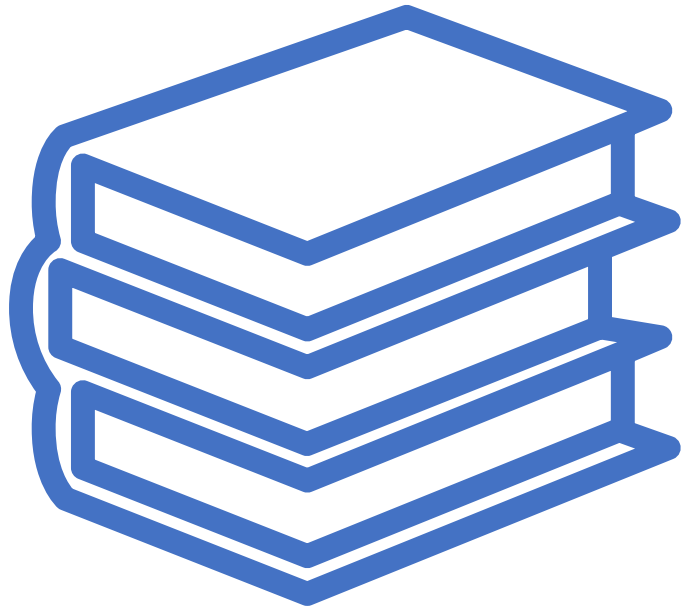


MAESTRÍA DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN ESTRUCTURAS

EVALUACIÓN SÍSMICA BASADA EN RESILIENCIA DE UNA MUESTRA DE
EDIFICACIONES DE MEDIANA ALTURA DE CONCRETO ARMADO,
REFORZADAS DESPUÉS DEL SISMO DE ECUADOR DEL 16 DE ABRIL DE
2016, COMO FUNDAMENTO NORMATIVO

Ing. José Paúl Olmedo Cueva

Tutor: Ph.D. Ana Gabriela Haro B.



Casos de Estudio

EDIFICIO 1



EDIFICIO 3



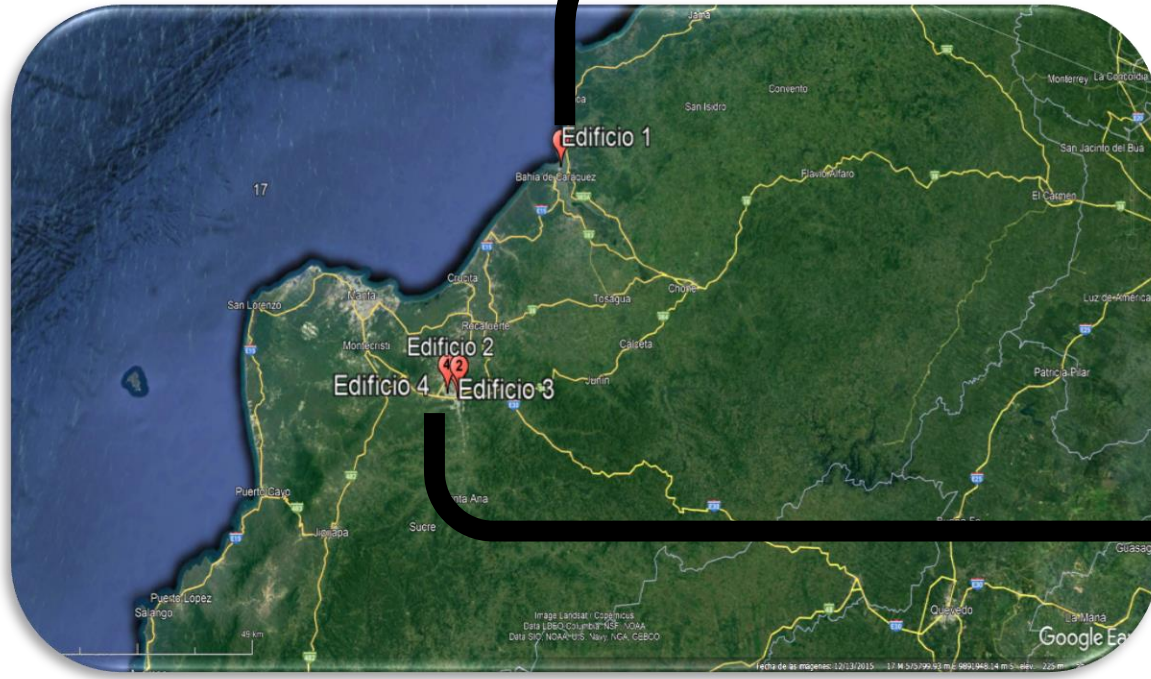
MUESTRA
DE
ESTUDIO

EDIFICIO 2



EDIFICIO 4





UBICACIÓN



Resiliencia en el Mundo

OVERVIEW OF THE OREGON RESILIENCE PLAN FOR NEXT CASCADIA EARTHQUAKE AND TSUNAMI. (Yu, Kent, J. Wilson², 2015).



OVERVIEW OF THE OREGON RESILIENCE PLAN FOR NEXT CASCADIA EARTHQUAKE AND TSUNAMI

Q.-S. Yu¹, J. Wilson², and Y. Wang³

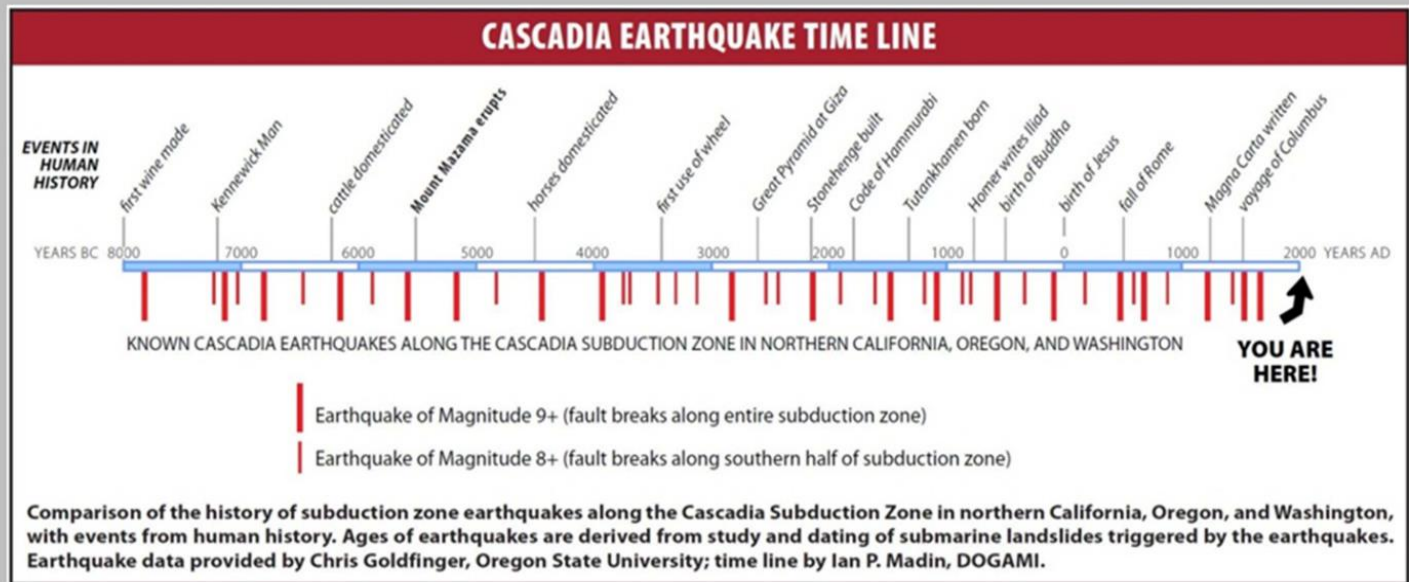


Figure 1. The 10,000-Year History of Cascadia Subduction Zone Earthquakes

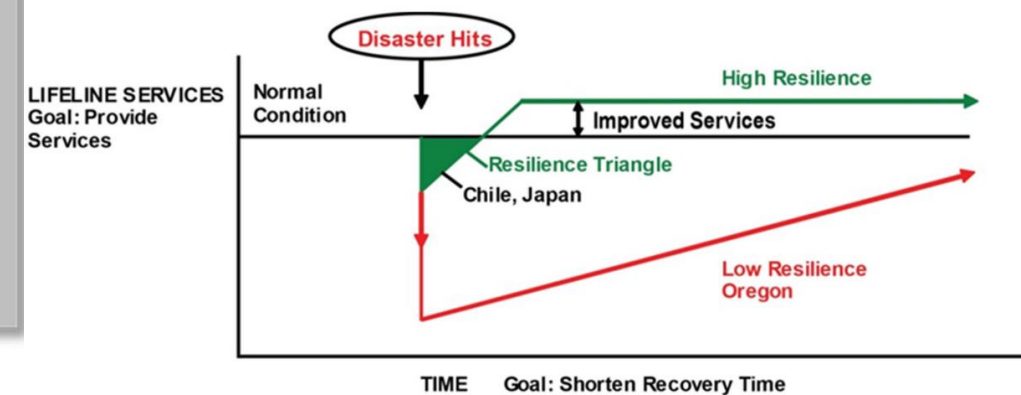
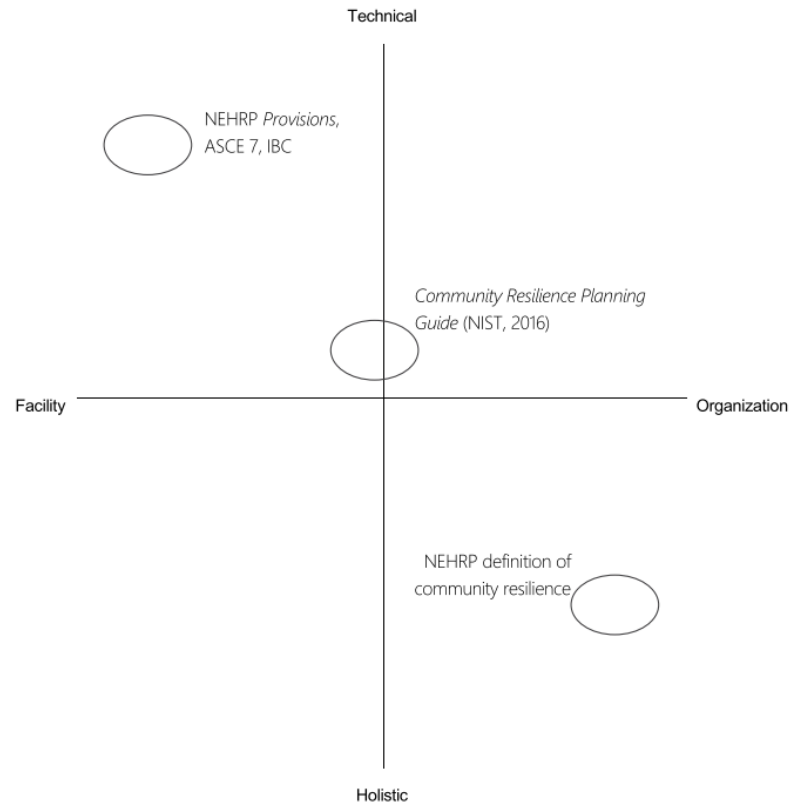


Figure 2. Resilience Triangle [2]

RESILIENCE-BASED DESIGN AND THE NEHRP PROVISIONS (National Institute of Sciences Seismic Safety Council, 2020).



CAPACITY AND ACCEPTABILITY

Category II should ensure that the probability of collapse is less than 10 percent, given the site-specific MCE_R ground motion: $P(\text{Collapse}) < 10\%$, given MCE_R .

$$P(T_{FR} > T_{target}) < Y\%, \text{ given } D_{FR}$$

Figure 1. The Resilience Field (after Meister Consultants Group, 2017)

México

- “Un enfoque integral para la evaluación de la resiliencia sísmica”. (Jose Mauricio Alcaraz, 2017).

Tabla 4.1. Curvas de fragilidad utilizadas en este análisis.

Infraestructura	Referencia	Medida de Intensidad	Daño
Edificios de concreto	(Bull Earthquake Eng.2016)	PGA	Desnivel de entrepiso
Edificios de acero	(Kiani et al. 2016)	PGA	Desnivel de entrepiso
Edificios de mampostería	(Pitilakis et al., 2016)	PGA	Desnivel de entrepiso
Puentes	(Hazu-MH Technical Manual. 1999)	PGA	Colapso
Metro y BRT	(Hazu-MH Technical Manual. 1999)	PGA	Agrietamiento
Tren ligero	(Hazu-MH Technical Manual. 1999)	PGA	Agrietamiento
Avenidas	(Hazu-MH Technical Manual. 1999)	PGD	Agrietamiento
Vías urbanas	(Hazu-MH Technical Manual. 1999)	PGD	Agrietamiento

Tabla 5.1. Probabilidad de falla para daños moderados en la zona de transición.

Infraestructura	Probabilidad de falla en (%) para sismos de subducción				Probabilidad de falla en (%) para sismos normales			
	Tr (Años)				Tr (Años)			
	125	250	475	2475	125	250	475	2475
Metro	0	0	0	1	0	0	1	5
Metrobús	0	0	0	1	0	1	2	3
Tren ligero	0	1	1	6	1	1	5	26
Puentes	0	0	0	5	0	4	5	10
Avenidas	0	0	0	0	0	0	0	0
	Edificios							
Concreto	0	3	3	12	3	8	11	22
Mixtos	0	0	0	0	0	0	0	0

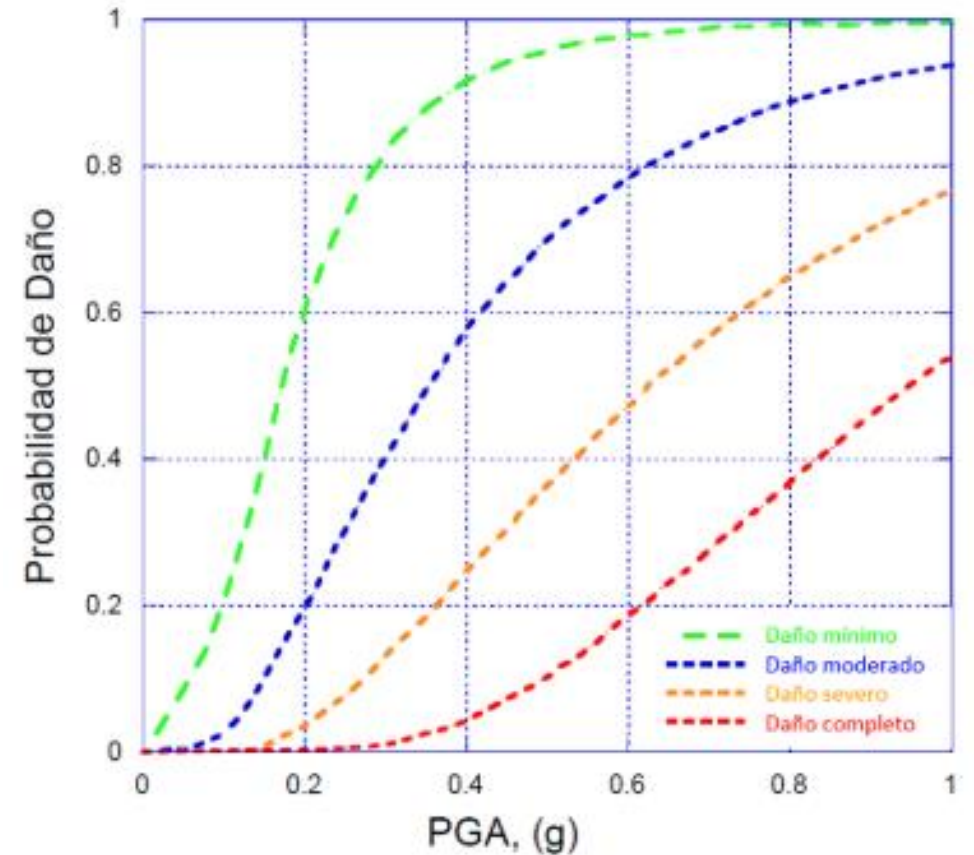


Figura 4.3. Curvas de fragilidad para evaluar la probabilidad de daño en edificios de concreto reforzado, (Bull Earthquake Eng.2016).

México

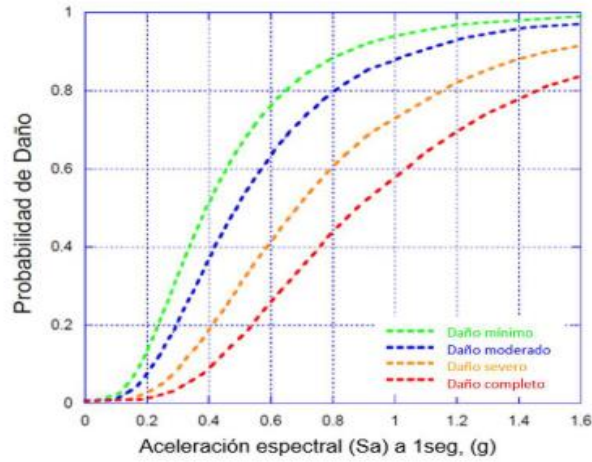


Figura 4.5. Curvas de fragilidad para evaluar la probabilidad de daño en puentes, (Hazu-MH Technical Manual, 1999).

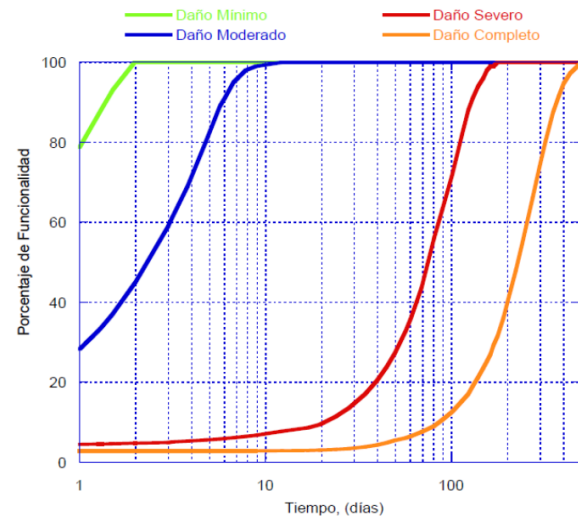


Figura 6.1. Funciones Q(t) para evaluar el tiempo de recuperación en puentes, (Hazu-MH Technical Manual, 1999).

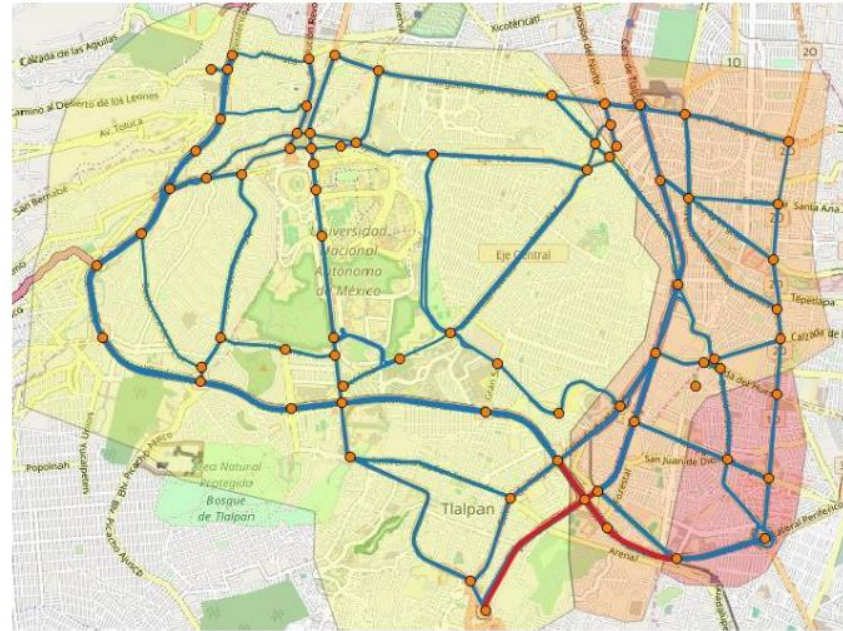


Figura 5.1. En color rojo se muestra la parte de la red simplificada bloqueada a causa del sismo. (Jose Mauricio Alcaraz, 2017)

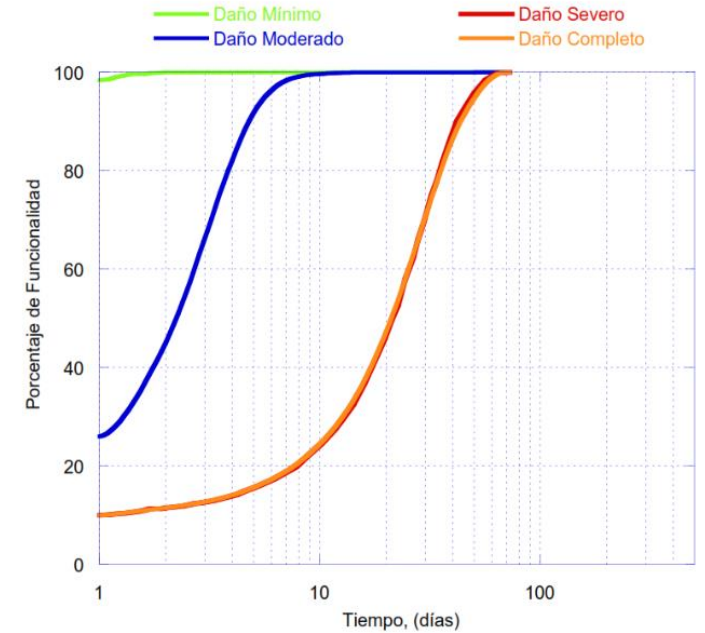
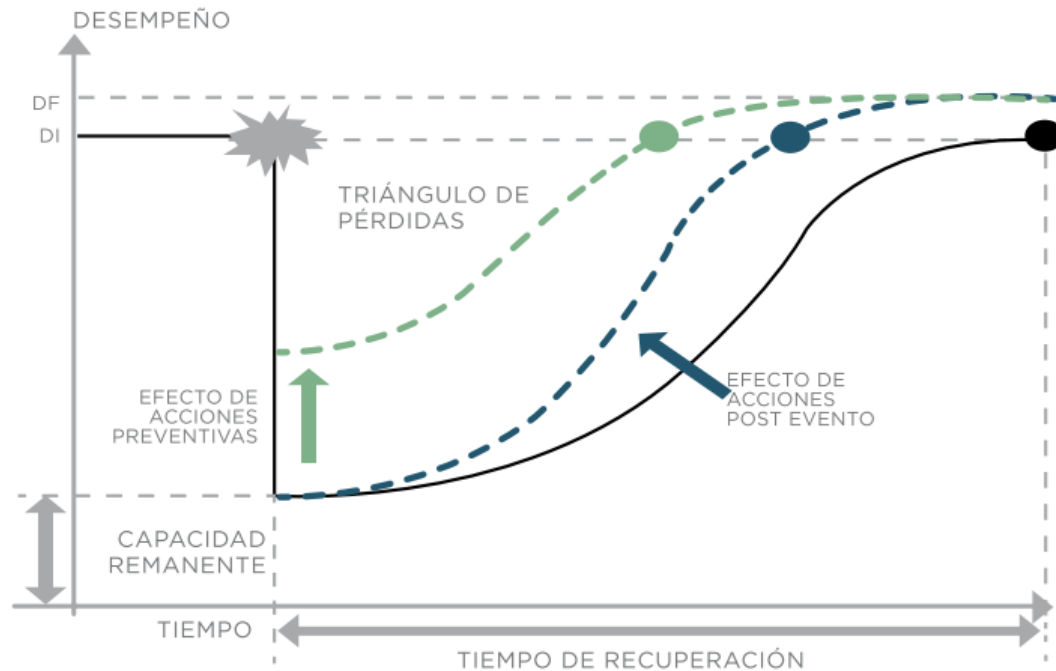


Figura 6.2. Funciones Q(t) para evaluar el tiempo de recuperación en avenidas, (Hazu-MH Technical Manual, 1999).

CHILE

- Infraestructura Resiliente Experiencias del Caso Chileno. (Juan Carlos de la Llera, 2017).



1.- Obtener datos fiables y públicamente disponibles para una adecuada toma de decisiones

2.- Aprender de los daños y de lo que falla, así como de lo que funciona correctamente

3.- La implementación del concepto de resiliencia no solo a nivel de Edificio sino también a nivel político e institucional para la obtención de infraestructuras resilientes

Sistema de Resiliencia: (a) esquema conceptual

CHILE

- The quest for resilience: The Chilean practice of seismic design for reinforced concrete buildings. (Lagos R., 2020).

Table I. Stiffness of buildings representative of the Chilean practice

Number of stories	Classification/stiffness	Out of range $H_0/T_{cr} < 11$	Flexible $H_0/T_{cr}: 11 - 21$	Normal $H_0/T_{cr}: 21 - 43$	Rigid $H_0/T_{cr}: 43 - 80$	Out of range $H_0/T_{cr} > 80$
1–10	Low-rise buildings	1.5%	6.6%	24.5%	57.7%	9.7%
11–20	Low to mid-rise buildings	0.0%	1.8%	53.0%	43.7%	1.5%
21–30	Mid-rise buildings	0.0%	4.5%	73.7%	21.8%	0.0%
31–40	High-rise buildings	0.0%	13.4%	78.7%	7.9%	0.0%
41 +	Skyscrapers	0.0%	25.0%	75.0%	0.0%	0.0%
Total sample		0.7%	4.9%	43.3%	45.9%	5.2%

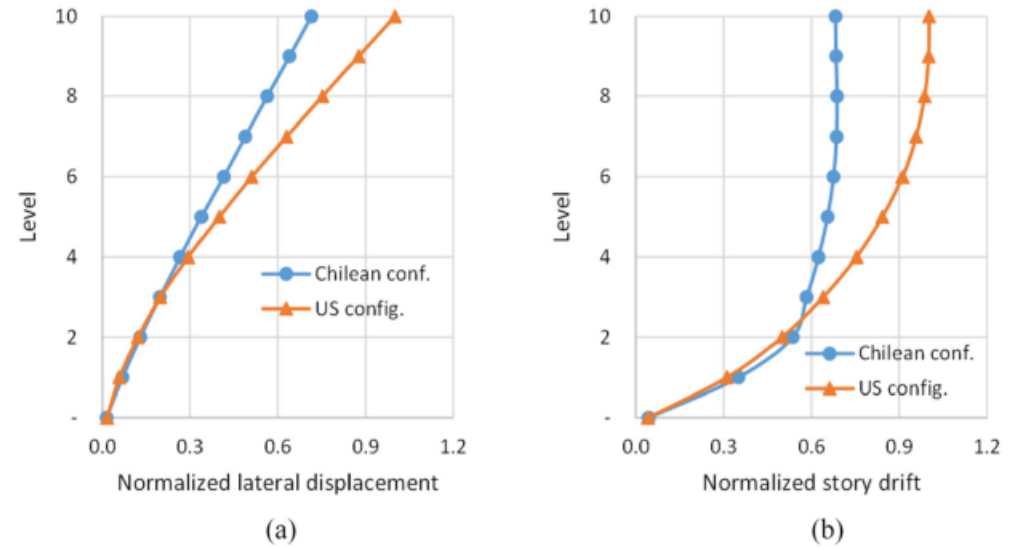
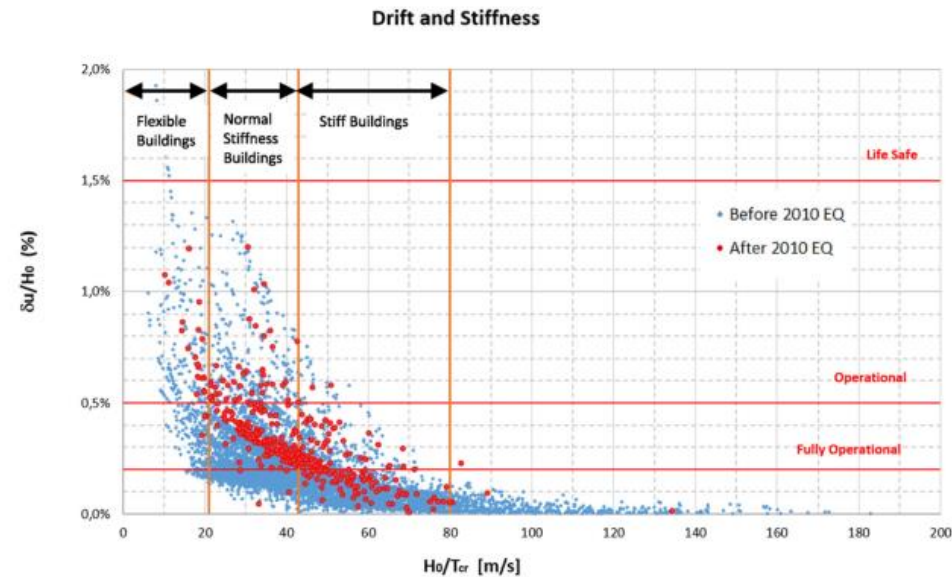
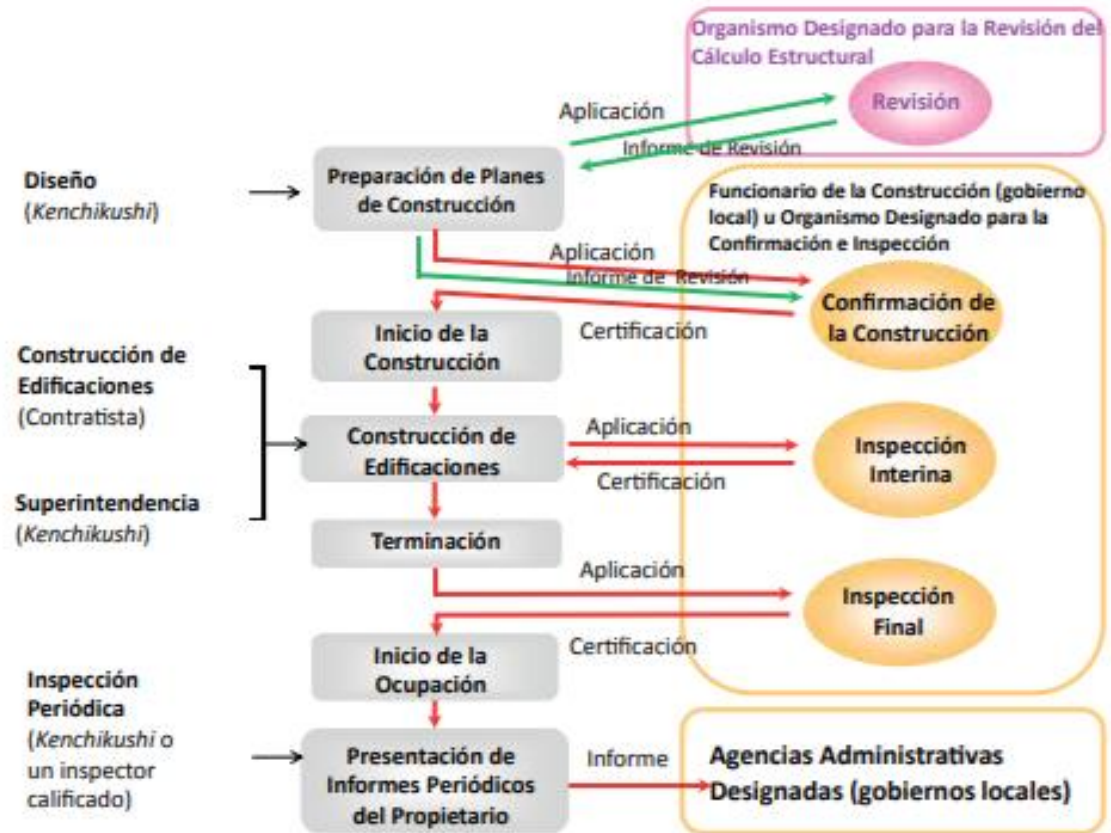
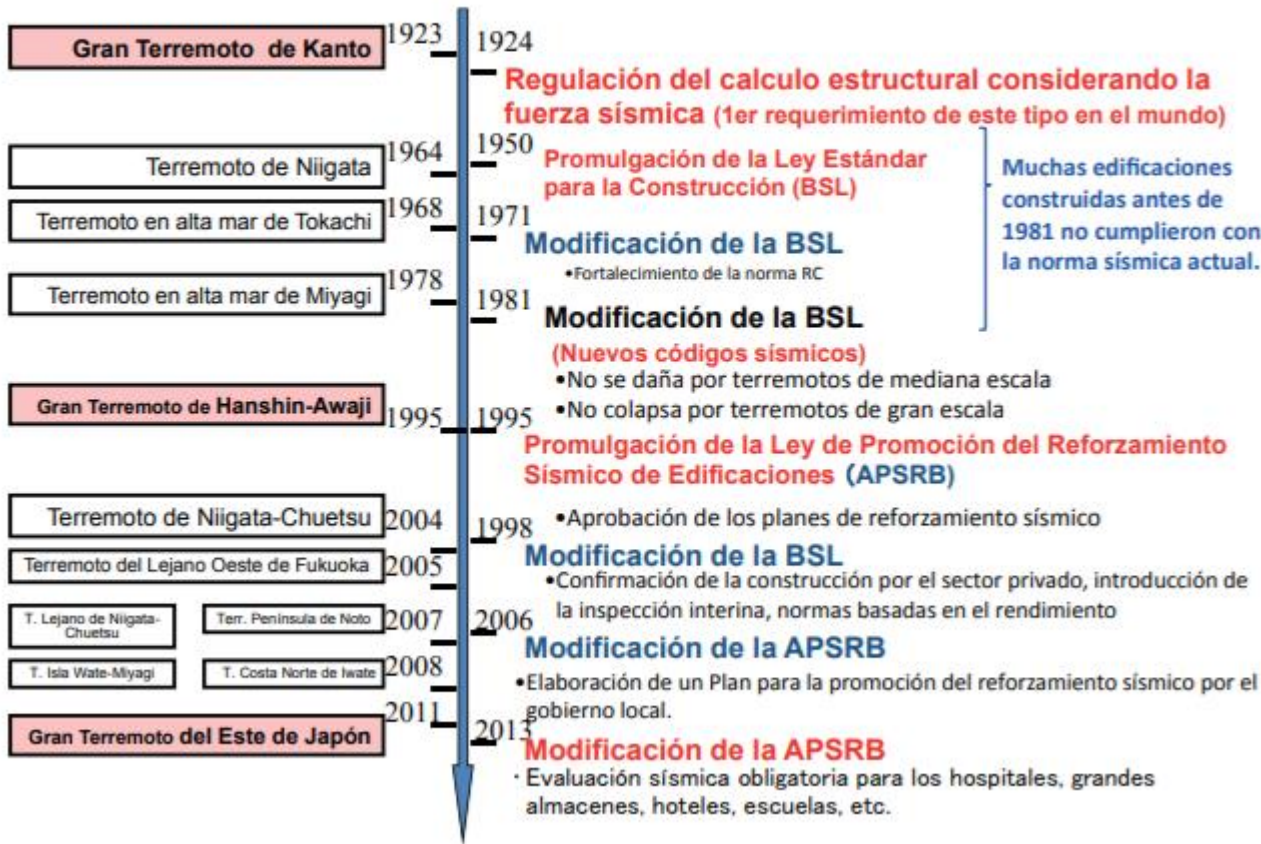


Figure 7. Comparison for the US and Chilean configurations, in the transverse direction at the center of mass of normalized (a) lateral displacement and (b) story drift ratios (after National Institute of Standards and Technology, 2012).

Tendencias en el desarrollo de medidas sismo-resistentes

El siguiente gráfico muestra los grandes terremotos ocurridos en Japón desde 1923.



- Análisis de pérdidas y estimación de daños utilizando la herramienta PACT del FEMA P-58, en una edificación ubicada en la ciudad de Quito.” (J. Aveiga, F. Carvajal, 2018)

USRC Building Rating System: Usefulness of Performance Metrics

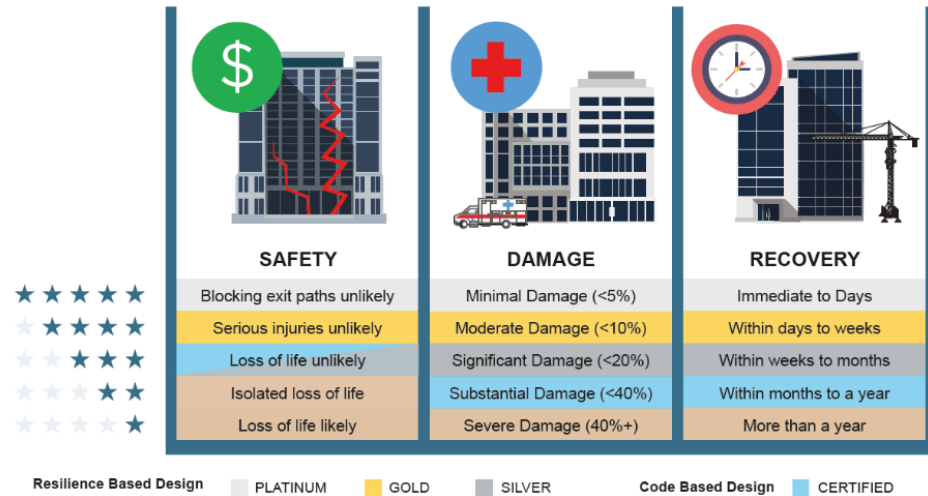



Figura 2-16. Sistema de Calificación de Edificios.
Fuente: USRC

TABLA DE RESUMEN PARA LAS VARIABLES DE DECISIÓN				
1	COSTOS DE REPARACIÓN O REPOSICIÓN			
	COSTOS DE REPARACIÓN (USD)		% DEL COSTO TOTAL DE REPOSICIÓN	
Niveles de amenaza	MODELO CON R=6	MODELO CON R=8	MODELO CON R=6	MODELO CON R=8
SISMO RARO	214980.48	351616.192	13.71%	22.42%
2	TIEMPO DE REPARACIÓN O REPOSICIÓN (DIAS)			
	MODELO CON R=6		MODELO CON R=8	
SISMO RARO	211		286	
3	FATALIDADES Y HERIDOS			
	FATALIDADES		HERIDOS	
Niveles de amenaza	MODELO CON R=6	MODELO CON R=8	MODELO CON R=6	MODELO CON R=8
SISMO RARO	0	0	5	7

Tabla 4-7. Tabla comparativa de resumen de resultados para el modelo con R=8 y R=6.
Fuente: Autores

4.2.2. Modelo con R=6 – Certificación

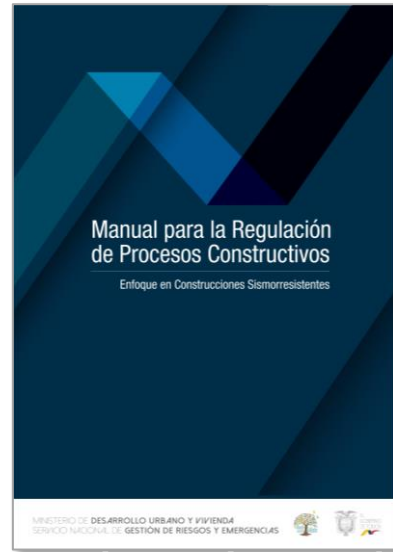
MODELO CON R=6		CERTIFICACIÓN
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	
★★★★★	La probabilidad de que un ocupante del edificio resulte fatalmente herido, considerando tanto el colapso del edificio como otros riesgos de caída sin colapso, es menos de 0,0004 para un evento de 475 años.	
CLASIFICACIÓN DE DAÑO		
★★★★★	El costo promedio de reparación en un evento de 475 años es menos del 20% del costo de reemplazo del edificio.	
CLASIFICACIÓN DE REHABILITACIÓN		
★★★★★	La mediana del tiempo de recuperación después de un evento de 475 años es menos de un año.	

4.2.1. Modelo con R=8 – Certificación

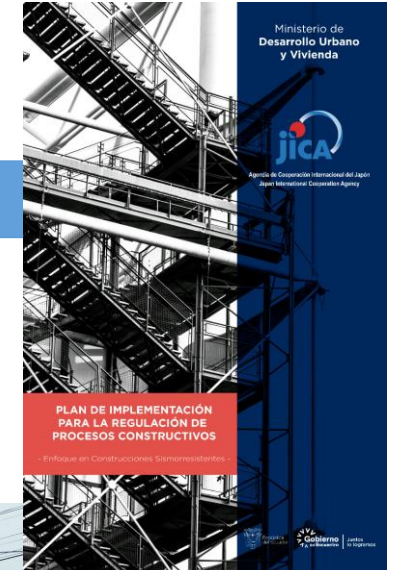
MODELO CON R=8		CERTIFICACIÓN
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	
★★★★★	La probabilidad de que un ocupante del edificio resulte fatalmente herido, considerando tanto el colapso del edificio como otros riesgos de caída sin colapso, es menos de 0,0004 para un evento de 475 años.	
CLASIFICACIÓN DE DAÑO		
★★★★★	El costo promedio de reparación en un evento de 475 años es menos del 40% del costo de reemplazo del edificio.	
CLASIFICACIÓN DE REHABILITACIÓN		
★★★★★	La mediana del tiempo de recuperación después de un evento de 475 años es menos de un año.	

ECUADOR

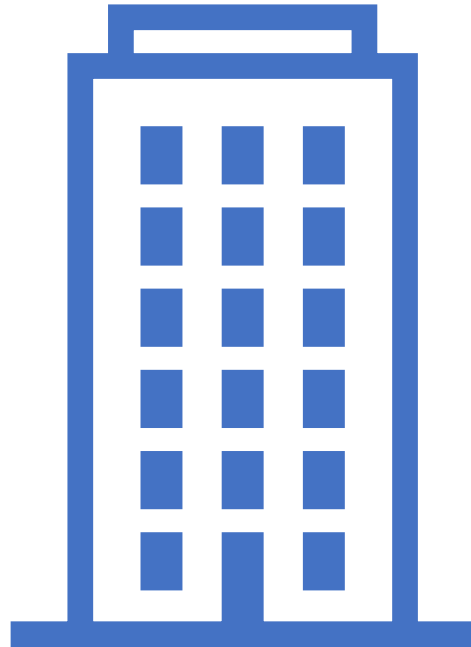
PROYECTO: “CONSTRUCCION DE CIUDADES SEGURAS Y RESILIENTES CONTRA DESASTRES NATURALES POR TERREMOTOS Y TSUNAMI” (MIDUVI-JICA 2019)



Gobierno



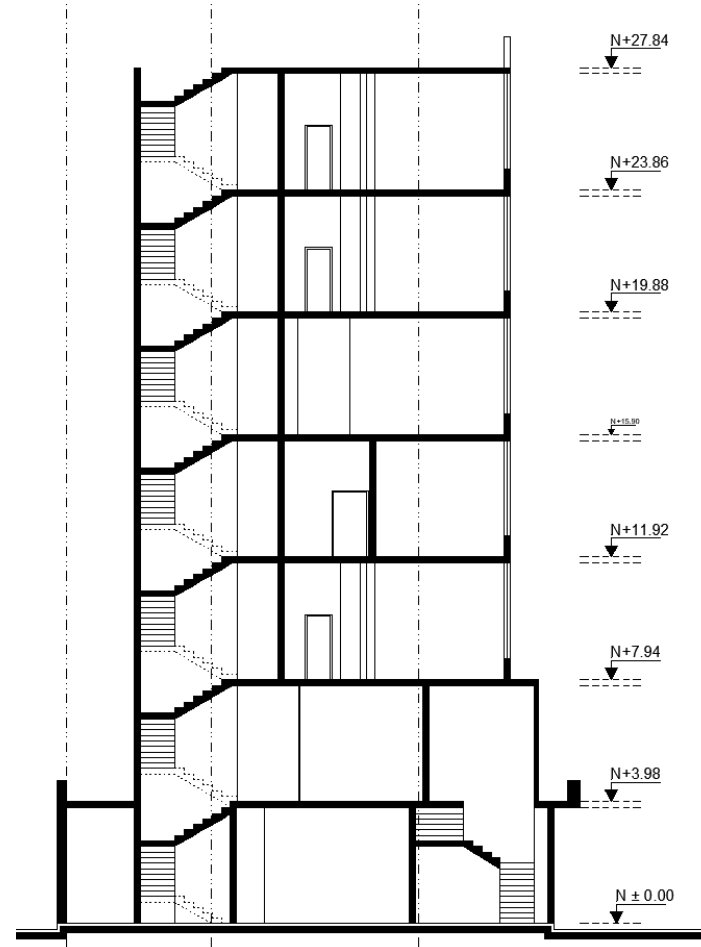
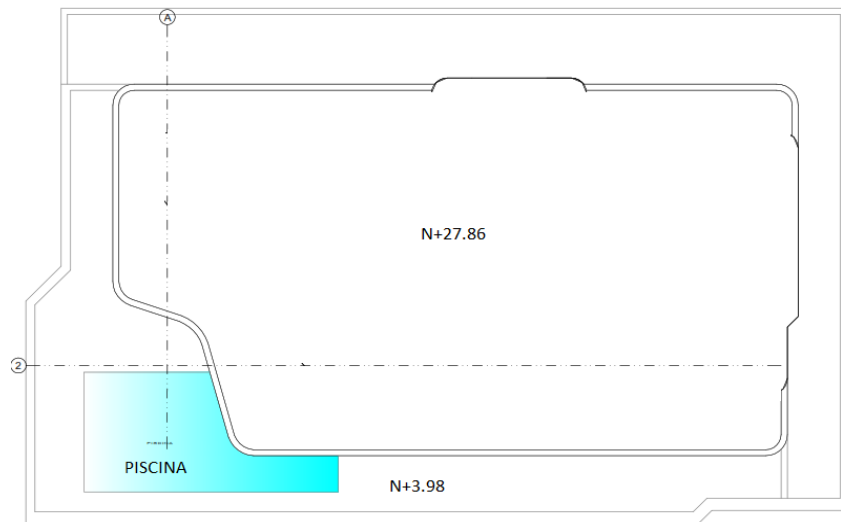
Puente entre gobierno y comunidades / individuos.



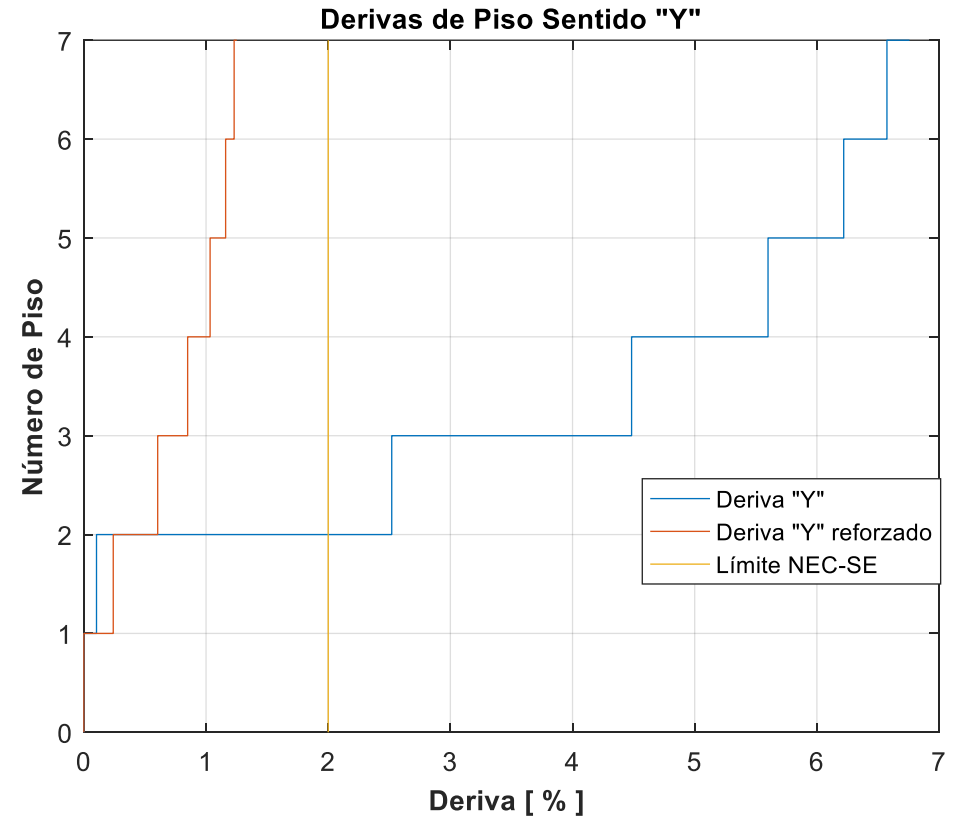
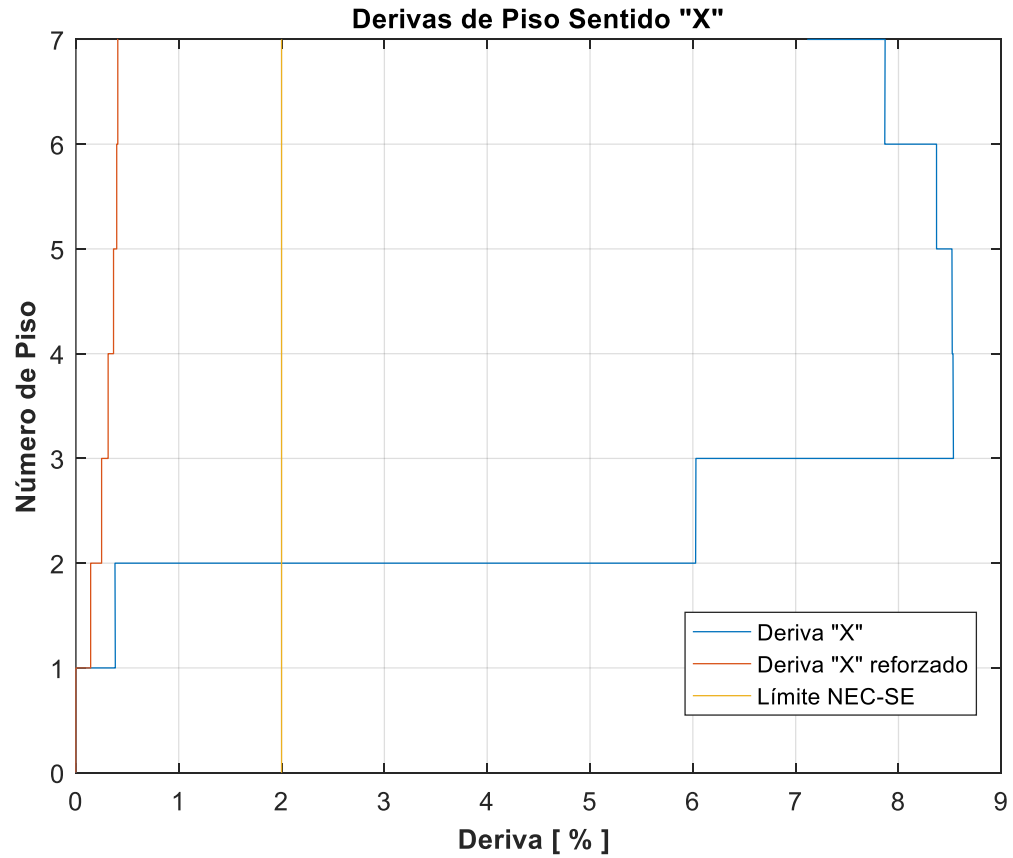
Análisis del Nivel de Resiliencia



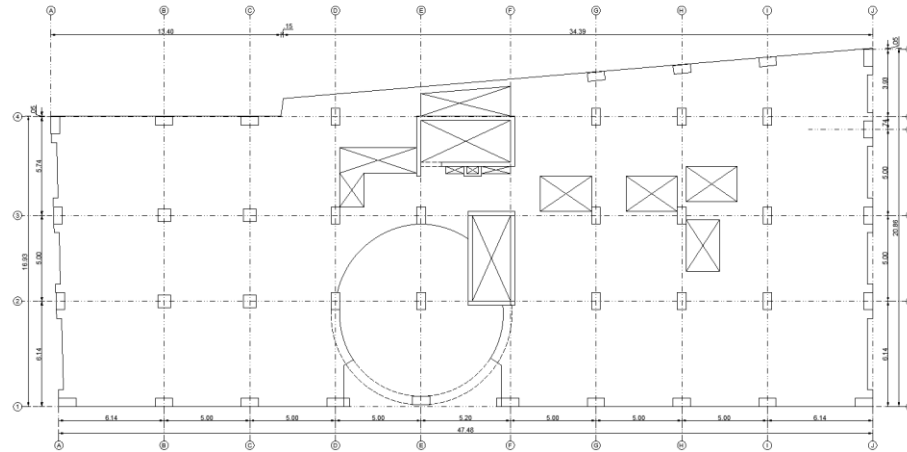
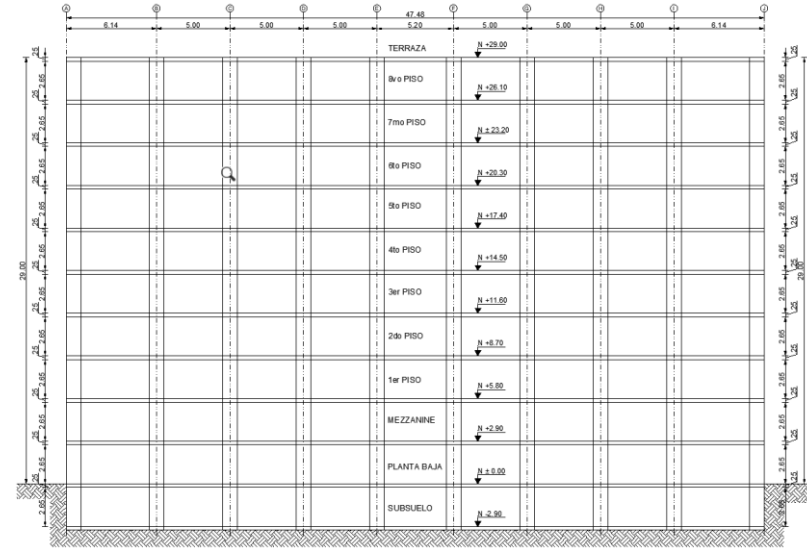
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO



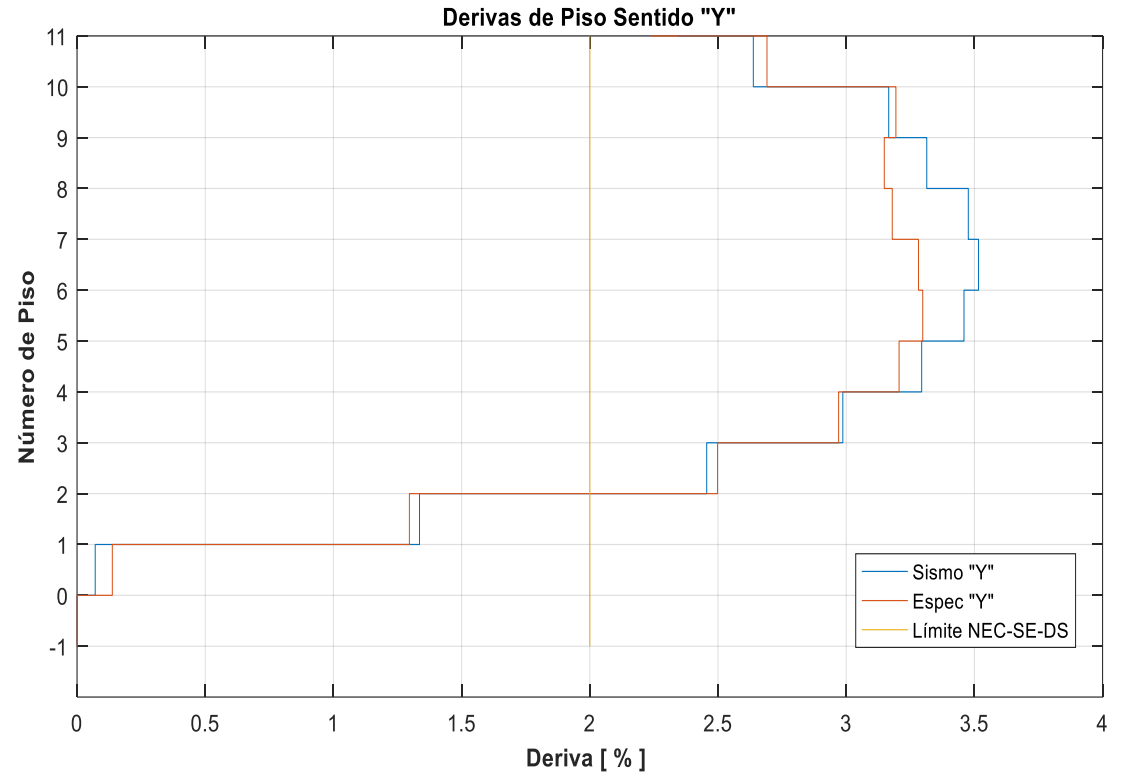
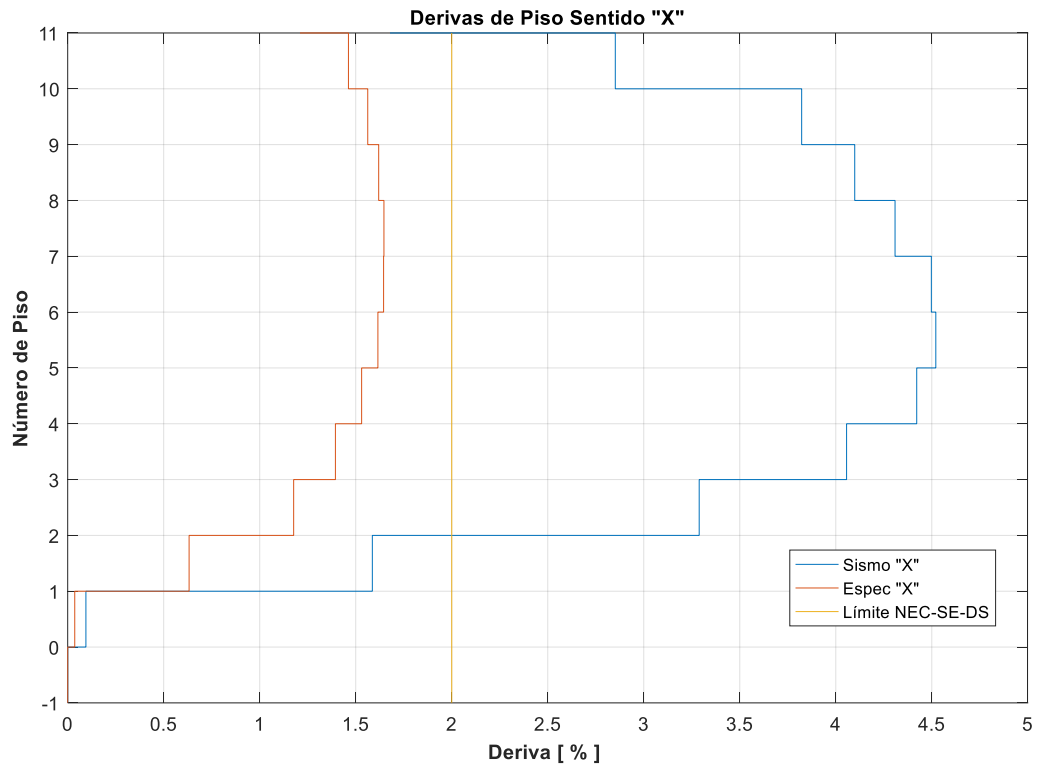
Parámetro	Resultado	Observaciones
Inspección Visual	Daño severo aparente solo en elementos no-estructurales	Nivel de daño importante en mampostería
Suelo	Tipo D, $T \sim 0.523s$, $q_a \sim 44 \text{ t/m}^2$	Arenas limosas
Período estructura	$T_{trans} = 0.95 [s]$, $T_{long} = 0.89 [s]$, $T_{tor} = 0.73 [s]$	Segundo modo torsional



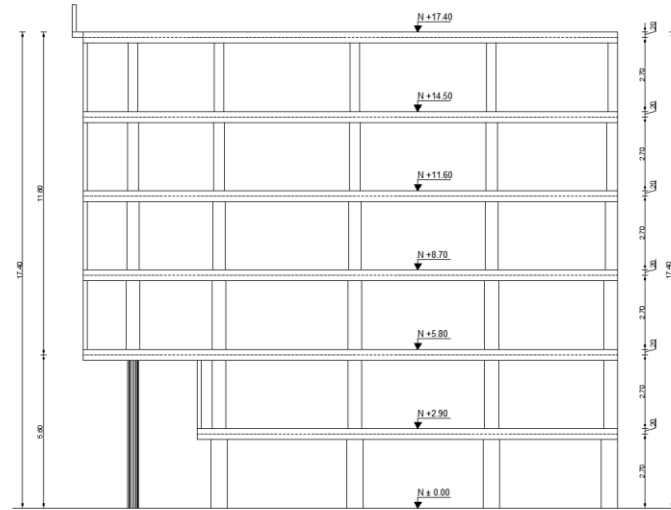
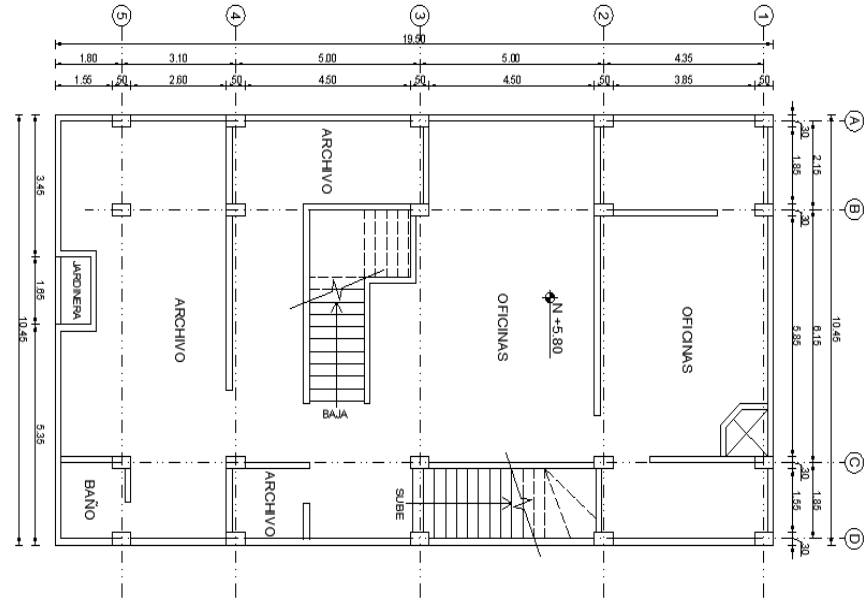
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO



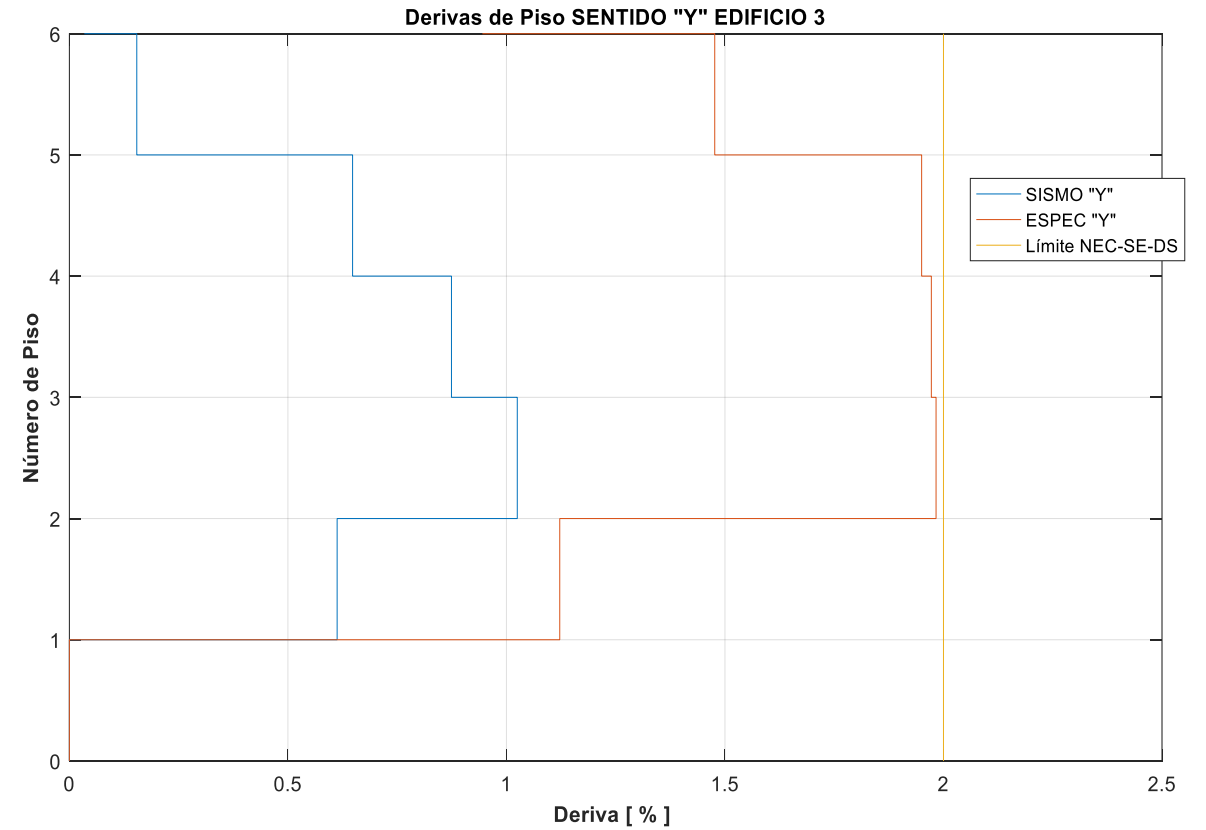
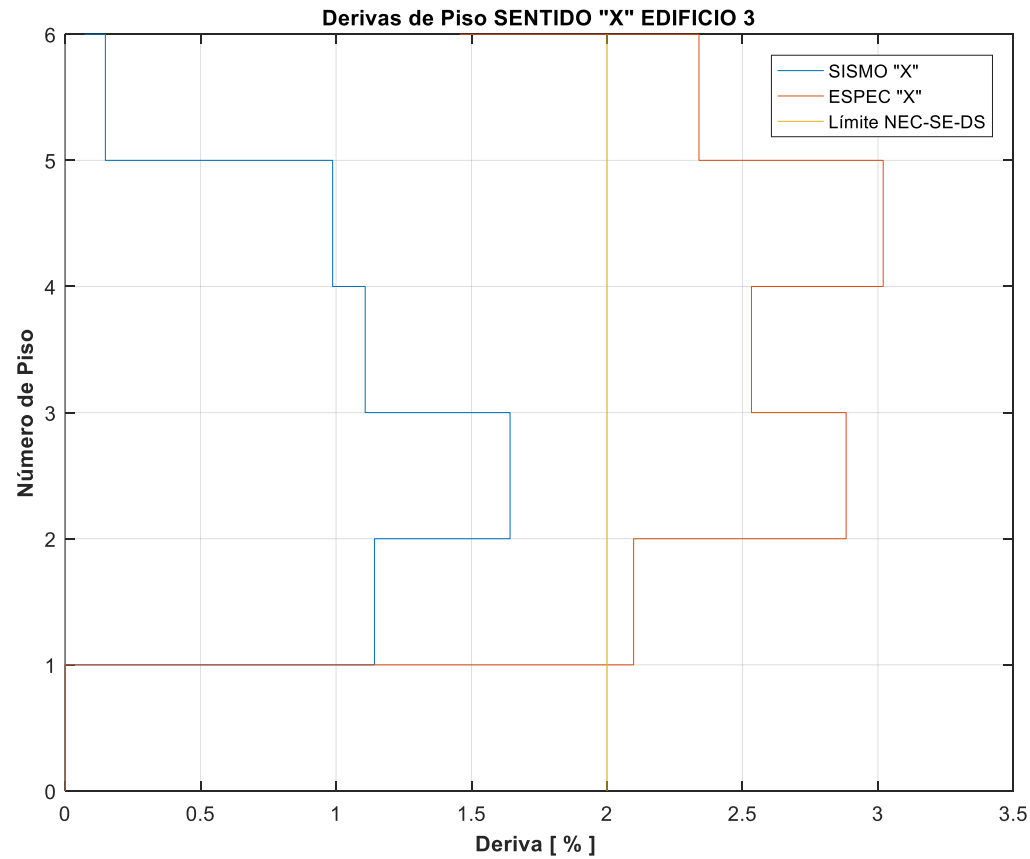
Parámetro	Resultado	Observaciones
Inspección Visual		Daño aparente en elementos no estructurales y fisuras de corte en algunas vigas perimetrales. Fisuras a 45°, sugieren un fallo por cortante en las vigas perimetrales. Estas vigas no se encuentran unidas a las columnas
f'c	26 MPa	Promedio de los valores medios de núcleos y esclerómetros. Cercano a 1.3f'c, con f'c _{diseño} = 21 MPa.
Suelo	Tipo E, T~0.90s, Fa=0.85, Fd=1.50, Fs=2.00	Limos de alta plasticidad. El período del suelo no se encuentra cercano al de la estructura. La cimentación del edificio es profunda con 380 pilotes hincados
Período estructura	T _{long} =1.33, T _{trans} =1.41	Dos primeros modos traslacionales
Aplome	El edificio no sufrió inclinación aparente	No existen deformaciones permanentes aparentes



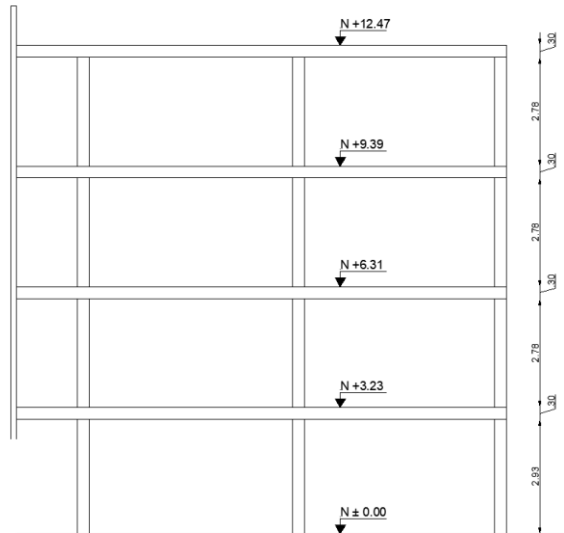
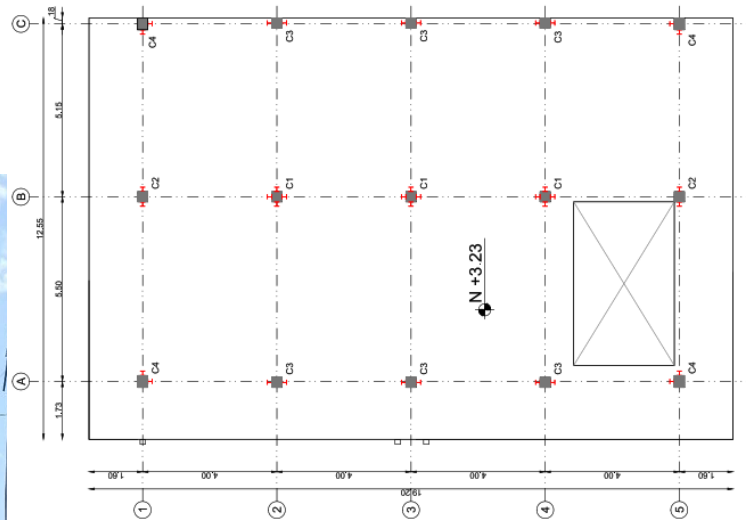
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO



Parámetro	Resultado	Observaciones
Inspección Visual	Daño aparente solo en elementos no estructurales	-
f'_c	19.5 MPa	Promedio de los valores medios de núcleos y esclerómetros.
Suelo	Tipo E, $T \sim 0.75s$, $F_a = 0.85$, $F_d = 1.50$, $F_s = 2.00$	Limos de alta plasticidad.
Período estructura	$T_{long} = 0.47$, $T_{trans} = 0.91$	Dos primeros modos traslacionales.
Aplome	El edificio no sufrió inclinación aparente	-

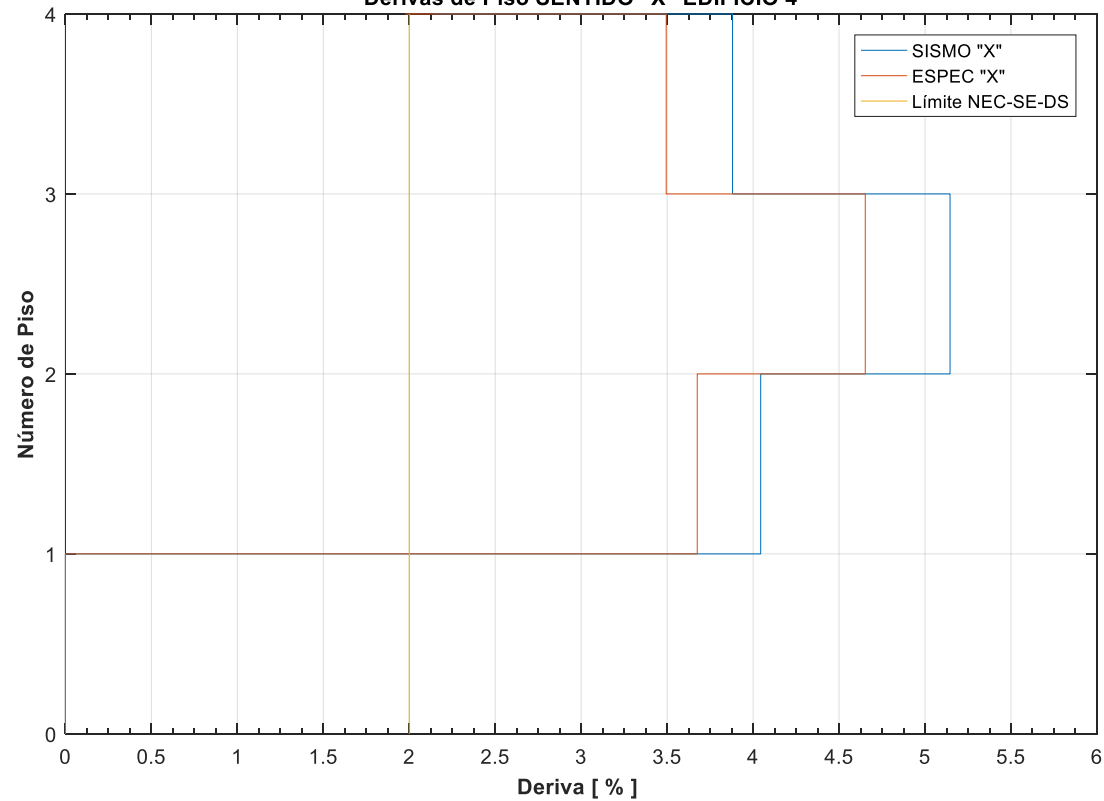


ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA MUESTRA DE ESTUDIO

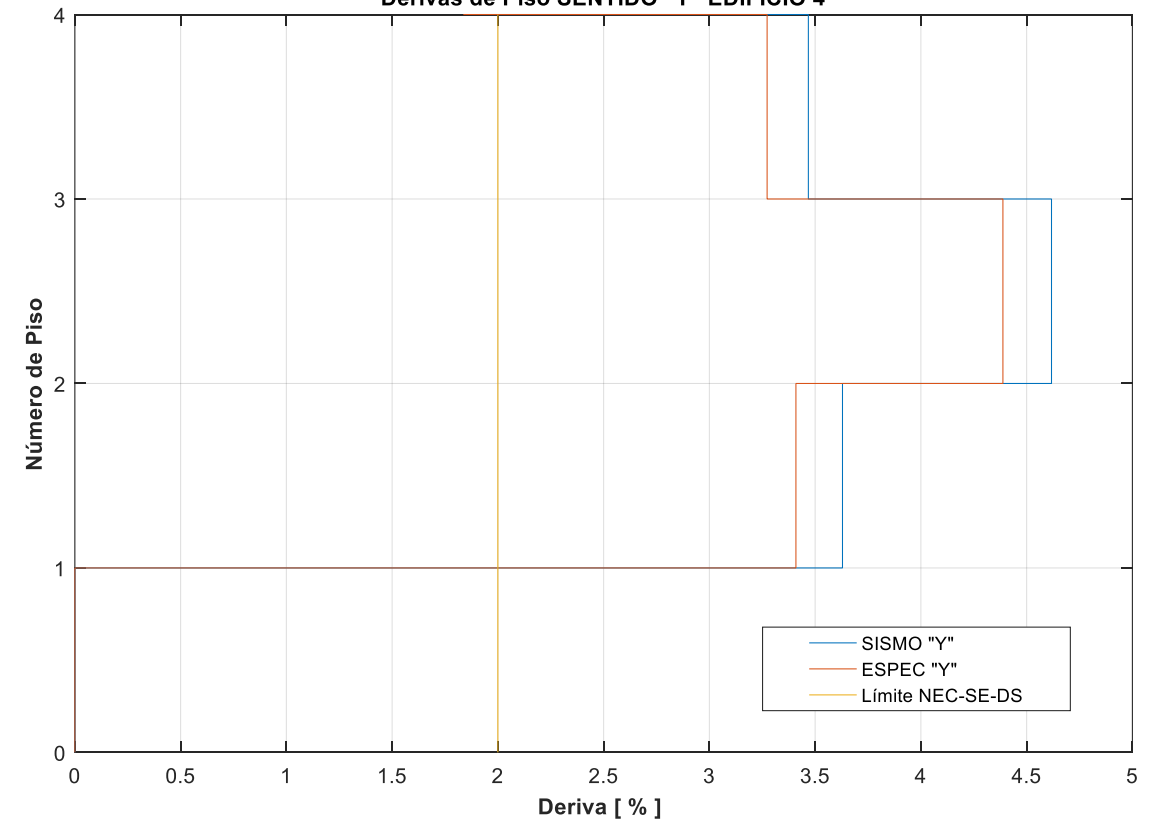


Parámetro	Resultado	Observaciones
Inspección Visual	Daños en elementos estructurales y no estructurales	Severos daños en columnas, gradas y mampostería
f'_c	14 MPa	Promedio de los valores medios de núcleos y esclerómetros. Hormigón de muy mala calidad.
Armado de elementos	Los indicados en el Anexo 3	-
Suelo	Tipo E, $T \sim 0.83s$, $F_a = 0.85$, $F_d = 1.50$, $F_s = 2.00$	Limos arcillosos de alta plasticidad. El período del suelo es muy cercano al de la estructura.
Período estructura	$T_{long} = 0.51(s)$, $T_{trans} = 0.79(s)$	Dos primeros modos traslacionales
Aplome	El edificio no sufrió inclinación aparente	No existen deformaciones permanentes aparentes

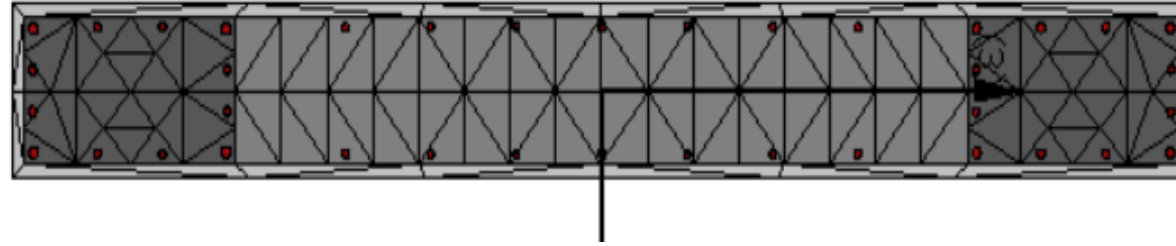
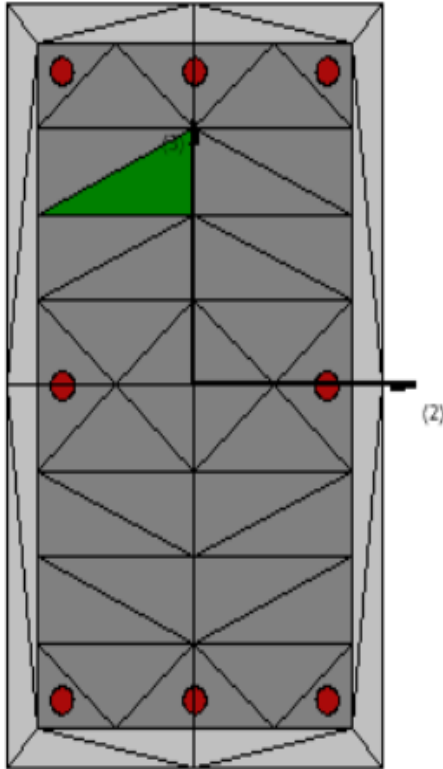
Derivas de Piso SENTIDO "X" EDIFICIO 4



Derivas de Piso SENTIDO "Y" EDIFICIO 4



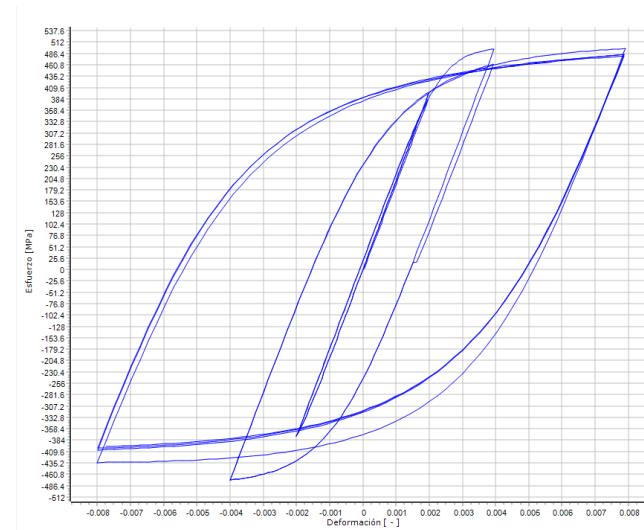
Modelamiento Estructural (Materiales)



Modelo de Mander Hormigón

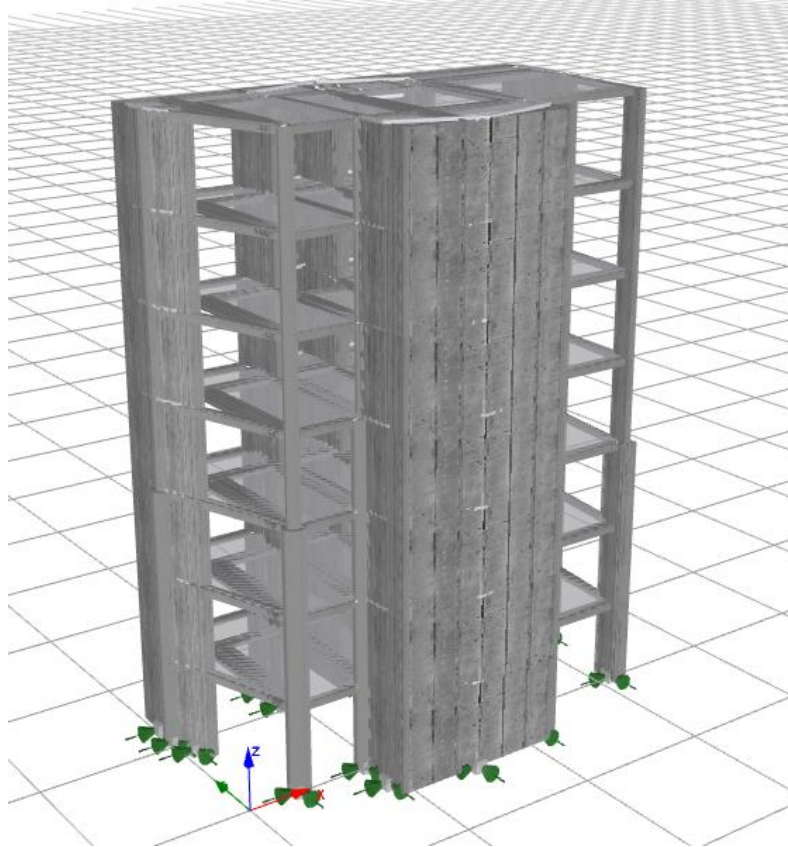


Modelo acero Menegotto-Pinto

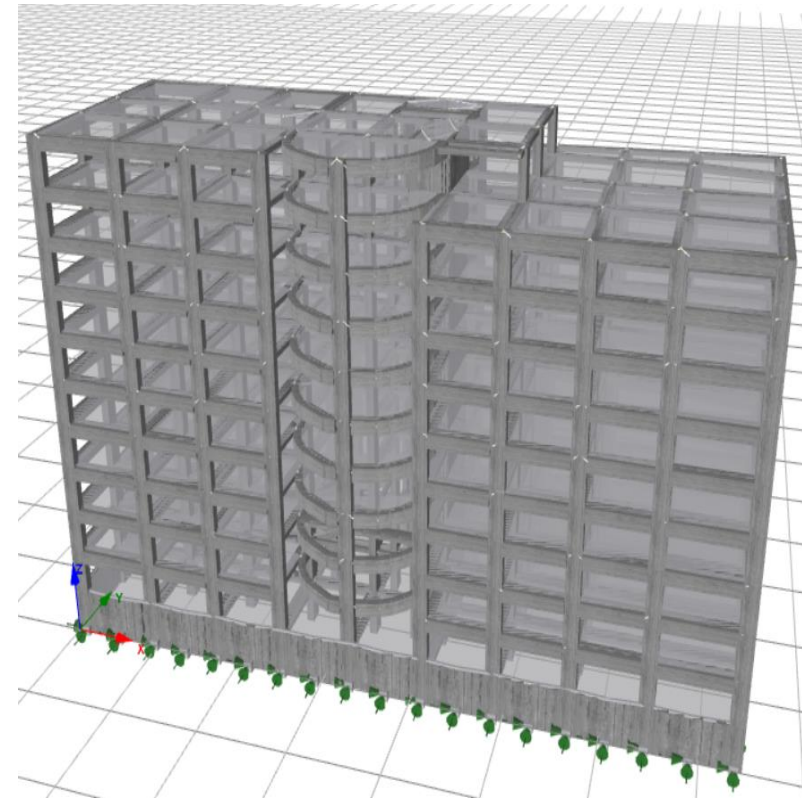


Fuente: Manual de usuario Seismo Struct 2021, (Seismo Soft 2021)

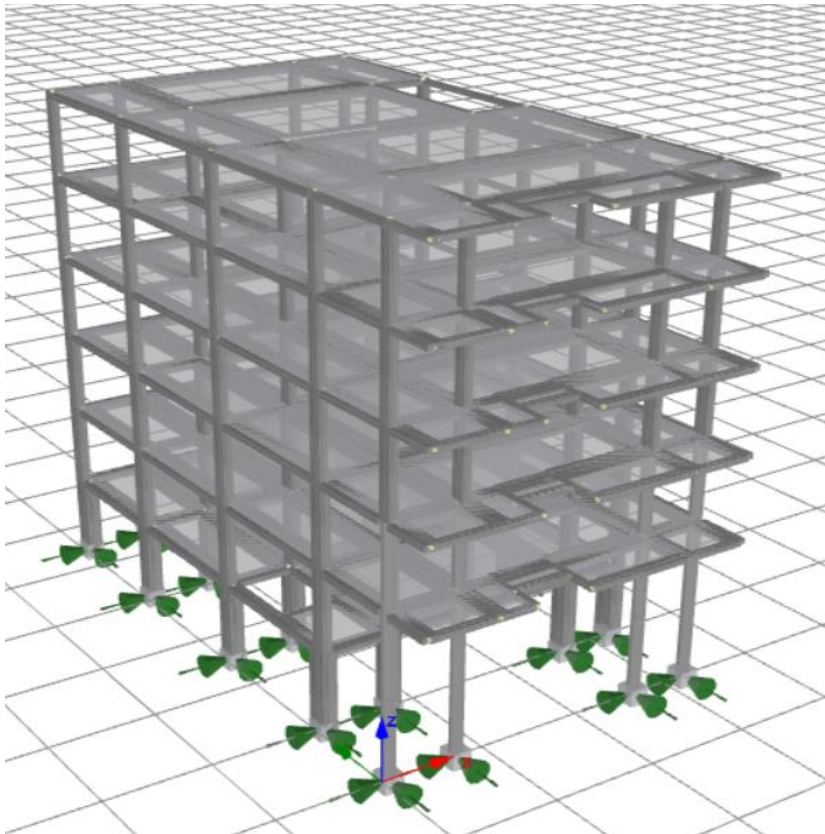
Edificio 1



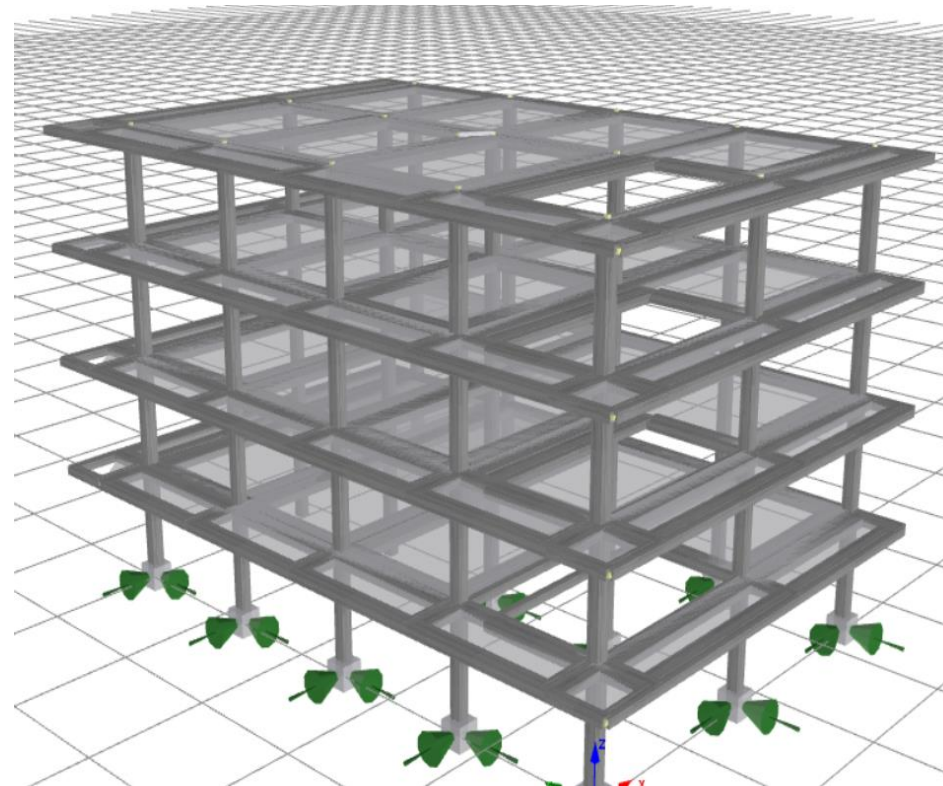
Edificio 2

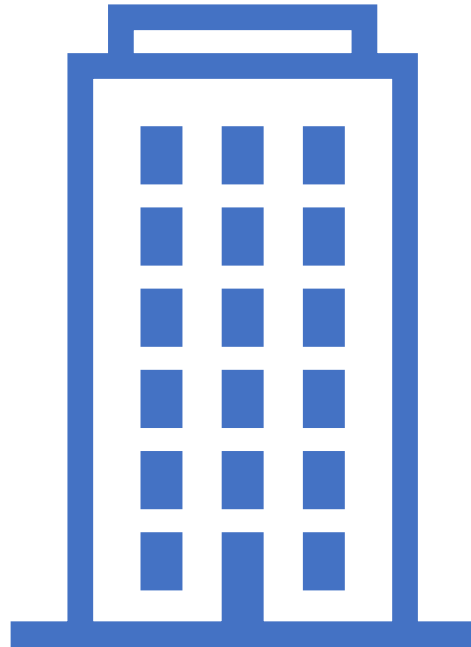


Edificio 3



Edificio 4





Análisis Estático No Lineal (PUSH OVER)

Análisis Estático No Lineal

Niveles Objetivos de Desempeño de la Edificación					
	ITEM	(1-A)	(1-B)	(3-C)	(5-D)
Niveles de Peligro	50% / 50 años	a	b	c	d
	BSE-1E (20% / 50 años)	e	f	g	h
	BSE-2E (5% / 50 años)	i	j	k	l
	BSE-2N (2% / 50 años)	m	n	o	p

Adaptado de (*Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*, 2017)

Nota: (1-A) Operacional, (1-B) Ocupación Inmediata (3-C), Seguridad de Vida (5-D), Prevención de Colapso.

RESULTADO EDIFICIO 1

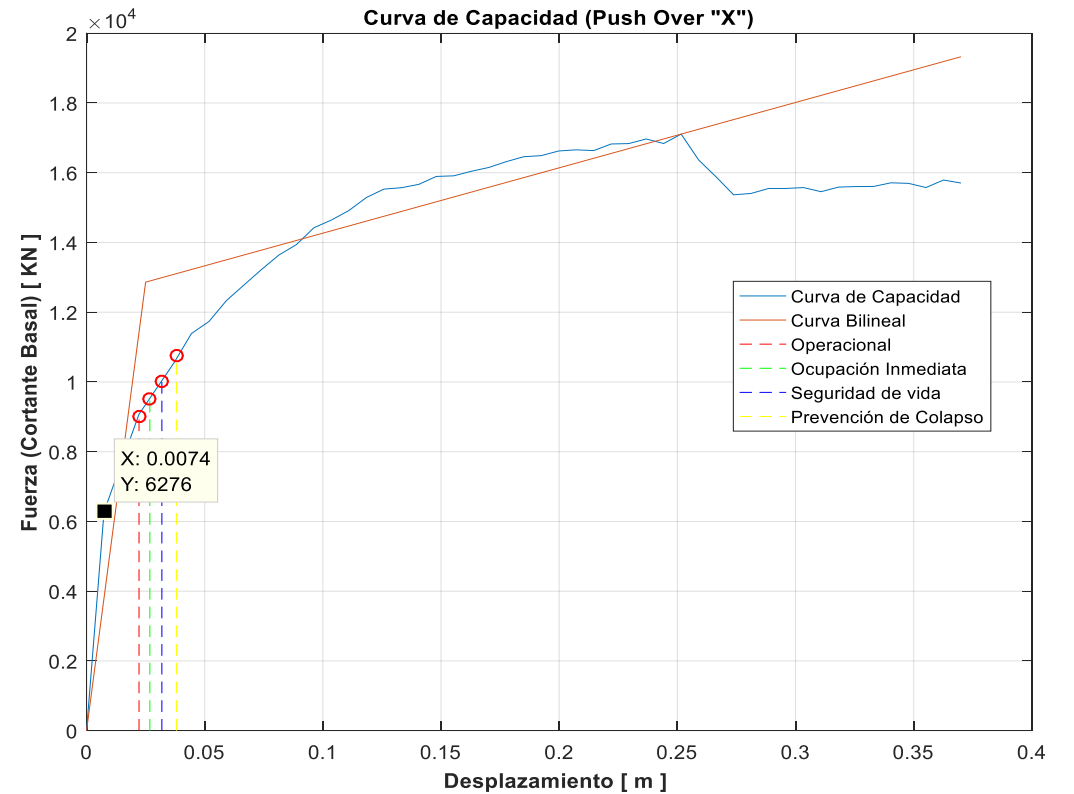
Análisis Estático No Lineal

Deformada sentido "X" Edificio 1



Visualización de Daños
Ruptura Zona Confinada
Fluencia
Ruptura Zona no confinada
Fractura

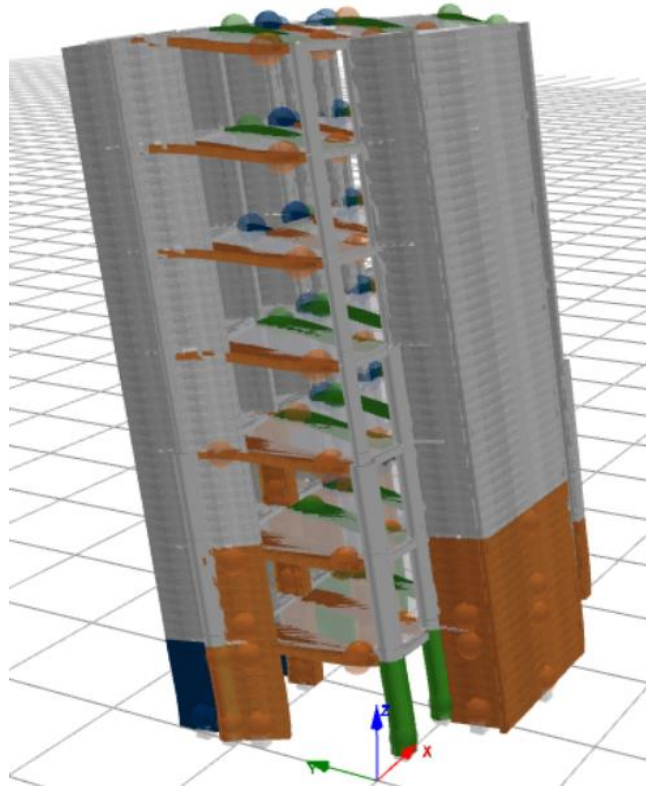
Curva de Capacidad Push Over en la dirección "X" Edificio 1



RESULTADO EDIFICIO 1

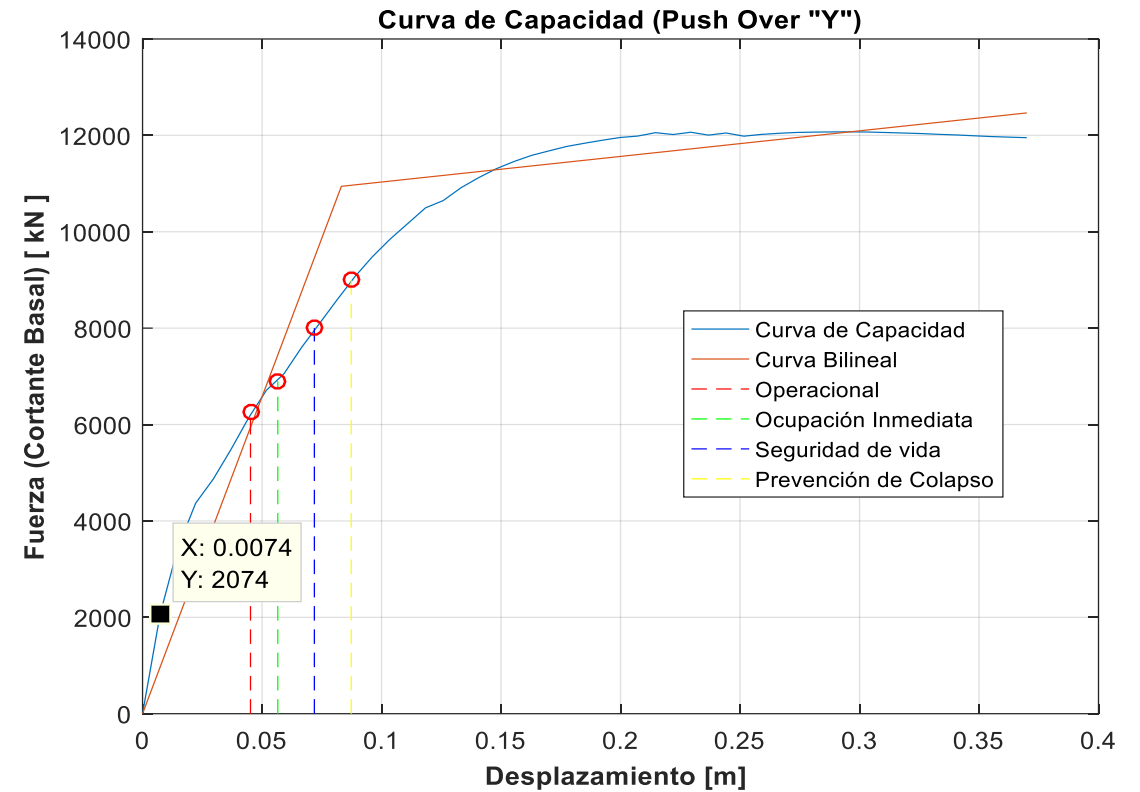
Análisis Estático No Lineal

Deformada sentido "Y" Edificio 1



Visualización de Daños	
Ruptura Zona Confinada	Blue
Fluencia	Orange
Ruptura Zona no confinada	Green
Fractura	Red

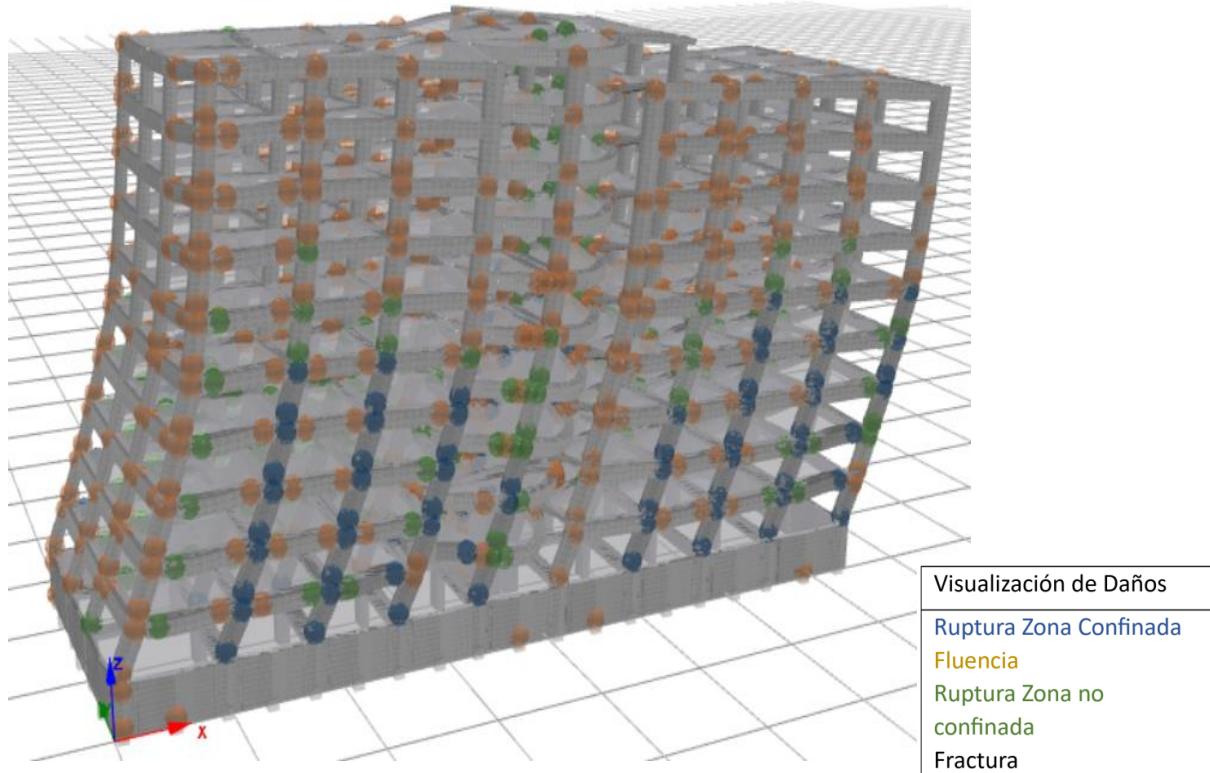
Curva de Capacidad Push Over en la dirección "Y" Edificio 1



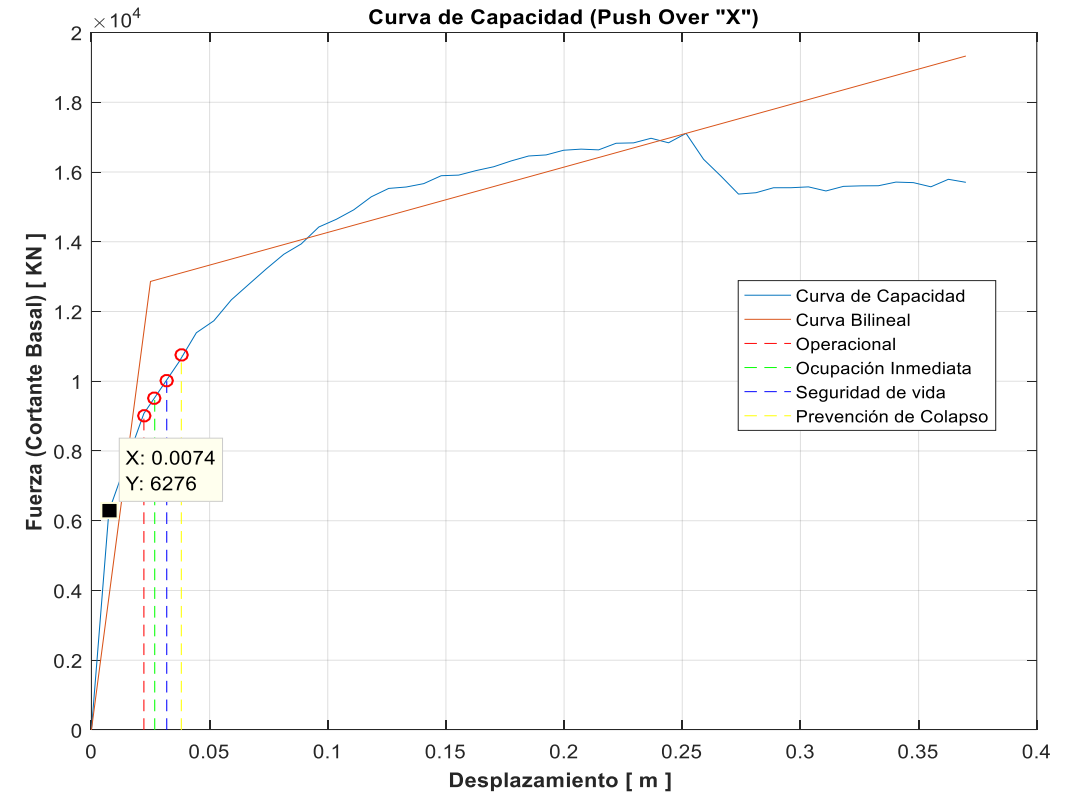
RESULTADO EDIFICIO 2

Análisis Estático No Lineal

Deformada sentido "X" Edificio 2



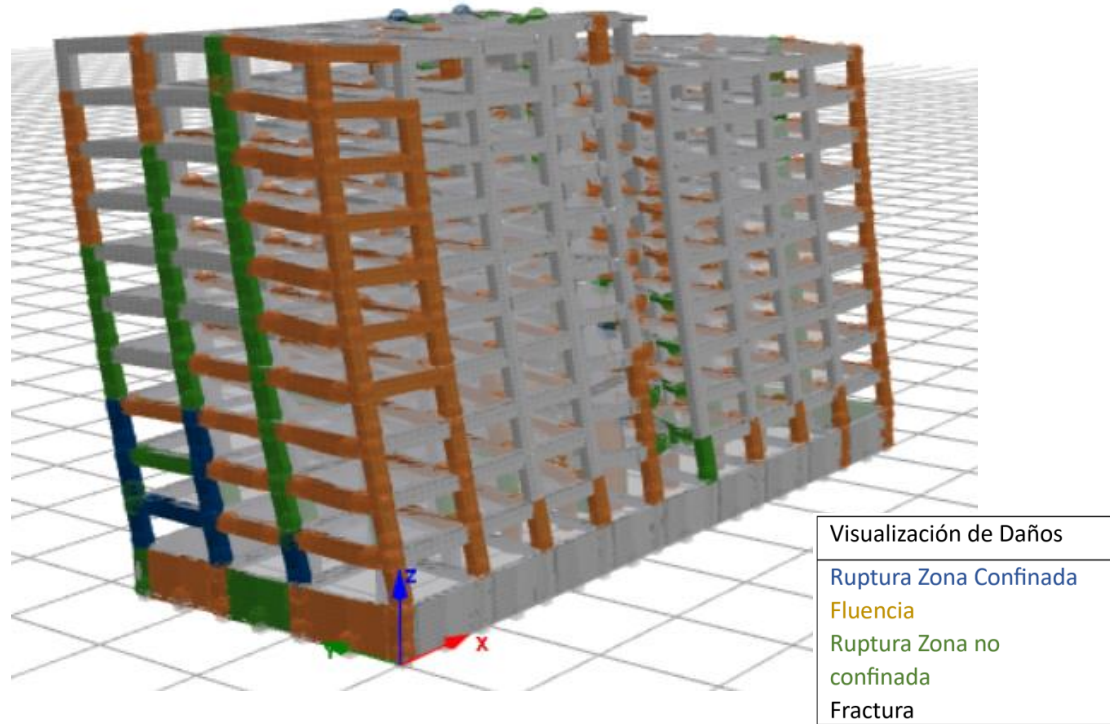
Curva de Capacidad Push Over en la dirección "X" Edificio 2



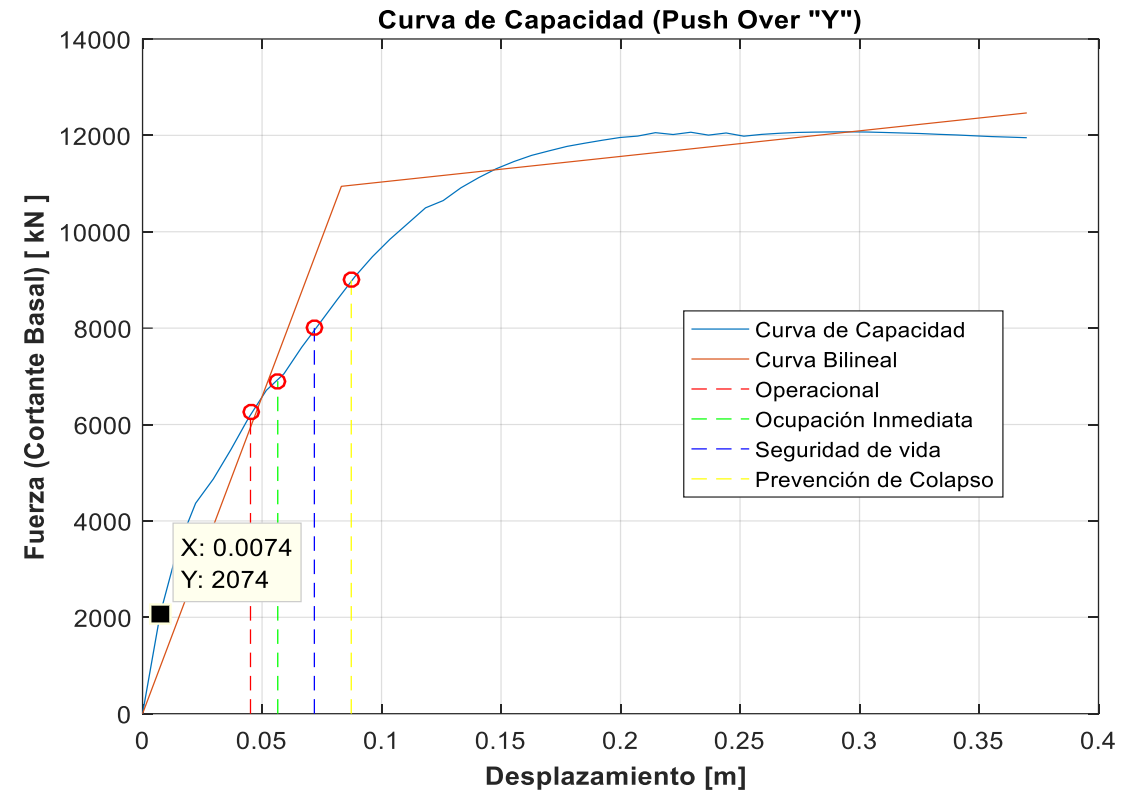
RESULTADO EDIFICIO 2

Análisis Estático No Lineal

Deformada sentido "Y" Edificio 2



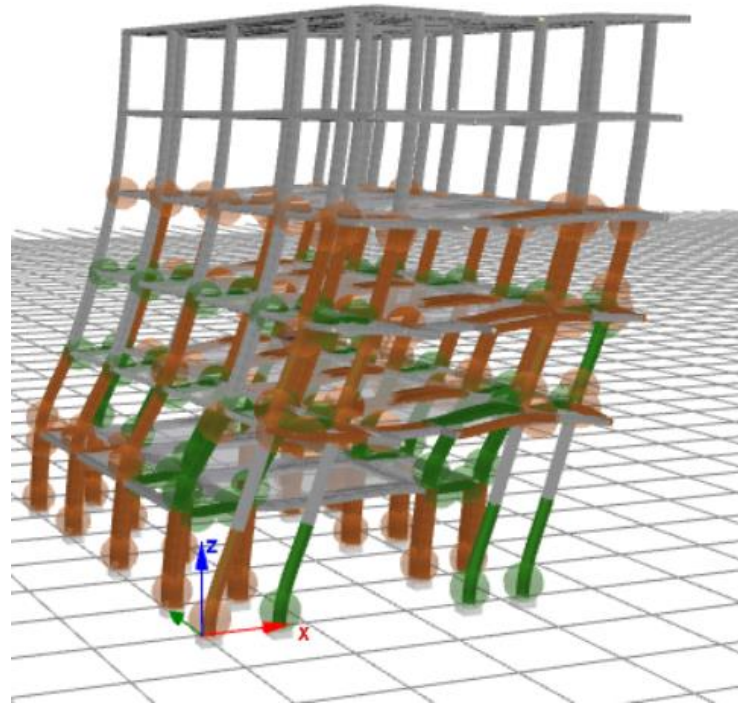
Curva de Capacidad Push Over en la dirección "Y" Edificio 2



RESULTADO EDIFICIO 3

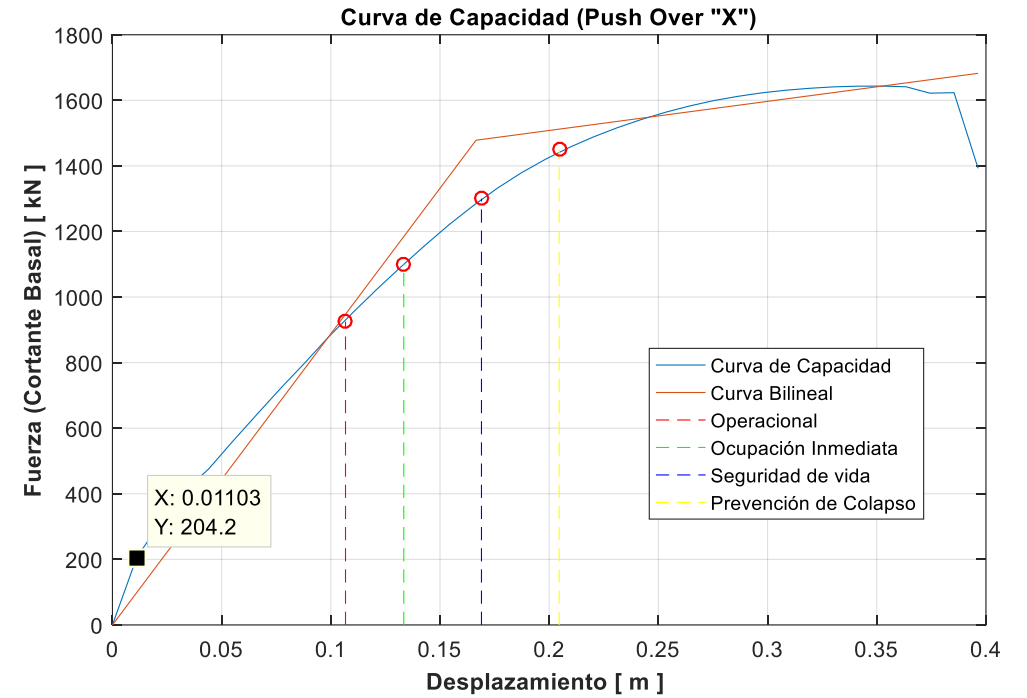
Análisis Estático No Lineal

Deformada sentido "X" Edificio 3



Visualización de Daños	
Ruptura Zona Confinada	Blue
Fluencia	Orange
Ruptura Zona no confinada	Green
Fractura	Red

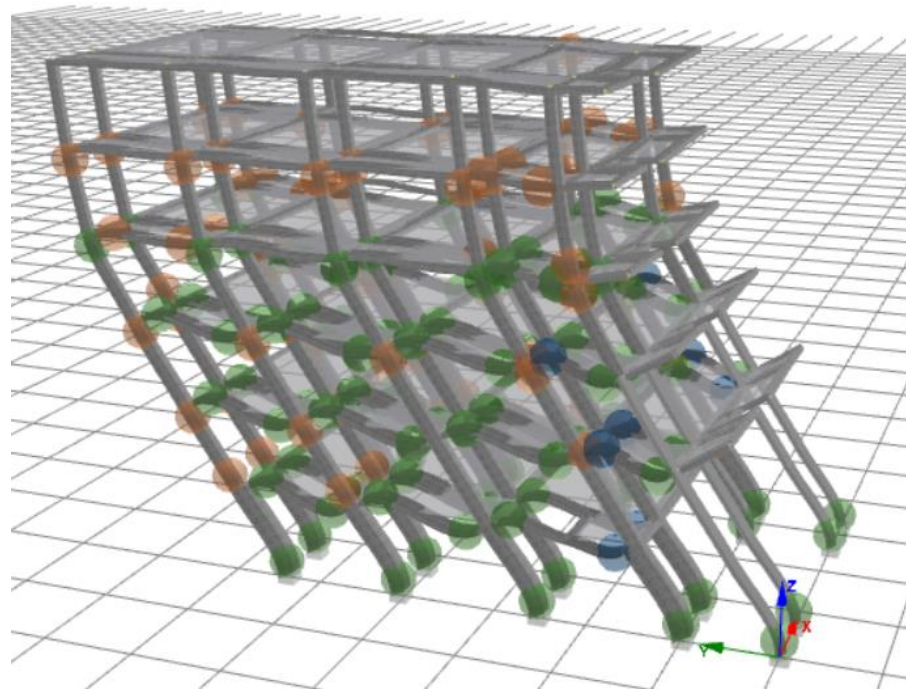
Curva de Capacidad Push Over en la dirección "X" Edificio 3



RESULTADO EDIFICIO 3

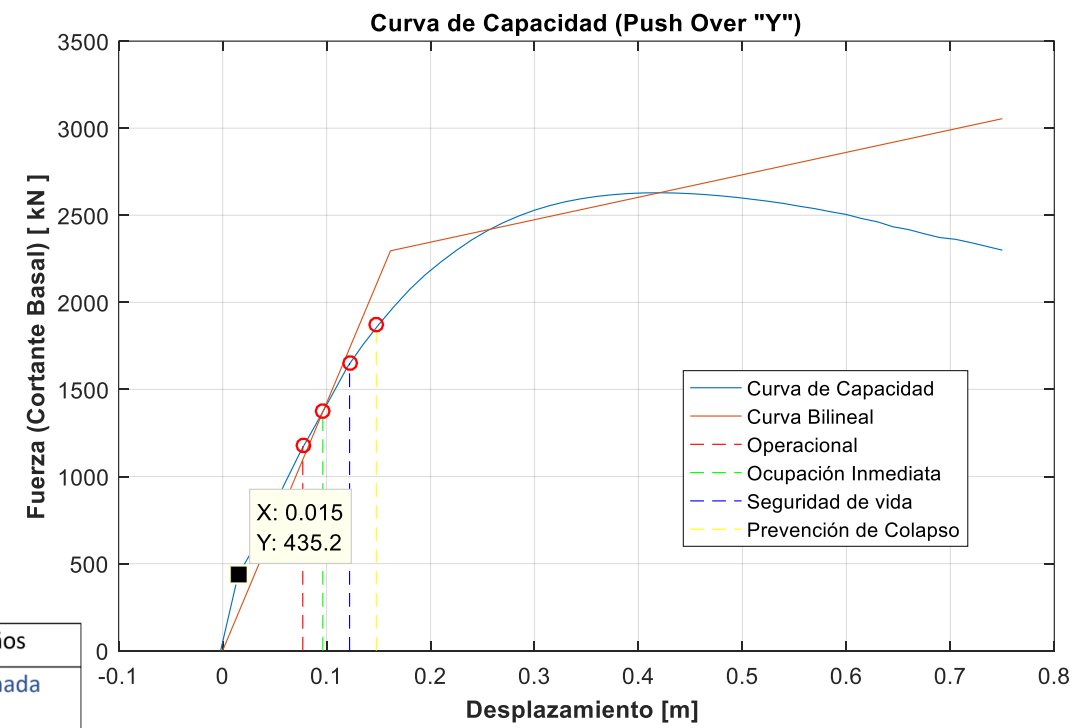
Análisis Estático No Lineal

Deformada sentido "Y" Edificio 3



- Visualización de Daños
- Ruptura Zona Confinada
 - Fluencia
 - Ruptura Zona no confinada
 - Fractura

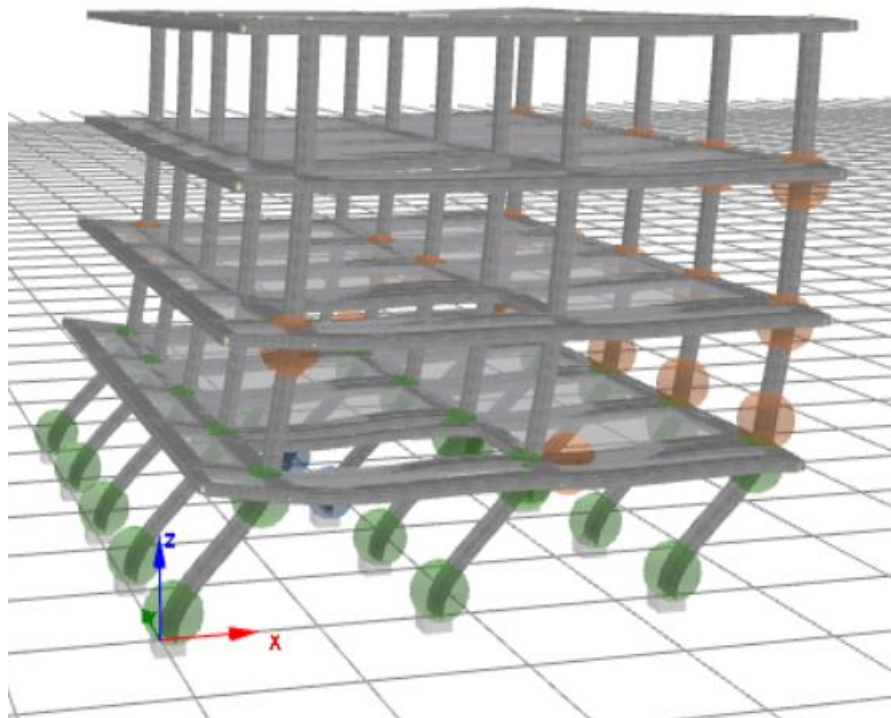
Curva de Capacidad Push Over en la dirección "Y" Edificio 3



RESULTADO EDIFICIO 4

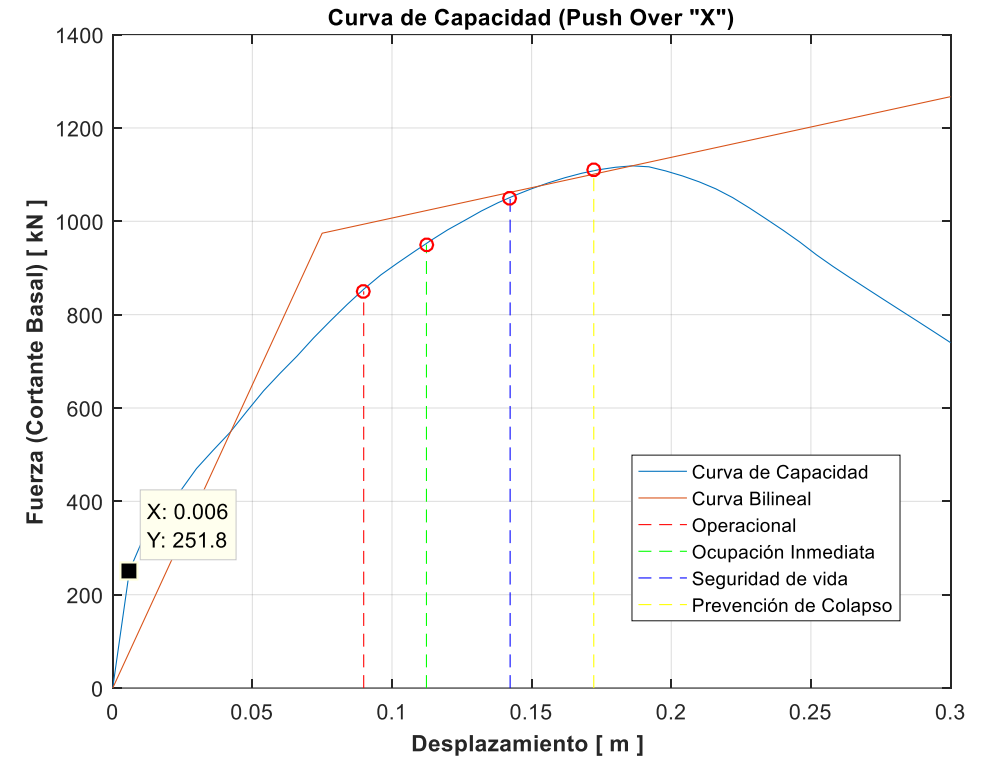
Análisis Estático No Lineal

Deformada sentido "X" Edificio 4



- Visualización de Daños
- Ruptura Zona Confinada
 - Fluencia
 - Ruptura Zona no confinada
 - Fractura

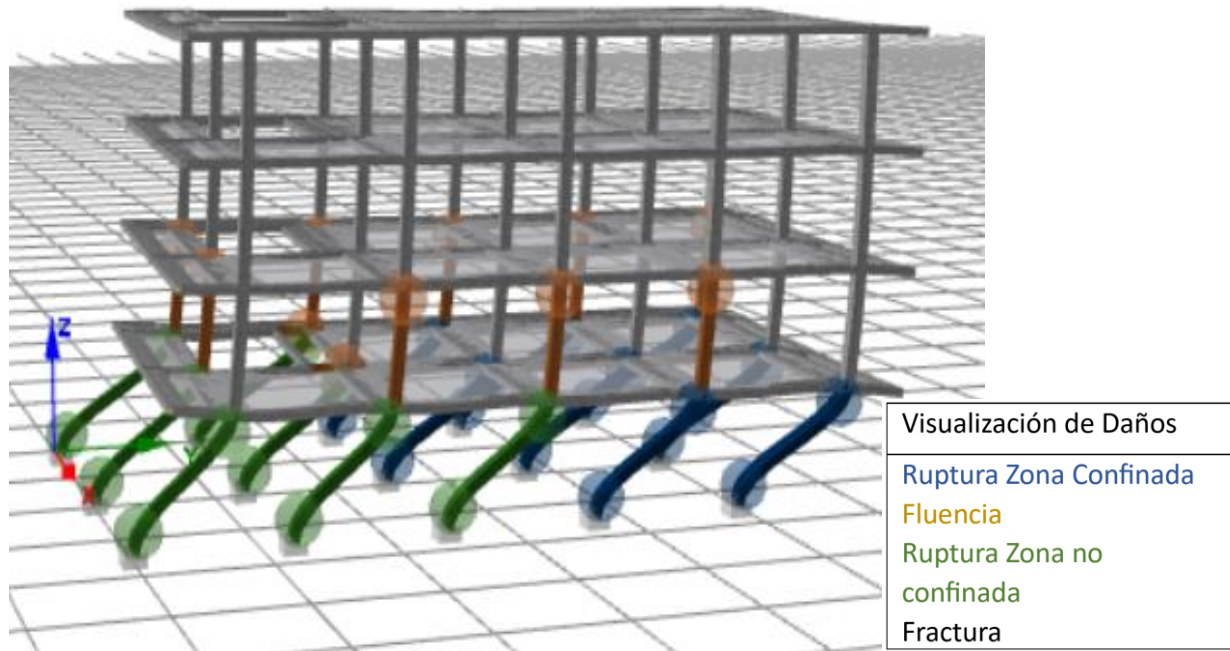
Curva de Capacidad Push Over en la dirección "X" Edificio 4



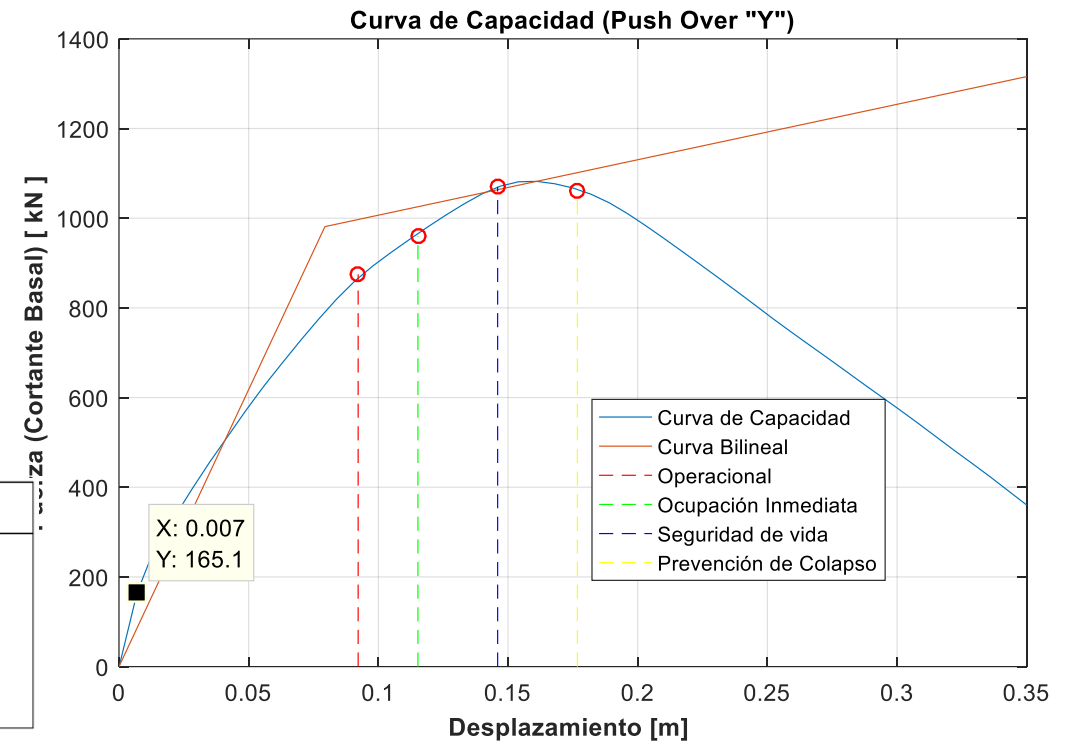
RESULTADO EDIFICIO 4

Análisis Estático No Lineal

Deformada sentido "Y" Edificio 4



Curva de Capacidad Push Over en la dirección "Y" Edificio 4





DERIVAS GLOBALES EDIFICIO 1

Nivel de Desempeño	Dirección "X" (%)	Dirección "Y" (%)
Operacional (1-A)	0.04	0.16
Ocupación Inmediata (1-B)	0.05	0.20
Seguridad de Vida (3-C)	0.07	0.26
Prevención de colapso (5-D)	0.08	0.31

DERIVAS GLOBALES EDIFICIO 2

Nivel de Desempeño	Dirección "X" (%)	Dirección "Y" (%)
Operacional (1-A)	0.150	0.180
Ocupación Inmediata (1-B)	0.180	0.230
Seguridad de Vida (3-C)	0.230	0.290
Prevención de colapso (5-D)	0.280	0.350

DERIVAS GLOBALES EDIFICIO 3

Nivel de Desempeño	Dirección "X" (%)	Dirección "Y" (%)
Operacional (1-A)	0.370	0.280
Ocupación Inmediata (1-B)	0.460	0.350
Seguridad de Vida (3-C)	0.580	0.440
Prevención de colapso (5-D)	0.700	0.530

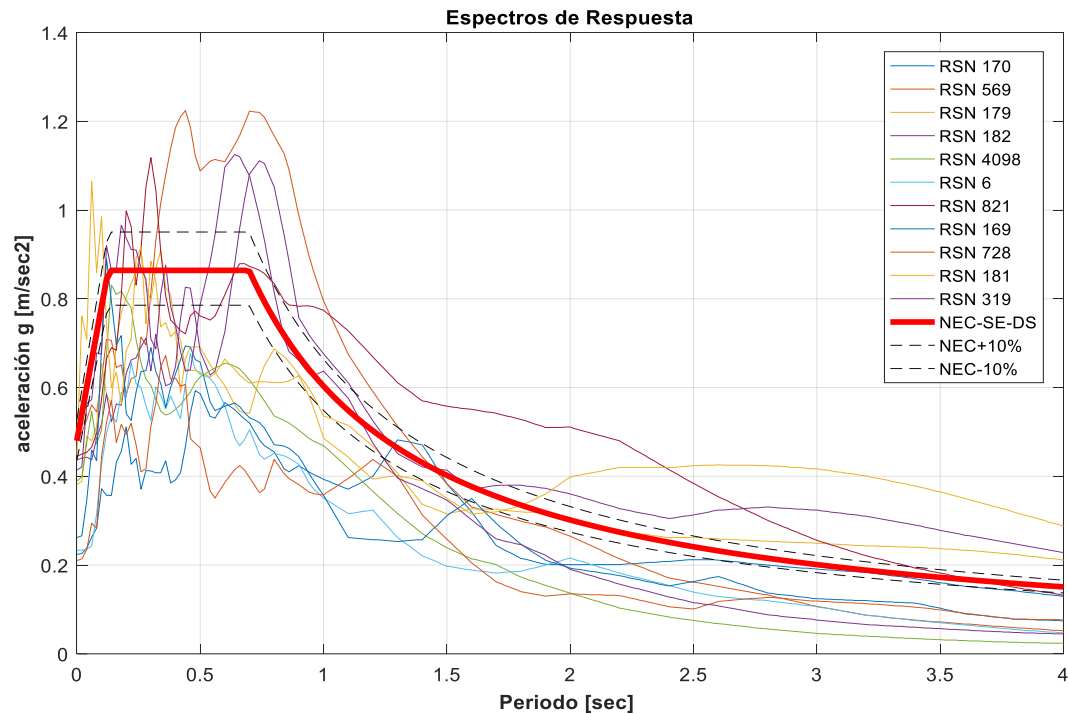
DERIVAS GLOBALES EDIFICIO 4

Nivel de Desempeño	Dirección "X" (%)	Dirección "Y" (%)
Operacional (1-A)	0.040	0.160
Ocupación Inmediata (1-B)	0.050	0.200
Seguridad de Vida (3-C)	0.070	0.260
Prevención de colapso (5-D)	0.080	0.310



Análisis Dinámico No Lineal (Time History Analysis)

ESCALAMIENTO DE SISMOS

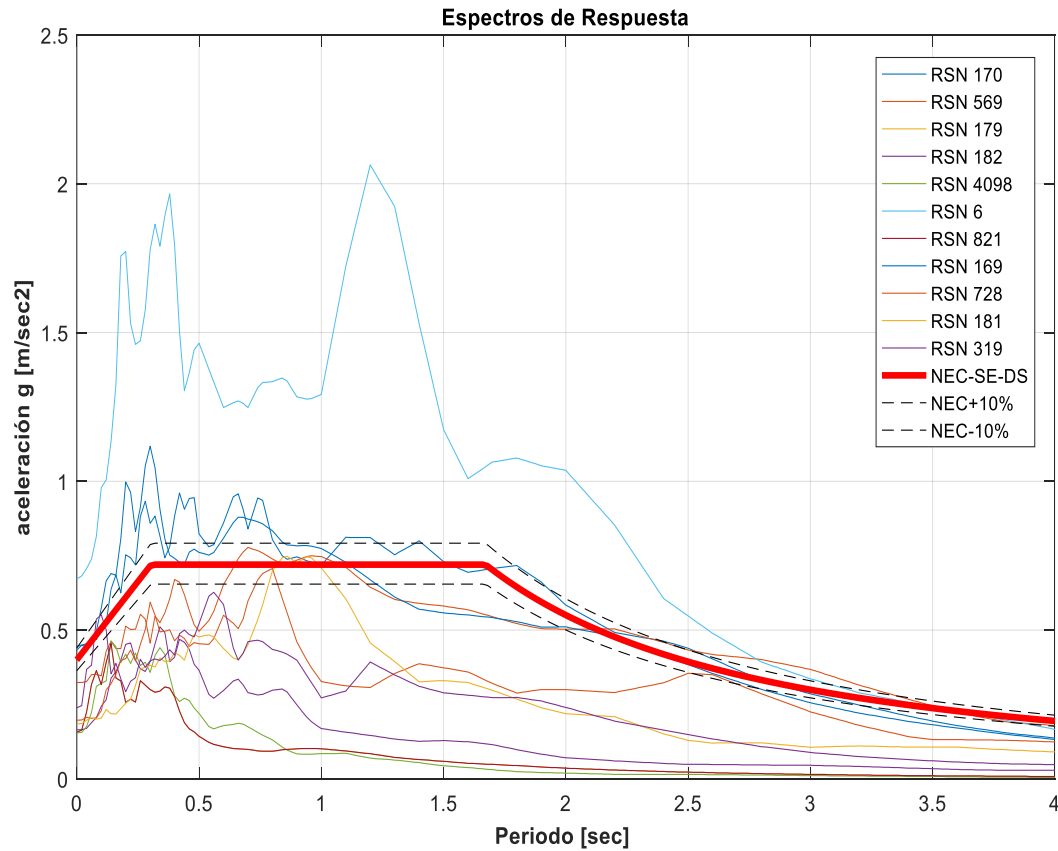


No.	Evento/Estación	RSN	Factor de Escala	Magnitud	PGA (g)
1	Imperial Valley-06/EC County Center FF	170	1.704	6,53/Mw	0.224
2	San Salvador/National Geographical Inst	569	0.986	5,80/Mw	0.495
3	Imperial Valley-06/El Centro Array #4	179	1.421	6,53/Mw	0.381
4	Imperial Valley-06/El Centro Array #7	182	1.207	6,53/Mw	0.437
5	Parkfield-02, CA/Parkfield - Cholame 1E	4098	1.654	6,00/Mw	0.389
6	Imperial Valley-02/El Centro Array #9	6	1.955	6,95/Mw	0.233
7	Erzican, Turkey/Erzincan	821	1.071	6,69/Mw	0.445
8	Imperial Valley-06/Delta	169	1.793	6,53/Mw	0.262
9	Superstition Hills-02/Westmorland Fire Sta	728	1.882	6,54/Mw	0.21
10	Imperial Valley-06/El Centro Array #6	181	1.452	6,53/Mw	0.448
11	Westmorland/Westmorland Fire Station	319	1.199	5,90/Mw	0.414

Espectro de respuesta de los 11 sismos seleccionados Suelo tipo D

Factores de escalamiento y registros de aceleraciones del PEER para suelo tipo D

ESCALAMIENTO DE SISMOS



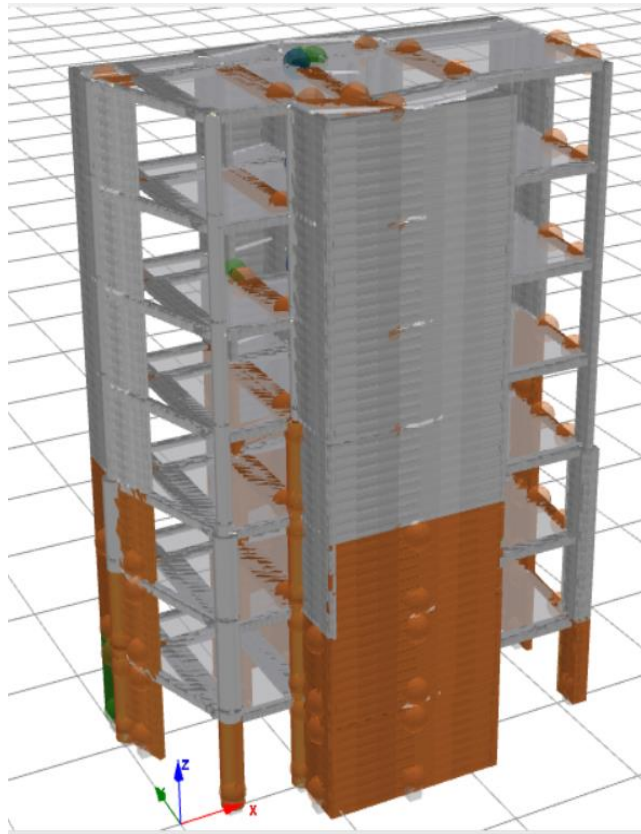
Espectro de respuesta de los 11 sismos seleccionados
Suelo tipo E

No.	Evento/Estación	RSN	Factor de Escala	Magnitud	PGA (g)
1	Superstition Hills-02/Parachute Test				
	Site	723	0.962	6.54/Mw	0.433
2	Denali, Alaska/TAPS Pump Station #10	2114	1.219	7.90/Mw	0.324
3	Northern Calif-03/Ferndale City Hall	20	2.226	6.50/Mw	0.186
4	Imperial Valley-06/El Centro - Meloland				
	Geot. Array	171	1.422	6.53/Mw	0.313
5	Kobe, Japan/Port Island (0 m)	1114	1.086	6.90/Mw	0.316
6	Kobe, Japan/Takatori	1120	0.509	6.90/Mw	0.672
7	Imperial Valley-06/El Centro Array #10	173	1.994	6.53/Mw	0.199
8	Erzican, Turkey/Erzincan	821	1.005	6.69/Mw	0.445
9	Darfield, New Zealand/Papanui High				
	School	6952	1.719	7.00/Mw	0.197
10	Kobe, Japan/Fukushima	1104	1.596	6.90/Mw	0.185
11	Imperial Valley-06/Agrarias	159	1.881	6.53/Mw	0.239

Factores de escalamiento y registros de aceleraciones del PEER para suelo tipo E

RESULTADOS DEL THA Edificio 1

Deformada y visualización de daños de muestra de estudio



Visualización de Daños

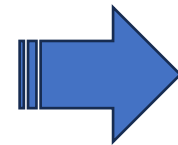
Ruptura Zona Confinada

Fluencia

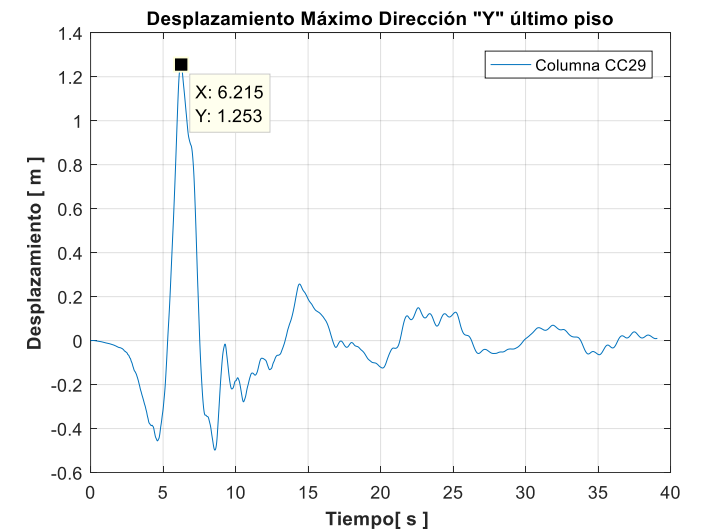
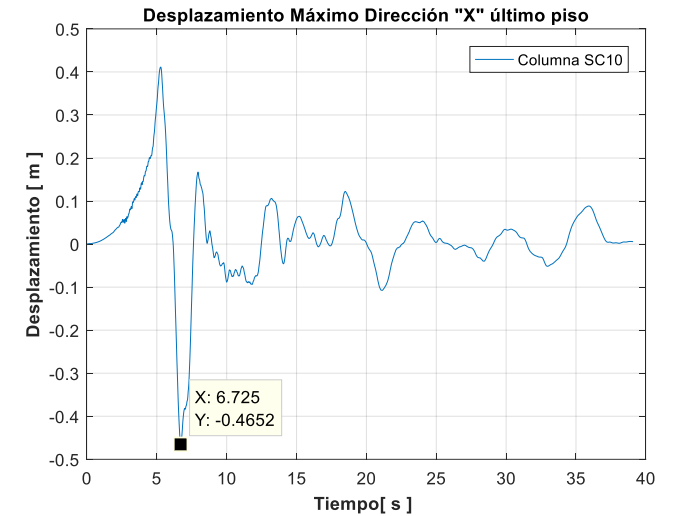
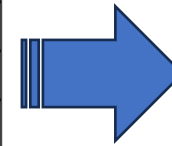
Ruptura Zona no

confinada

Fractura



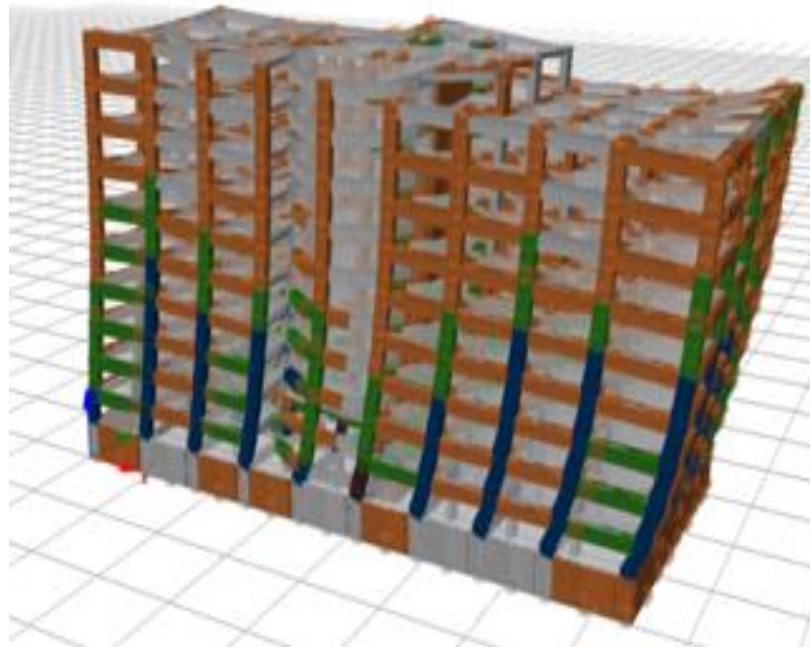
TH	DESP. MAX "X" (m)	DESP. MAX "Y" (m)
1	0.30556913	0.87216797
2	0.24759176	0.41544602
3	0.38484916	1.17586
4	0.38773419	0.7481252
5	0.21595708	0.32601784
6	0.24521987	0.50352565
7	0.36524307	0.69352081
8	0.28177502	0.43271228
9	0.46208384	0.33361088
10	0.46519361	1.25349000
11	0.17829129	0.39206583
Despla. Max	0.46519361	1.25349



Edificio 4

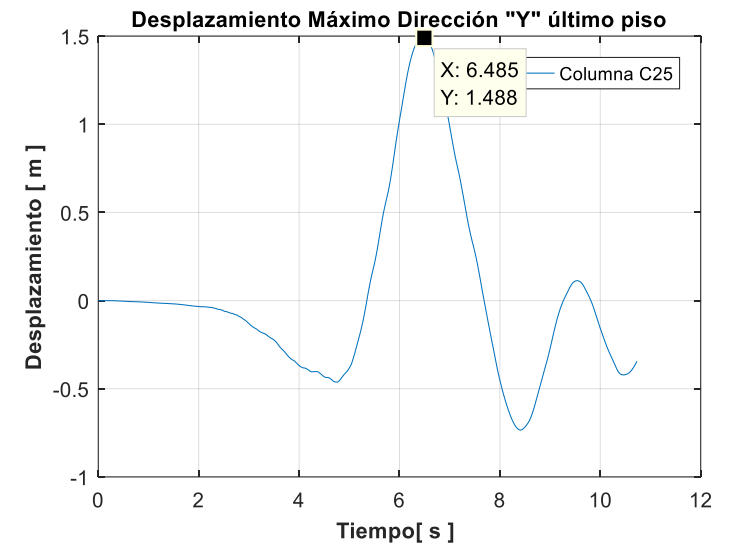
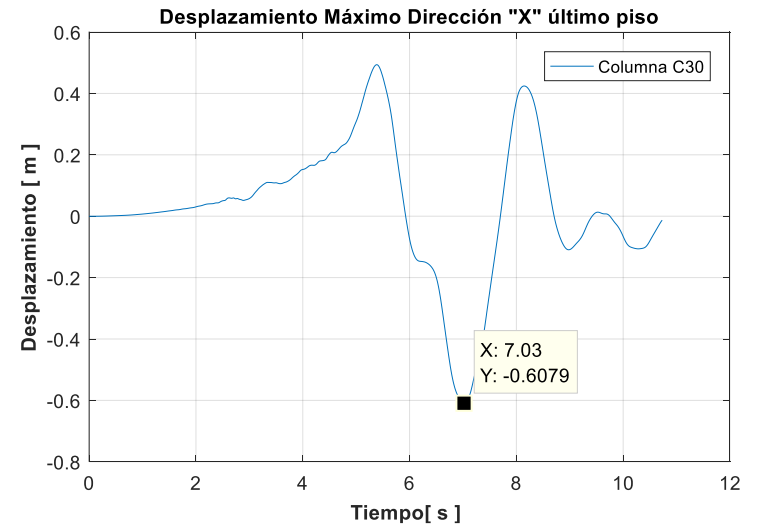
RESULTADOS DEL THA Edificio 2

Deformada y visualización de daños de muestra de estudio



- Visualización de Daños
- Ruptura Zona Confinada
 - Fluencia
 - Ruptura Zona no confinada
 - Fractura

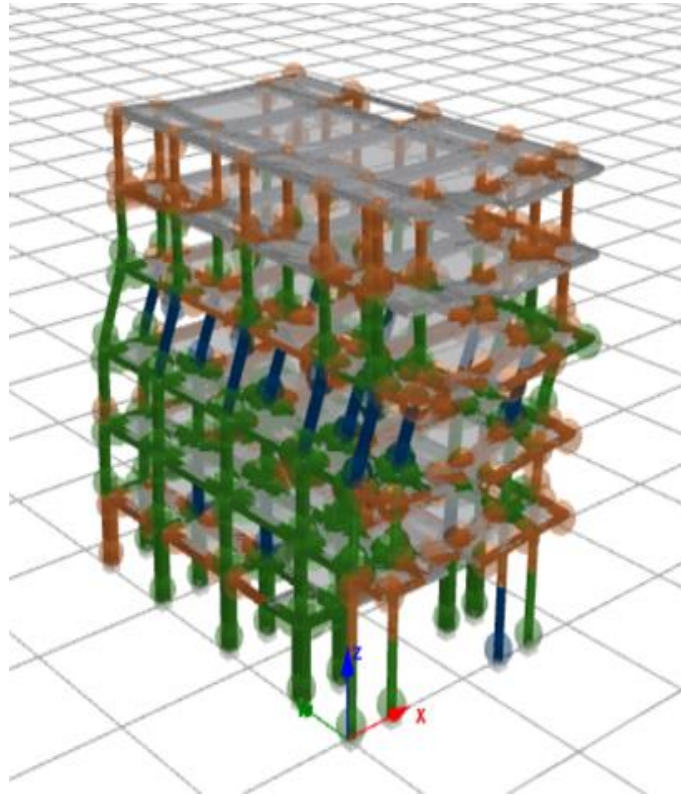
THA	DESP. MAX "X" (m)	DESP. MAX "Y" (m)
1	0.4369	0.8895
2	0.3808	0.3560
3	0.5153	1.3947
4	0.0127	0.0180
5	0.2727	0.4007
6	0.3419	0.6636
7	0.4311	0.7426
8	0.3339	0.5663
9	0.5764	0.3904
10	0.6079	1.4886
11	0.1817	0.4019
Despla. Max	0.6079	1.4886



RESULTADOS DEL THA Edificio 3

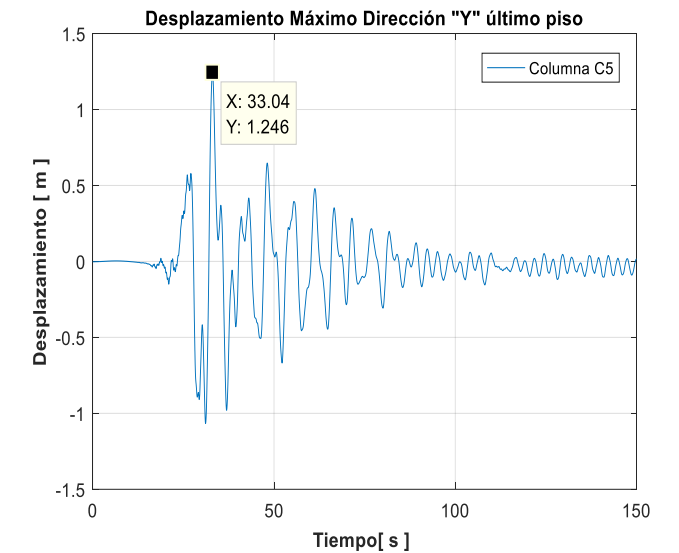
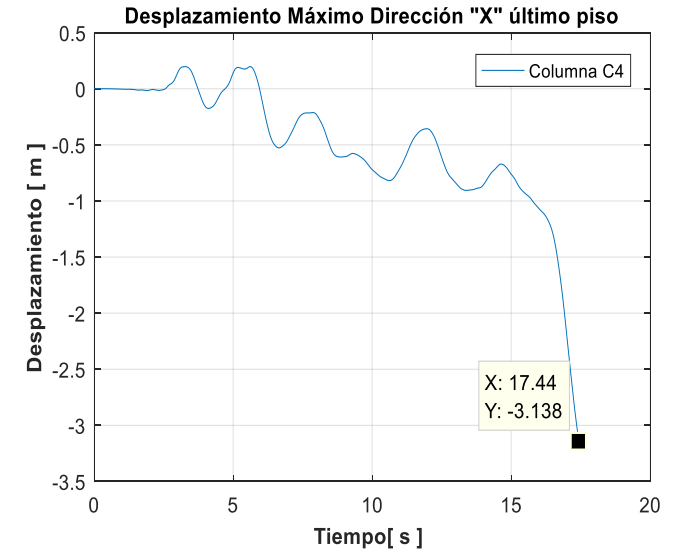


Deformada y visualización de daños de muestra de estudio



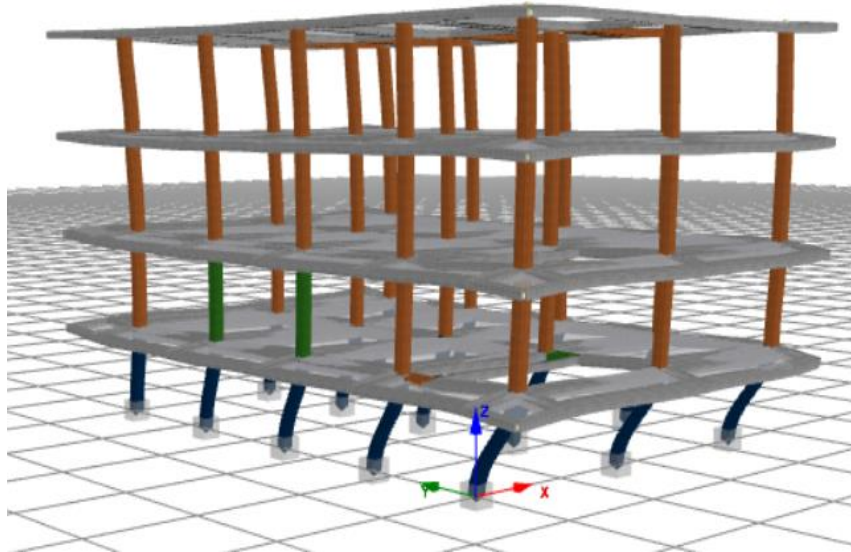
- Visualización de Daños
- Ruptura Zona Confinada
 - Fluencia
 - Ruptura Zona no confinada
 - Fractura

TH	DESP. MAX X(m)	DESP. MAX Y(m)
1	0.575	0.360
2	2.517	0.781
3	1.012	0.409
4	0.790	1.037
5	2.884	0.496
6	3.138	0.514
7	0.961	0.794
8	0.628	0.799
9	0.894	1.246
10	0.430	0.606
11	0.619	0.549
Despla. Max	3.138	1.246



RESULTADOS DEL THA Edificio 4

Deformada y visualización de daños de muestra de estudio



Visualización de Daños

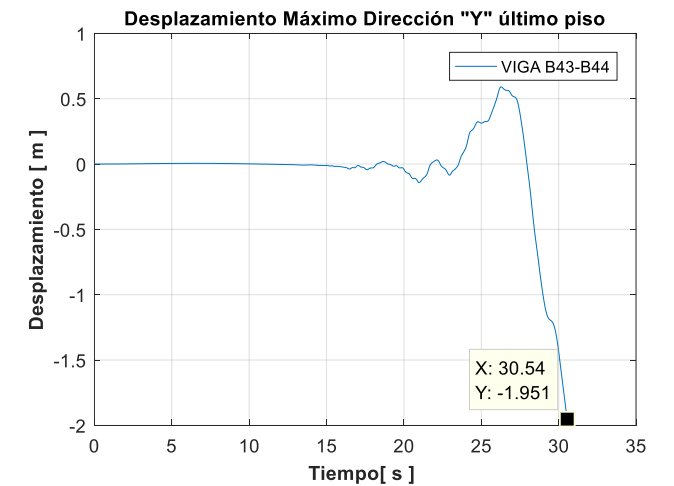
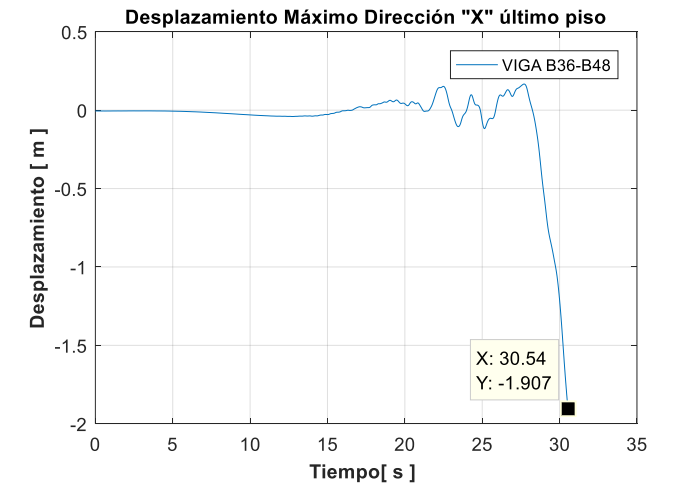
Ruptura Zona Confinada

Fluencia

Ruptura Zona no confinada

Fractura

TH	DESP. MAX X(m)	DESP. MAX Y (m)
1	1.486	0.251
2	1.051	1.341
3	0.666	0.350
4	1.120	0.920
5	0.360	0.343
6	1.795	0.504
7	1.303	0.423
8	0.259	1.112
9	1.907	1.951
10	0.820	1.933
11	1.263	1.480
Despla. Max	1.907	1.951

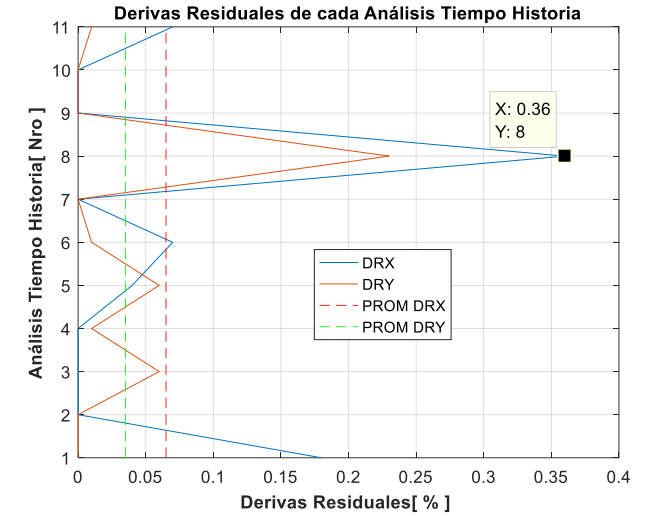
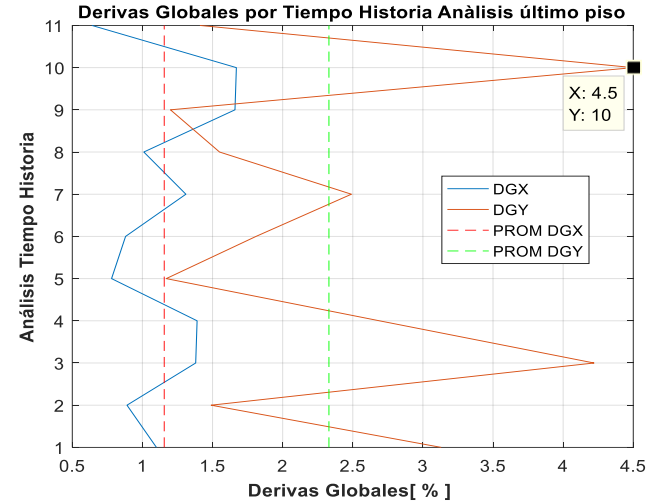
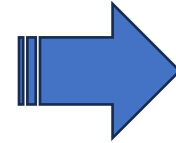


RESULTADOS DEL THA

Edificio 1

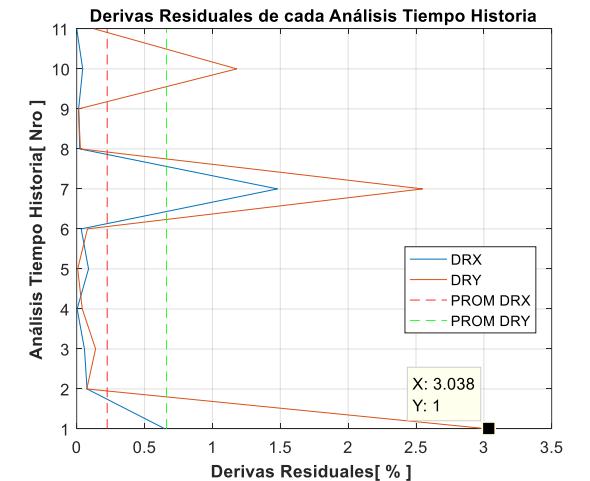
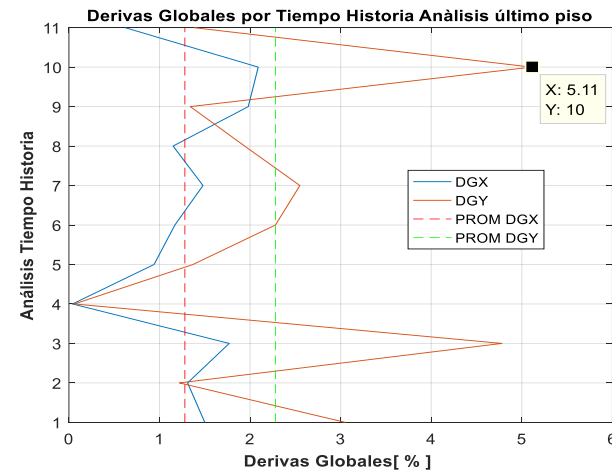
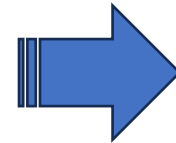
Derivas globales y residuales en el último piso de cada Análisis

TH	DGX %	DGY %	DRX %	DRY %
1	1.100	3.130	0.180	0.000
2	0.890	1.490	0.000	0.000
3	1.380	4.220	0.000	0.060
4	1.390	2.690	0.000	0.010
5	0.780	1.170	0.040	0.060
6	0.880	1.810	0.070	0.010
7	1.310	2.490	0.000	0.000
8	1.010	1.550	0.360	0.230
9	1.660	1.200	0.000	0.000
10	1.670	4.500	0.000	0.000
11	0.640	1.410	0.070	0.010
D max	1.670	4.500	0.360	0.230
D promedio	1.155	2.333	0.070	0.051



Edificio 2

TH	DG X %	DGY %	DRX %	DRY %
1	1.5	3.05	0.652	3.038
2	1.31	1.22	0.076	0.074
3	1.77	4.78	0.057	0.139
4	0.04	0.06	0.003	0.041
5	0.94	1.37	0.087	0.007
6	1.17	2.28	0.033	0.079
7	1.48	2.55	1.479	2.548
8	1.15	1.94	0.022	0.027
9	1.98	1.34	0.014	0.014
10	2.09	5.11	0.044	1.179
11	0.62	1.38	0	0.13
D max	2.090	5.110	1.479	3.038
Dpromedio	1.277	2.280	0.224	0.661

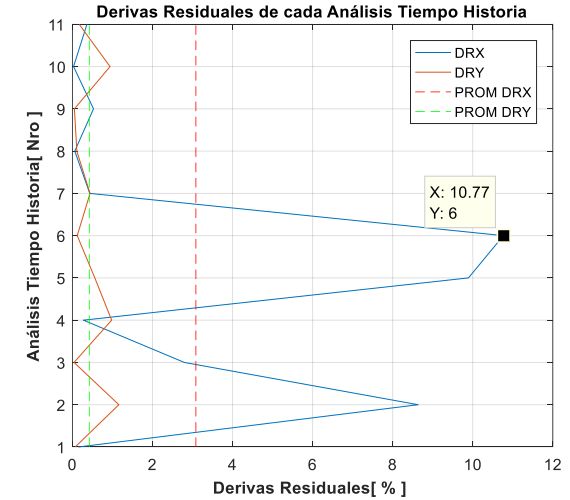
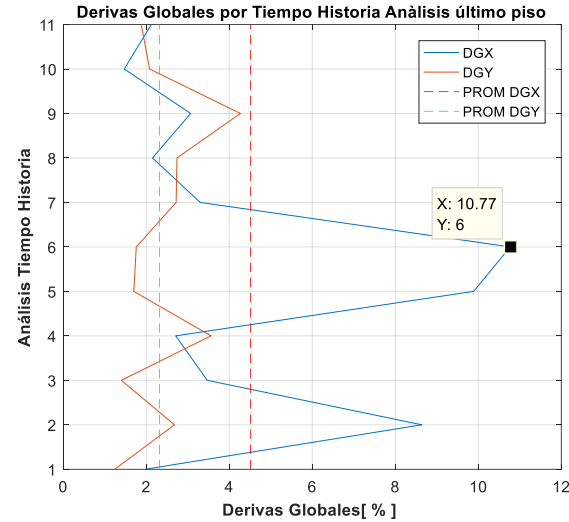
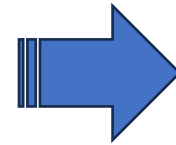


RESULTADOS DEL THA

Edificio 3

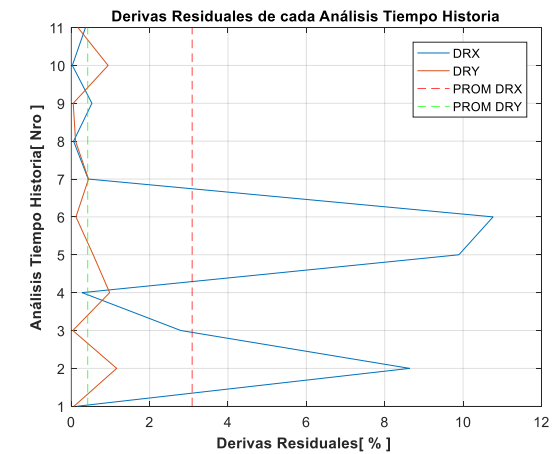
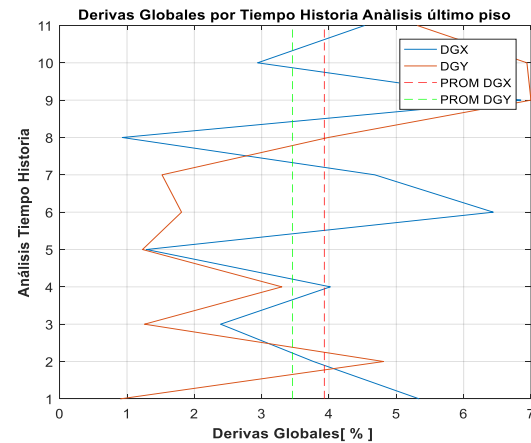
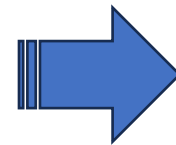
TH	DGX %	DGY %	DRX %	DRY %
1	1.97	1.24	0.152	0.07
2	8.64	2.68	8.636	1.16
3	3.47	1.4	2.796	0.04
4	2.71	3.56	0.276	0.98
5	9.89	1.7	9.893	0.56
6	10.77	1.76	10.766	0.12
7	3.3	2.72	0.433	0.44
8	2.15	2.74	0.059	0.11
9	3.07	4.27	0.527	0.05
10	1.47	2.08	0.028	0.94
11	2.12	1.88	0.363	0.17
D max	10.770	4.270	10.766	1.160
D promedio	4.505	2.366	3.084	0.422

Derivas globales y residuales en el último piso de cada Análisis



Edificio 4

TH	DGX %	DGY %	DRX %	DRY %
1	5.34	0.9	0.152	0.07
2	3.77	4.81	8.636	1.16
3	2.39	1.26	2.796	0.04
4	4.02	3.3	0.276	0.98
5	1.29	1.23	9.893	0.56
6	6.44	1.81	10.766	0.12
7	4.68	1.52	0.433	0.44
8	0.93	3.99	0.059	0.11
9	6.85	7	0.527	0.05
10	2.94	6.94	0.028	0.94
11	4.53	5.31	0.363	0.17
D max	6.850	7.000	10.766	1.160
D promedio	3.925	3.461	3.084	0.422





Pesos de Evaluación Sísmica

PESOS DE EVALUACIÓN

Peso 1

- Estudios Geotécnicos
- Estáticos y Dinámicos

Peso 2

- Periodo fundamental
- Rigidez de la Estructura

Peso 3

- Análisis Lineal Estático
- Desplazamiento y Derivas Globales

Peso 4

- Análisis Lineal Dinámico
- Desplazamiento y Derivas Globales

Peso 5

- Análisis No Lineal Estático
- Desplazamiento y Derivas Globales

Peso 6

- Análisis Lineal Dinámico
- Desplazamiento y Derivas Globales, Residuales

Peso 7

- Estimación de Daño
- Elementos No estructurales (DBD 2023)

Peso 8

- Estimación de Daño
- Elementos Estructurales (DBD 2023)

Peso 9

- Estimación de Daño
- Elementos Estructurales (FEMA P58)

Peso 10

- Estimación de Daño
- Elementos Estructurales (ATC 148)

Peso 11

- Parámetro de Resiliencia 1
- Probabilidad de Colapso

Peso 12

- Parámetro de Resiliencia 2
- Tiempo de recuperación Funcional

Peso1. Datos Estudios Geotécnicos

ESTUDIOS GEOTÉCNICOS					CALIFICACIÓN					PARÁMETROS DE EVALUACIÓN			
Edificación	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4	1					Tabla de Ponderación			
Ubicación	Bahía de Caráquez	Portoviejo	Portoviejo	Portoviejo	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4	1. Seleccione "SI" si cumple con los parámetros siguientes, en el caso de que no tenga disponible la información seleccione "NO"	SI	NO	
VELOCIDAD DE ONDA					0.20	SI	SI	SI	SI		SI	0.04	0
Vs (m/s)	358	132.94	160.37	144.4		0.04	0.04	0.04	0.04		0.04	0.04	0
COEFICIENTE DE BALASTO						SI	SI	SI	SI		SI	0.02	0
Ks (Kg/cm3)	5.2	1.05	0.75	1.23		0.02	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0
CAPACIDAD PORTANTE DEL SUELO						SI	SI	SI	SI		SI	0.02	0
Qa (T/m2)	16	7	6	8.2		0.02	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0
TIPO DE SUELO SEGÚN NEC-SE-GC: GEOTECNIA Y CIMENTACIONES, 2015						SI	SI	SI	SI		SI	0.02	0
Tipo de Suelo	D	E	E	E		0.02	0.02	0.02	0.02		0.02	0.02	0
PERIODO NATURAL DEL SUELO						SI	SI	SI	SI		SI	0.1	0
Tsuelo (Seg)	0.523	0.9	0.47	0.83		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	
					L	0.20	0.20	0.20	0.20				

Peso 2. Parámetros de rigidez en función del Periodo de la Estructura

ANÁLISIS ESTRUCTURAL				
PARÁMETROS DE RIGIDEZ				
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4
PERIODO DE LA ESTRUCTURA (Segundos)				
PERIODO DE LA EDIFICACIÓN SENTIDO TRANSVERSAL				
Vibración Ambiental Trans.	0.95	1.41	0.91	0.79
PERIODO DE LA EDIFICACIÓN SENTIDO LONGITUDINAL				
Vibración Ambiental Long.	0.89	1.31	0.47	0.51
PERIODO CALCULADO POR ANÁLISIS MODAL				
Modal -T1c	0.4632	0.5788	1.03	1.058
PERIODO CALCULADO RECOMENDADO POR NEC-SE-DS: PELIGRO SISMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE METODO 2, MIDUVI, 2015				
NEC-SE-DS, 2015-T2	0.667	0.694	0.72	0.487
DATOS ADICIONALES				
H=(m)	27.86	29.15	17.40	11.27
Nro. de Pisos	7	11	6	4
RELACIÓN DE PERIODOS METODO 1 VS.METODO 2 NEC-SE-DS: PELIGRO SISMICO, DISEÑO SISMO RESISTENTE, MIDUVI, 2015				
TNEC*1.30	0.8671	0.9022	0.936	0.6331
TNEC*1.30<T	RIGIDA	RIGIDA	FLEXIBLE	FLEXIBLE
Cálculo de Rigidez en función del Periodo de la Estructura (Lagos, 2020)				
Ho/Tcr Transversal	29.33	20.67	19.12	14.27
Ho/Tcr Longitudinal	31.3	22.25	37.02	22.1
RIGIDEZ Paper (LAGOS) TRANS	NORMAL	FLEXIBLE	FLEXIBLE	FLEXIBLE
RIGIDEZ Paper (LAGOS) LONG	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL

PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4	2. Seleccione "SI" si cumple con los parámetros siguientes, en el caso de que no tenga disponible la información seleccione "NO"	Tabla de Ponderación			
						SI	NO		
0.10	SI	SI	SI	SI	2. Seleccione "SI" si cumple con los parámetros siguientes, en el caso de que no tenga disponible la información seleccione "NO"	0.015	0		
	0.015	0.015	0.015	0.015		0.015	0		
	SI	SI	SI	SI		0.015	0		
	0.015	0.015	0.015	0.015		0.01	0		
	SI	SI	SI	SI		0.01	0		
	0.01	0.01	0.01	0.01		0.01	0		
	SI	SI	SI	SI		0.01	0		
	0.01	0.01	0.01	0.01					
	RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA EN FUNCIÓN DEL PERIODO NEC-SE-DS					NEC-SE-DS (MIDUVI, 2015)			
	0.025	0.025	0.000	0.000		Relación entre el periodo Calculado M1 vsM2	T1c>T2*1.30	T1c≤T2*1.30	
					FLEXIBLE		RIGIDO		
					0				
					0.025				
RIGIDEZ DE LA ESTRUCTURA EN FUNCIÓN DEL PERIODO (LAGOS, 2020)					TABLA DE PONDERACIÓN (LAGOS, 2020)				
Relación de Ho/Tcr, siendo Ho la altura del Edificio y Tcr, el periodo de la Estructura medida con instrumental en dirección longitudinal y transversal					11<Ho/Tcr <21	22<Ho/Tcr <43	43<Ho/Tcr <80		
					FLEXIBLE	NORMAL	RIGIDO		
					0	0.0075	0.125		
0.0075	0.0000	0.0000	0.0000	OBSERVACIÓN:					
0.0075	0.0075	0.0075	0.0075						
TOTAL	0.090	0.083	0.058	0.058					

Peso 3, 4 . Análisis Estructurales, Lineales y No lineales Estáticos y Dinámicos

ANÁLISIS LINEAL ESTÁTICO					3							
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4	Tabla de Ponderación		
Desplazamiento máximo último piso					CÁLCULO	SI	SI	SI	SI		1.-Elegir "SI", si se realizó el Análisis Lineal Estático y el Cálculo de Derivas Globales, si no realizó el Análisis elegir "NO"	SI
DSx	0.01802	0.15500	0.02300	0.07800	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		0
DSy	0.05614	0.19900	0.01500	0.07000						OBSERVACIÓN:		
Derivas Globales												
Sx	0.0647	0.5317	0.1322	0.6921								
Sy	0.0080	0.6827	0.2500	1.7500								
ANÁLISIS LINEAL DINÁMICO					4							
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4	Tabla de Ponderación		
Desplazamiento máximo último piso					CÁLCULO	SI	SI	SI	SI		1.-Elegir "SI", si se realizó el Análisis Lineal Dinámico y el Cálculo de Derivas Globales, si no realizó el Análisis elegir "NO"	SI
Desp.Esp.X	0.017	0.125	0.068	0.070	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15		0
Desp.Esp.Y	0.048	0.186	0.044	0.066						OBSERVACIÓN:		
Derivas Globales												
Esp.X	0.061	0.447	0.244	0.251								
Esp.y	0.173	0.165	0.276	0.427								

Peso 5, 6 . Análisis Estructurales, Lineales y No lineales Estáticos y Dinámicos

ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO (PUSH OVER)					5											
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4	Tabla de Ponderación						
Nivel de Desempeño /Desplazamiento Objetivo					CÁLCULO	SI	SI	SI	SI	SI	NO					
DIRECCIÓN X					0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.-Elegir "SI", si se realizó el Análisis No Lineal Estático PUSH OVER y el Cálculo de Derivas Globales, si no realizó el Análisis elegir "NO" . 2.Seleccionar el Nivel de desempeño a evaluar para el cálculo de derivas Globales para una estructura resiliente es Ocupación Inmediata	0.2	0				
Operacional (1-A) "X"	0.01188	0.04257	0.10673	0.08987												
Ocupación Inmediata (1-B) "X"	0.01504	0.05337	0.13341	0.11234												
Seguridad de Vida (3-C) "X"	0.01940	0.06789	0.16898	0.14230												
Prevención de Colapso (5-D) "X"	0.02393	0.08255	0.20456	0.17226												
DIRECCIÓN Y																
Operacional (1-A) "Y"	0.04517	0.05019	0.07713	0.09221												
Ocupación Inmediata (1-B) "Y"	0.05658	0.06292	0.09642	0.11526												
Seguridad de Vida (3-C) "Y"	0.07190	0.08000	0.12213	0.14600												
Prevención de Colapso (5-D) "Y"	0.08732	0.09721	0.14784	0.17674												
DERIVAS GLOBALES																
DIRECCIÓN X																
Deriva Global (1-A) % "X"	0.04080	0.14600	0.36610	0.30830												
Deriva Global (1-B) % "X"	0.05160	0.18310	0.45770	0.38540												
Deriva Global (3-C) % "X"	0.06650	0.23290	0.57970	0.48820												
Deriva Global (5-D) % "X"	0.08210	0.28320	0.70180	0.59090												
DIRECCIÓN Y																
Deriva Global (1-A) % "Y"	0.16210	0.18020	0.27690	0.33100												
Deriva Global (1-B) % "Y"	0.20310	0.22590	0.34610	0.41370												
Deriva Global (3-C) % "Y"	0.25810	0.28720	0.43840	0.52400												
Deriva Global (5-D) % "Y"	0.31340	0.34890	0.53070	0.63440												
ANÁLISIS NO LINEAL DINÁMICO (TIME HYSTORY 11 Pares de Sismos)					6											
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4	Tabla de Ponderación						
Desplazamiento máximo (m)					CÁLCULO	SI	SI	SI	SI	SI	NO					
dmax X	0.32	0.37	1.31	1.09	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	1.-Elegir "SI", si se realizó el Análisis No Lineal Dinámico y Cálculo de Derivas Globales y Residuales, si no realizó el Análisis elegir "NO"	0.2	0				
dmax Y	0.61	0.66	0.69	0.96												
Derivas Globales (%)																
DgX	1.15	1.33	4.71	3.93												
DgY	2.19	2.39	2.48	3.46												
Deriva Residual (%)																
DrX	0.065	0.2243	3.09	3.88												
DrY	0.034	0.6615	0.4218	3.31												



Pesos de Evaluación, Control de Daños

Peso 7. Estimación de Daño para elementos no estructurales (Propuesta DBD 2023, NEC-SE-DS)

ESTIMACIÓN DE DAÑO EN FUNCIÓN DE DERIVAS ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES					7 ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES							
Límite de Deriva/Daño (Propuesta DBD 2023)												
TIPO DE ELEMENTO	Edificios con elementos no estructurales dúctiles	Edificios con elementos no estructurales dúctiles	Edificios con elementos no estructurales dúctiles	Edificios con elementos no estructurales dúctiles	Selecciones el tipo de Edificación, Tipo de Elementos No Estructurales							
										Edificios con elementos no estructurales frágiles	Edificios con elementos no estructurales dúctiles	Edificios con elementos no estructurales detallados para soportar los desplazamientos
					LÍMITES DE DERIVA NEC-SE-DS, DBD, 2023							
Nivel de Desempeño	1:Ocupación inmediata	1:Ocupación inmediata	1:Ocupación inmediata	1:Ocupación inmediata	Selecciones Nivel de Desempeño					DS1:Ocupación	DS2:Seguridad de Vida	DS3:Prevención de colapso
Limite de deriva	0.7	0.7	0.7	0.7	Edificios con elementos no estructurales frágiles					0.4	2	No límite*
					Edificios con elementos no estructurales dúctiles					0.7	2	No límite*
					Edificios con elementos no estructurales detallados para soportar los desplazamientos de la edificación					1	2	No límite*
					Límite de Deriva a Evaluar para evaluar estimación de Daño Ver tabla 1							
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4	Tabla de Ponderación		
ANÁLISIS LINEAL ESTÁTICO					ANÁLISIS LINEAL ESTÁTICO					DS1:Daño Leve		
Chequeo con DgX	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	DS2:Daño Moderado	DS3:Daño Excesivo/Completo	
Chequeo con DgY	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	Daño Excesivo/Completo	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0.1	0	
ANÁLISIS LINEAL DINÁMICO					ANÁLISIS LINEAL DINÁMICO					OBSERVACIÓN:		
Chequeo con DgX	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
Chequeo con DgY	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			
ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO (PUSH OVER)					ANÁLISIS NO LINEAL ESTÁTICO (PUSH OVER)							
Chequeo con DgX	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1	Según la Estimación de Daño en elementos No Estructurales se califica a la Estructura		
Chequeo con DgY	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	Daños Leves	0.15	0.1	0.1	0.1	0.1			
ANÁLISIS NO LINEAL DINÁMICO (TIME HYSTORY 11 Pares de Sismos)					ANÁLISIS NO LINEAL DINÁMICO (TIME HYSTORY 11 Pares de Sismos)							
Chequeo con DgX	Daño Moderado	Daño Moderado	Daño Excesivo/Completo	Daño Excesivo/Completo	0.15	0.05	0.05	0	0			
Chequeo con DgY	Daño Excesivo/Completo	Daño Excesivo/Completo	Daño Excesivo/Completo	Daño Excesivo/Completo	0.15	0	0	0	0			
TOTAL					1	0.65	0.65	0.60	0.50			

Peso 8. Estimación de Daño para elementos estructurales (DBD 2023, NEC-SE-DS)

ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
Límite de Deriva Residual/Permanente/Daño (Propuesta DBD 2023)				
TIPO DE ELEMENTO	Estructura de edificación	Estructura de edificación	Estructura de edificación	Estructura de edificación
Nivel de Desempeño	DS1:Ocupación inme	DS1:Ocupación inmediata	DS1:Ocupación inmediata	DS1:Ocupación inmediata
Límite de deriva	0.2	0.2	0.2	0.2
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4
Evaluación de Daño/Deriva Residual Daño (Propuesta DBD 2023)				
Chequeo con DrX	Daño Leve	Daño Moderado	Daño Excesivo/Permanente	Daño Excesivo/Permanente
Chequeo con DrY	Daño Leve	Daño Excesivo/Permanente	Daño Moderado	Daño Excesivo/Permanente
				TOTAL

8								
Sistema de edificación					Según el Desempeño y tipo de estructura define el límite de Deriva Residual	TABLA ESTIMACIÓN DE DAÑOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES (DBD 2023-NEC-SE-DS)		
Selecciones Nivel de Desempeño						Estructura de edificación		
Límite de Deriva residual					Según el Desempeño Esperado se procede a la Calificación en función de la tabla de ponderación	DS1:Ocupación Inmediata	DS2:Seguridad de Vida	DS3:Prevención de colapso
Ponderación	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4		0.2	0.5	No límite
0.5	0.5	0.25	0	0	Tabla de Ponderación			
0.5	0.5	0	0.25	0	DS1:	DS2:	DS3:	
1.00	1.00	0.25	0.25	0.00	Daño Leve	Daño Moderado	Daño Excesivo/Permanente	
					0.5	0.25	0	

Peso 9. Estimación de Daño para elementos estructurales (FEMA P58)

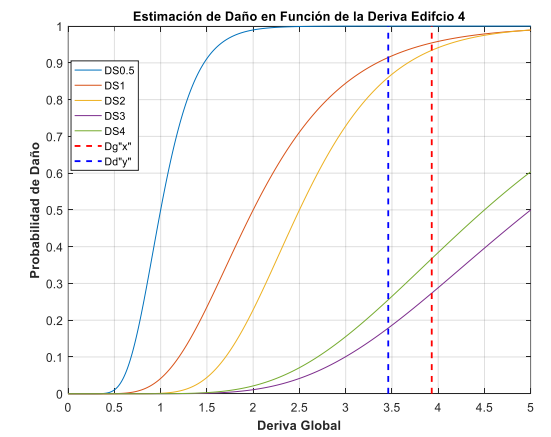
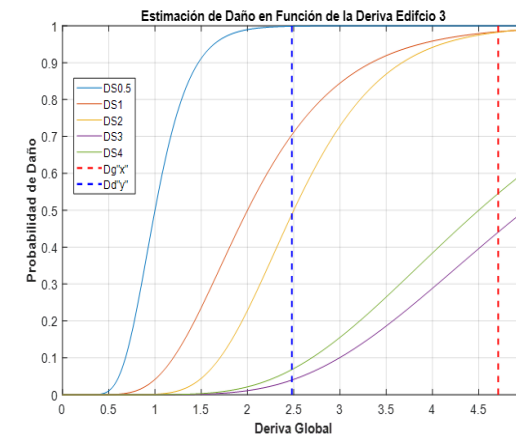
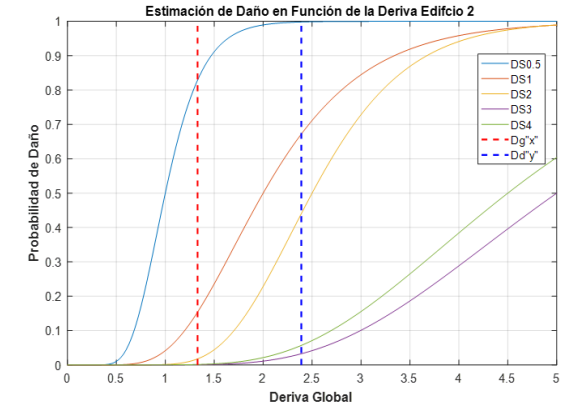
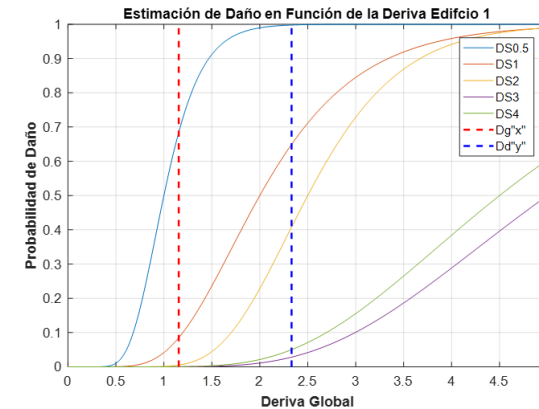
ELEMENTOS ESTRUCTURALES				
Estimación de Daño Deriva Residual FEMA P58				
Estado de Daño	DS2: Ocupación Inmediata	DS2: Ocupación Inmediata	DS2: Ocupación Inmediata	DS2: Ocupación Inmediata
Descripción	Realineación del marco estructural y reparaciones estructurales necesarias para mantener límites de deriva admisibles para los componentes mecánicos y no estructurales y limitar la degradación de la estabilidad estructural (es decir seguridad contra derrumbes)	Realineación del marco estructural y reparaciones estructurales necesarias para mantener límites de deriva admisibles para los componentes mecánicos y no estructurales y limitar la degradación de la estabilidad estructural (es decir seguridad contra derrumbes)	Realineación del marco estructural y reparaciones estructurales necesarias para mantener límites de deriva admisibles para los componentes mecánicos y no estructurales y limitar la degradación de la estabilidad estructural (es decir seguridad contra derrumbes)	Realineación del marco estructural y reparaciones estructurales necesarias para mantener límites de deriva admisibles para los componentes mecánicos y no estructurales y limitar la degradación de la estabilidad estructural (es decir seguridad contra derrumbes)
Limite Deriva Residual	0.5	0.5	0.5	0.5
Sistema para DS4	N/A	N/A	N/A	N/A
Limite Deriva Residual DS4	N/A	N/A	N/A	N/A
Evaluación de Daño/Deriva Residual				
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4
Chequeo con DXr	Daño Leve	Daño Moderado	Daño Completo	Daño Excesivo
Chequeo con DYr	Daño Leve	Daño Excesivo	Daño Moderado	Daño Completo
				TOTAL

Peso 9. Estimación de Daño para elementos estructurales (FEMA P58)

INDICACIONES					9 Table C-1 Damage States for Residual Story Drift Ratio FEMA P58				
Selecciones Nivel de Desempeño					DS1: Operacional	DS2: Ocupación Inmediata	DS3: Seguridad de Vida	DS4: Previsión de Colapso	
Descripción del Estado de la estructura					No es necesario ningún reajuste en la estructura para estabilidad estructural; sin embargo, el edificio puede requerir ajustes y reparaciones de componentes mecánicos y no estructurales sensibles a la alineación del edificio (por ejemplo ascensores, curtain walls y puertas).	Realineación del marco estructural y reparaciones estructurales necesarias para mantener límites de deriva admisibles para los componentes mecánicos y no estructurales y limitar la degradación de la estabilidad estructural (es decir seguridad contra derrumbes)	Se requiere un reajuste estructural importante para restaurar el margen de seguridad para la estabilidad lateral; Sin embargo, la realineación y reparación de la estructura pueden no ser viables económicamente y en la práctica (es decir, la estructura podría pérdida económica total).	La deriva residual es lo suficientemente grande como para que la estructura está en peligro de colapso por réplicas de terremotos (nota: este punto de funcionamiento podría considerarse igual al colapso, pero con mayor incertidumbre).	
Limite de Deriva residual (%)					0.2	0.5	1	Elegir sistema	
Elegir Sistema Solo para DS4					Limite de Deriva residual para DS4 (%)				
					Sistema de Alta Ductilidad				4
					Sistemas de Moderada Ductilidad				2
Limite de Deriva residual para DS4 (%)					Sistema de Limitada Ductilidad				
Ponderación	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	Tabla de Valores para calificación				
	E1	E2	E3	E4					
0.5	0.50	0.25	0.00	0.10	Daño Leve	Daño Moderado	Daño Excesivo	Daño Completo	
0.5	0.50	0.10	0.25	0.00	0.5	0.25	0.10	0	
1.0	1.00	0.35	0.25	0.10					

Peso 10. Estimación de Daño para elementos estructurales (ATC 148)

Estimación de Daño Deriva Global ATC 145				
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4
Estado de Daño ATC 145	Probabilidad de Daño ATC 145	Probabilidad de Daño ATC 145	Probabilidad de Daño ATC 145	Probabilidad de Daño ATC 145
DGX	1.15	1.33	4.71	3.93
DS0.5: No Daño	60.00%	67.00%	4.00%	2.00%
DS1: Leve	10.00%	14.00%	1.00%	0.00%
DS2: Moderado-OI	1.00%	2.00%	43.00%	57.50%
DS3: Excesivo-SV	0.00%	0.00%	44.00%	38.00%
DS4: Completo PC	0.00%	0.00%	11.00%	9.00%
Mayor Probabilidad de Daño	10.00%	14.00%	44.00%	57.50%
RESULTADO DE DESEMPEÑO	DS1: Leve	DS1: Leve	DS3: Excesivo-SV	DS2: Moderado-OI
Dy	2.19	2.39	2.48	3.46
DS0.5: No Daño	40.50%	32.00%	29.00%	8.00%
DS1: Leve	27.00%	24.00%	21.00%	6.00%
DS2: Moderado-OI	28.50%	38.00%	41.00%	60.00%
DS3: Excesivo-SV	2.50%	2.50%	4.00%	18.00%
DS4: Completo P.C.	2.50%	2.50%	3.00%	8.00%
Mayor Probabilidad de Daño	28.50%	38.00%	41.00%	60.00%
RESULTADO DE DESEMPEÑO	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI



Peso 10. Estimación de Daño para elementos estructurales (ATC 148)

Evaluación de Daño/Deriva Global				
Chequeo con DgX	DS1: Leve	DS1: Leve	DS3: Excesivo-SV	DS2: Moderado-OI
Chequeo con DgY	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI

Ponderación	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN	Tabla de Valores para calificación			
	E1	E2	E3	E4	No Daño/ Daño Leve	Daño Moderado	Daño Excesivo	Daño Completo
0.5	0.5	0.5	0.15	0.25				
0.5	0.25	0.25	0.25	0.25	0.5	0.25	0.15	0
1.0	0.75	0.75	0.4	0.5				

Peso 11. Parámetros de Resiliencia 1

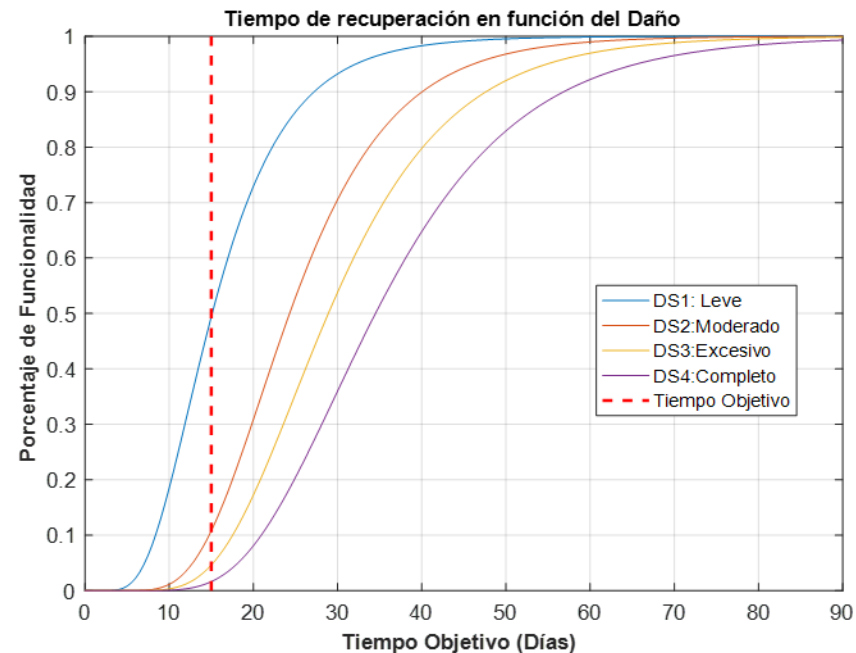
Parámetros de Resiliencia Sísmica				
Probabilidad de colapso <10%				
DX	OK	OK	NO	OK
Probabilidad de colapso <10%				
Dy	OK	OK	OK	OK
				TOTAL

11					
Ponderación	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4	
1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	La recomendación para una Estructura sea Resiliente es cuando la probabilidad de Colapso sea menor al 10% dado el sismo de Diseño
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
2.00	2.00	2.00	1.00	2.00	

Peso 12. Parámetros de Resiliencia 2 (Tiempo de Recuperación Funcional)

Tabla Tiempo de Recuperación Funcional Objetivo (Días)				
Estimación de Daño /CAT. Estructura	DS1: Leve	DS2: Moderado	DS3:Excesivo	DS4:Completo
CAT. IV Esencial	0.041666667	1	7	30
CAT. III Especial	7	15	30	60
II Otra	15	30	60	150

Los tiempos de reparación estimados por FEMA no incluyen "el tiempo adicional necesario para identificar, planificar y permitir el trabajo, organizar la financiación o contratar y movilizar a los contratistas" (FEMA, 2018, Sección 5.4.2)



Peso 12. Parámetros de Resiliencia 2 (Tiempo de Recuperación Funcional)

TIEMPO DE RECUPERACIÓN				
Parámetros de análisis	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	EDIFICIO 4
Tipo de Estructura	CAT. III Especial	CAT. III Especial	CAT. III Especial	CAT. III Especial
Estado de Daño Crítico	DS2: Moderado	DS2: Moderado	DS2: Moderado	DS2: Moderado
Tiempo Objetivo (Días)	15	15	15	15
Daño	Porcentaje de Recuperación Funcional	Porcentaje de Recuperación Funcional	Porcentaje de Recuperación Funcional	Porcentaje de Recuperación Funcional
DS1: Leve	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%
DS2: Moderado-OI	6.50%	6.50%	6.50%	6.50%
DS3: Excesivo-SV	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%
DS4: Completo P.C.	1.50%	1.50%	1.50%	1.50%
Mayor Probabilidad de recuperación	40.00%	40.00%	40.00%	40.00%
Funcional a Daño	DS1: Leve	DS1: Leve	DS1: Leve	DS1: Leve

Tabla de Valores para calificación			
Daño Leve	Daño Moderado	Daño Excesivo/ Permanente	Daño Completo
0.5000	0.3333	0.0833	0.0000

Peso 12. Parámetros de Resiliencia 2 (Tiempo de Recuperación Funcional)

Evaluación de Daño Calculado vs. el estado de Daño Crítico para cumplir con el tiempo de recuperación funcional vs. Tiempo objetivo				
Evaluación de Daño/Deriva Residual DBD				
Drx	Daño Leve	Daño Moderado	Daño Excesivo/Permanente	Daño Excesivo/Permanente
Puntaje	0.500	0.333	0.083	0.083
DrY	Daño Leve	Daño Excesivo/Permanente	Daño Moderado	Daño Excesivo/Permanente
Puntaje	0.500	0.083	0.333	0.083
Estimación de Daño Deriva Residual FEMA P58				
Drx	Daño Leve	Daño Moderado	Daño Completo	Daño Excesivo
Puntaje	0.500	0.333	0.000	0.083
DrY	Daño Leve	Daño Excesivo	Daño Moderado	Daño Completo
Puntaje	0.500	0.083	0.333	0.000
Estimación de Daño Deriva Global ATC 145				
DGX	DS1: Leve	DS1: Leve	DS3: Excesivo-SV	DS2: Moderado-OI
Puntaje	0.500	0.500	0.083	0.333
DGY	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI	DS2: Moderado-OI
Puntaje	0.333	0.333	0.333	0.333

Ponderación	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4
3	2.833	1.667	1.167	0.917








Índice de Resiliencia


ÍNDICE DE RESILIENCIA

Resumen de los pesos de evaluación para obtener el Índice de Resiliencia

Pesos	Descripción	Ponderación	Calificación E1	Calificación E2	Calificación E3	Calificación E4
1	Estudios Geotécnicos	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
2	Periodo/Rigidez	0.1	0.09	0.083	0.06	0.06
3,4,5,6	Análisis/Evaluación Estructural	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
7,8,9,10	Desempeño y Estimación de Daños	4	3.4	2	1.5	1.1
11,12	Parámetros de Resiliencia	5	4.83	3.67	2.17	2.92
Índice de Resiliencia (IR)		10	9.22	6.65	4.63	4.98

Parámetros de Calificación Índice de Resiliencia			ESTRELLAS	
1	$0 < IR \leq 3$	No Resiliente	0 ESTRELLAS	
2	$3 < IR \leq 5$		1 ESTRELLAS	
3	$5 < IR \leq 6$	Medianamente Resiliente	2 ESTRELLAS	
4	$6 < IR \leq 7$		3 ESTRELLAS	
5	$7 < IR \leq 8$	Resiliente	4 ESTRELLAS	
6	$8 < IR \leq 10$		5 ESTRELLAS	

Calificación Final de la Estructura

Ponderación	CALIFICACIÓN E1	CALIFICACIÓN E2	CALIFICACIÓN E3	CALIFICACIÓN E4
10.00	9.22	6.65	4.62	4.97
GRADO DE RESILIENCIA	5 ESTRELLAS	3 ESTRELLAS	1 ESTRELLAS	1 ESTRELLAS
				
	Resiliente	Medianamente Resiliente	No Resiliente	No Resiliente



COMENTARIOS FINALES

La implementación del concepto de Resiliencias Sísmica en la Ingeniería estructural aporta al diseño y construcción de edificaciones seguras y comunidades resilientes sobre todo en nuestro país con una amenaza sísmica latente.

El aporte de esta metodología de Evaluación Sísmica basada en resiliencia servirá como fundamento normativo para actualizaciones futuras de la Normativa de Seguridad Estructural del Ecuador y el código modelo de la región.

GRACIAS POR LA ATENCIÓN

Ing. José Paúl Olmedo Cueva.
jpaul.olmedo@gmail.com