



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

**Evaluación de desempeño sísmico de dos sistemas estructurales de hormigón armado para edificios escolares de baja altura, utilizando un análisis estático no lineal.**

**Integrantes:**

Livi Quichimbo, Lester Josue.

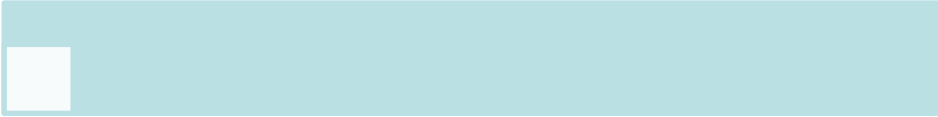
López Díaz Cristian Fabián.

**Director:** Dr. Antonio Cando L.

28 de agosto de 2023



# CONTENIDO:



- INTRODUCCIÓN.**
  
- EDIFICIOS DE ESTUDIO Y DISEÑO.
  
- MODELACIÓN NO LINEAL DE LOS EDIFICIOS.
  
- EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO SÍSMICO.
  
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

# ANTECEDENTES.

**Haití, 12 de enero de 2010.**

- Terremoto de Mw 7,1.
- Alrededor del 70 % de escuelas dañadas o destruidas.



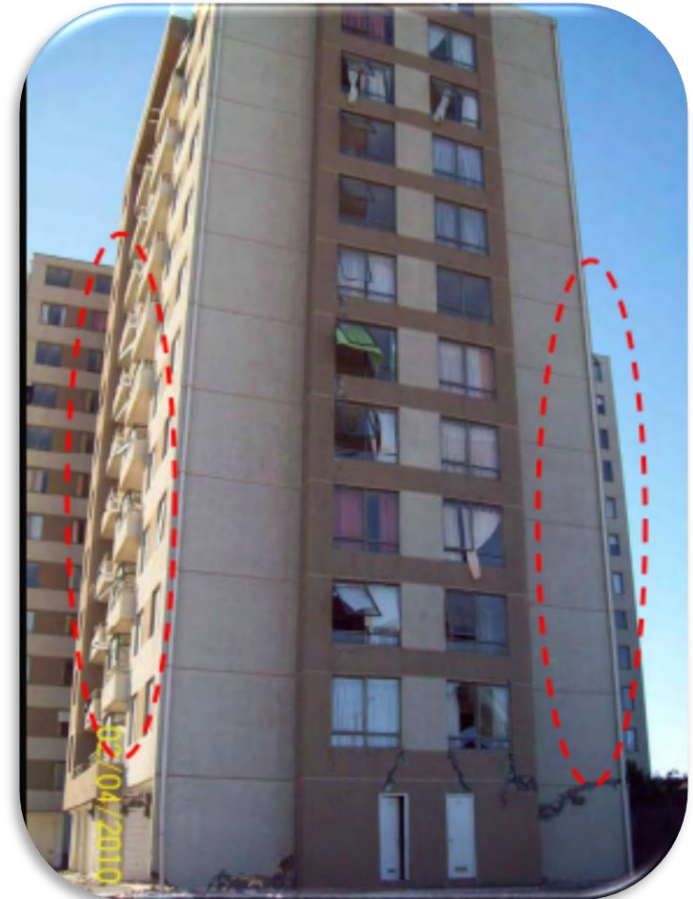
**Ecuador, 16 de abril de 2016.**

- Terremoto Mw 7,8.
- El 23 % de las edificaciones escolares sufrieron tanto daños menores, medianos y severos.



**Chile, 27 de febrero de 2010.**

- Terremoto de Mw 8,8.
- Pocos fueron dañados severamente.



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

- ❑ A nivel Internacional varios autores han investigado el **desempeño sísmico** de la estructuras de escuelas y colegios, y han llegado a la conclusión de la **necesidad de refuerzo**.
- ❑ Moreira, Palma y Villao (2018): Realizaron el análisis de **daños estructurales** causados por sismos en la Unidades Educativas publicas de Calceta, Manabí después del terremoto del 16 de abril del 2016.

Estas investigaciones se han realizado enfocadas en un tipo de sistema estructural.

**¿Qué efecto tiene el tipo de sistema estructural en el desempeño sísmico de las edificaciones escolares de baja altura?**

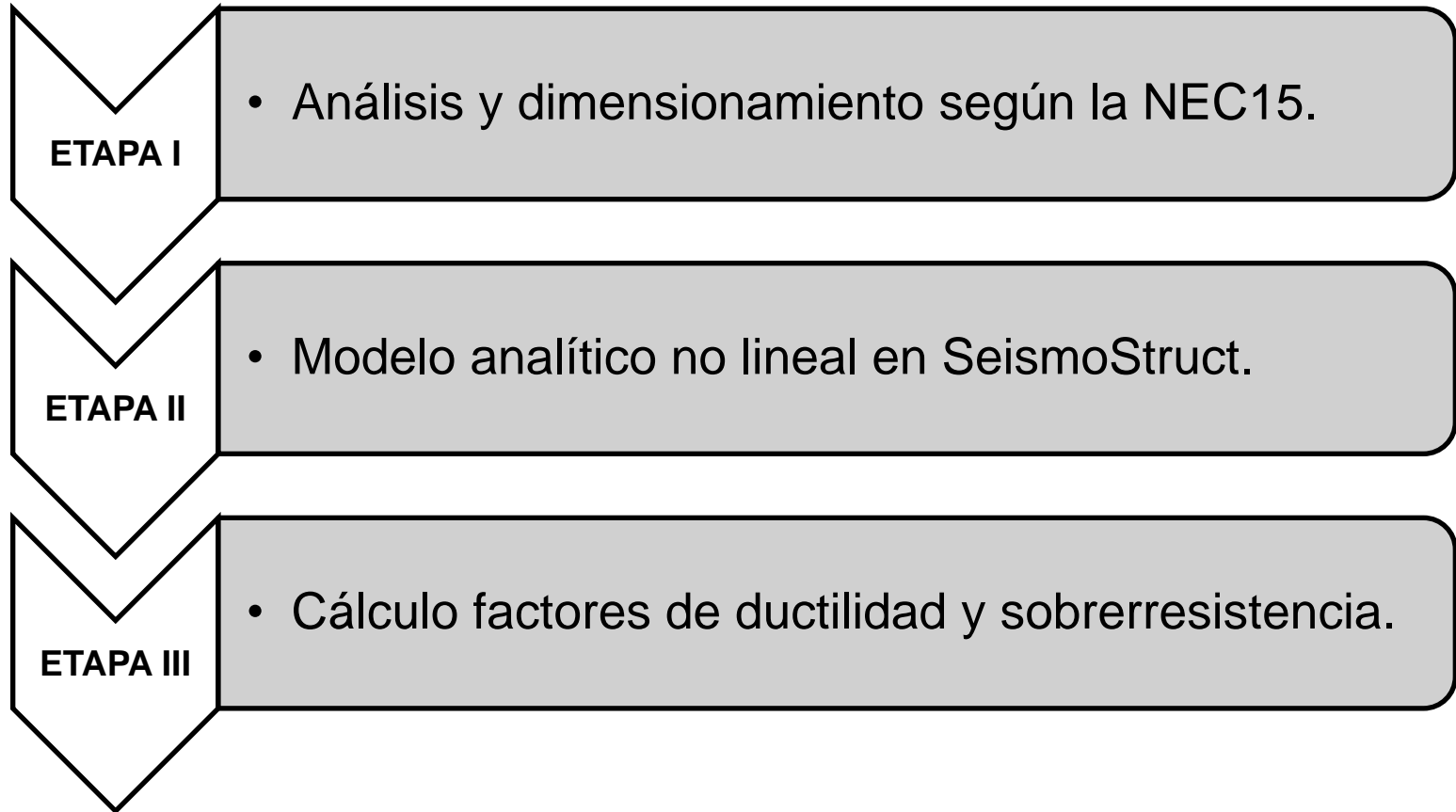
## Objetivo General:

- ❑ Evaluar el **desempeño sísmico** de dos sistemas estructurales de hormigón armado para edificios escolares de baja altura, utilizando un **análisis estático no lineal**.

## Objetivos Específicos:

- ❑ Cuantificar la **respuesta elástica** del sistema estructural de pórticos y del sistema estructural de muros
- ❑ Cuantificar los factores de **ductilidad de desplazamiento** y de **sobrerresistencia** del sistema estructural de pórticos y del sistema estructural de muros

# METODOLOGÍA.



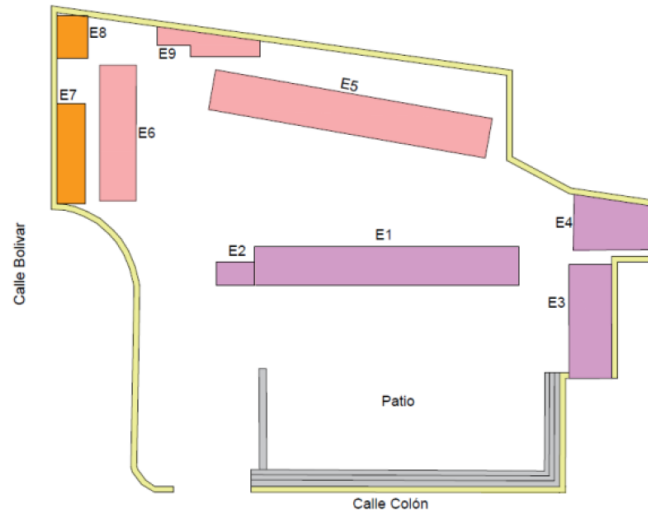
# CONTENIDO:



- INTRODUCCIÓN.
- EDIFICIOS DE ESTUDIO Y DISEÑO.**
- MODELACIÓN NO LINEAL DE LOS EDIFICIOS.
- EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO SÍSMICO.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.



# Unidad Educativa Particular “Santa Ana”



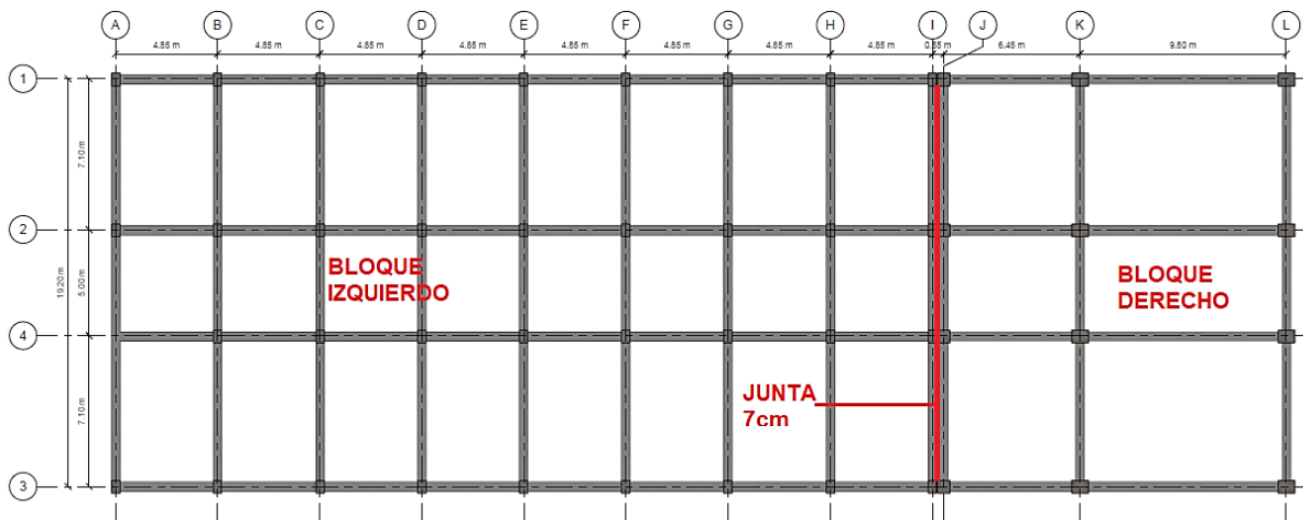
## Características típicas:

1. Piso 1 y 2, pórticos de hormigón armado
2. Piso 3, estructura metálica
3. Mampostería de ladrillo





# Bloque C de aulas UFA-ESPE



## Características típicas:

1. Regular en planta y elevación.
2. Junta de 7 cm
3. Aulas 8mx10m
4. Sistema resistente a carga lateral: PORTICOS
5. Sistema resistente a carga gravitacional: LOSAS EN 2D

# Centro Educativo Juan Pablo I

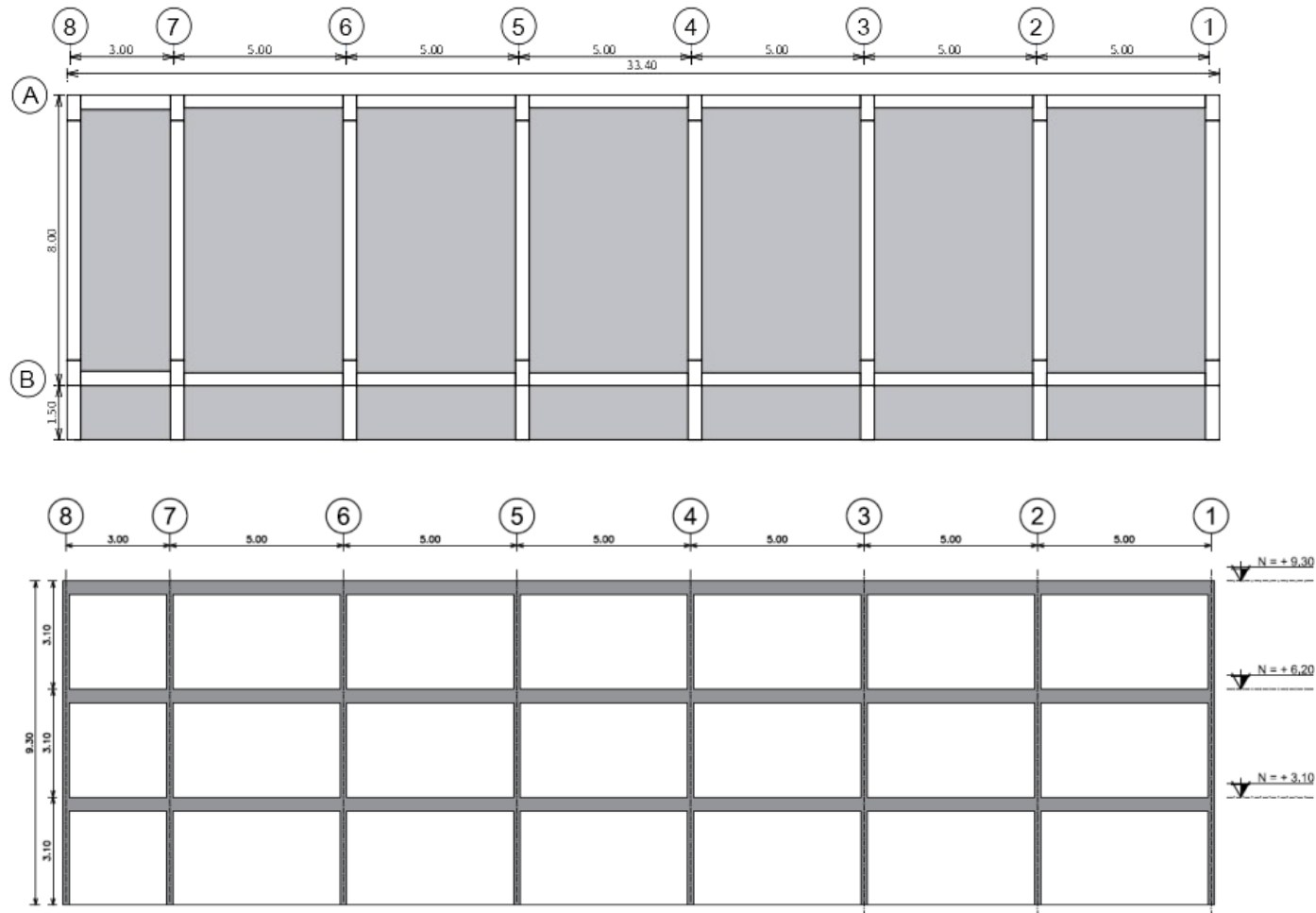


## Características típicas:

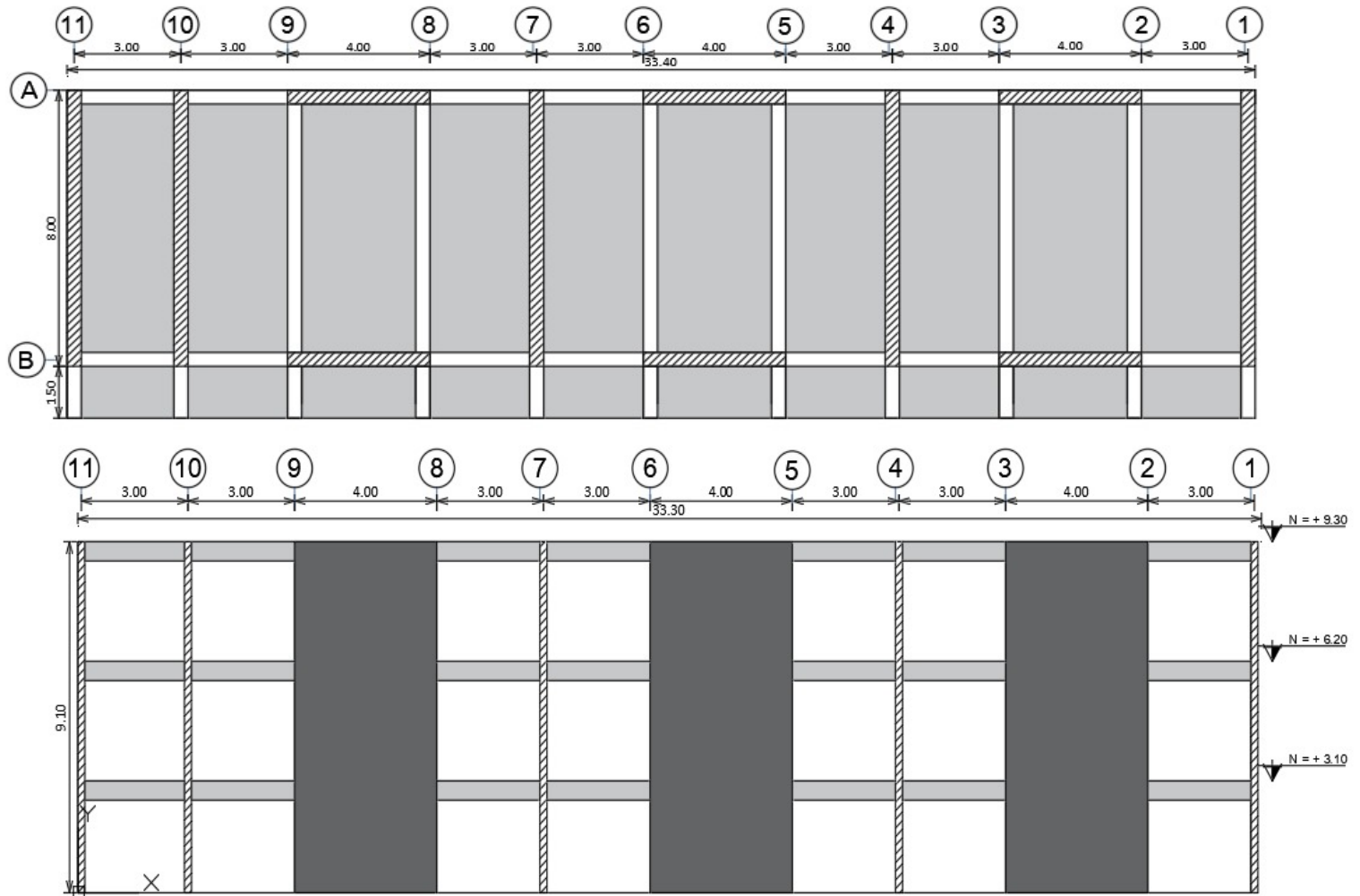
1. Estructura de hormigón armado aporricada.
2. Irregularidad en planta.
3. Uso exclusivo para aulas.

# DEFINICIÓN DE LOS EDIFICIOS DE ESTUDIO

Sistema de pórticos con vigas y columnas: **ARQUETIPO 1**



## Sistema de muros: ARQUETIPO 2



# CARGAS VERTICALES

<b>Losa de entrepiso N. +3,10</b>	
Peso propio de la estructura	Dado por el programa
Enlucido y masillado	88,00 kg/m <sup>2</sup>
Recubrimiento de piso	45,00 kg/m <sup>2</sup>
Peso de mampostería	150,00 kg/m <sup>2</sup>
Instalaciones	17,00 kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta</b>	<b>300,00 kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga viva aulas</b>	<b>205,00 kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga viva corredores 1er piso</b>	<b>490,00 kg/m<sup>2</sup></b>

<b>Losa de entrepiso N. +6,20</b>	
Peso propio de la estructura	Dado por el programa
Enlucido y masillado	88,00 kg/m <sup>2</sup>
Recubrimiento de piso	45,00 kg/m <sup>2</sup>
Peso de mampostería	150,00 kg/m <sup>2</sup>
Instalaciones	17,00 kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta</b>	<b>300,00 kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga viva aulas</b>	<b>205,00 kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga viva corredores 2do piso</b>	<b>410,00 kg/m<sup>2</sup></b>

<b>Losa de entrepiso N. +9,30</b>	
Peso propio de la estructura	Dado por el programa
Enlucido y masillado	88,00 kg/m <sup>2</sup>
Recubrimiento de piso	45,00 kg/m <sup>2</sup>
Peso de mampostería	0,00 kg/m <sup>2</sup>
Instalaciones	17,00 kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta</b>	<b>150,00 kg/m<sup>2</sup></b>
<b>Carga viva losa inaccesible</b>	<b>105,00 kg/m<sup>2</sup></b>

# CARGAS LATERALES

## Arquetipo 1

PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO				
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	VALOR	OBSERVACIONES	NEC_SE_DS
Altura máxima del edificio	hn (m)	9.30	Altura del edificio	
Clasificación del perfil de suelo		<b>Tipo C</b>	Suelos muy densos o roca blanda	3.2.1
Coefficiente de región	$\eta$	2.48	Para la sierra, esmeraldas y galápagos	3.3.1
Factor de zona sísmica	Z	0.40	Peligro sísmico alto	3.1.1
Coefficientes de perfil de suelo	Fa	1.20	Suelo tipo C, zona sísmica V	3.2.2
	Fd	1.11	Suelo tipo C, zona sísmica V	3.2.2
	Fs	1.11	Suelo tipo C, zona sísmica V	3.2.2
Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico	Tc (s)	0.56	$T_c = 0,55 F_s (F_d / F_a)$	3.3.1
Tipo de arriostramiento	C <sub>t</sub>	0.055	Sin muros estructurales ni diagonales	6.3.3
	$\alpha$	0.90	Sin muros estructurales ni diagonales	6.3.3
Periodo fundamental de vibración	T (s)	0.41	$T = C_t h_n^\alpha$	6.3.3
Factor usado en el espectro de diseño elástico	r	1.00	Para todos los suelos, excepto E.	3.3.1
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	Sa (g)	1.19	Sa = n Z Fa para $0 \leq T \leq T_c$	3.3.1
			Sa = n Z Fa (Tc / T) <sup>r</sup> para T > Tc	
Coefficiente de importancia	I	<b>1.30</b>	Estructuras de ocupación especial	4.1
Coefficiente de configuración estructural en planta	$\Phi_p$	1.00	Ningún tipo de irregularidad	5.2.3
Coefficiente de configuración estructural en elevación	$\Phi_E$	1.00	Ningún tipo de irregularidad	5.2.3
Factor de reducción de resistencia sísmica	R	<b>8.00</b>	Vigas descolgadas de hormigón armado	6.3.4.
Coefficiente relacionado con el periodo de vibración T	k	1.00	k = 1; para T(s) ≤ 0,5	6.3.5
			k = 0,75 + 0,50 T; para 0,5 < T(s) < 2,5	
			k = 2; para T(s) ≥ 2,5	
Porcentaje de cortante basal	<b>V(%)</b>	<b>0.193</b>	$V = (I S_a(T_a)) / (R \Phi_p \Phi_E) W$	6.3.2



# CARGAS LATERALES

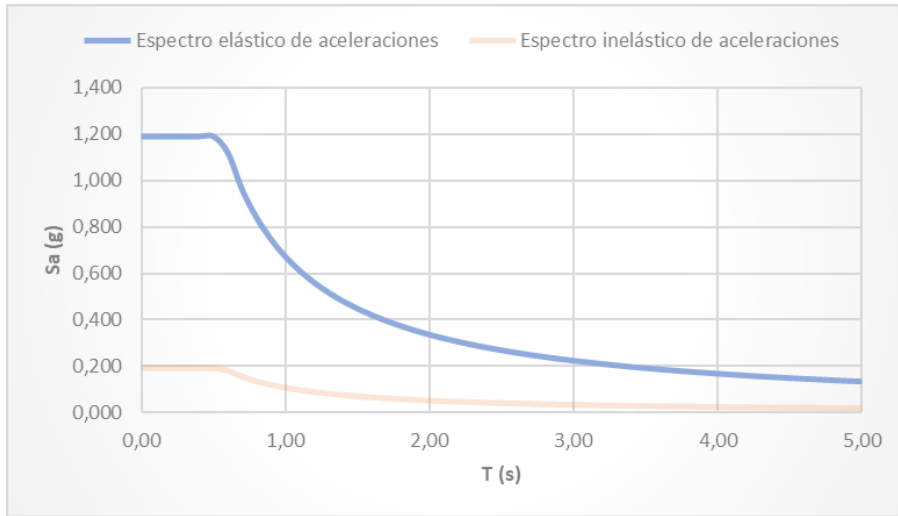
## Arquetipo 2

PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO				
DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	VALOR	OBSERVACIONES	NEC_SE_DS
Altura máxima del edificio	hn (m)	9.30	Altura del edificio	
Clasificación del perfil de suelo		<b>Tipo C</b>	Suelos muy densos o roca blanda	3.2.1
Coefficiente de región	$\eta$	2.48	Para la sierra, esmeraldas y galápagos	3.3.1
Factor de zona sísmica	Z	0.40	Peligro sísmico alto	3.1.1
Coefficientes de perfil de suelo	Fa	1.20	Suelo tipo C, zona sísmica V	3.2.2
	Fd	1.11	Suelo tipo C, zona sísmica V	3.2.2
	Fs	1.11	Suelo tipo C, zona sísmica V	3.2.2
Periodo límite de vibración en el espectro sísmico elástico	Tc (s)	0.56	Tc = 0,55 Fs (Fd / Fa)	3.3.1
Tipo de arriostramiento	Ct	0.055	Con muros estructurales	6.3.3
	$\alpha$	0.75	Con muros estructurales	6.3.3
Periodo fundamental de vibración	T (s)	0.29	T = Ct hn $^{\alpha}$	6.3.3
Factor usado en el espectro de diseño elástico	r	1.00	Para todos los suelos, excepto E.	3.3.1
Espectro de respuesta elástico de aceleraciones	Sa (g)	1.19	Sa = n Z Fa para 0 ≤ T ≤ Tc	3.3.1
			Sa = n Z Fa (Tc / T) $^r$ para T > Tc	
Coefficiente de importancia	I	<b>1.30</b>	Estructuras de ocupación especial	4.1
Coefficiente de configuración estructural en planta	$\Phi_p$	1.00	Ningún tipo de irregularidad	5.2.3
Coefficiente de configuración estructural en elevación	$\Phi_E$	1.00	Ningún tipo de irregularidad	5.2.3
Factor de reducción de resistencia sísmica	R	<b>5.00</b>	Vigas descolgadas de hormigón armado	6.3.4.
Coefficiente relacionado con el periodo de vibración T	k	1.00	k = 1; para T(s) ≤ 0,5	6.3.5
			k = 0,75 + 0,50 T; para 0,5 < T(s) < 2,5	
			k = 2; para T(s) ≥ 2,5	
Porcentaje de cortante basal	<b>V(%)</b>	<b>0.3095</b>	V = (I Sa(Ta)) / (R $\Phi_p$ $\Phi_E$ ) W	6.3.2

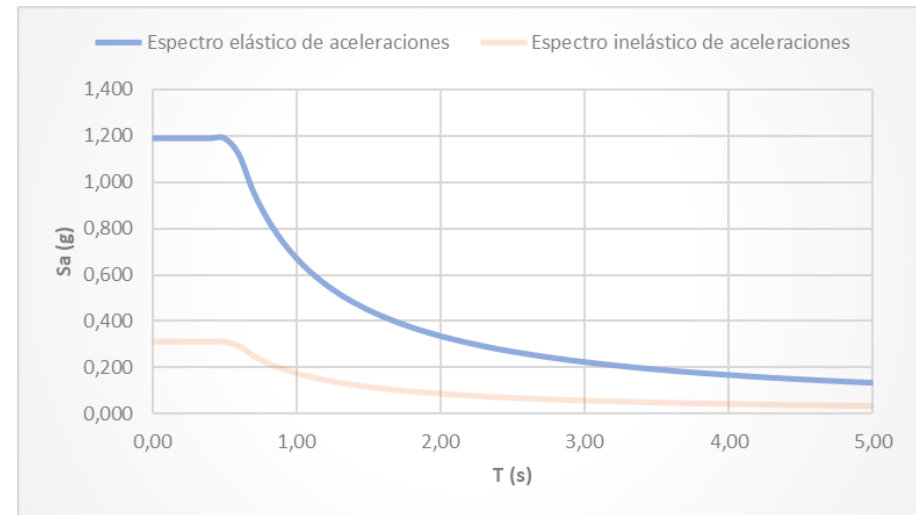


# ESPECTROS ELÁSTICOS E INELÁSTICOS

## Arquetipo 1

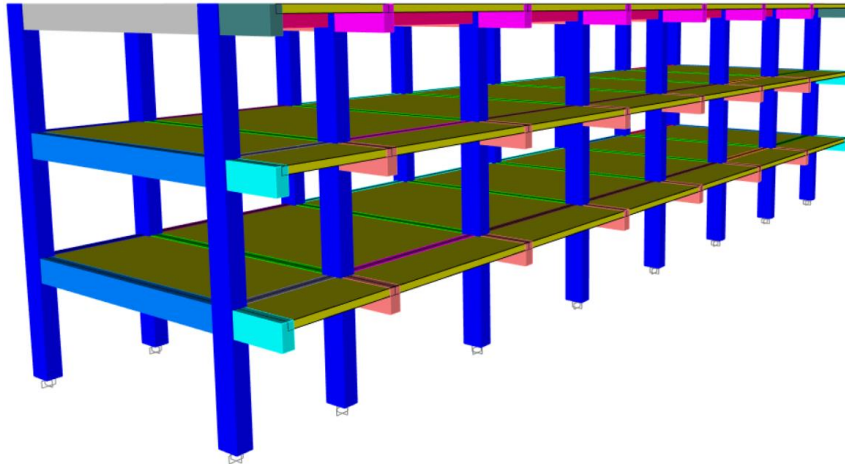


## Arquetipo 2

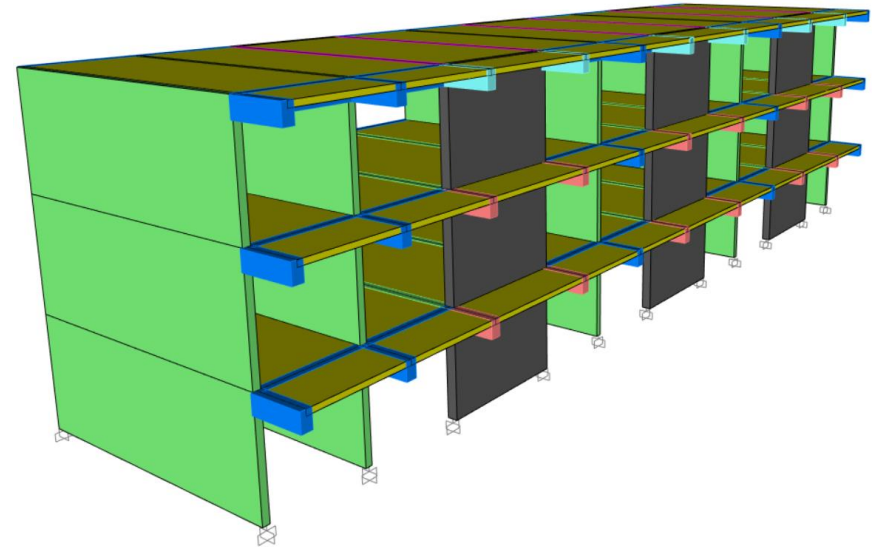


# MODELO 3D PARA EL ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL

## Arquetipo 1



## Arquetipo 2



### MATERIALES

Esfuerzo de compresión del hormigón:  $f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2}$

Esfuerzo de fluencia de acero:  $f_y = 4200 \frac{kg}{cm^2}$

### LOSA TIPO MEMBRANA

Edificio	Altura losa	Peso losa alivianada	$h_e$ losa maciza
Arquetipo 1	25 cm	388.8 Kg/m <sup>2</sup>	18.05 cm
Arquetipo 2	20 cm	329.6 Kg/m <sup>3</sup>	14.50 cm

### INERCIAS DE LOS ELEMENTOS

Vigas: 1.0 I<sub>g</sub>

Columnas: 0.8 I<sub>g</sub>

Muros: 0.6 I<sub>g</sub>

**Nota:** (Nilson, 2001) considera el aporte de la losa como una viga descolada tipo T.

### COMBINACIONES DE CARGA

Nombre	Combinación
Combo 1	1.4 D
Combo 2	1.2 D + 1.6 L
Combo 3	1.2 D + L + 1.0 E
Combo 4	0.9 D + 1.0 E

# ANÁLISIS ESTRUCTURAL

- Control de cortante basal mínimo

Edificio	Sentido	Corte Basal Estático	Corte Basal Dinámico	$0.8*V_{est.}$	$V_{din.}>0.8*V_{est.}$	$f_v$	Cortante de diseño
Arquetipo 1	X	163.25	139.26	130.60	OK	-	139.26
	Y	163.25	133.74	130.60	OK	-	133.74
Arquetipo 2	X	279.10	218.43	223.28	NO CUMPLE	1.0222	223.28
	Y	279.10	211.04	223.28	NO CUMPLE	1.0580	223.28

- Periodos de vibración y participación de masa modal

## Arquetipo 1

Modo	Periodo (s)	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	0.44	0.84	0.00	0.84	0.00	0.02	0.02
2	0.41	0.01	0.78	0.84	0.78	0.04	0.07
3	0.37	0.02	0.05	0.86	0.83	0.77	0.83
4	0.14	0.11	0.00	0.97	0.83	0.00	0.84
5	0.12	0.00	0.12	0.97	0.95	0.01	0.85
6	0.11	0.00	0.01	0.97	0.96	0.12	0.96
7	0.08	0.03	0.00	1.00	0.96	0.00	0.96
8	0.06	0.00	0.03	1.00	1.00	0.00	0.97
9	0.06	0.00	0.00	1.00	1.00	0.03	1.00

## Arquetipo 2

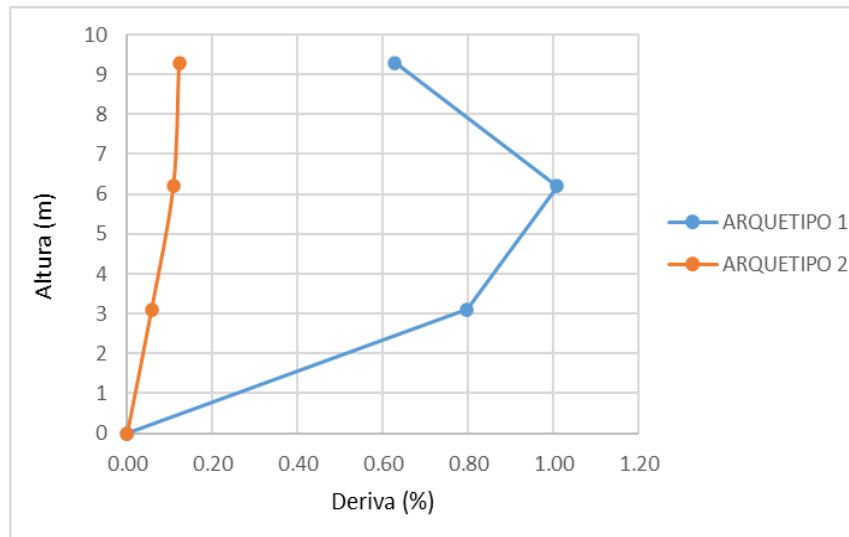
Modo	Periodo (s)	UX	UY	SumUX	SumUY	RZ	SumRZ
1	0.15	0.75	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00
2	0.08	0.00	0.72	0.75	0.72	0.09	0.09
3	0.06	0.00	0.08	0.75	0.81	0.72	0.80
4	0.04	0.22	0.00	0.97	0.81	0.00	0.80
5	0.03	0.00	0.16	0.97	0.96	0.02	0.82
6	0.02	0.00	0.02	0.97	0.98	0.16	0.98
7	0.02	0.03	0.00	1.00	0.98	0.00	0.98
8	0.02	0.00	0.02	1.00	1.00	0.00	0.98
9	0.01	0.00	0.00	1.00	1.00	0.02	1.00

- **Características dinámicas**

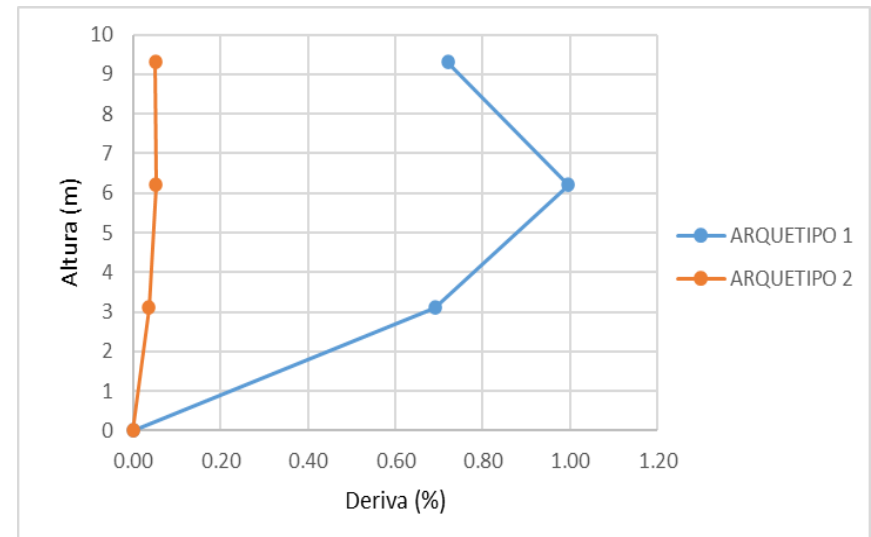
Edificio	H (m)	T (s)	W (Tn)	V <sub>x</sub> (Tn)	V <sub>y</sub> (Tn)	Δ <sub>x</sub> (%)	Δ <sub>y</sub> (%)
Arquetipo 1	9.30	0.44	863.26	139.26	133.74	1.02	1.00
Arquetipo 2	9.30	0.15	953.92	223.28	223.28	0.12	0.05

- **Derivas de piso inelásticas**

**Sentido X**



**Sentido Y**



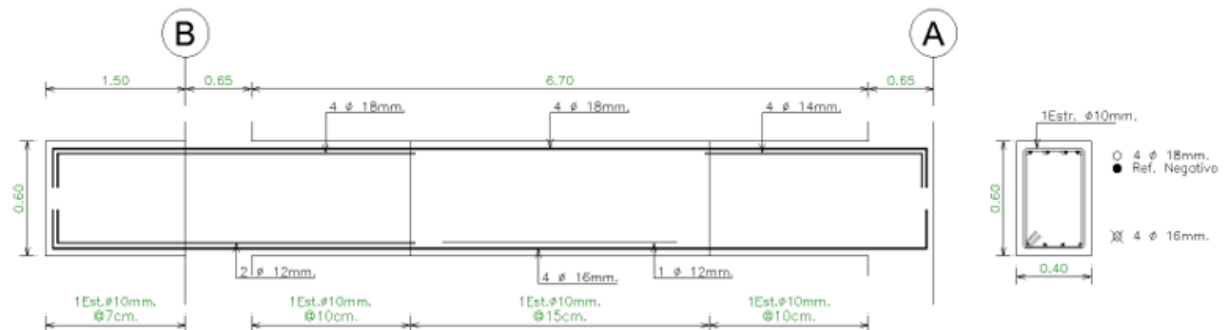
# DIMENSIONAMIENTO VIGAS

## Área de acero calculado

	B		A	
$As^-$ (cm <sup>2</sup> )	8.64	20.76	8.64	16.35
$As^+$ (cm <sup>2</sup> )	7.23	9.72	8.52	7.78

## Área de acero real

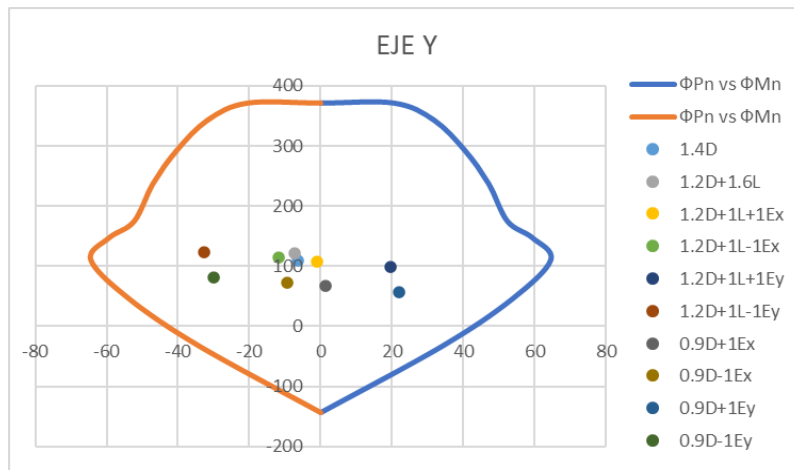
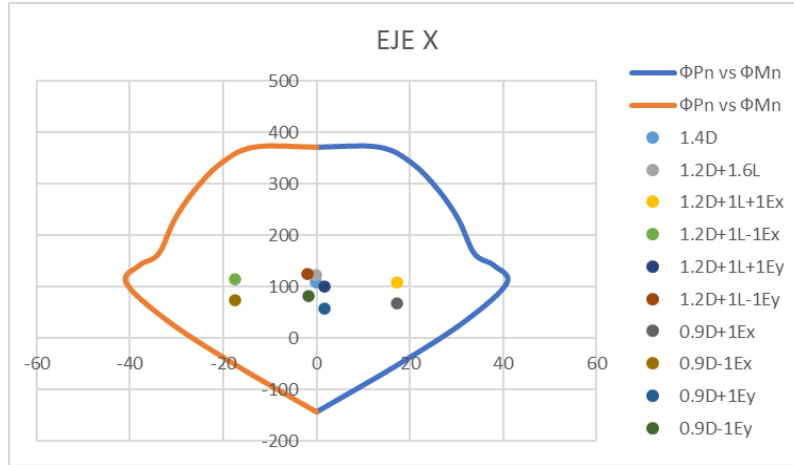
	B		A	
$As^-$ (cm <sup>2</sup> )	20.36	20.36	10.18	16.34
$As^+$ (cm <sup>2</sup> )	10.30	10.30	9.17	8.04



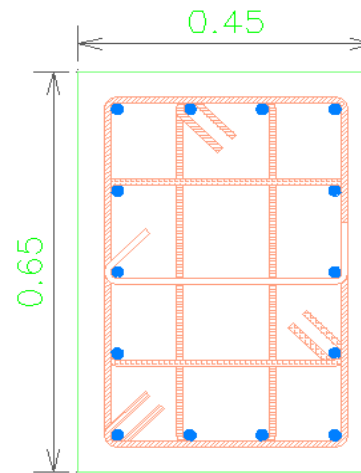
VIGA EJE 2 - EJE 3 - EJE 4 - EJE 5 - EJE 6 - EJE 7

# DIMENSIONAMIENTO DE COLUMNAS

- Flexo-compresión



## Detalle de armado de la columna

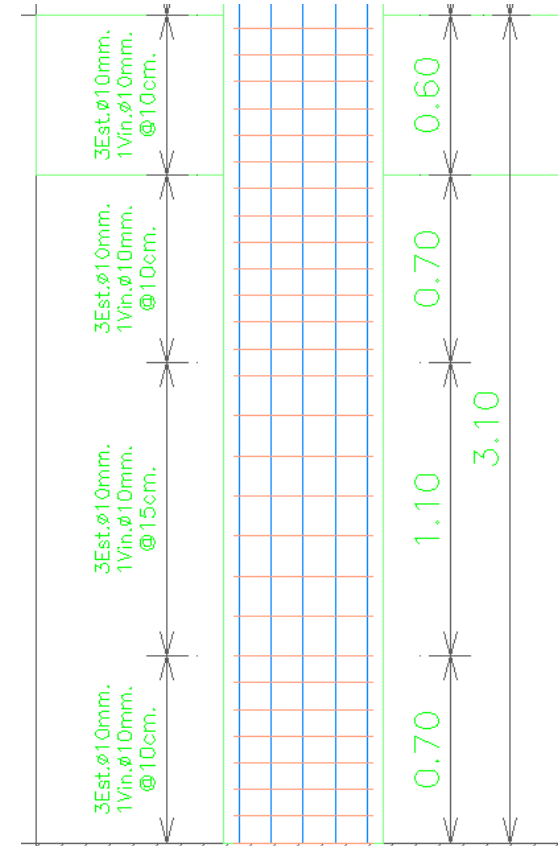


● 14  $\varnothing$  18mm.  
3Est.  $\varnothing$ 10mm.  
1Vin.  $\varnothing$ 10mm.

**NEC 15**

$$0.01 \leq \rho \leq 0.03$$

$$\rho = 0.0122$$



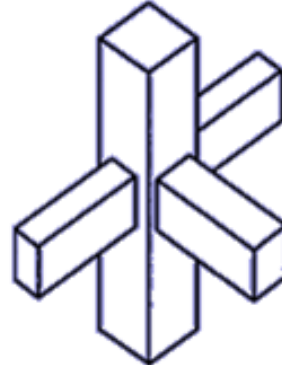
# CONEXIONES VIGA-COLUMNA

## ACI-ASCE352



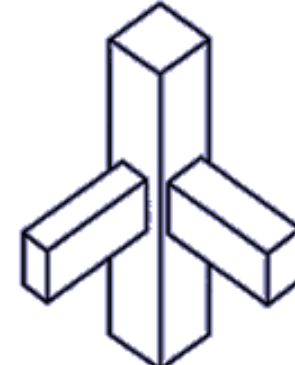
**Interior**

- Adherencia
- Corte
- Confinamiento
- Ubicación rótulas plásticas



**Exterior**

- Anclaje
- Adherencia
- Corte
- Confinamiento
- Ubicación rótulas plásticas



**Esquinero**

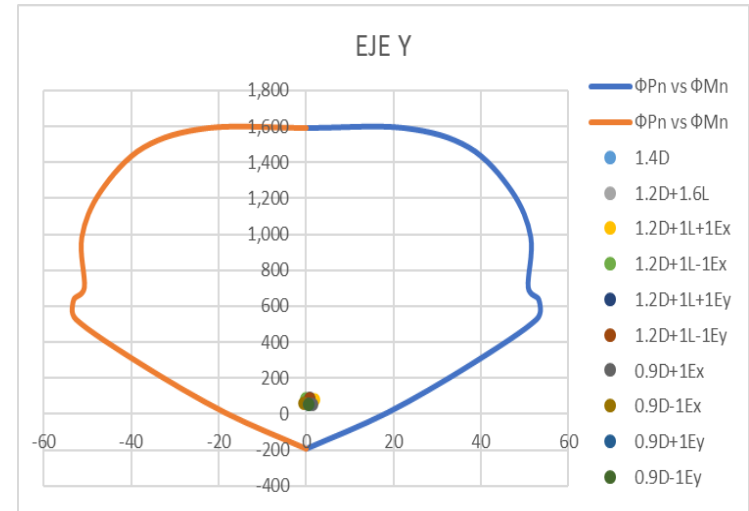
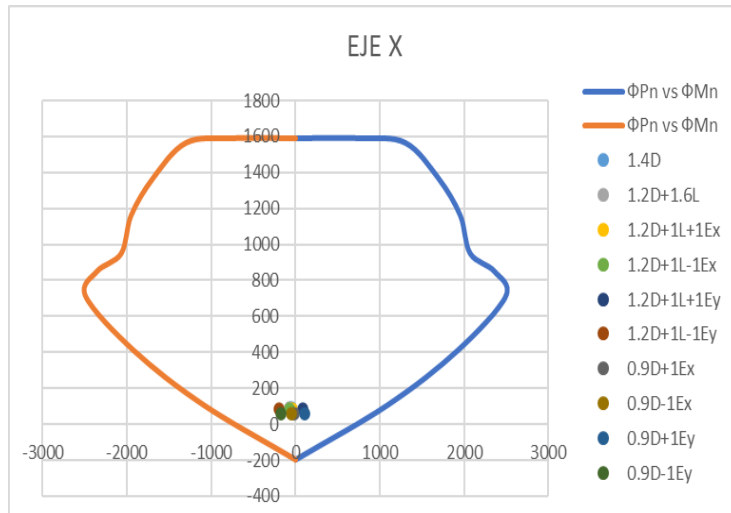
- Anclaje
- Corte
- Confinamiento
- Ubicación rótulas plásticas



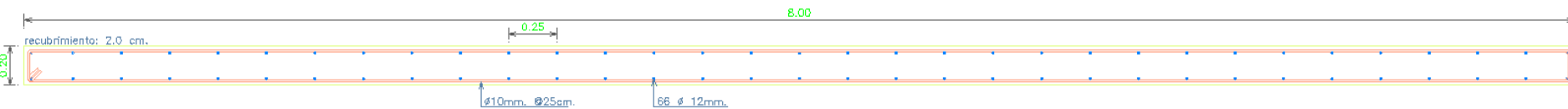
# DIMENSIONAMIENTO DE MUROS

## Muro corto de espesor $e = 20$ cm

- Flexo-compresión**



### Detalle de armado del muro



**NEC 15**

$$\rho_l \geq 0.0025 \quad \rho_t \geq 0.0025$$

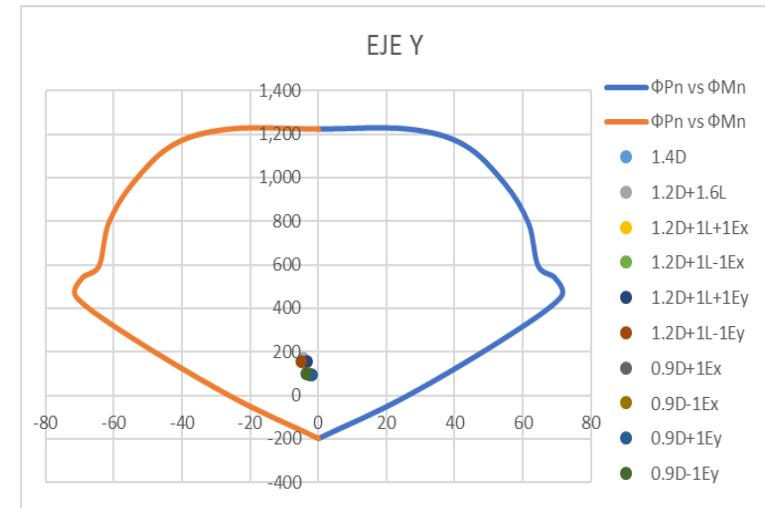
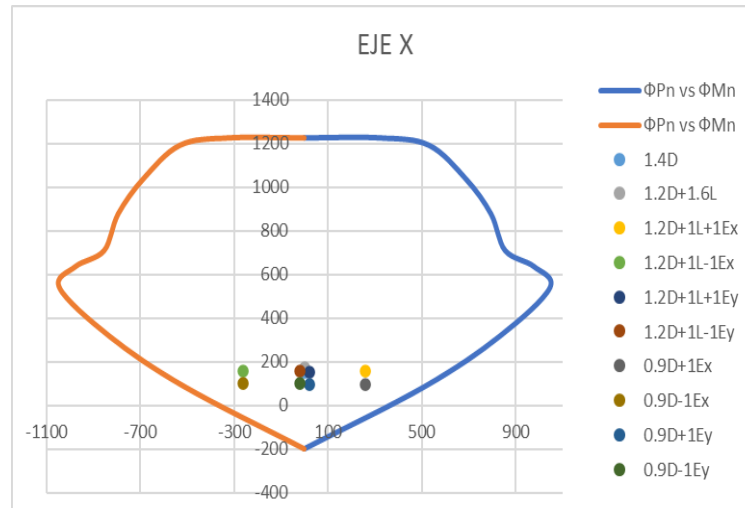
$$\rho_l = 0.0047$$

$$\rho_t = 0.0031$$

# DIMENSIONAMIENTO DE MUROS

## Muro esbelto de espesor $e = 25$ cm

- Flexo-compresión



Alma

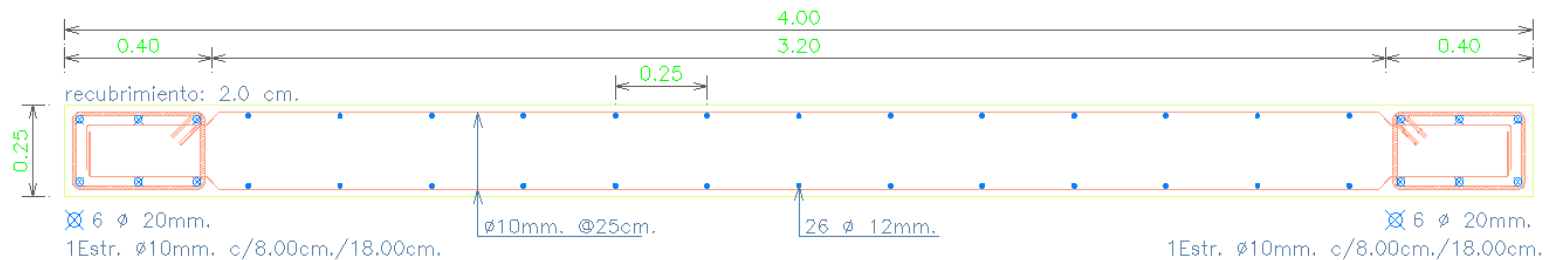
Detalle de armado del muro

$$\rho_l = 0.0037$$

$$\rho_t = 0.0025$$

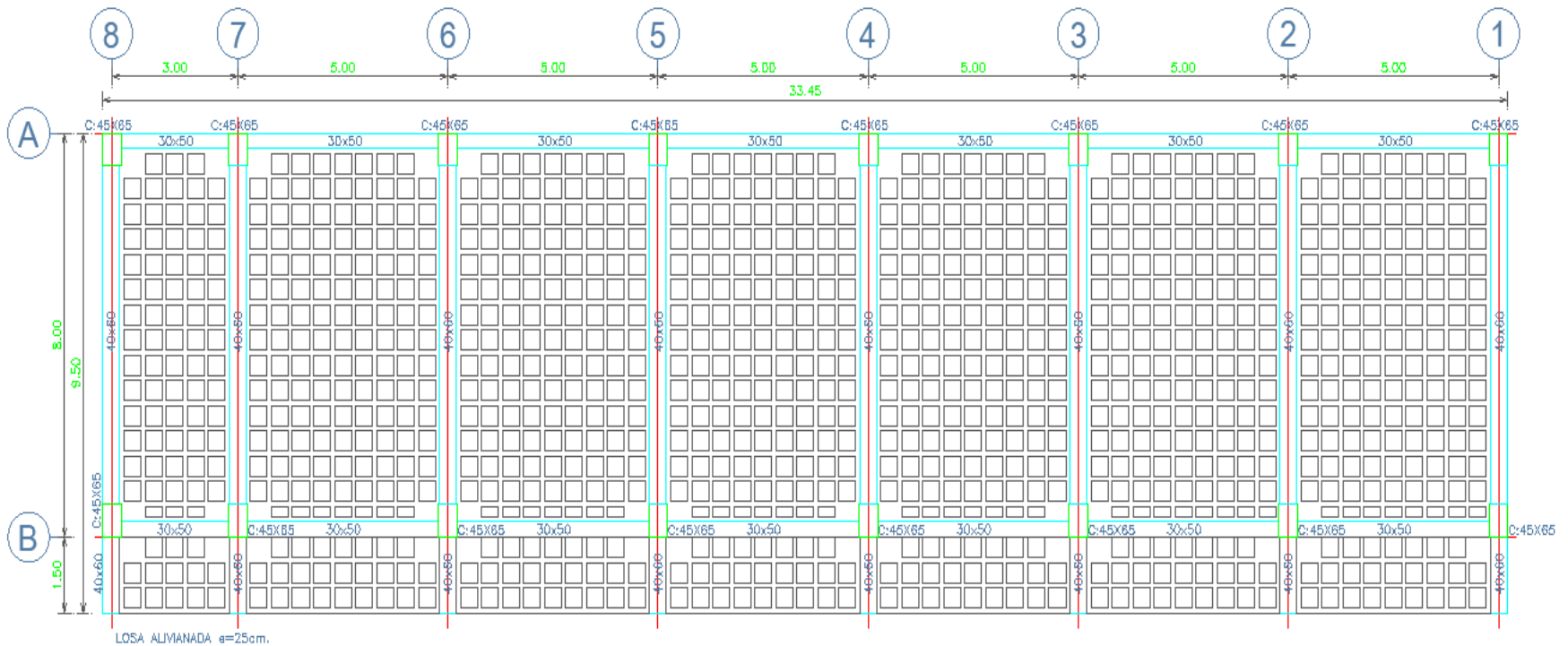
Cabezales

$$\rho = 0.0188$$



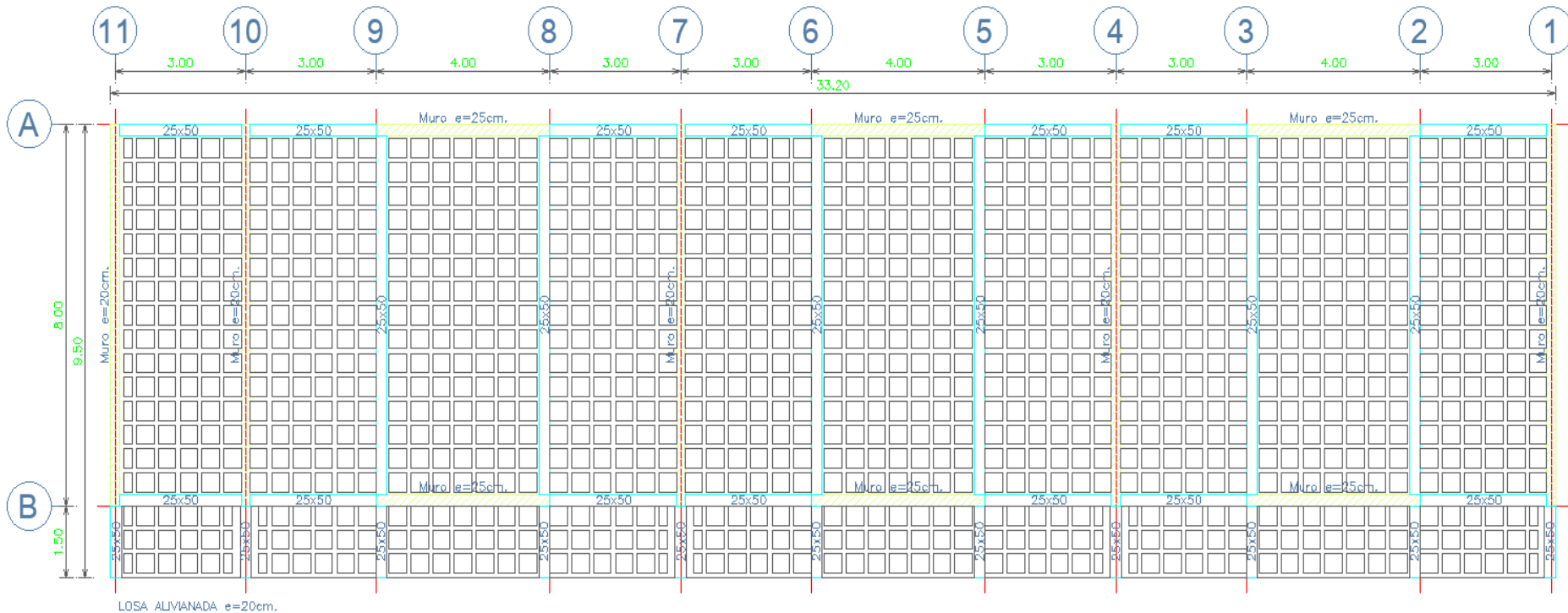
# DIMENSIONES DEL ARQUETIPO 1

Piso	Columnas	Vigas longitudinales	Vigas transversales
1	45x65	30x50	40x60
2	45x65	30x50	40x60
3	45x65	30x50	40x60

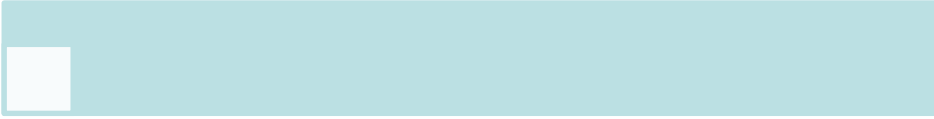


# DIMENSIONES DEL ARQUETIPO 2

Piso	Muros longitudinales	Muros transversales	Vigas
1	20x800	25x400	25x50
2	20x800	25x400	25x50
3	20x800	25x400	25x50

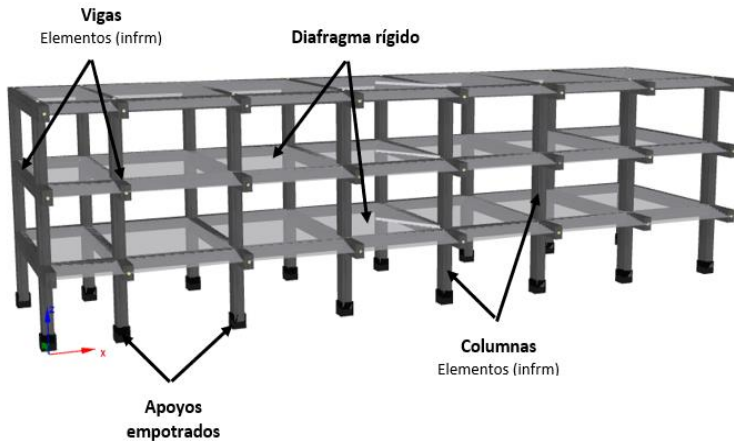


# CONTENIDO:

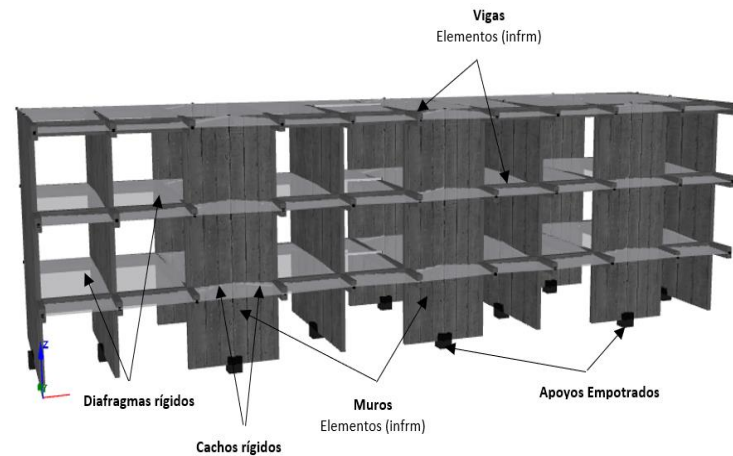


- INTRODUCCIÓN.
- EDIFICIOS DE ESTUDIO Y DISEÑO.
- MODELACIÓN NO LINEAL DE LOS EDIFICIOS.**
- EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO SÍSMICO.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

## Modelo no lineal en 3D de los edificios en **SeismoStruct**.



ARQUETIPO 1



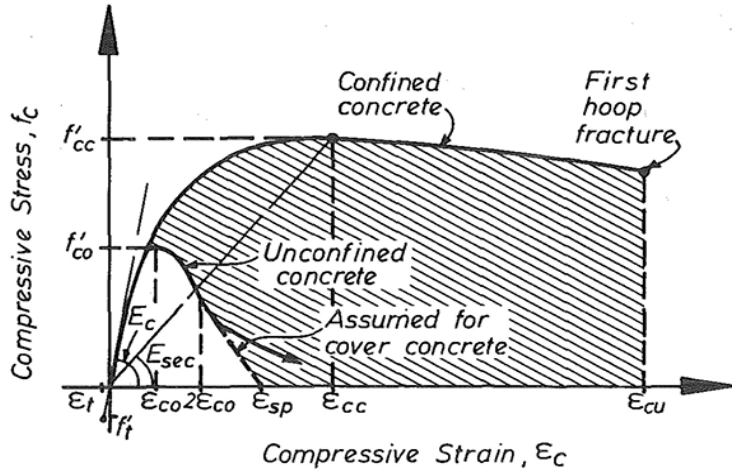
ARQUETIPO 2

- Predice el comportamiento de cualquier tipo de sistema estructural
- Plasticidad distribuida.
- Enfoque de fibras.
- Elementos de basados en fuerzas.

# MODELACIÓN DE MATERIALES.

## Modelo de Mander, modelo uniaxial no lineal del **Hórmigon**.

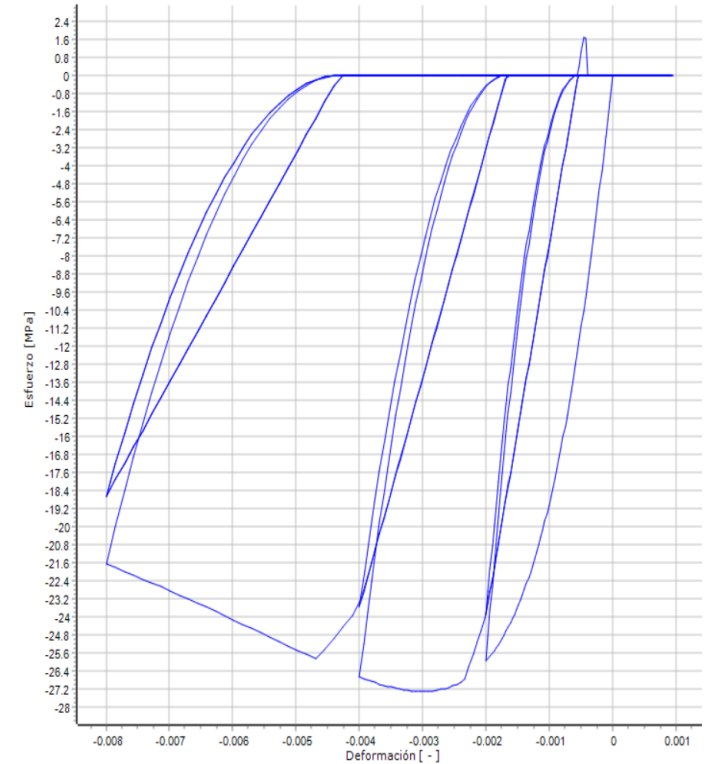
Modelo **esfuerzo-deformación** propuesto para cargas monotónicas de hormigón **confinado y no confinado**.



$$f'_{cc} = k * f'_{co}$$

$$E_c = 5000 * \sqrt{f'_{co}}$$

### Modelo Mander para el hormigón.



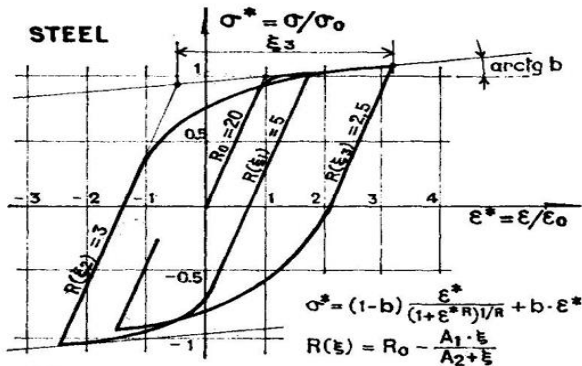
Parámetro	Valor	Unidad
Resistencia a la compresión	27300	KPa
Resistencia a la tracción	2730	KPa
Módulo de elasticidad	26124700.96	KPa
Deformación unitaria al máximo pico de esfuerzo	0.003	mm/mm
Peso específico	24	KN/m <sup>3</sup>



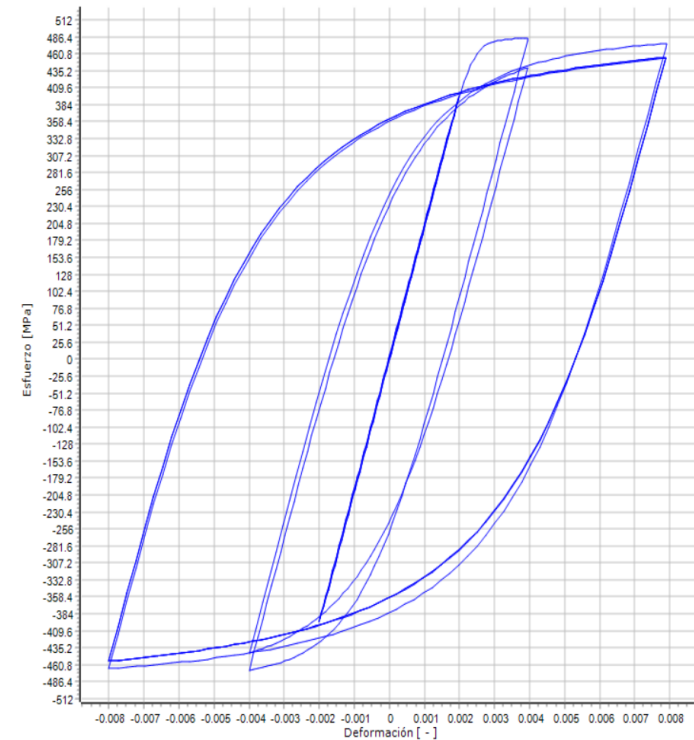
# MODELACIÓN DE MATERIALES.

## Modelo de Menegotto y Pinto para el acero de refuerzo.

Modelo **esfuerzo-deformación** del acero de refuerzo.



Modelo de Menegotto-Pinto para el acero de refuerzo.

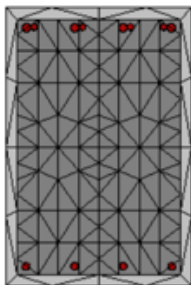


### Parámetros del acero de refuerzo.

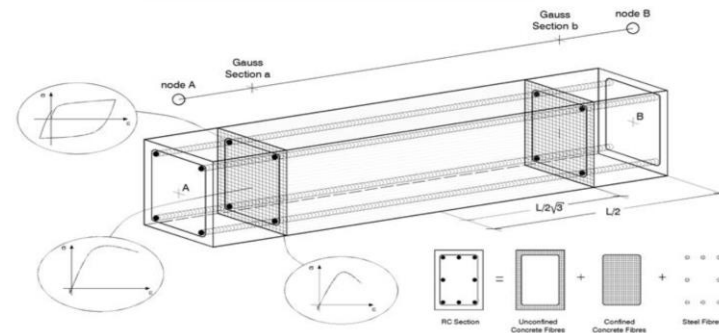
Parámetro	Valor	Unidad
Módulo de elasticidad	200000000	KPa
Límite de fluencia	482633.01	KPa
Parámetro de endurecimiento por deformación	0.005	-
Parámetro de forma inicial de la curva de transición	20	-
Coefficiente de calibración de la forma de la curva de transición A1	18.5	-
Coefficiente de calibración de la forma de la curva de transición A2	0.15	-
Coefficiente de calibración de endurecimiento isotrópico A3	0	-
Coefficiente de calibración de endurecimiento isotrópico A4	1	-
Deformación de rotura / pandeo	0.05	-
Peso específico	78	KN/m <sup>3</sup>

# MODELACIÓN DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

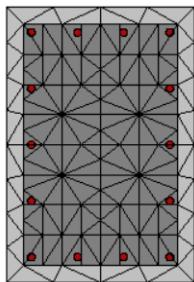
Esquema de discretización de las vigas.



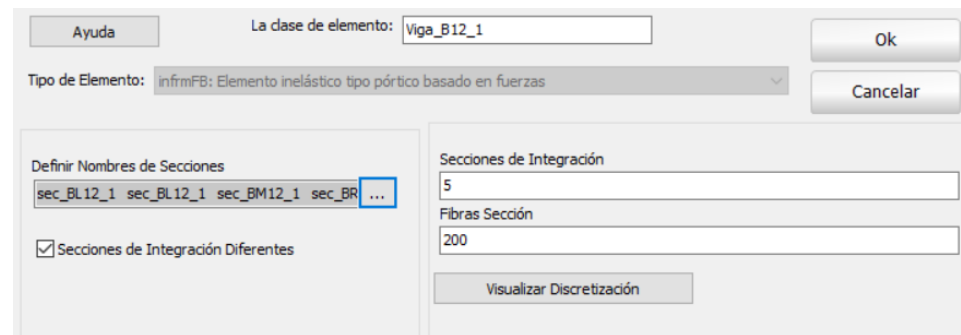
plasticidad distribuida.



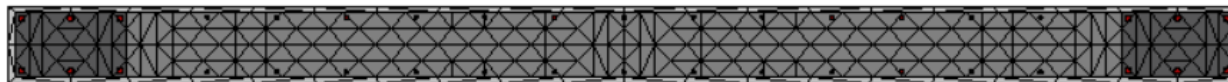
Esquema de discretización de la columna.



Elementos inelásticos de pórtico – infrmFB.



Esquema de discretización del muro confinado.



# CARGA GRAVITACIONAL.

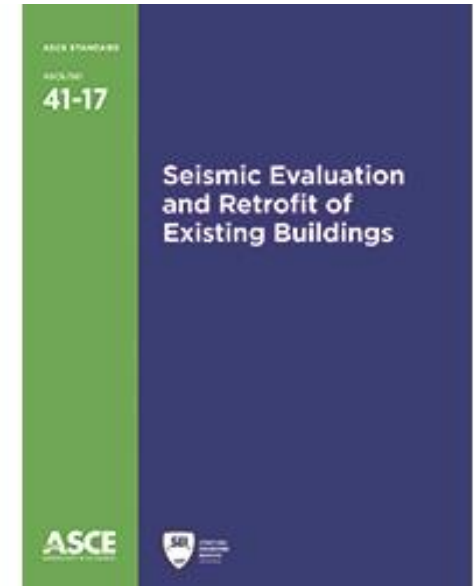
De acuerdo con el ASCE 41-7:

$$Q_G = Q_D + 0.25 * Q_L$$

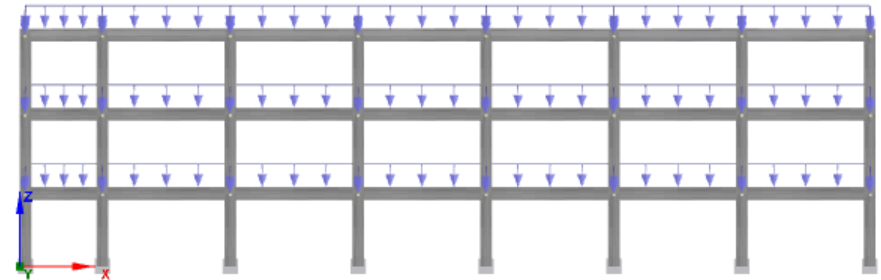
Donde:

$Q_D$  : Carga muerta.

$Q_L$  : Acción causada por carga viva.



Categoría	Nombre Ele...	Dirección	Tipo	Valor
Carga Permanente	B1_1	z	fuerza	-9,697
Carga Permanente	B2_1	z	fuerza	-22,17
Carga Permanente	B3_1	z	fuerza	-24,9474
Carga Permanente	B4_1	z	fuerza	-24,9474
Carga Permanente	B5_1	z	fuerza	-24,9474
Carga Permanente	B6_1	z	fuerza	-24,9474
Carga Permanente	B7_1	z	fuerza	-24,9474
Carga Permanente	B8_1	z	fuerza	-12,4737
Carga Permanente	B9_1	z	fuerza	-5,9671
Carga Permanente	B10_1	z	fuerza	-11,9342
Carga Permanente	B11_1	z	fuerza	-11,9342
Carga Permanente	B12_1	z	fuerza	-11,9342
Carga Permanente	B13_1	z	fuerza	-11,9342
Carga Permanente	B14_1	z	fuerza	-11,9342
Carga Permanente	B15_1	z	fuerza	-11,9342
Carga Permanente	B16_1	z	fuerza	-5,9671
Carga Permanente	B17_1	z	fuerza	-5,9671

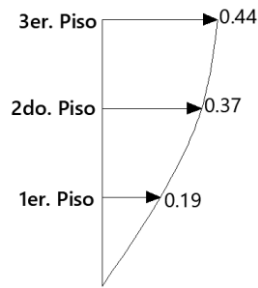
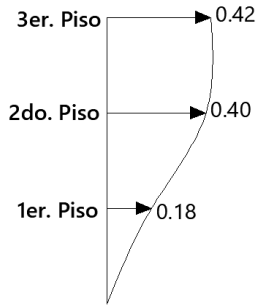


# CARGAS LATERALES.

## Arquetipo 1.

Piso	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
	W (T)	$\phi$ (mm)	F	$W^* \phi$	$\phi$ (mm)	F
1	303.00	0.016	0.18	4.85	0.001	0.30
2	303.00	0.035	0.40	10.60	0.002	0.61
3	240.13	0.047	0.42	11.29	0.003	0.72
$\Sigma$	846.12	-	1	26.74	-	1.63

### Patrón de carga lateral



Carga Incremental

Lista de Nodos

- Nodo\_Control
- n1\_B10
- n1\_B11
- n1\_B12
- n1\_B13
- n1\_B14
- n1\_B15
- n1\_B16
- n1\_B9
- n1\_C10low
- n1\_C10up
- n1\_C11low
- n1\_C11up

Dirección:

Tipo:

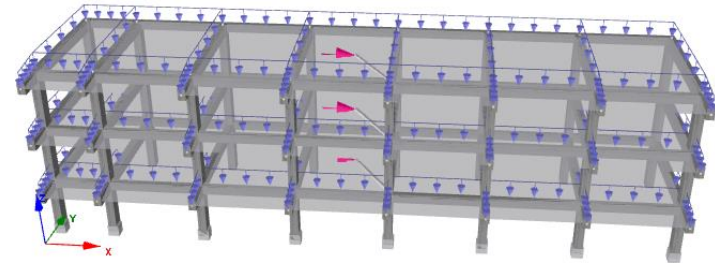
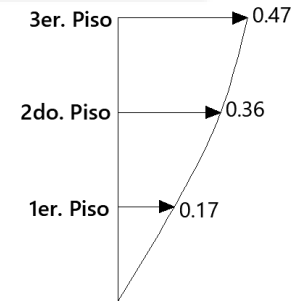
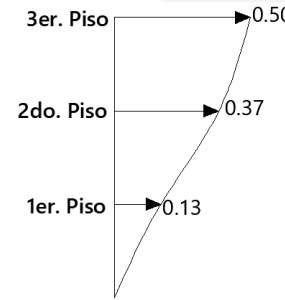
Valor:

Cargas de Nodos					
	Categoría	Nombre Nodo	Dirección	Tipo	Valor
Add	Carga Incremental	Nodo_Control	x	fuerza	0,44
Editar	Carga Incremental	NControl2	x	fuerza	0,38
	Carga Incremental	NControl1	x	fuerza	0,18

## Arquetipo 2.

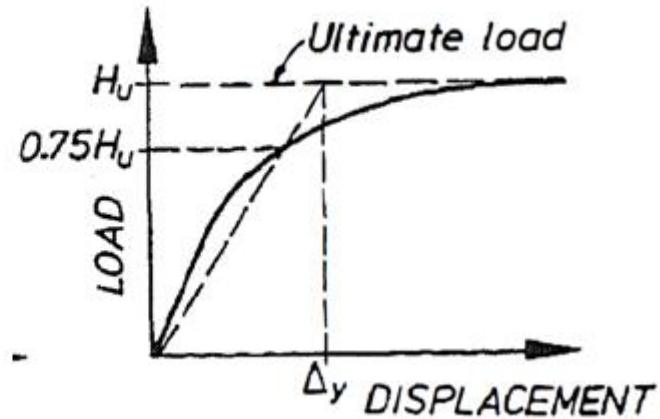
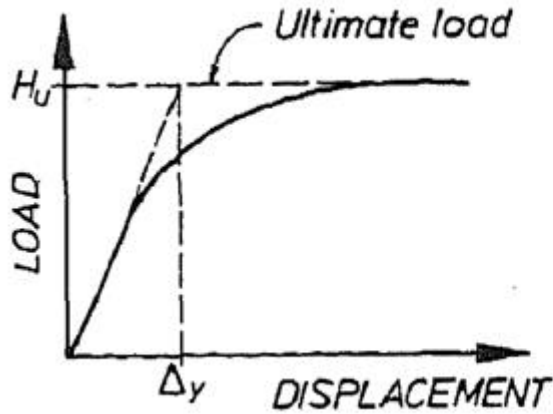
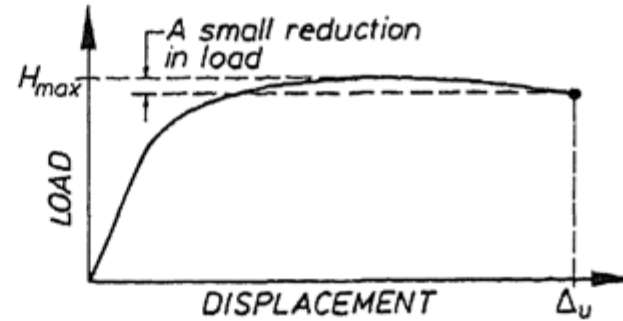
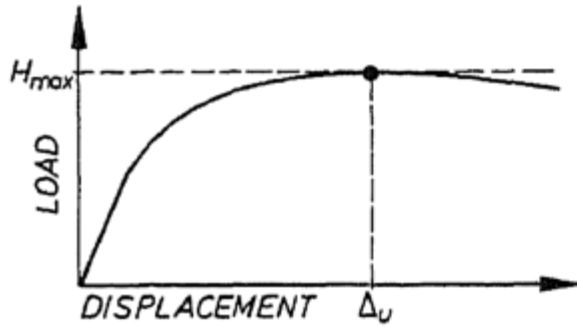
Piso	Dirección X-X			Dirección Y-Y		
	W (T)	$\phi$ (mm)	F	$W^* \phi$	$\phi$ (mm)	F
1	321.56	0.010	0.13	3.22	0.00005	0.01
2	310.16	0.030	0.37	9.30	0.00011	0.03
3	234.56	0.053	0.50	12.43	0.00018	0.04
$\Sigma$	866.28	-	1	24.95	-	0.09

### Patrón de carga lateral



# DUCTILIDAD DE DESPLAZAMIENTO

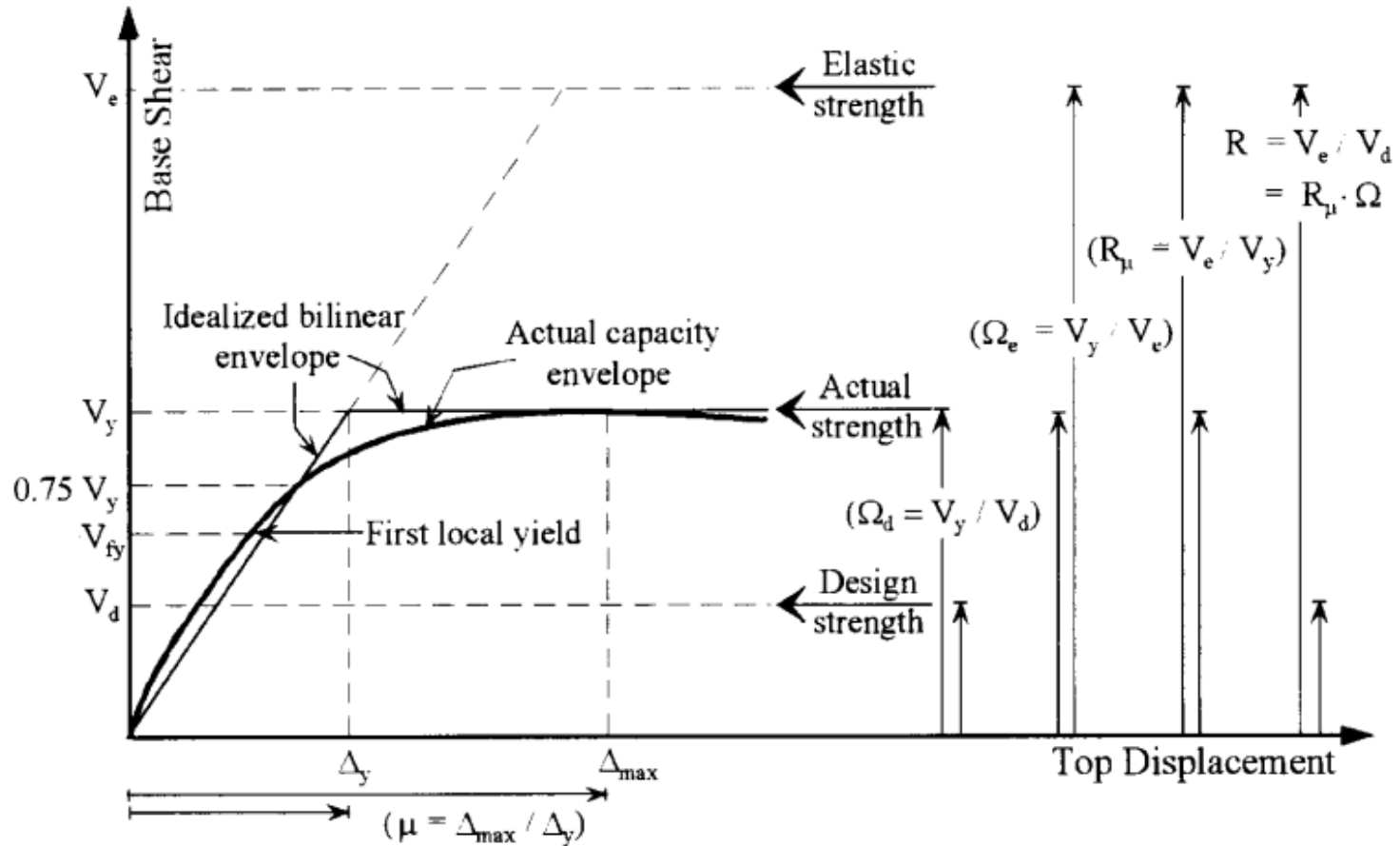
$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$$



(Park & Paulay, 1980)

# SOBRERRESISTENCIA

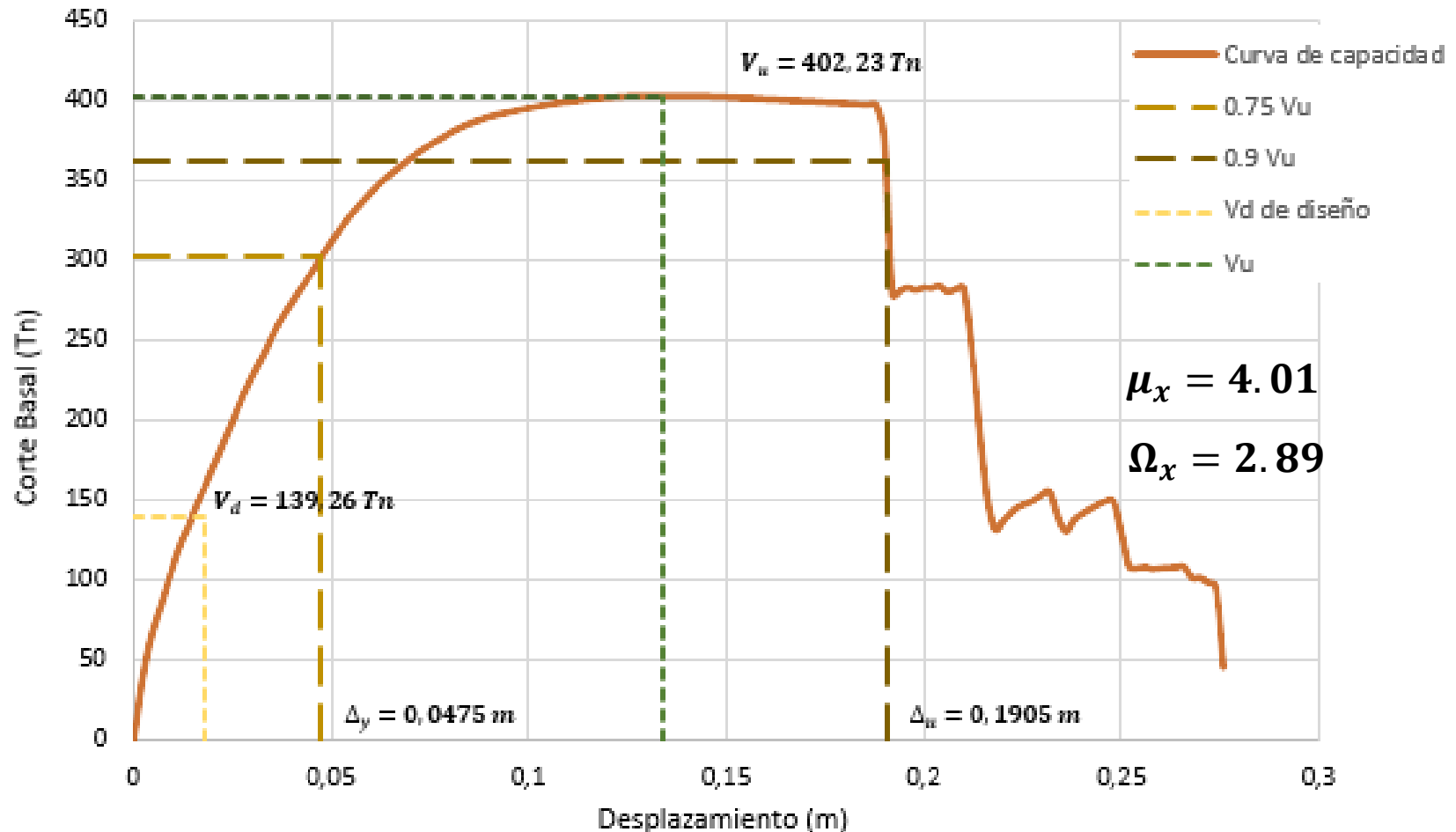
$$\Omega = \frac{V_y}{V_d}$$



(Elnashai & Mwafy, 2002).

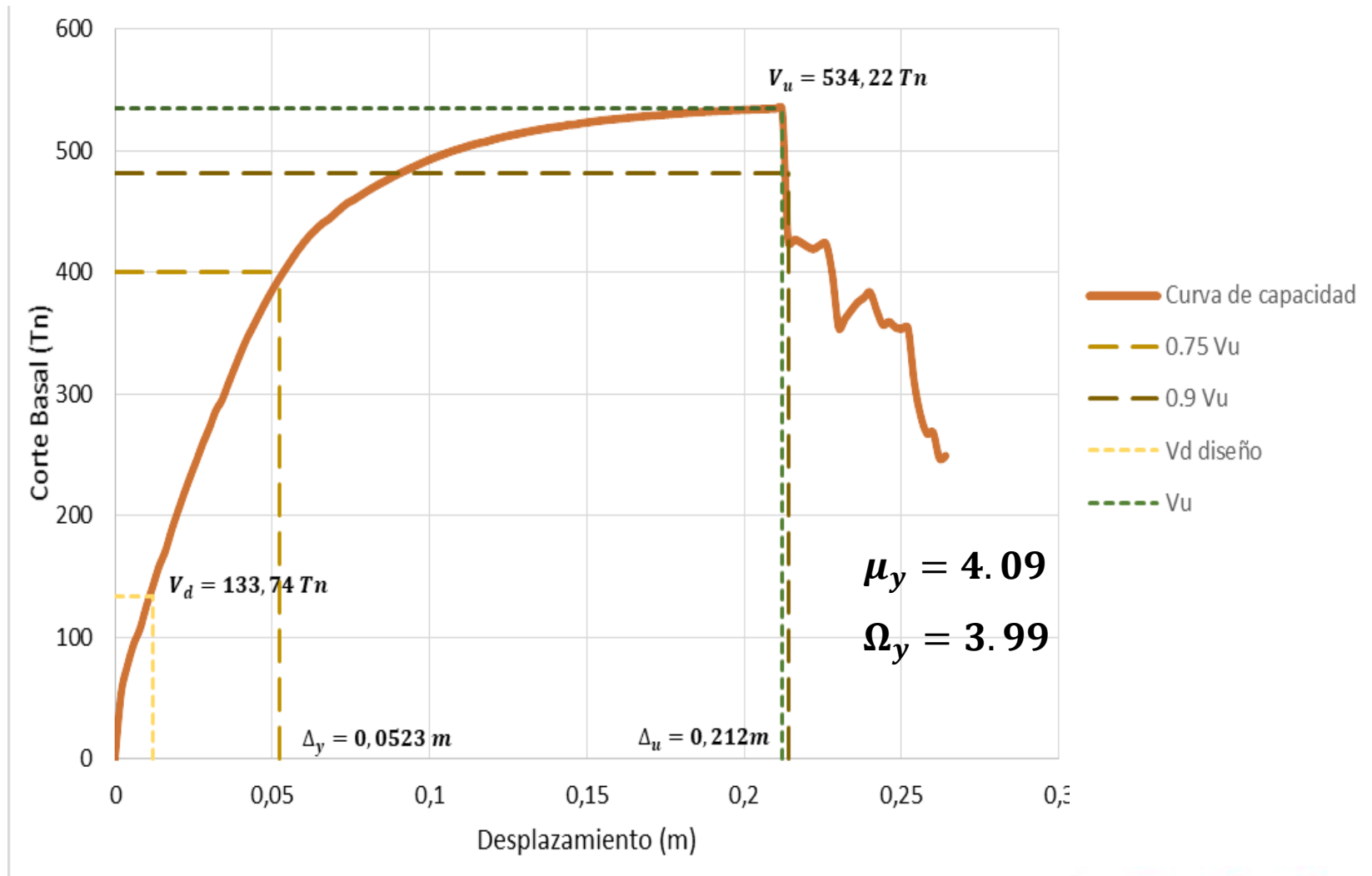
# RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

## Arquetipo 1 - Sentido X

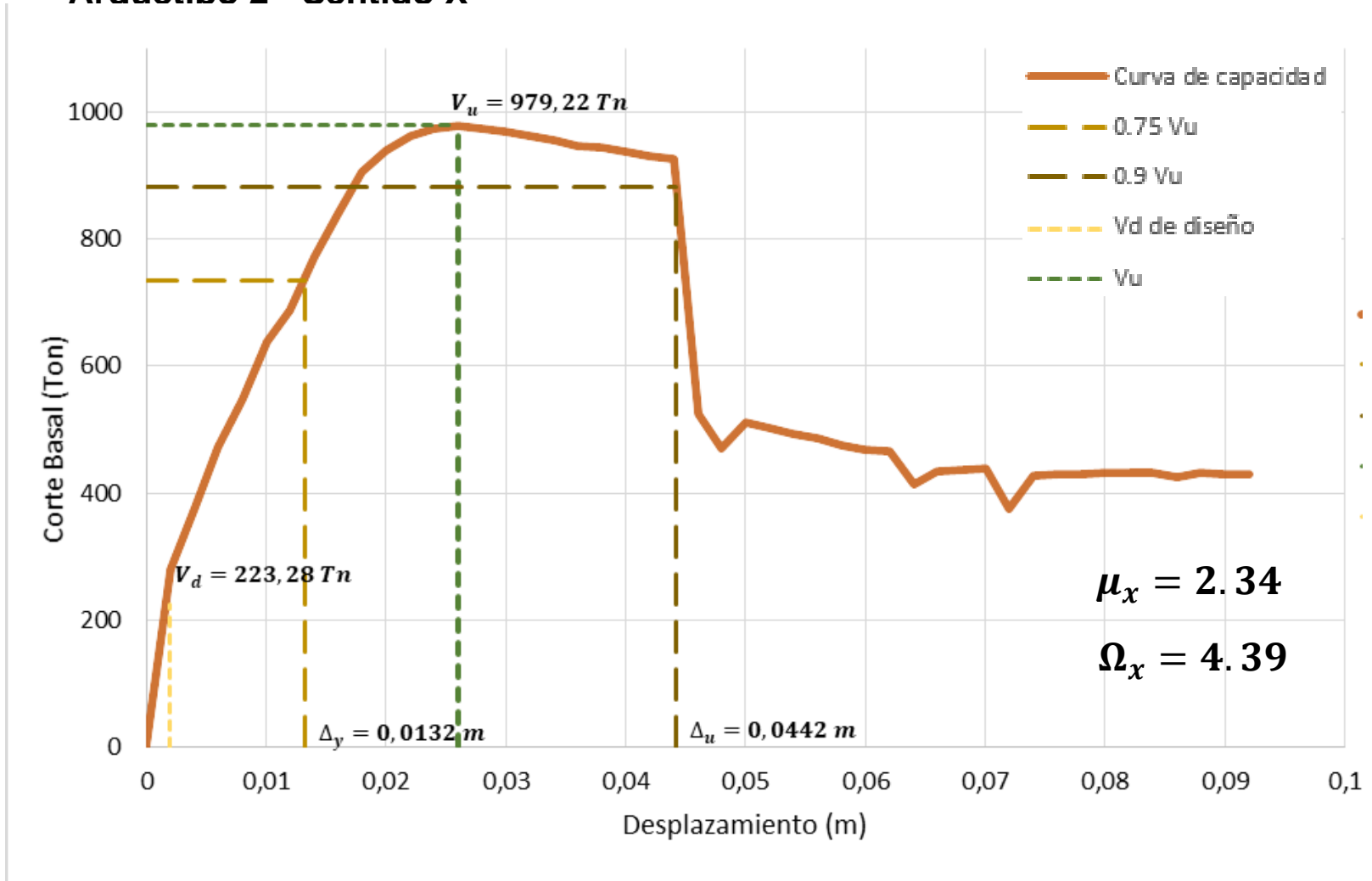




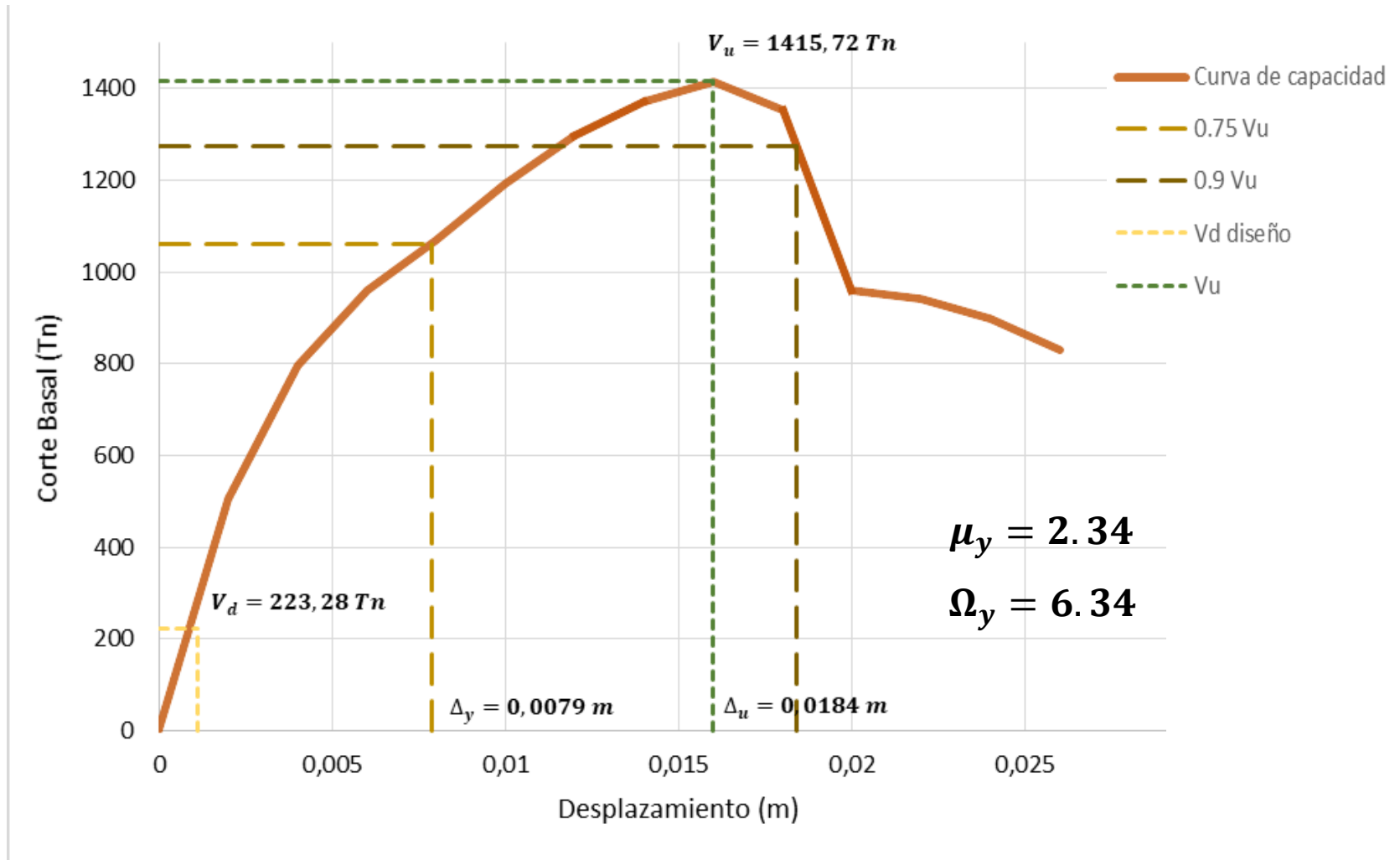
## Arquetipo 1 - Sentido Y



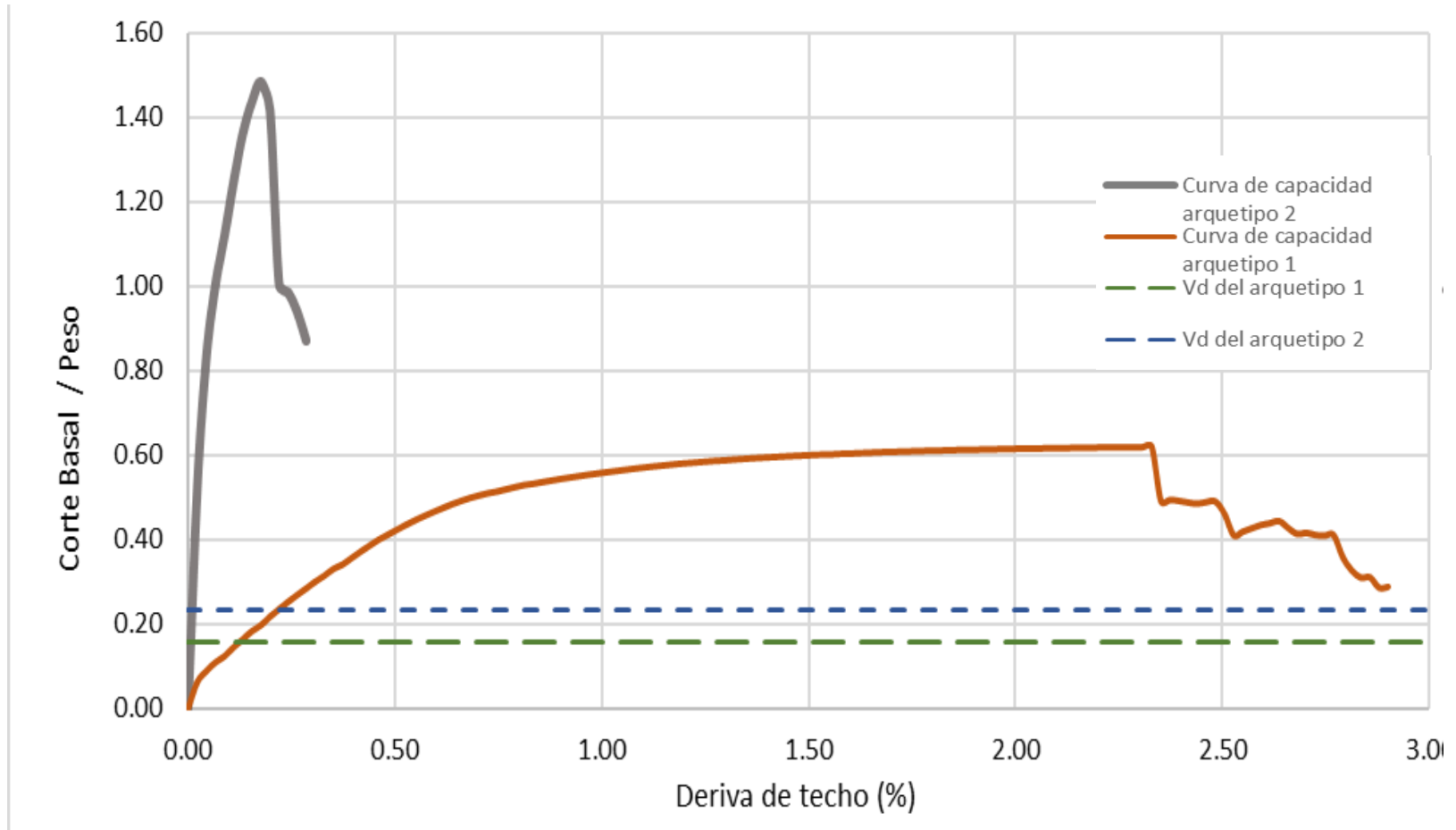
## Arauetibo 2 - Sentido X



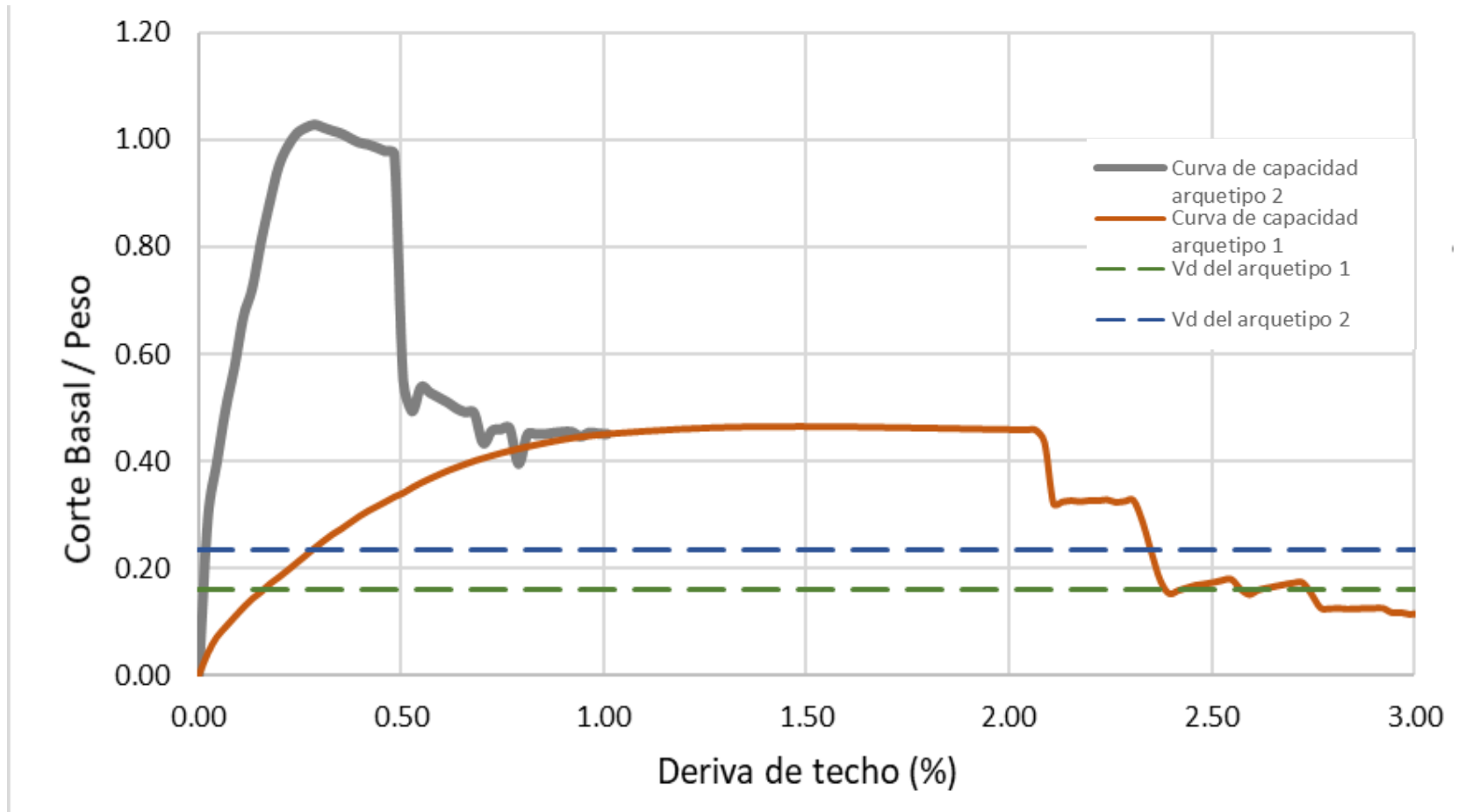
## Arquetipo 2 - Sentido Y



## Sentido X

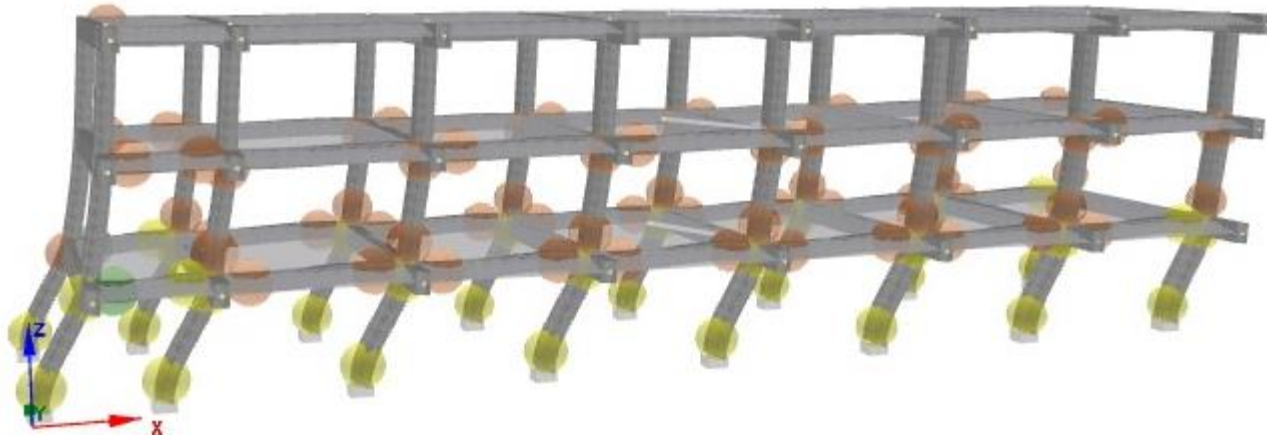


## Sentido Y

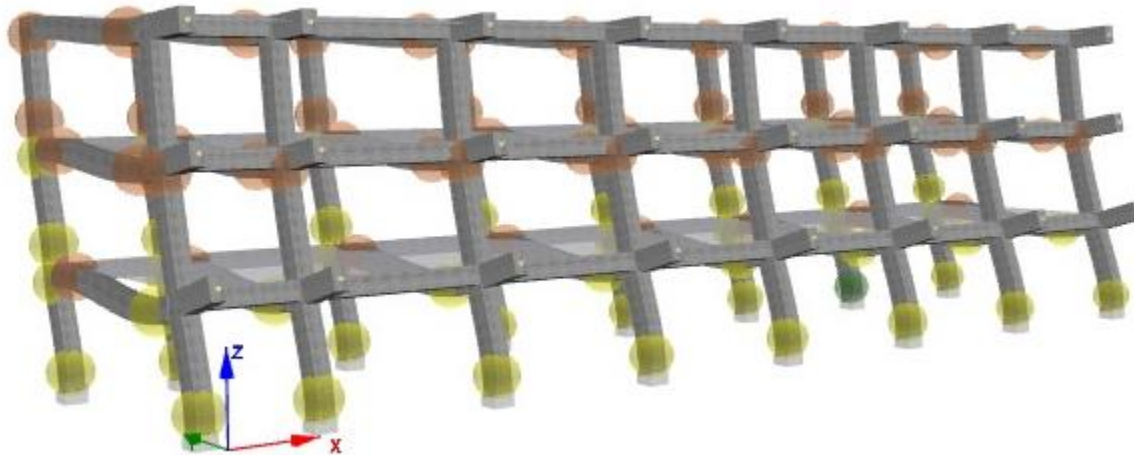


# MECANISMOS DE COLPADO DEL ARQUETIPO 1

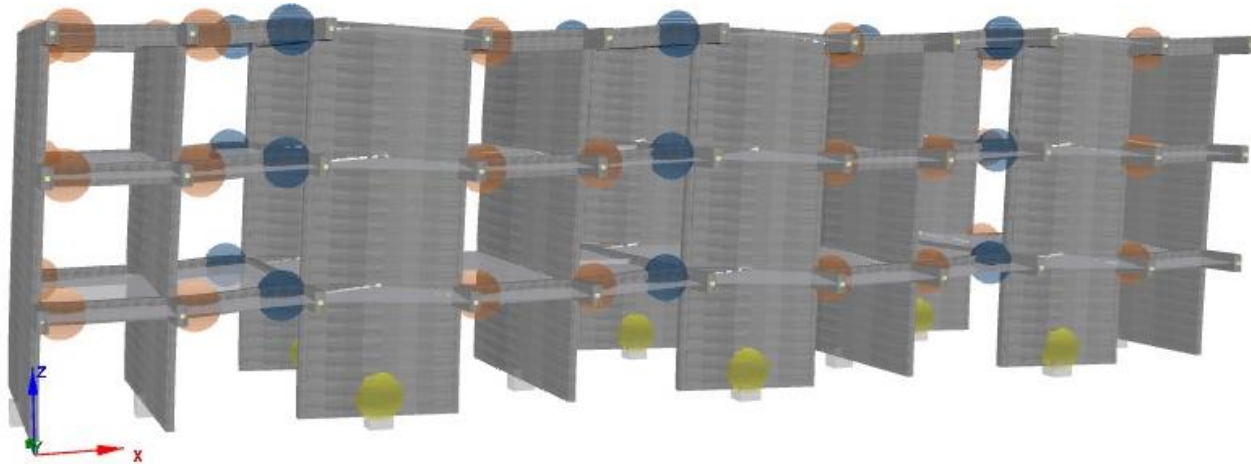
## Sentido X



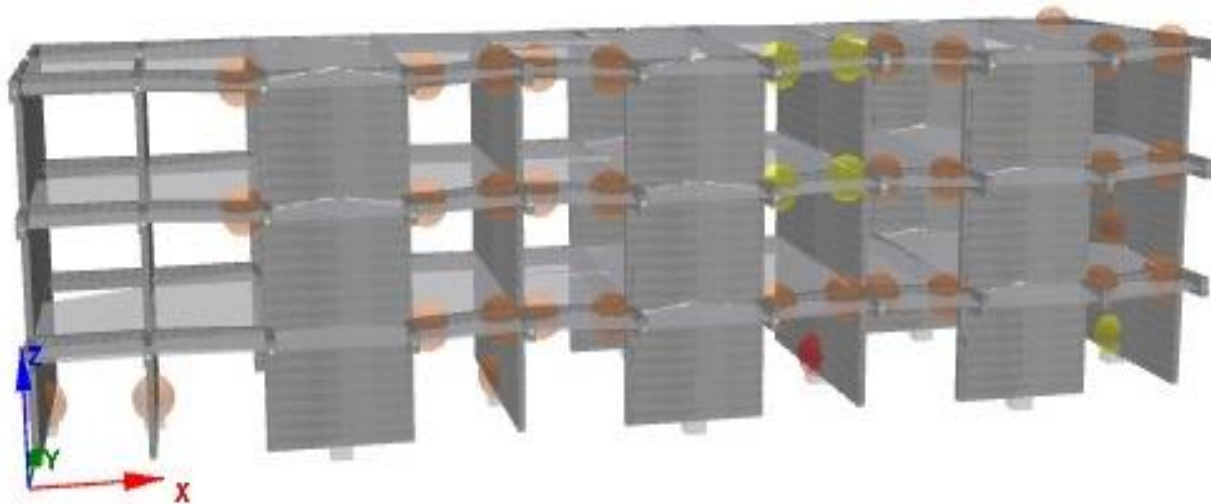
## Sentido Y



## Sentido X

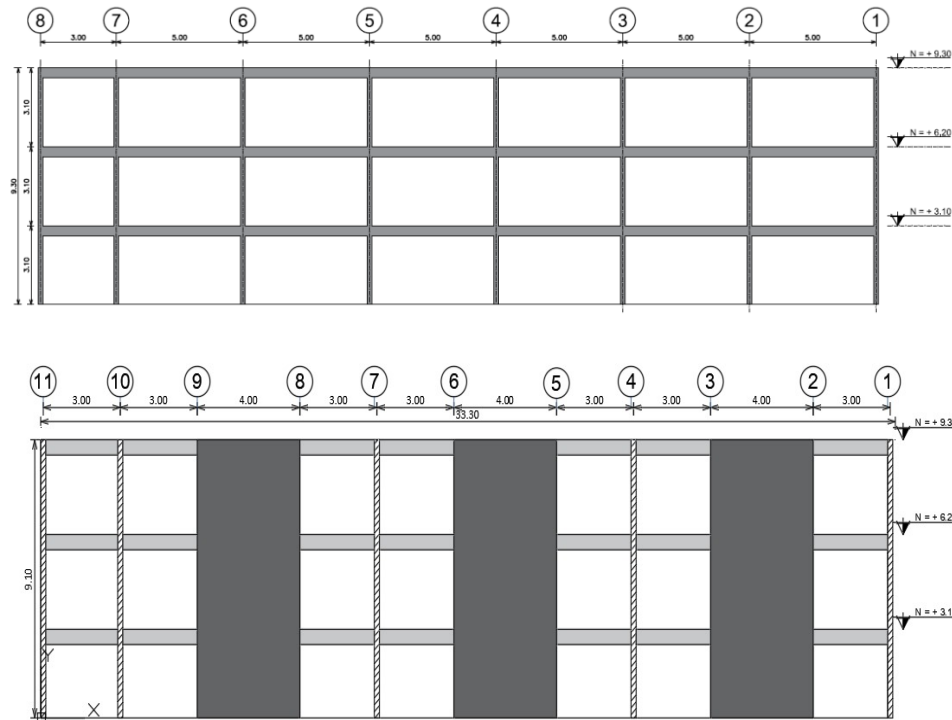


## Sentido Y



# CONCLUSIONES

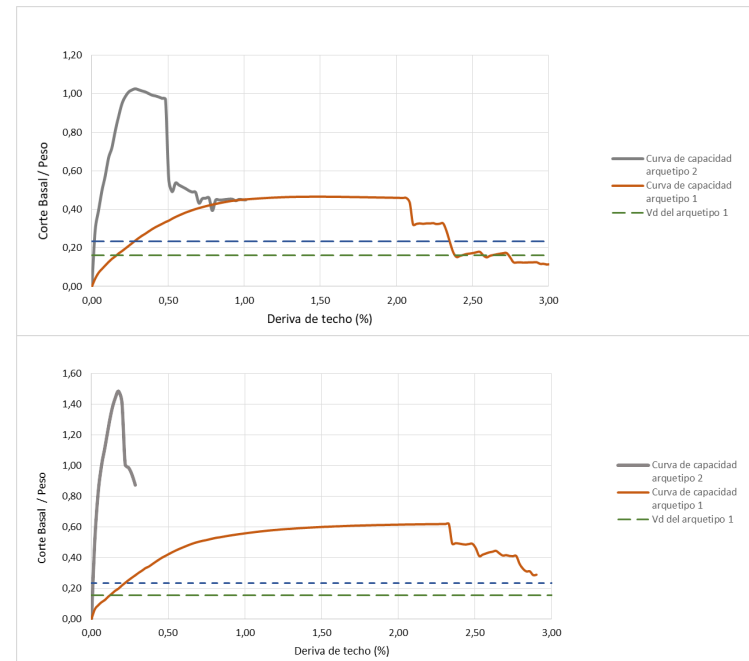
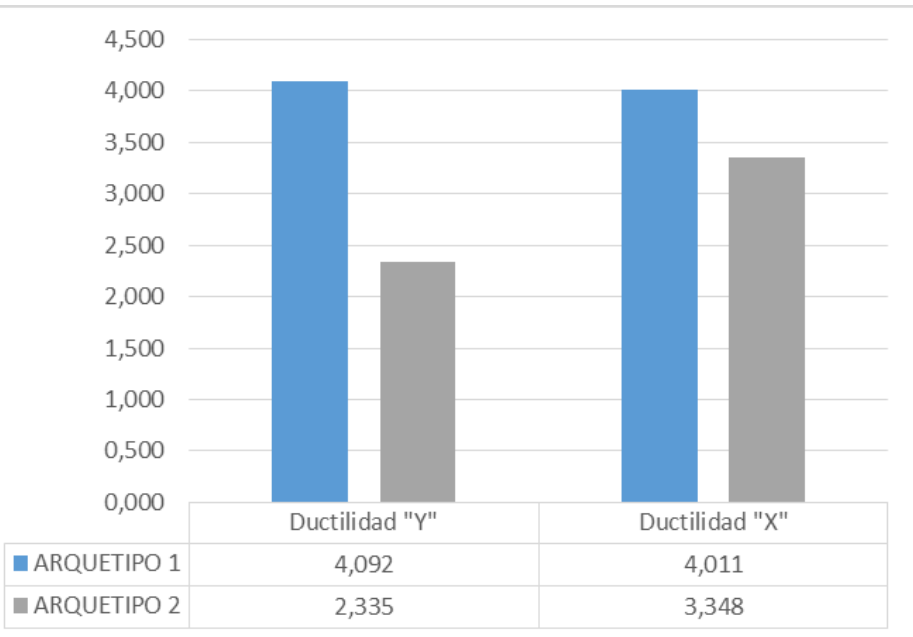
- El análisis modal espectral reveló que el arquetipo 2 es más rígido que el arquetipo 1 debido a la presencia de muros, evidenciado por su **período fundamental** más corto y una **deriva máxima de entrepiso** significativamente inferior.





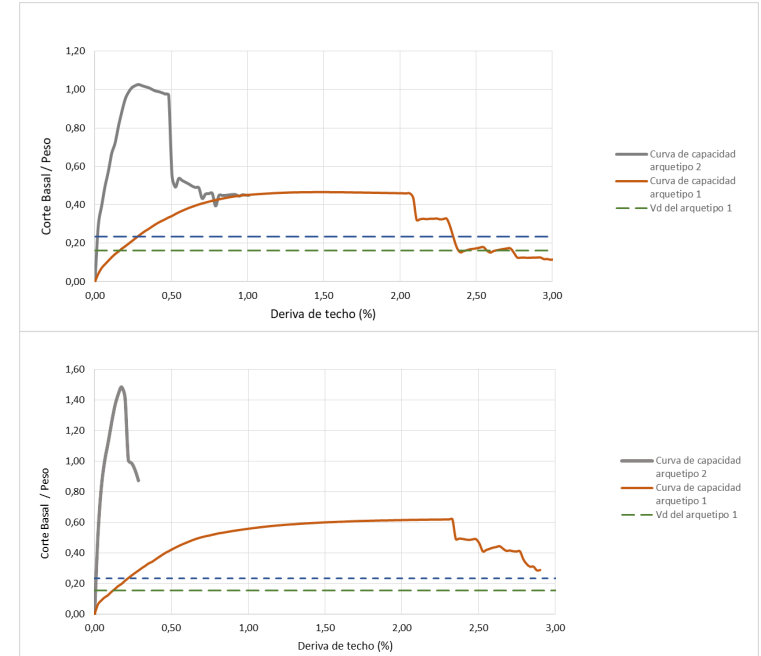
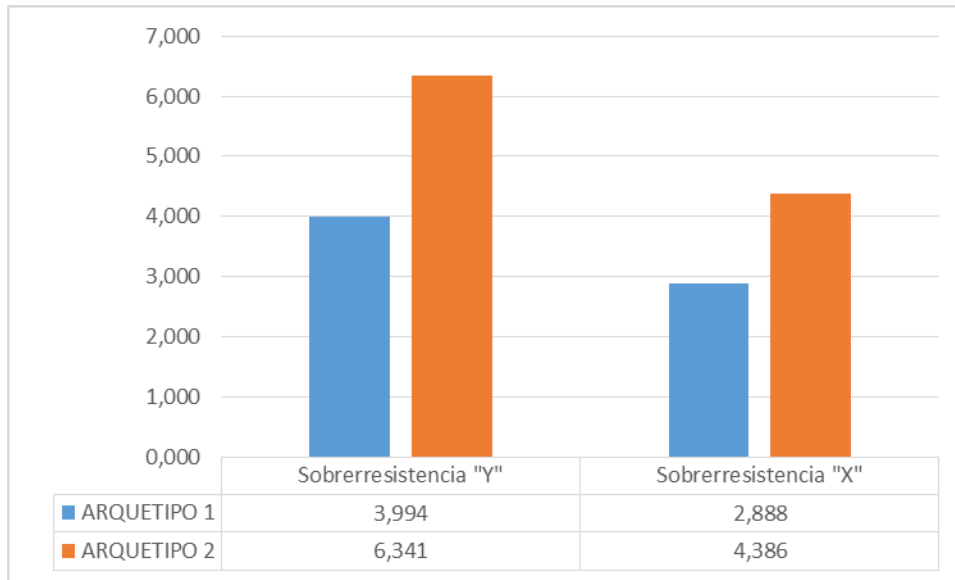
# CONCLUSIONES

- **Arquetipo 1** mostró un comportamiento dúctil con un **factor de ductilidad de 4** en ambas direcciones, mientras que el **arquetipo 2** presentó un comportamiento esencialmente frágil con **factores de ductilidad de 3.35** en sentido longitudinal y **2.34** en sentido transversal.



# CONCLUSIONES

- Arquetipo 1 posee un factor de sobrerresistencia promedio de 3.44; mientras que el arquetipo 2 exhibe un factor de sobrerresistencia mucho mayor debido a su gran rigidez.



# CONCLUSIONES

Se concluye en esta investigación que, desde el punto de vista de daño en elementos no estructurales, y por ende pérdidas económicas asociadas a este daño, el mejor sistema estructural para las edificaciones escolares es el sistema de muros de hormigón armado. Debido a la gran sobrerresistencia observada resistirá los movimientos sísmicos probablemente solo dentro del rango lineal, con poco daño en elementos no estructurales.

# RECOMENDACIONES

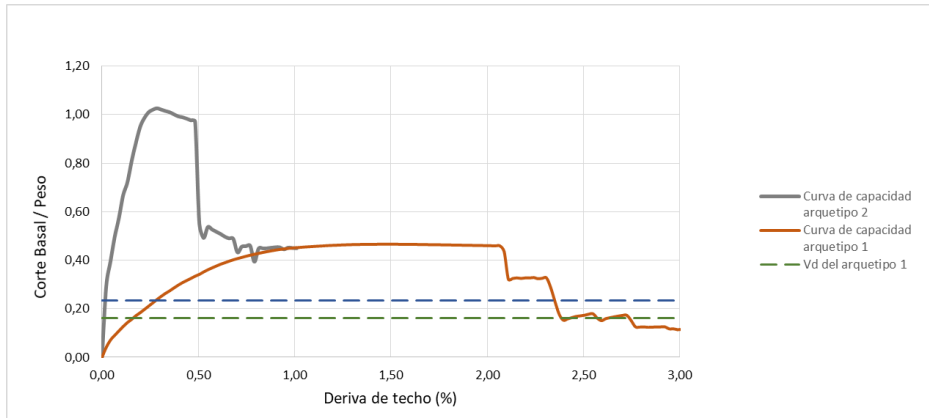
- - ❑ Revisar la unión viga-columna, generalmente los programas computacionales no incluyen esta revisión.



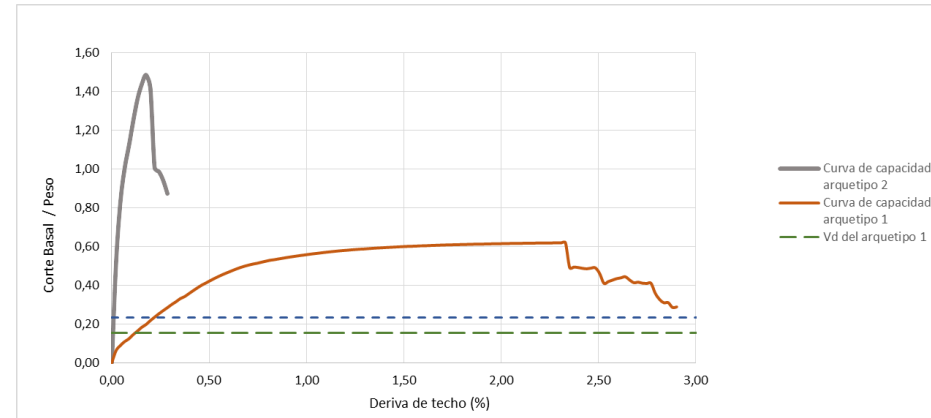
# RECOMENDACIONES

- ❑ Los requisitos de confinamiento de muros establecidos en la NEC 15 no son adecuados para lograr una estructura dúctil..

## Muros con Confinamiento

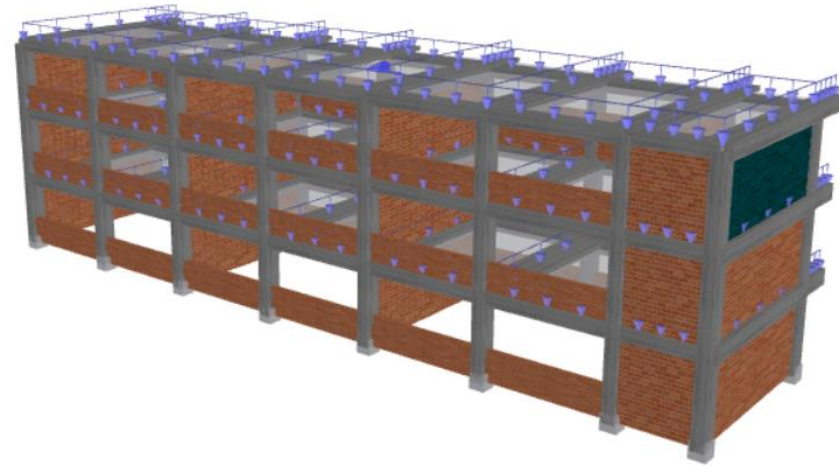
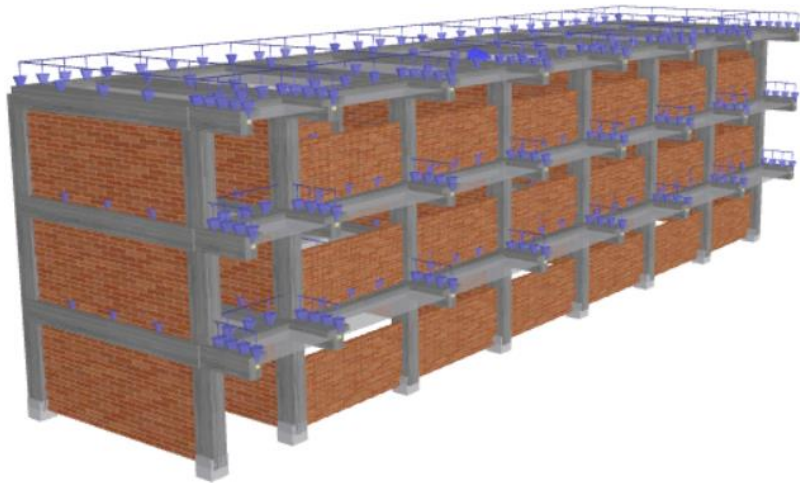


## Muros sin Confinamiento



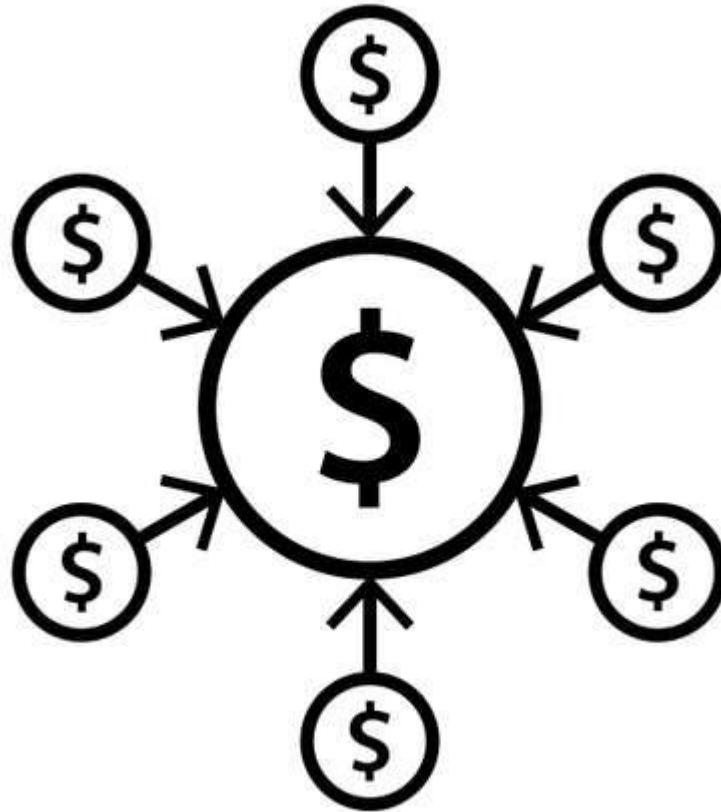
# RECOMENDACIONES

- Se sugiere que futuras investigaciones examinen el impacto de elementos no estructurales, como la mampostería, en edificios escolares.



# RECOMENDACIONES

- Adicional, se recomienda investigar el costo de cada sistema estructural.



# GRACIAS