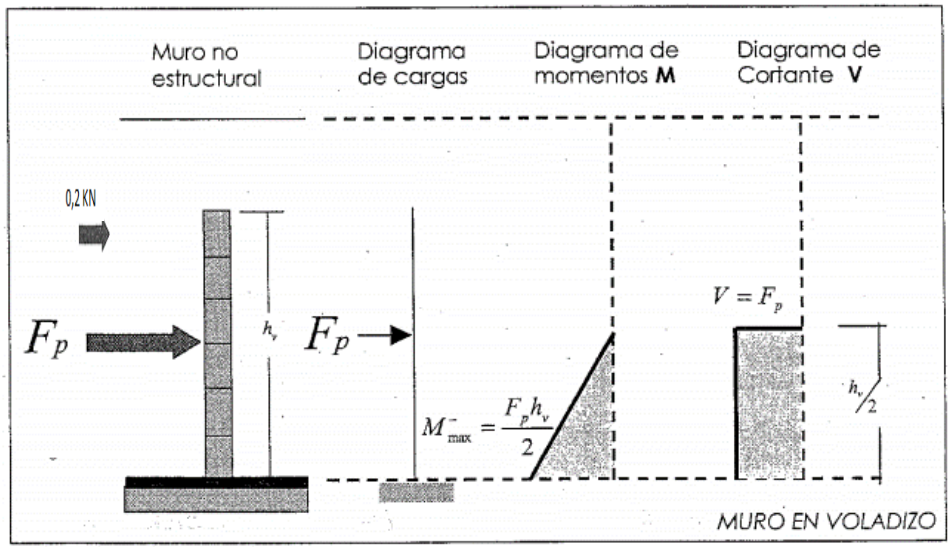
Mp	639.52 Kg



$$F_p = \frac{a_x a_p}{R_p} g M_p \geq \frac{A_a I}{2} g M_p$$

Fp	8626.37 Kgf
	84.6 KN

la fuerza Fp se aplica en el centroide del muro



M req.	42.41 KN-m
V req.	84.82 KN

debido a que no se puede establecer un valor de la capacidad de la mamposteria para soportar esfuerzos a tracción, los elementos que soportaran los esfuerzos tanto de momento, como de cortante seran columnetas de concreto.

la capacidad de una columneta de concreto para soportar momentos es:

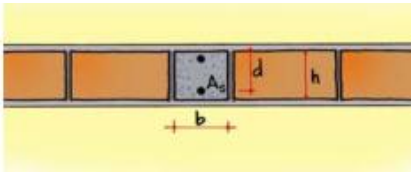
$$M_n = \rho f_y b d^2 \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_y}{f'_c}\right)$$

la capacidad de una columneta de concreto para soportar esfuerzos de cortante es:

$$V_n = 0.6 A_{st} f_y$$

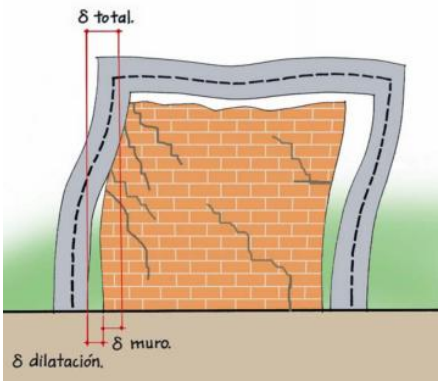
h (cm)	**12.00**
r (cm)	3.00
b (cm)	**17.00**
d (cm)	9.00
fy (Mpa)	420.0
f´c (Mpa)	21.0

Ast	4	ø 3/8 "	2.85 cm2.



Mn total	47.12 KN-m	la cantidad mínima de columnetas requerida
Mn por columneta	9.42 KN-m	es de 2, una a cada lado del muro,
M Max	9424.96 N-m	la cantidad de columnetas puestas en el muro
K	6.84 KN-m	es de : **5**
m	23.53	
ρ	0.0000	
Asv cal	0.02 cm2.	ok

Vn	113.10 KN-m	<	359.13 KN-m	ok



la deformación total maximo del portico sera la deriva, del 1%. La altura del muro es de: 1.00 m luego la dilatación sera de: 1cm

Tabla 10. Diseño de mampostería.