

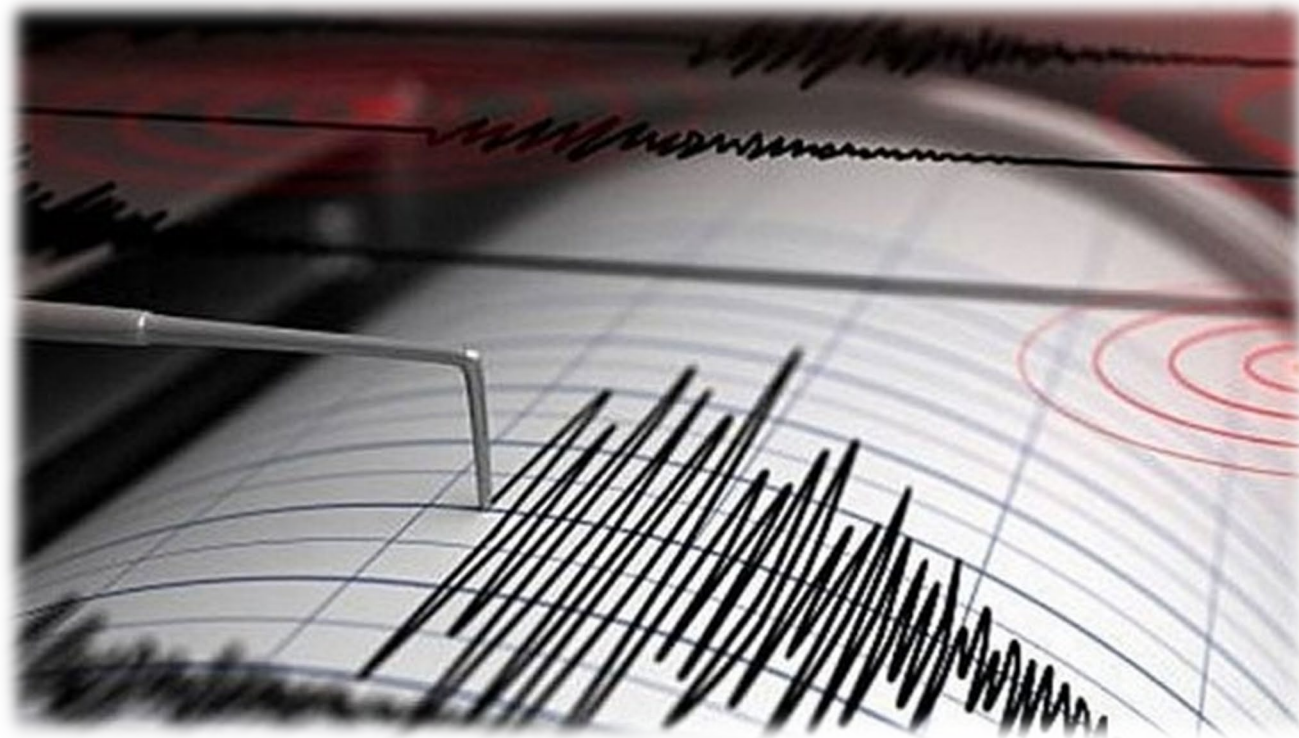


Jornadas
XX GEOTÉCNICAS
XXIII ESTRUCTURALES

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD
DE EDIFICIOS EN CONCRETO
REFORZADO VS LA REALIDAD
SEGÚN EL DETERIORO
EXISTENTE**

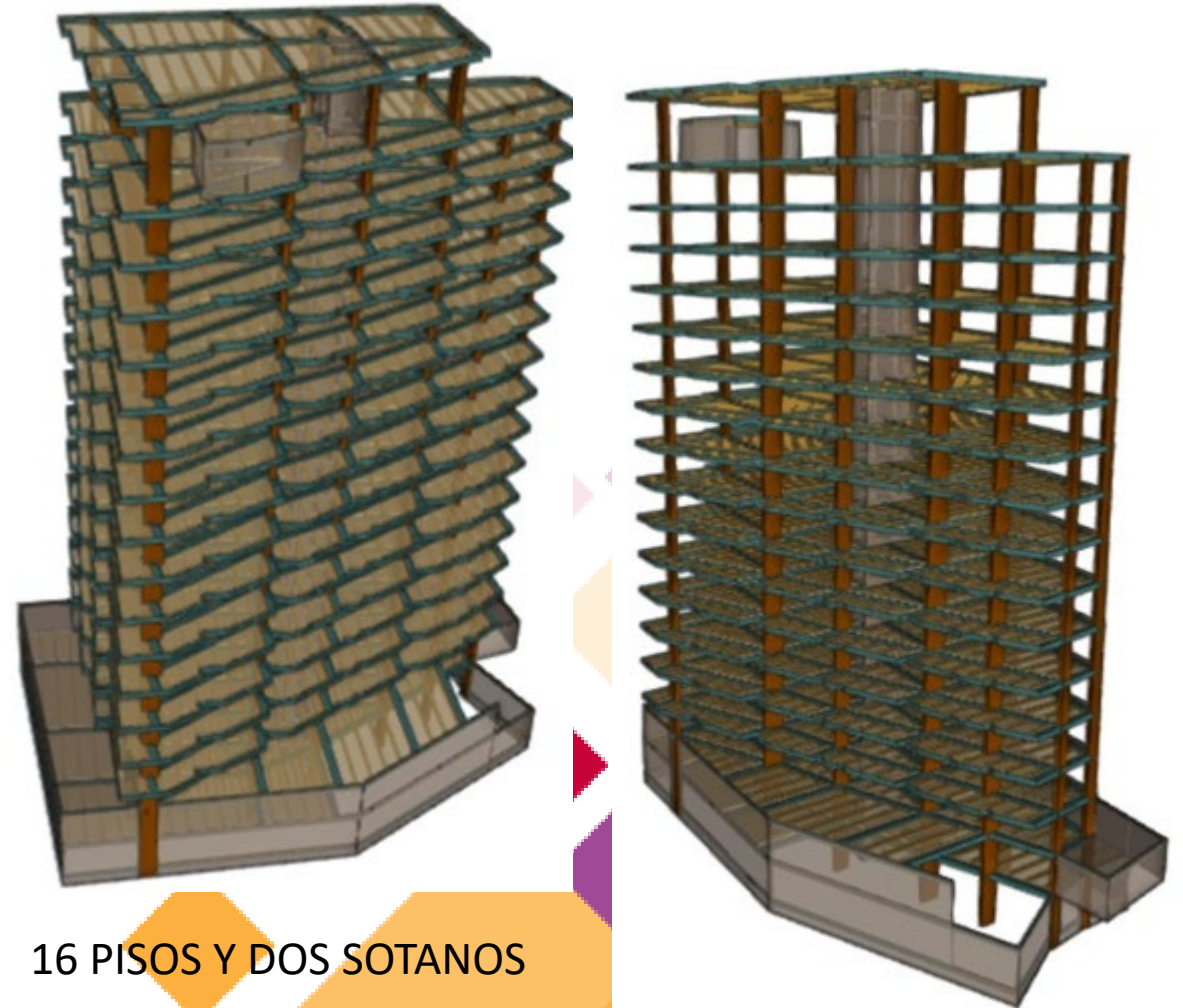
Ingeniero Rodrigo Grass Jiménez

Entidad



Complejidad del deterioro.

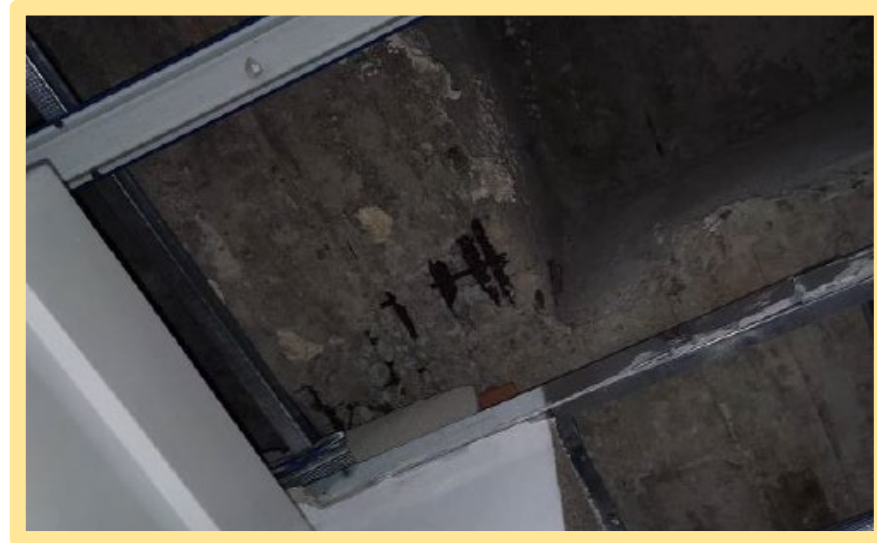
El deterioro en edificaciones puede manifestarse de diversas formas y niveles de severidad, lo que introduce una complejidad adicional en el análisis. El análisis no lineal puede no ser capaz de capturar todas las posibles interacciones y efectos del deterioro, especialmente cuando se presentan múltiples modos de fallo.



16 PISOS Y DOS SOTANOS

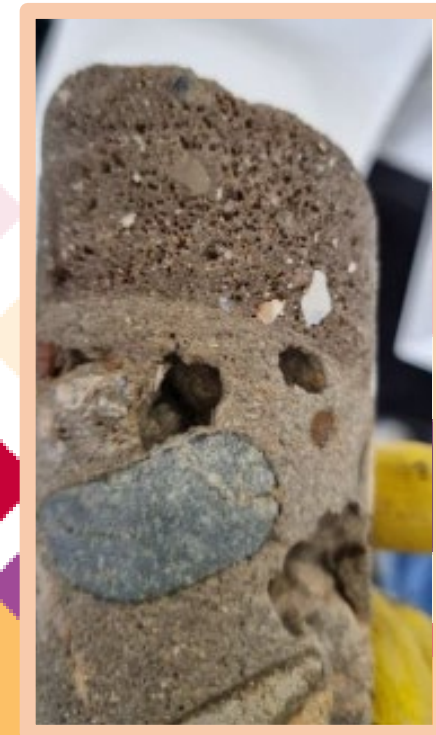
Modelado inadecuado.

La representación precisa del deterioro en un modelo estructural es un desafío. A menudo, los modelos no lineales utilizados en el análisis estructural suponen que las características del material y la geometría son homogéneas y bien definidas. Si el deterioro afecta de manera no uniforme o altera significativamente las propiedades de la estructura, el modelo puede ser inadecuado y generar resultados inexactos.



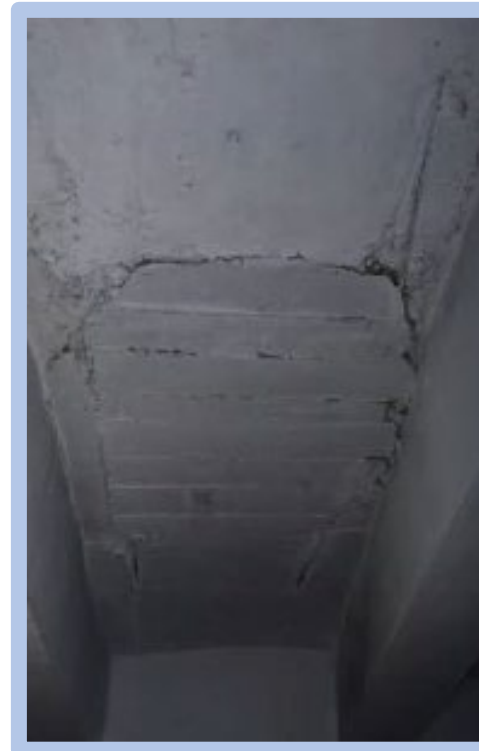
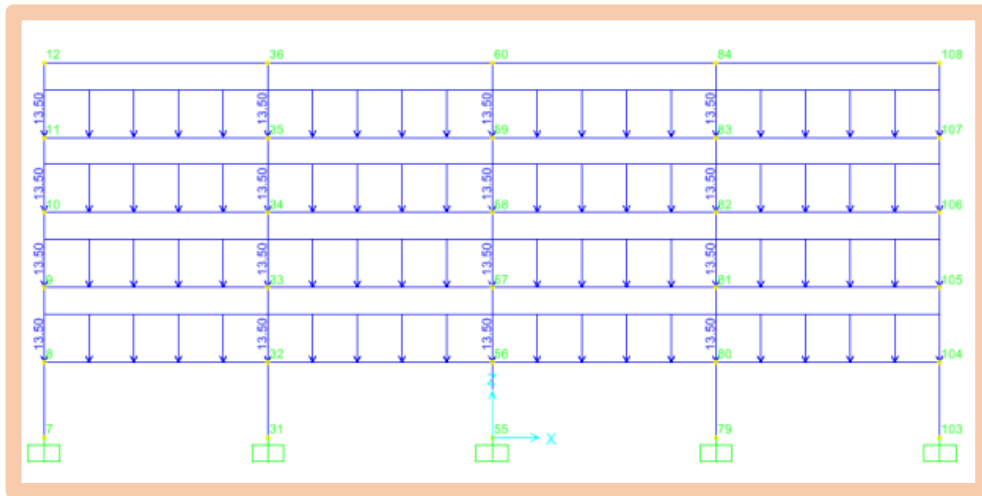
Interacción de fallos.

En edificaciones con deterioro, pueden surgir interacciones complejas entre diferentes tipos de fallos, como la combinación de daños por corrosión, fisuras, degradación del concreto, entre otros. Estas interacciones pueden dificultar aún más la precisión del análisis no lineal.



Incertidumbre en las condiciones de carga

El deterioro a lo largo del tiempo puede estar influenciado por cargas cambiantes y condiciones ambientales variables. La estimación exacta de estas condiciones futuras puede ser complicada, lo que afecta la precisión del análisis no lineal.



Incertidumbre en las propiedades mecánicas

El deterioro de un edificio puede afectar significativamente las propiedades mecánicas del material, como la resistencia y la rigidez. Estas propiedades pueden ser difíciles de determinar con precisión, lo que introduce incertidumbre en los análisis y afecta la exactitud de los resultados.

UBICACIÓN	RESISTENCIA (Mpa)
SOTANO 2	22,9
SOTANO 2	25,2
PISO 1	18,9
PISO 1	14,9
301	23,2
302	26,5
501	22,3
502	21,8
701	17,4
701	18,3
901	18,5
902	10,4
1001	18,5
1002	7,8
1101	21
1102	18
1201	28,7
1201	16,5
1302	19
1302	23,2

Datos limitados y pruebas in situ

Para realizar un análisis no lineal preciso, es fundamental contar con datos detallados sobre el deterioro real de la estructura y realizar pruebas in situ, como ensayos de ultrasonido, resistencia a la compresión, extracción de núcleos, estudio geotécnico, estudios de verticalidad, ferro scanner, carbonatación, etc. Sin embargo, en muchos casos, estos datos pueden ser limitados o no estar disponibles.

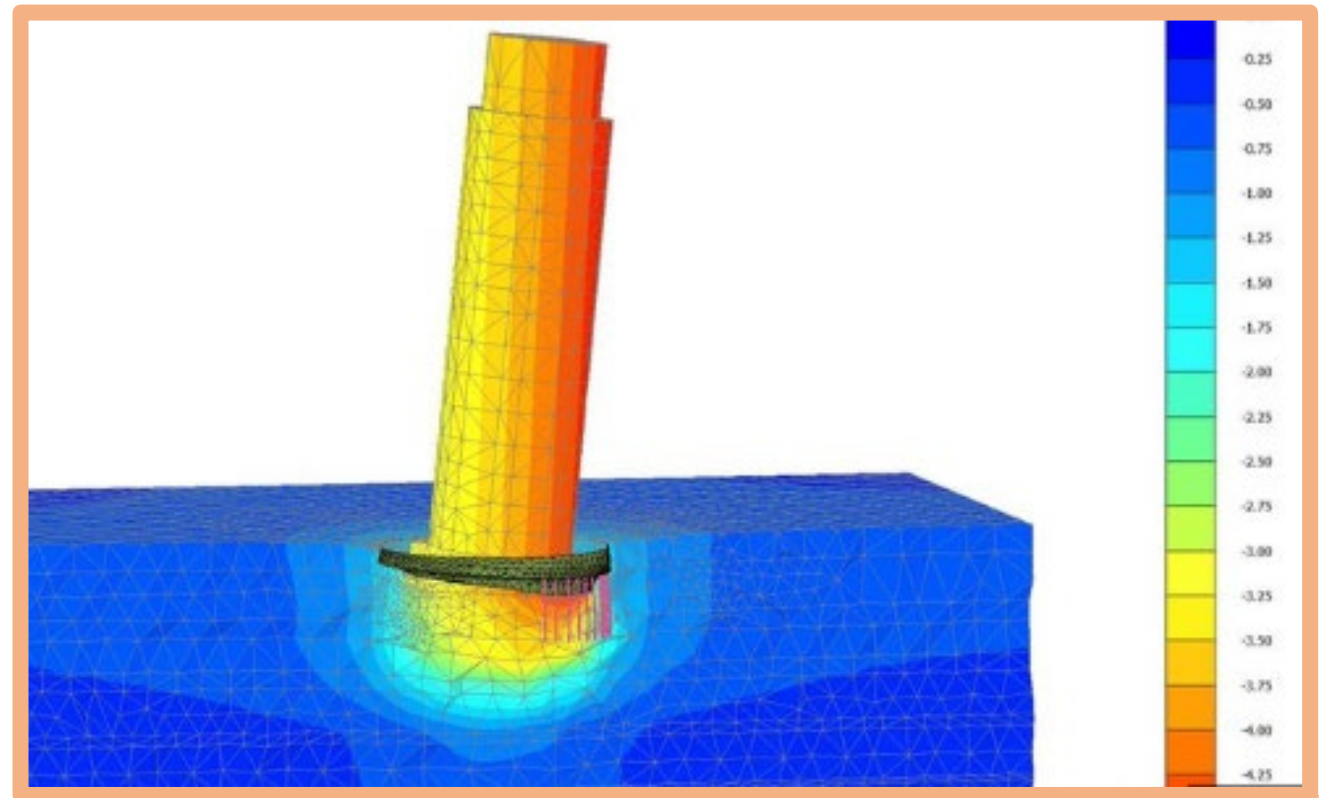


Datos limitados y pruebas in situ



Cambios en las condiciones de apoyo

El deterioro de un edificio puede conducir a cambios en las condiciones de apoyo y comportamiento del suelo, lo que afecta la respuesta global de la estructura. Estos cambios pueden ser difíciles de modelar con precisión en un análisis no lineal.



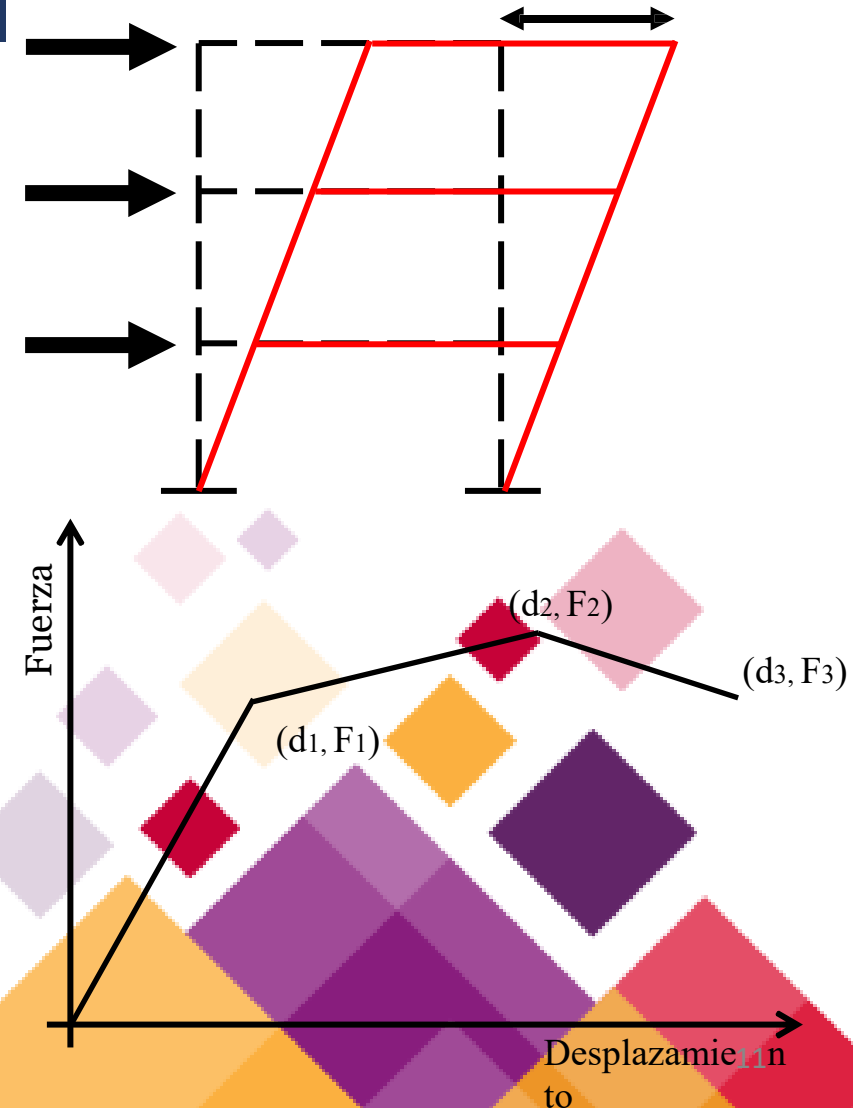
Interacción entre elementos estructurales

En edificaciones deterioradas, la interacción entre diferentes elementos estructurales puede ser más significativa y complicada. Los análisis no lineales pueden tener dificultades para considerar adecuadamente esta interacción, lo que afecta la precisión de los resultados.



Análisis estático no lineal

- Considera la no linealidad de los elementos y de la geometría
- Análisis con cargas laterales crecientes
- Se identifican puntos de fluencia, ubicación de articulaciones plásticas, modos de falla, pérdida de rigidez y capacidad de los elementos, capacidad de deformación y criterios de desempeño



Análisis estático no lineal

Debido a la incursión de la no linealidad que puede tener las estructuras por demandas sísmicas, los análisis convencionales pueden tener deficiencias en la respuestas reales (distorsiones, fuerzas, desplazamientos, etc.)

A partir del 2017, las NTC de la CDMX requieren análisis no lineal para cierto tipo de estructuras.

Zona geotécnicas	Estructuración	Altura (m)	Niveles (entrepiso de 3 m)
II y III	Regular	120	40
	Irregular	100	30
	Muy irregular	80	25

El análisis no lineal se exigirá para más estructuras en el futuro (estructuras de gran altura, zona del lago, irregulares en altura o planta, rehabilitación, reforzamiento Grupo A)

Análisis dinámico no lineal



Torre Koi, Nuevo León



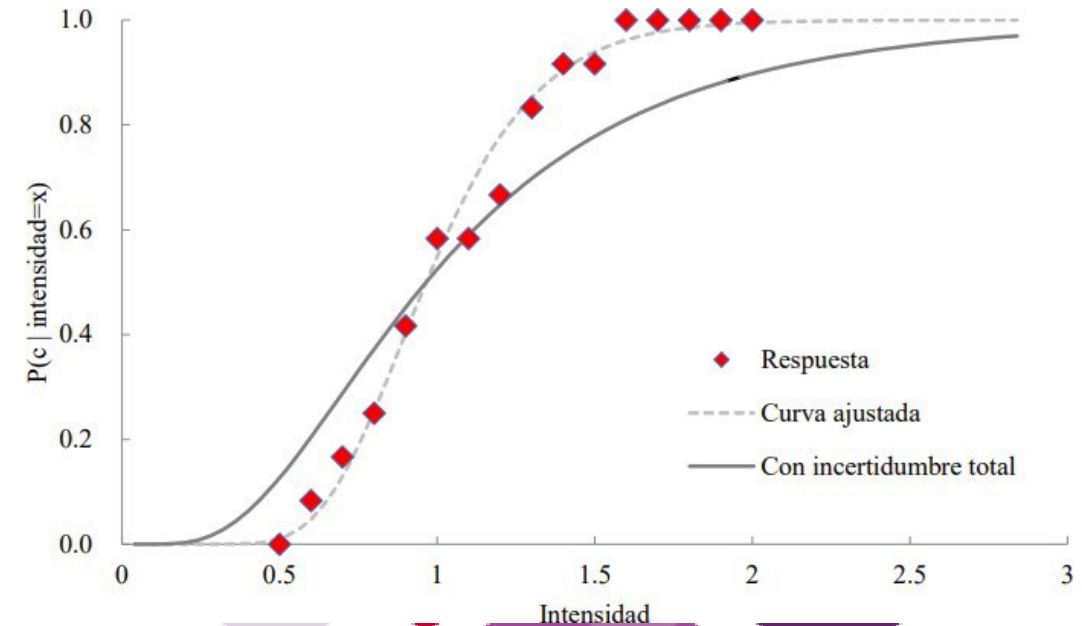
Ámsterdam 219, CDMX



Sinaloa 95, CDMX

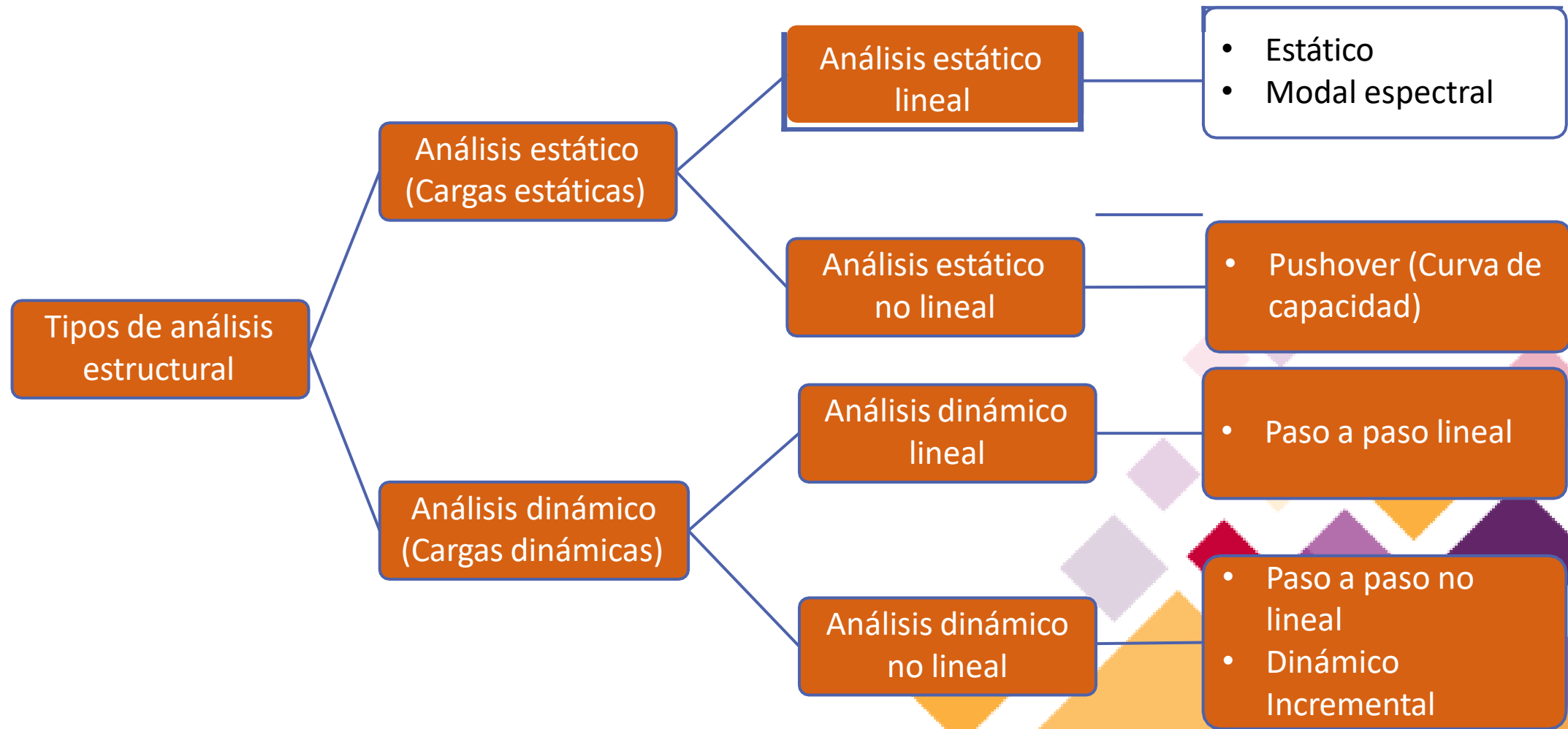
Análisis dinámico no lineal

- Análisis dinámicos no lineales para diferentes intensidades sísmicas
- Obtención de curvas de probabilidad de colapso, estudiando la estructura ante diferentes escenarios sísmicos
- Se requiere un equipo de cómputo de alto rendimiento
- El análisis requiere mucho tiempo para su realización

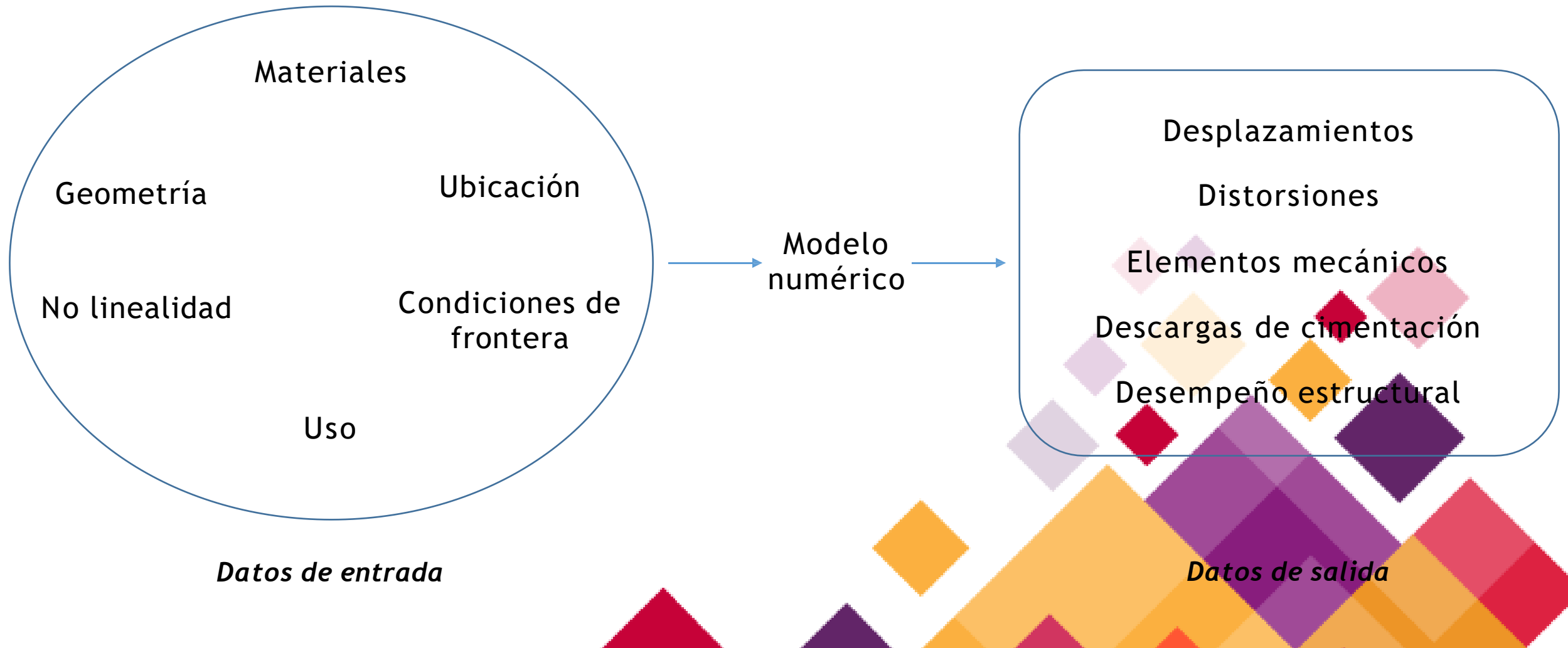


(Cueto, 2019)

Análisis no lineal



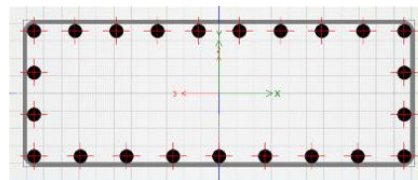
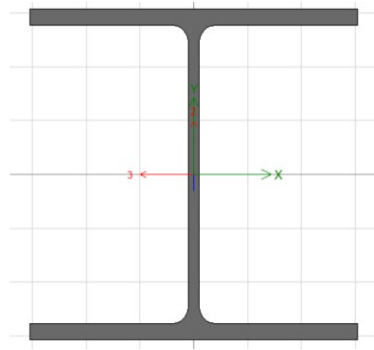
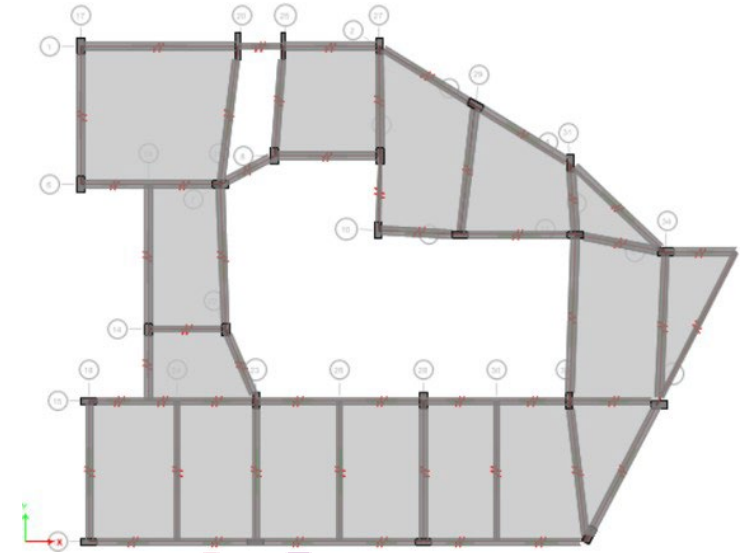
Análisis no lineal



¿Que parámetros intervienen en el análisis no lineal?

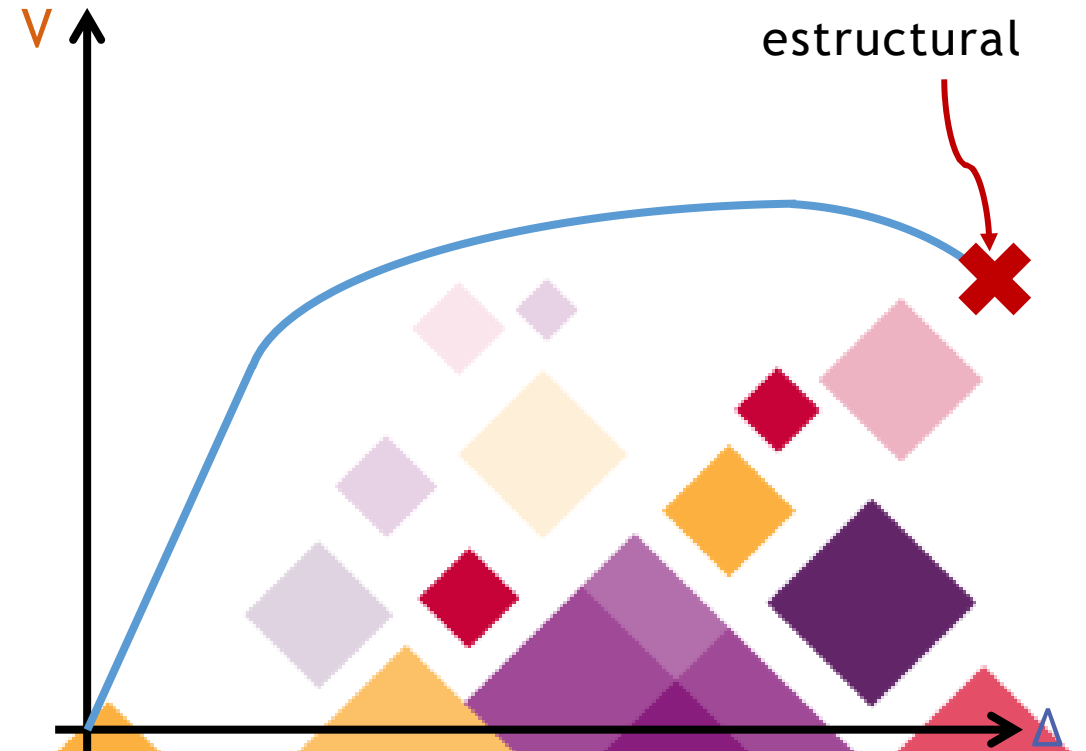
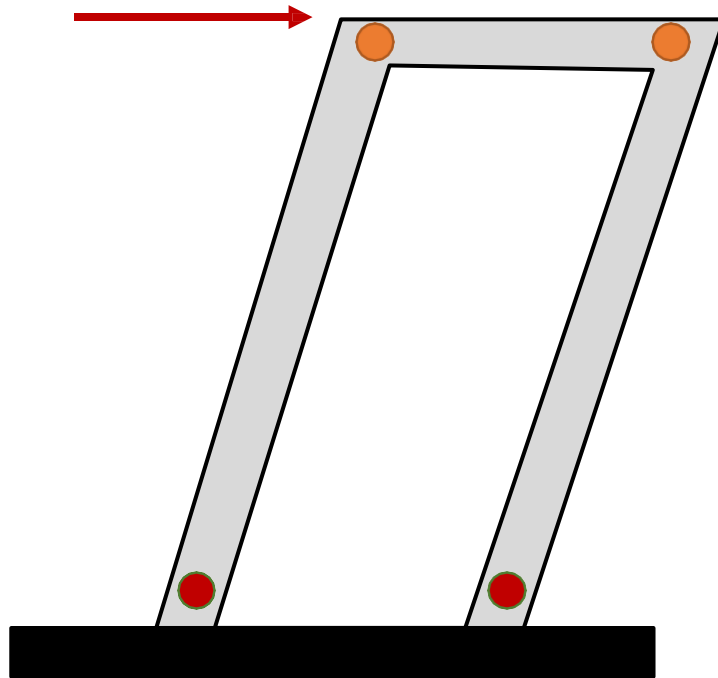
Geometría:

- Distribución en planta
- Secciones de elementos estructurales
- Irregularidad en planta
- Continuidad de elementos estructurales



Que parámetros intervienen en el análisis no lineal.

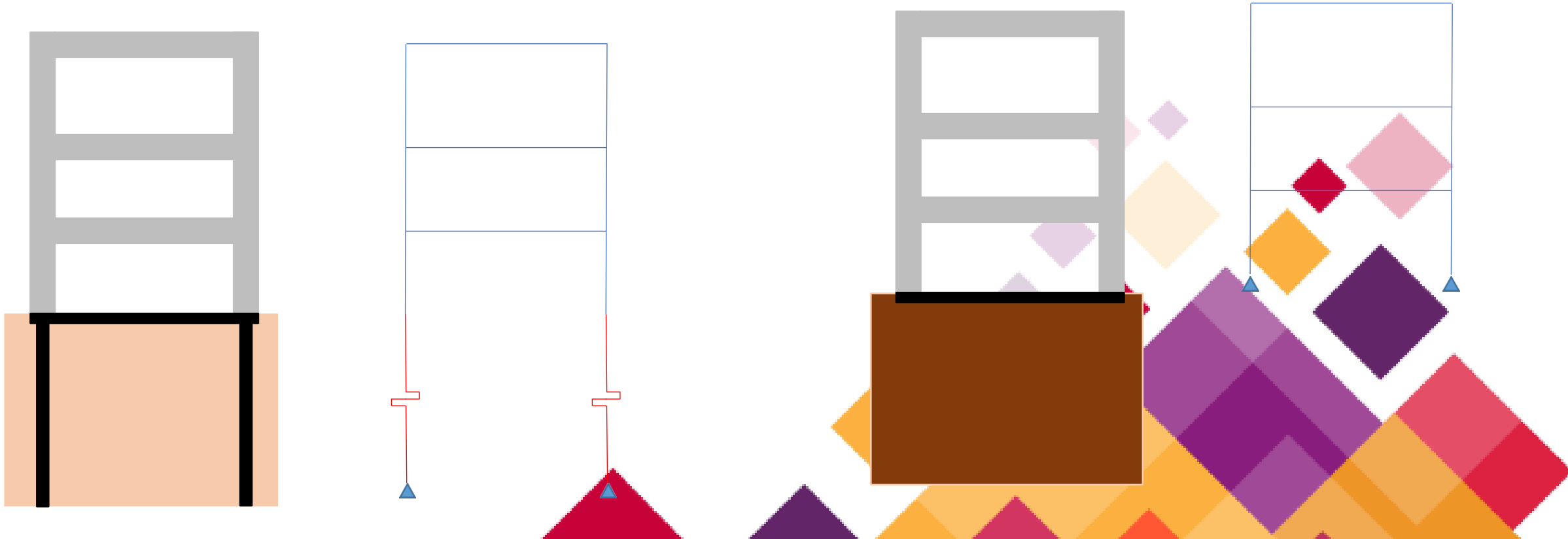
No linealidad: Materiales



Que parámetros intervienen en el análisis no lineal.

Condiciones de frontera:

- Condiciones externas a la estructura
- Cimentación de la estructura



Incertidumbre en el análisis no lineal

Incertidumbres:

- Proyecto estructural vs construcción
- Deficiencias en el proceso constructivo

Reducción de incertidumbres:

- Pruebas de laboratorio
- Escaneo de acero de refuerzo
- Vibración ambiental



(Fernández S., 2018)

(Lermo J., 2018)

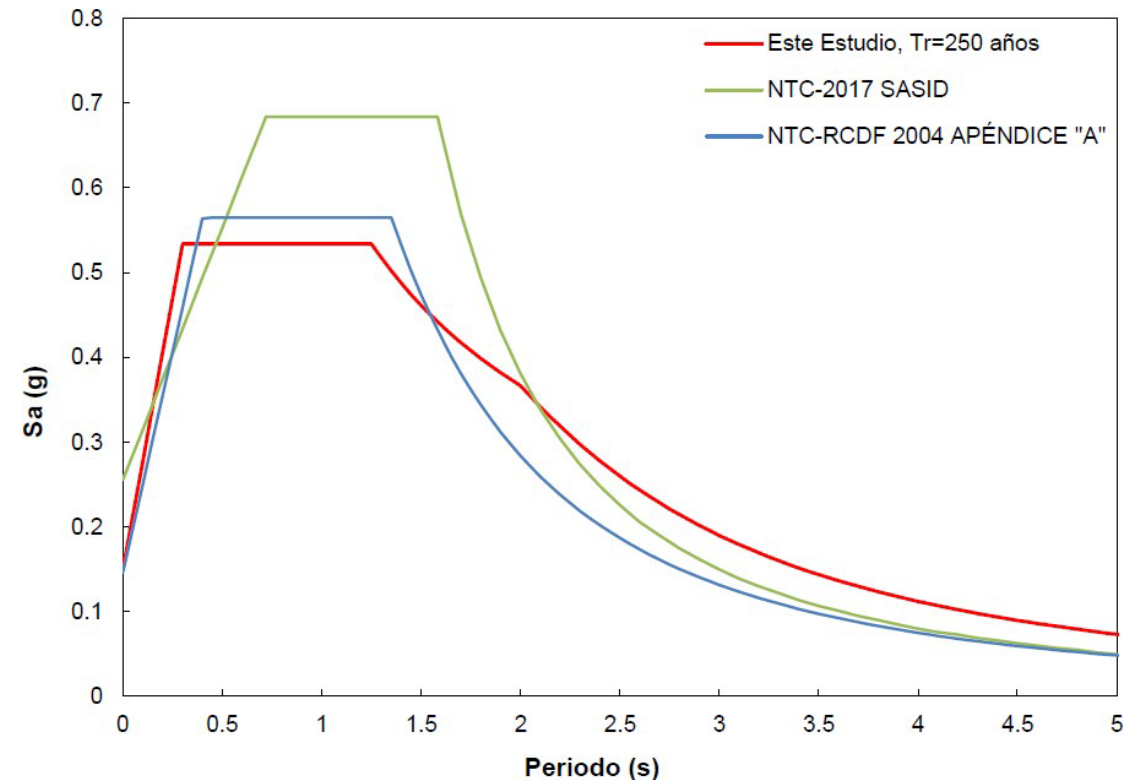
Incertidumbre en el análisis no lineal

Incertidumbres:

- Periodo del suelo
- Espectros de diseño
- EPU
- Acelerogramas sintéticos
- Zonificación geotécnica

Reducción de incertidumbres:

- Estudio de peligro sísmico
- Estudio de mecánica de suelos



Análisis lineal vs análisis no lineal

Análisis lineal

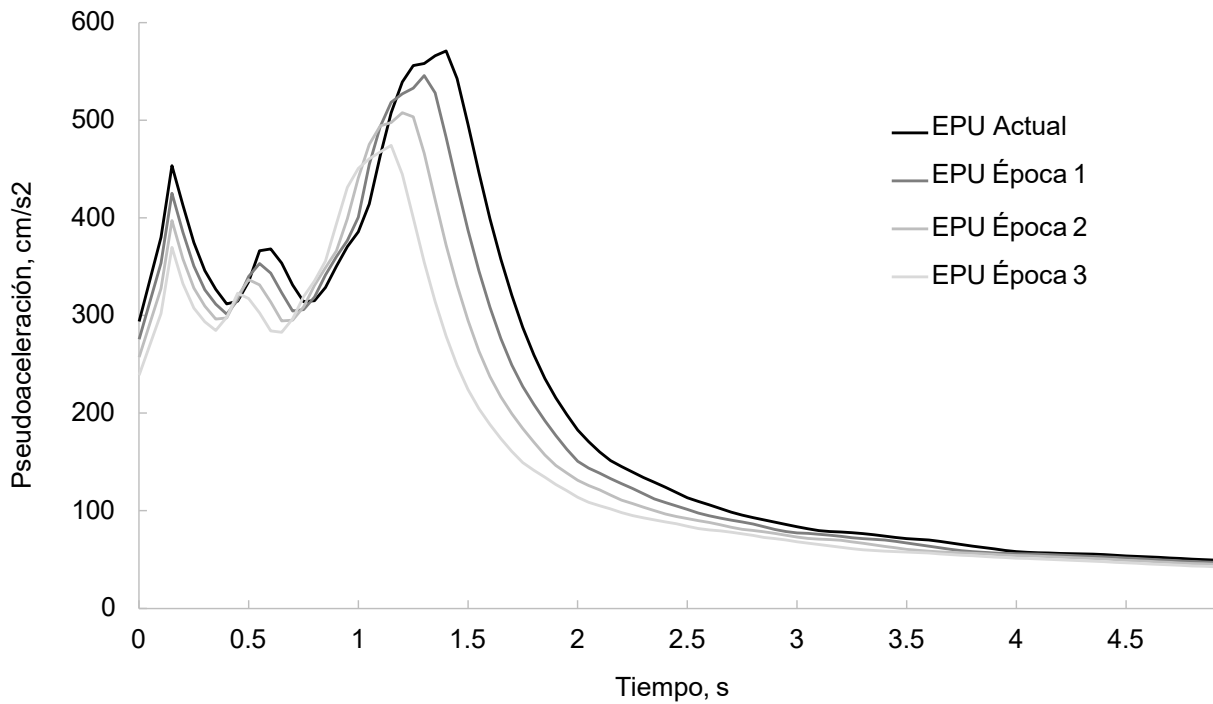
- ✓ Poco tiempo de ejecución
- Mucha referencia y años de uso
- × Simplificación de resultados
- × Resultados pocos precisos para casos con no linealidad o alta irregularidad

Análisis no lineal

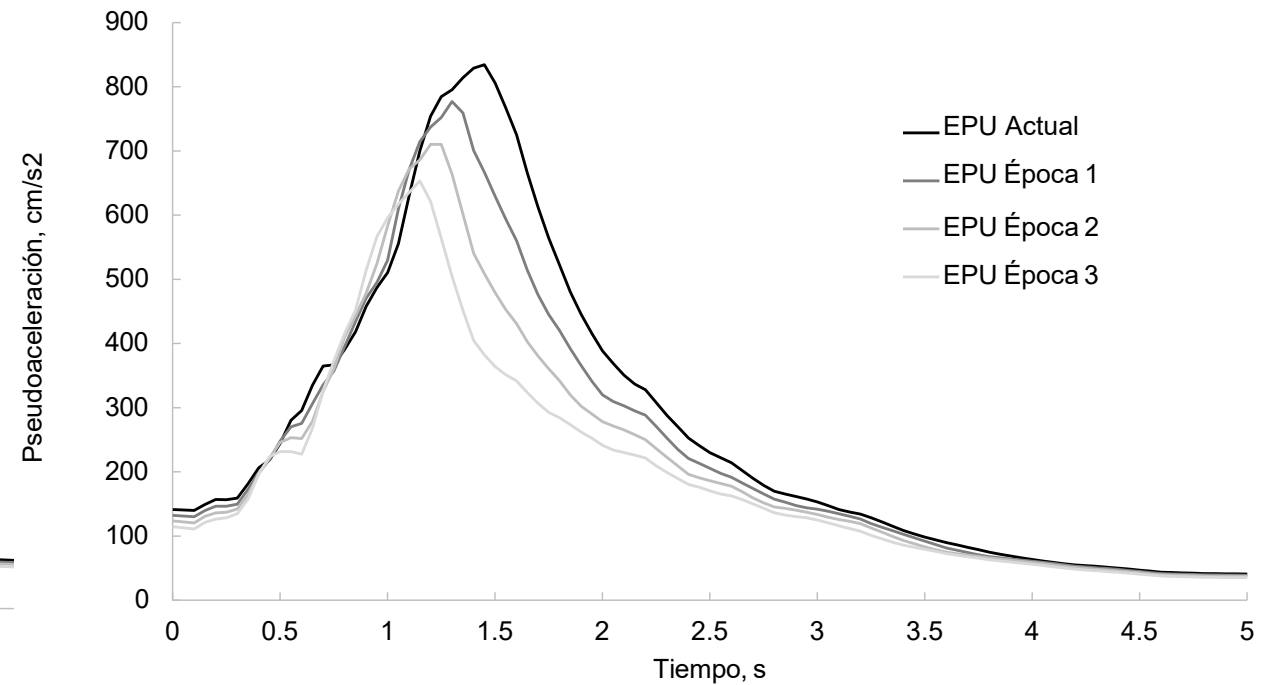
- ✓ Resultados mas reales según respuesta en el tiempo
- ✓ Evaluación del comportamiento
- Pocas referencias
- Requieren acelerogramas
- × Tiempo de ejecución
- × Equipo de cómputo de gama alta
- × Capacitación para realizar el análisis

Conceptos generales

- Espectro de peligro uniforme (EPU):



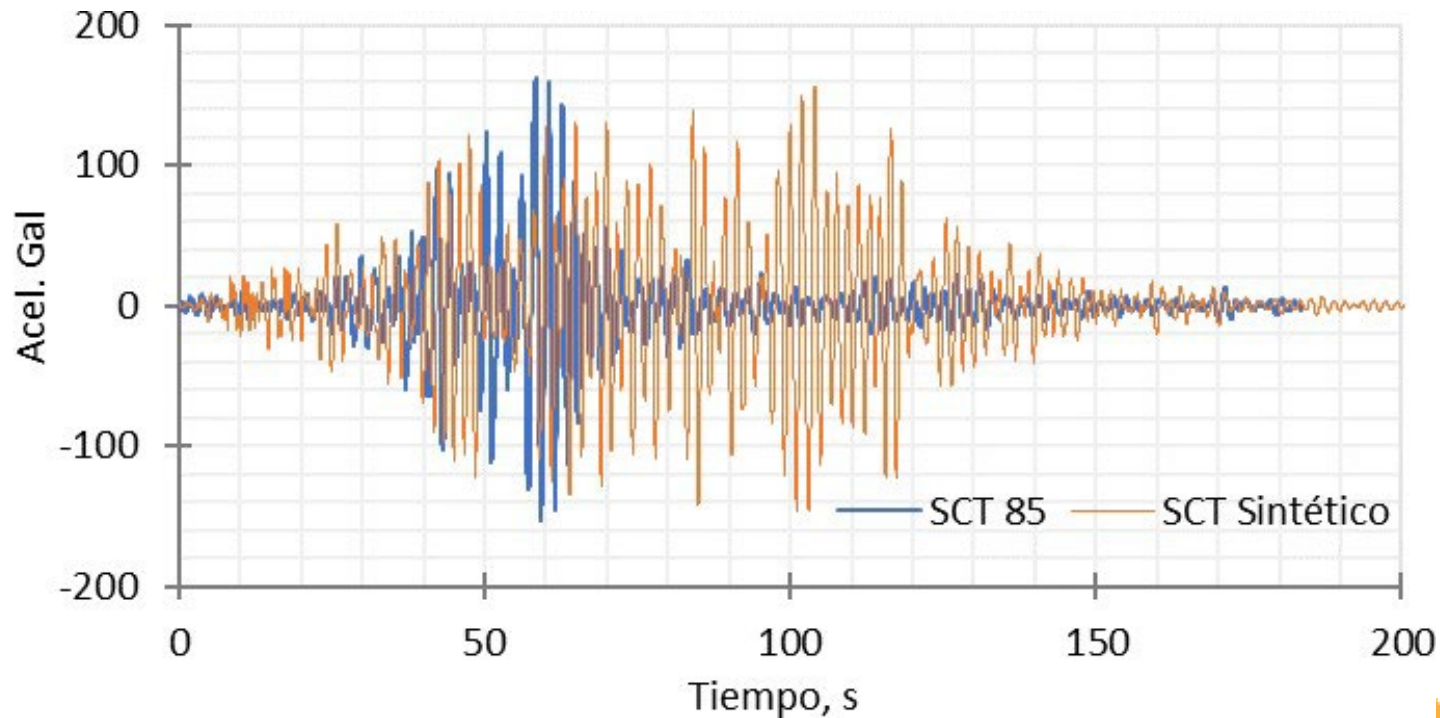
Profundidad intermedia



Subducción

Conceptos generales

- Acelerogramas:

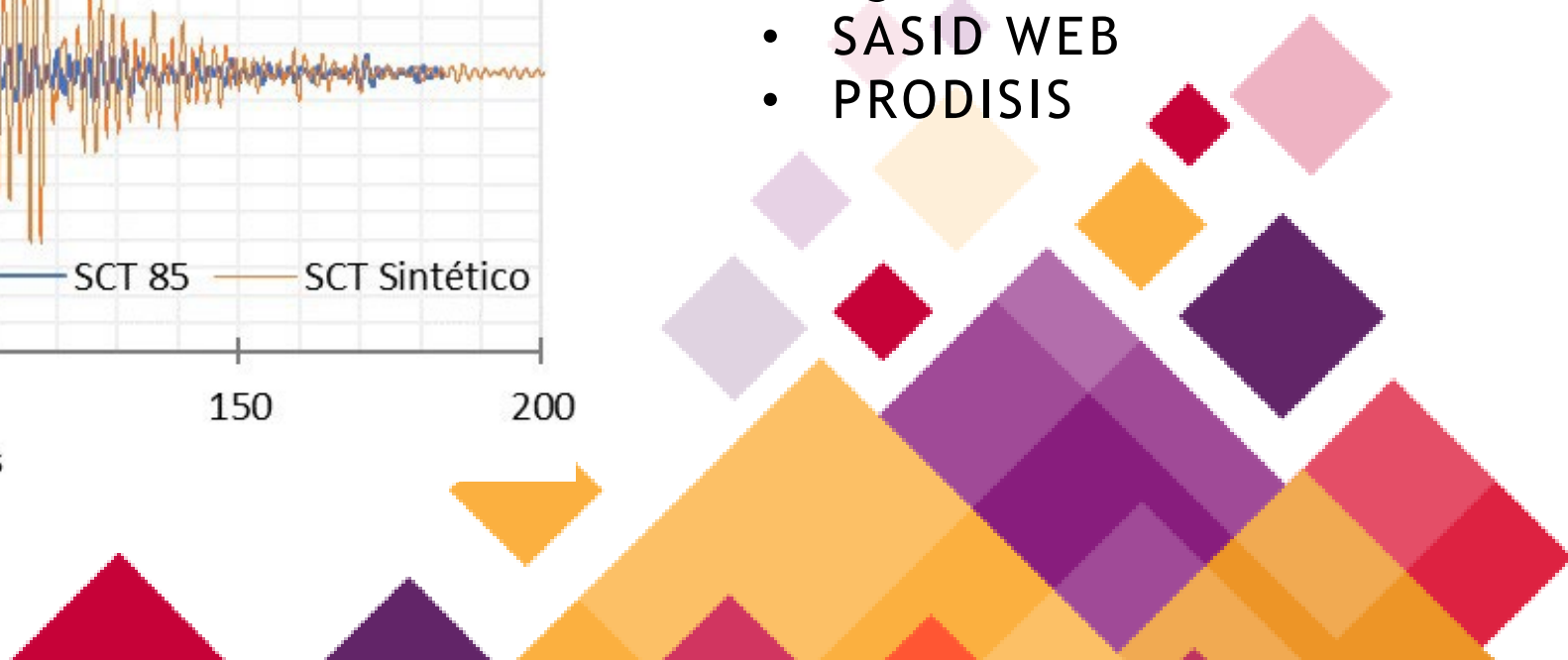


Acelerogramas reales

- RAII-UNAM
- USGS
- BMDSF-SMIS
- etc.

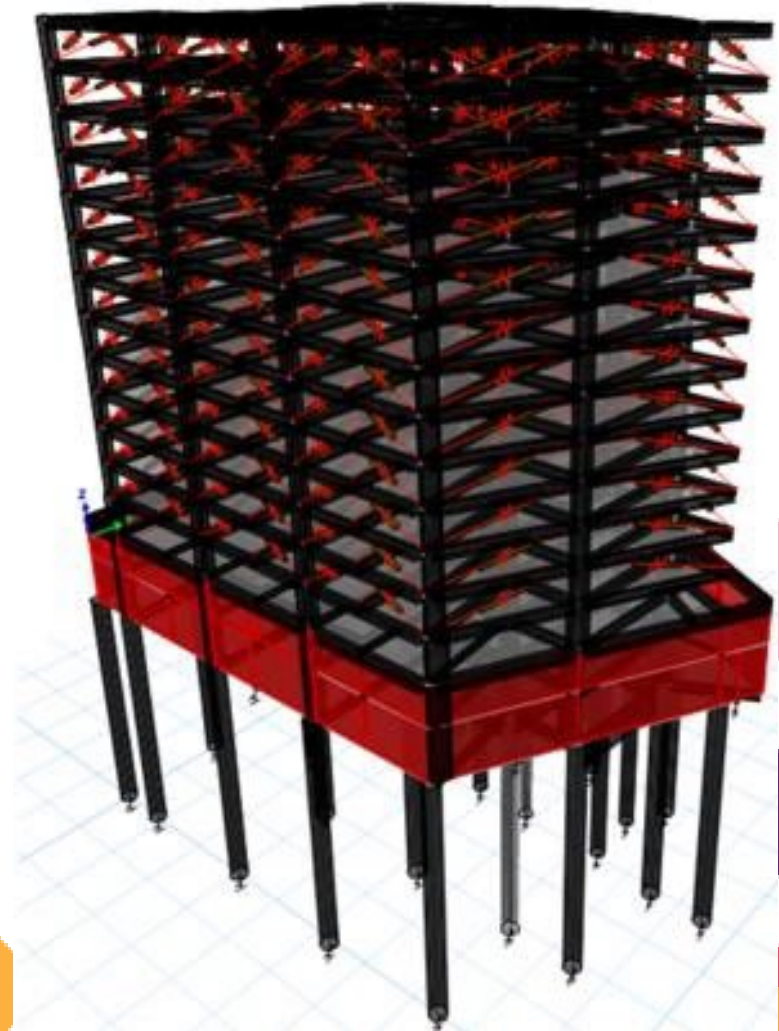
Acelerogramas sintéticos

- SASID WEB
- PRODISIS

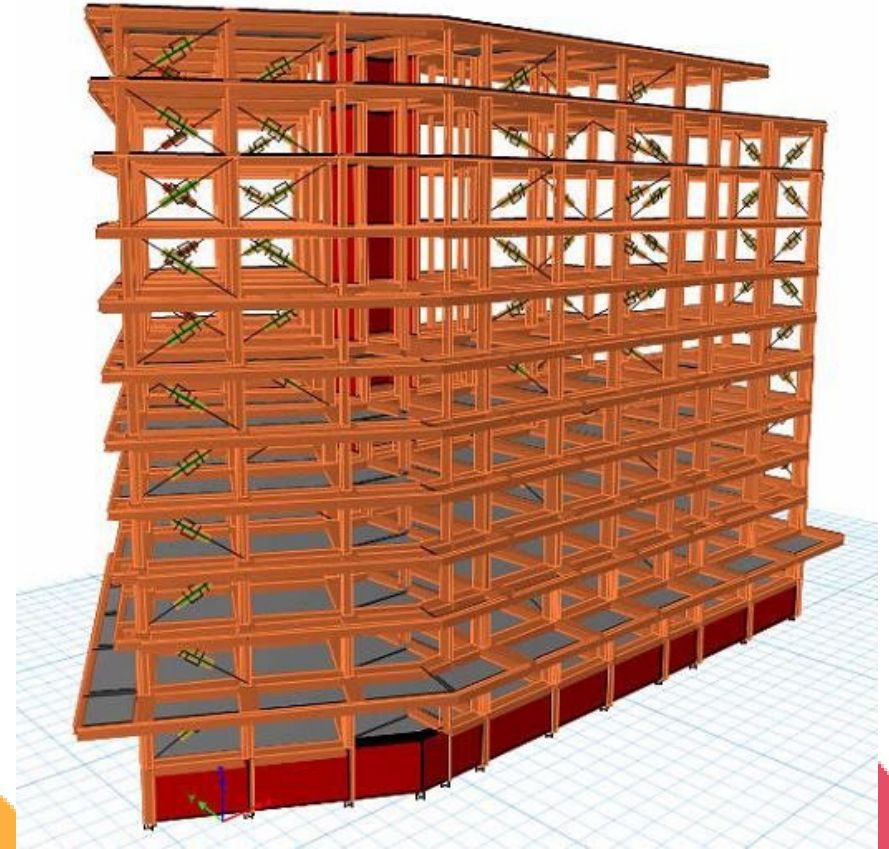
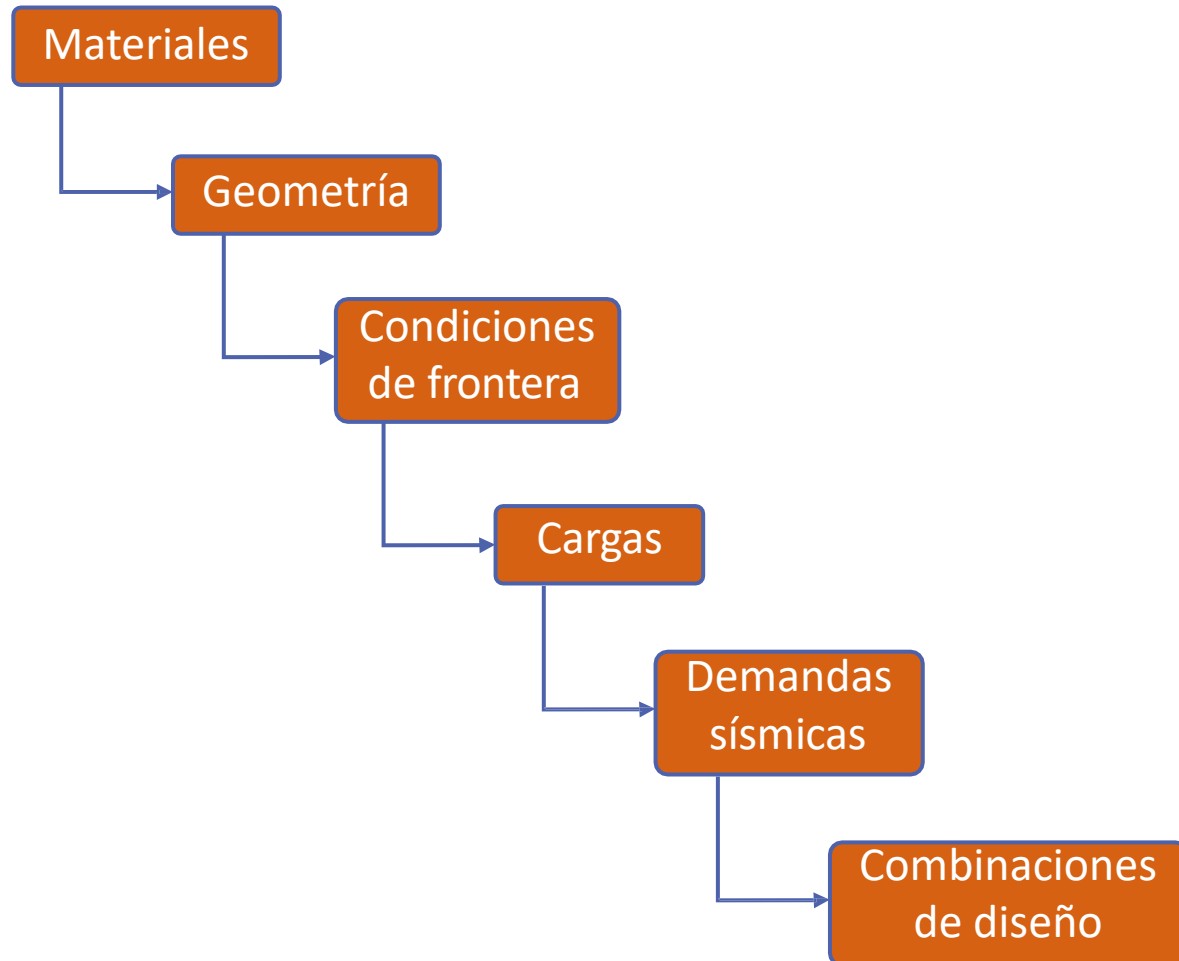


Recopilación de información

- Memoria de calculo original
- Planos estructurales originales
- Pruebas de materiales
- Vibración ambiental
- Mecánica de suelos
- Estudio de riesgo sísmico



Módelelo numérico



Módelelo numérico

Geometría:



(Arqhys, 2022)



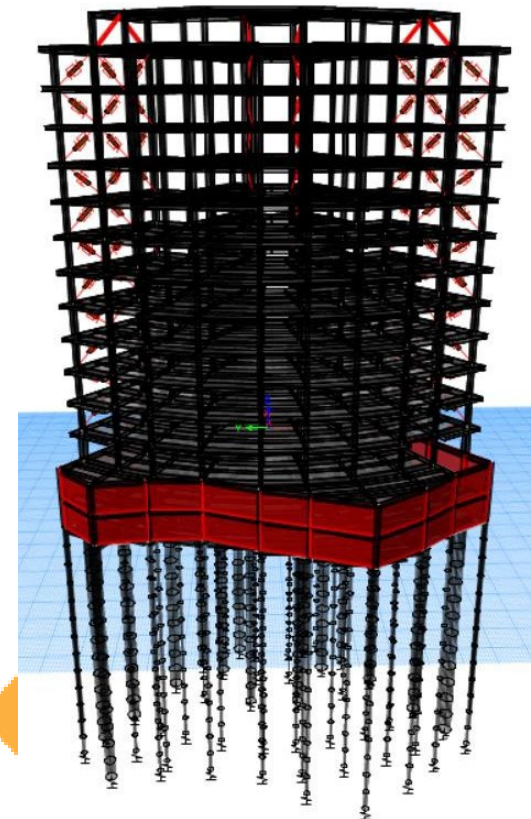
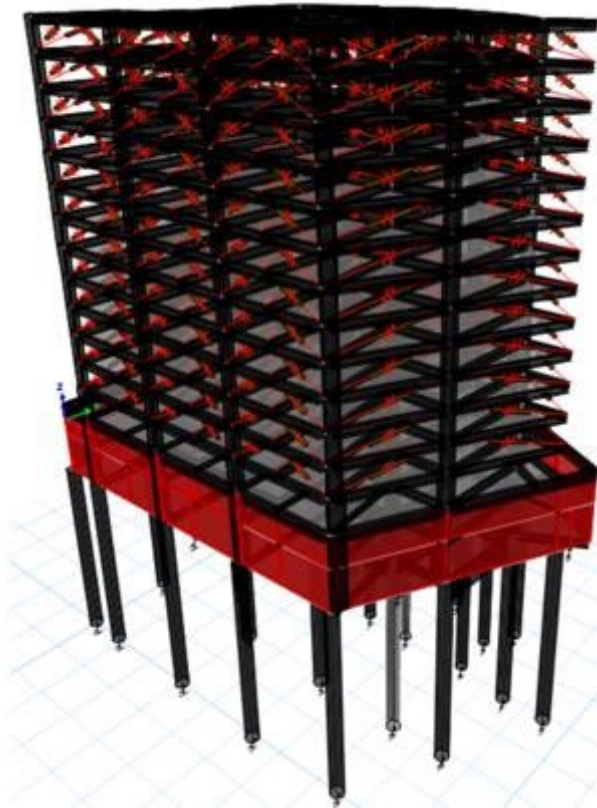
(SevenEf Ingeniería, 2022)

Irregularidades geométricas

Módelelo numérico

Condiciones de frontera:

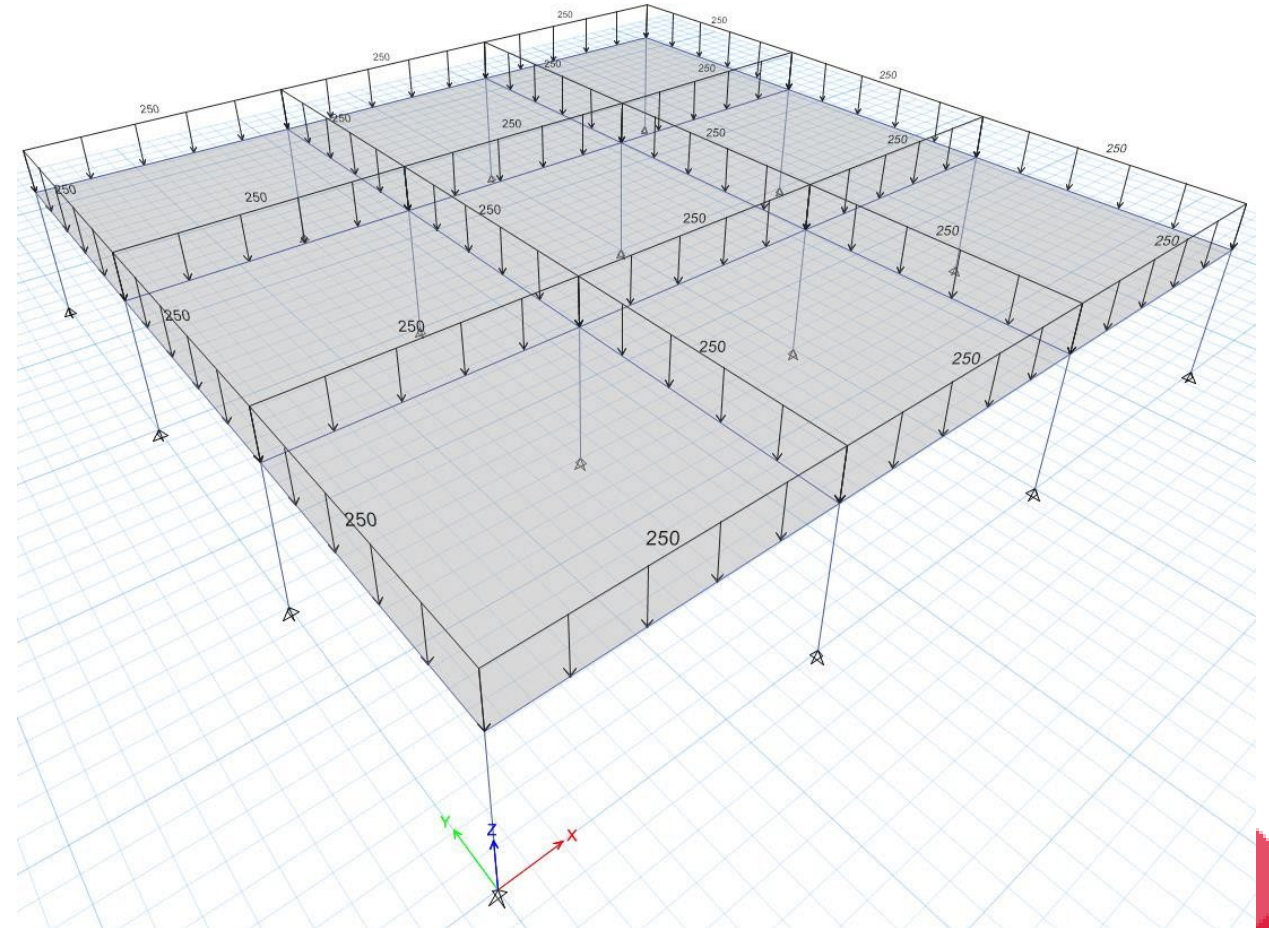
- Interacción suelo estructura



Módelelo numérico

Cargas:

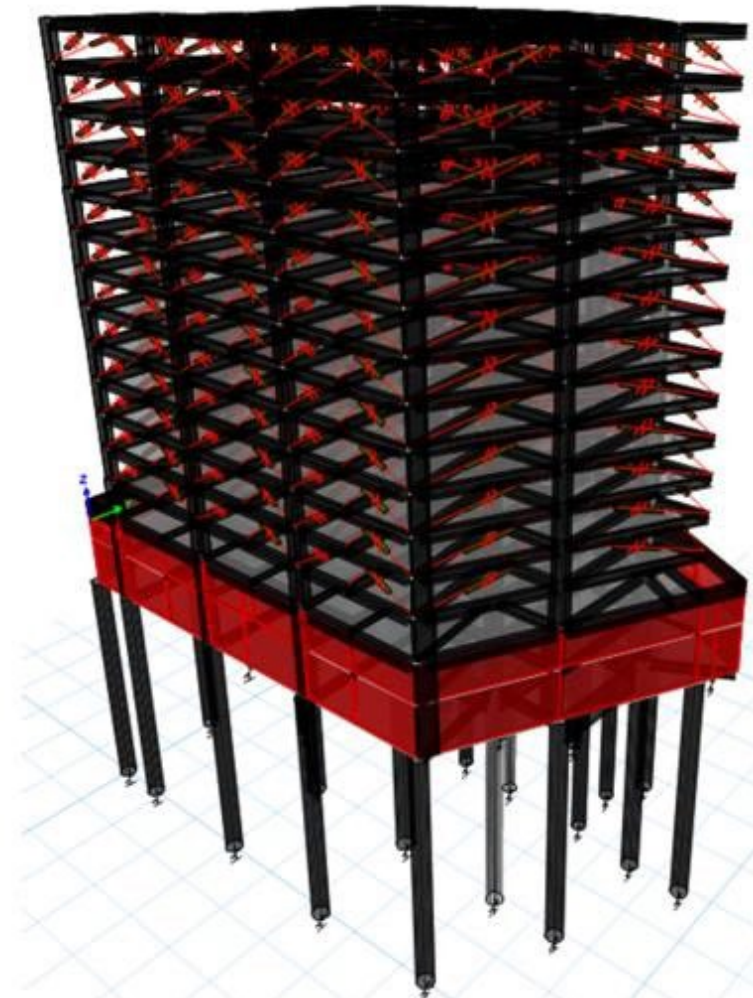
- Peso propio (PP)
- Sobre carga muerta (SCM)
- Carga viva instantánea (CVIns)
- Carga viva máxima (CVMax)



Revisión convencional

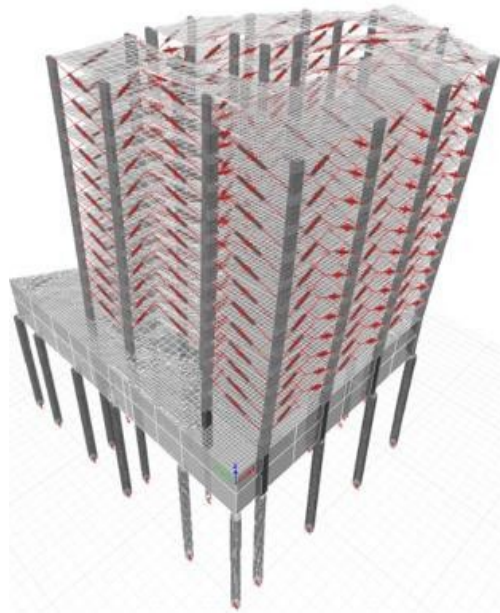
Revisiones:

- Periodo de vibrar - Vibración ambiental
- Resistencia
- Desplazamientos y distorsiones

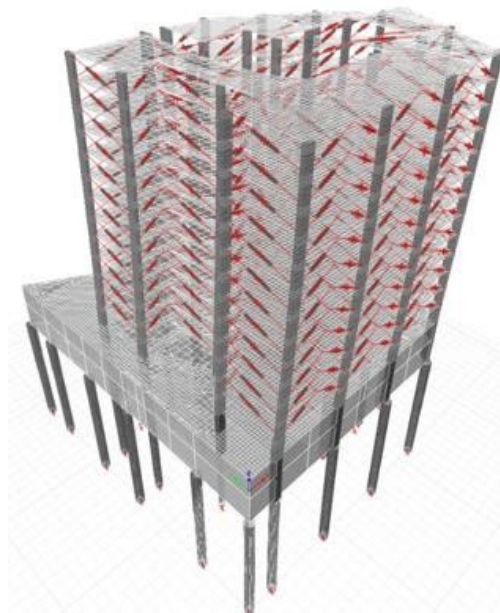


Revisión convencional

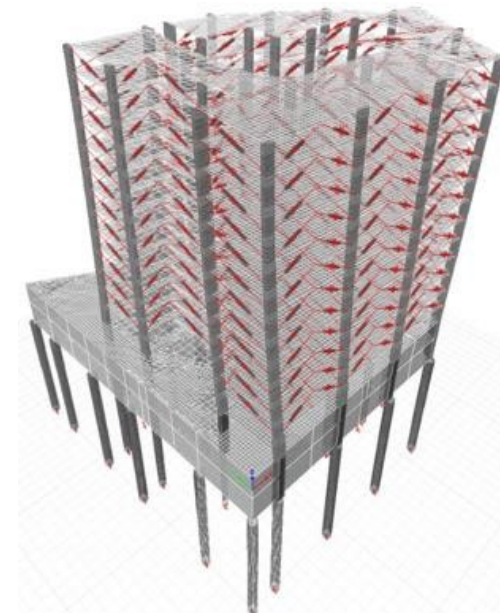
Periodo de vibrar - Vibración ambiental:



Primer modo en Y, $T_e = 0.96$ s



Segundo modo en X, $T_e = 0.89$ s

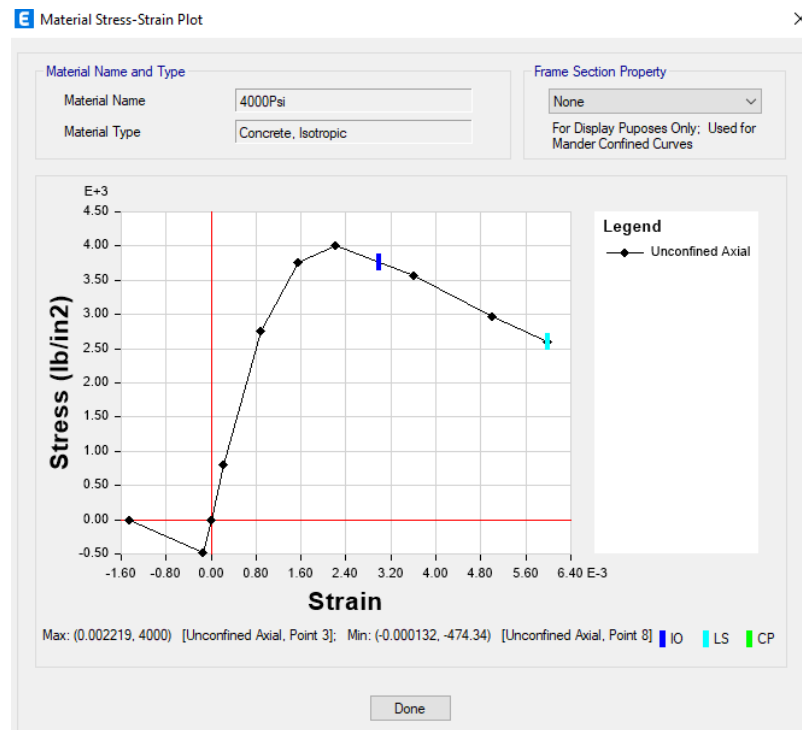


Primer modo en torsión, $T_e = 0.74$ s

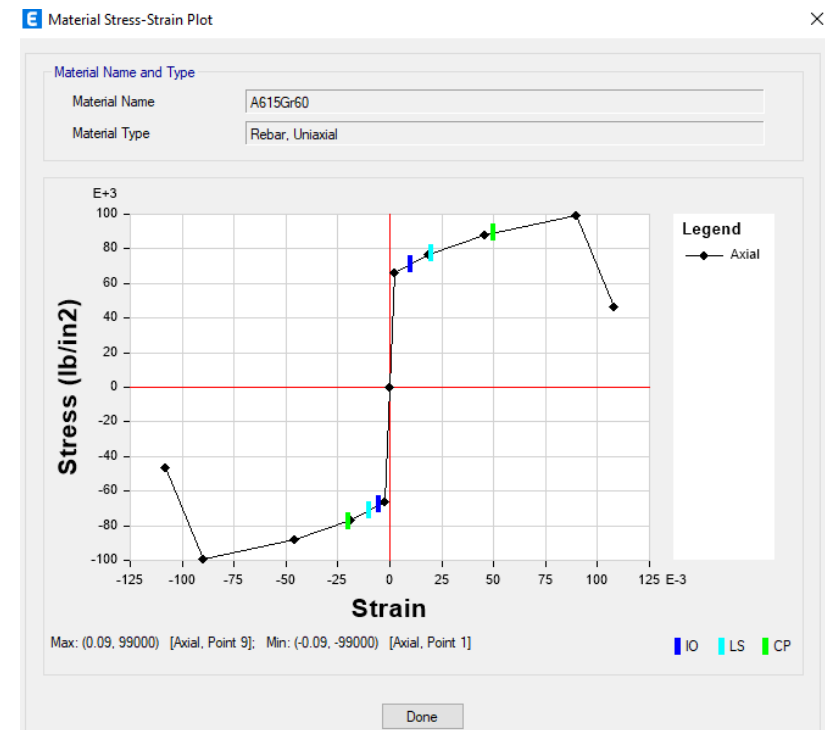
Modo	Periodo, s (Modelo numérico)	Periodo, s (Lermo, 2018)	Variación
1	0.96	0.95	1.0%
2	0.89	0.91	2.1%
3	0.74	0.71	4.0%
4	0.28	0.28	0.0%
5	0.27	0.26	3.7%
6	0.24	0.21	12.5%

Modelo numérico no lineal

Materiales:



Concreto

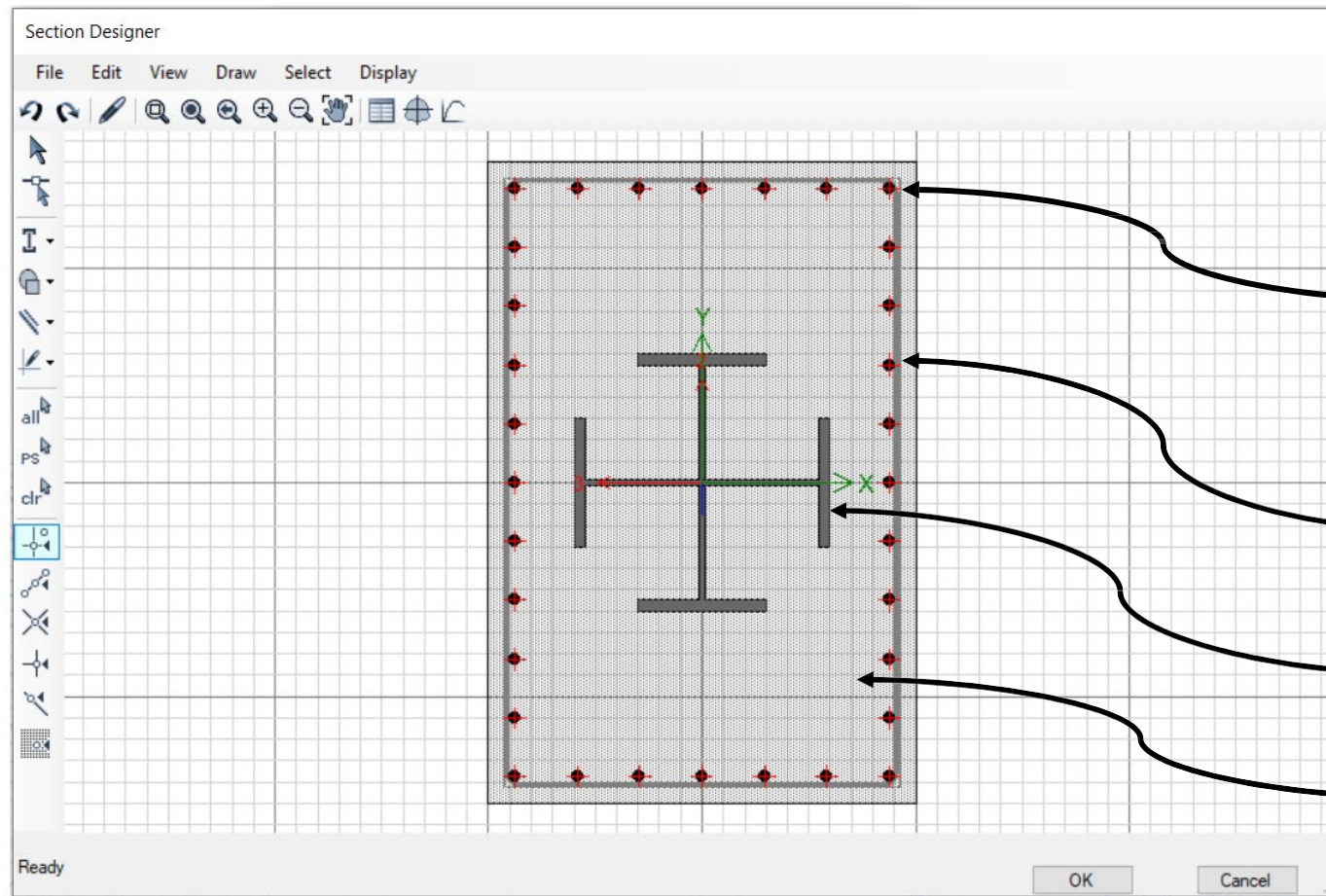


Acero

Modelo numérico no lineal

Geometría:

- Elementos estructurales: Columnas y traves



Acero de refuerzo longitudinal

Concreto sin confinar

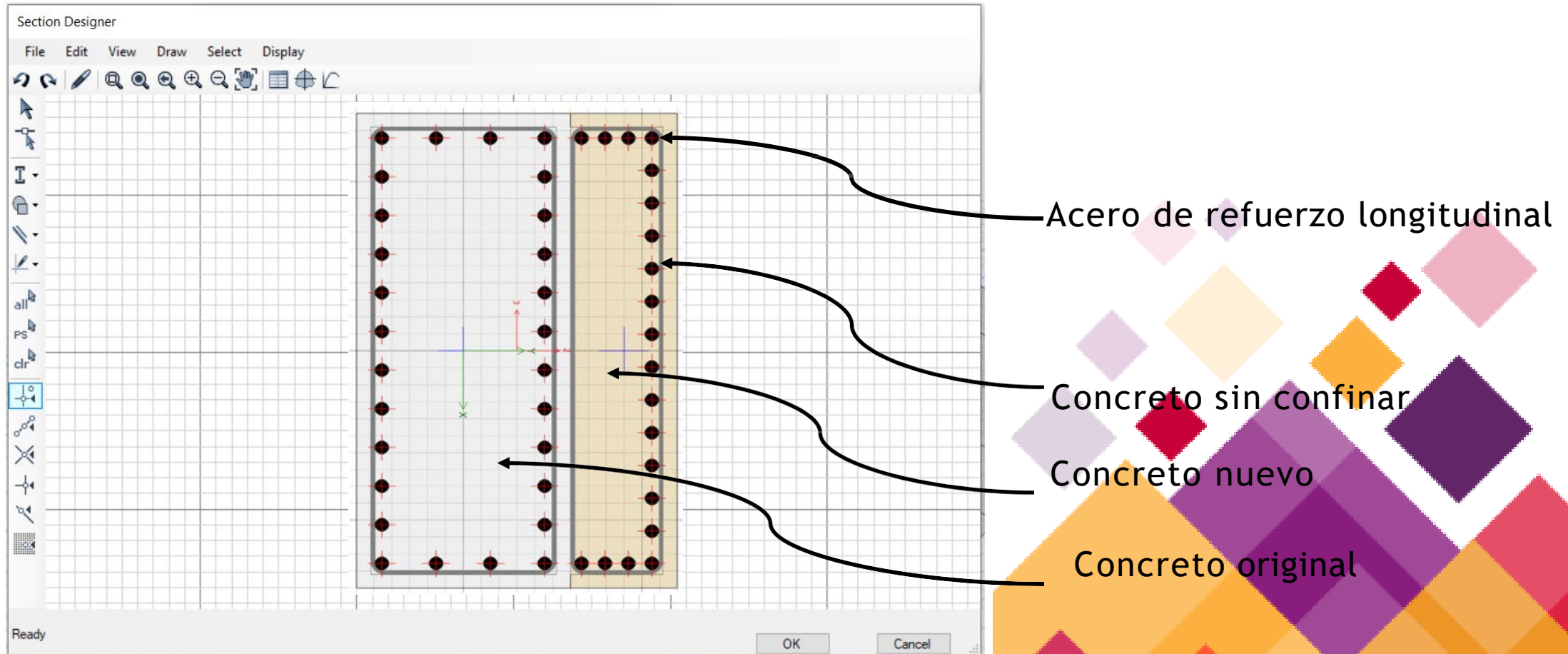
Sección IR

Concreto confinado

Modelo numérico no lineal

Geometría:

- Elementos estructurales: Columnas y traveses



Modelo numérico no lineal

Articulaciones plásticas:



(CENAPRED, 2019)

Falla por compresión y por flexocompresión

Modelo numérico no lineal

Articulaciones plásticas:



Sismo de Turquía, 1999

(CENAPRED, 2019)

Falla por flexión

Modelo numérico no lineal

Articulaciones plásticas:



(CENAPRED, 2019)

Falla por cortante

Modelo numérico no lineal

Articulaciones plásticas:



(García D., 2008)

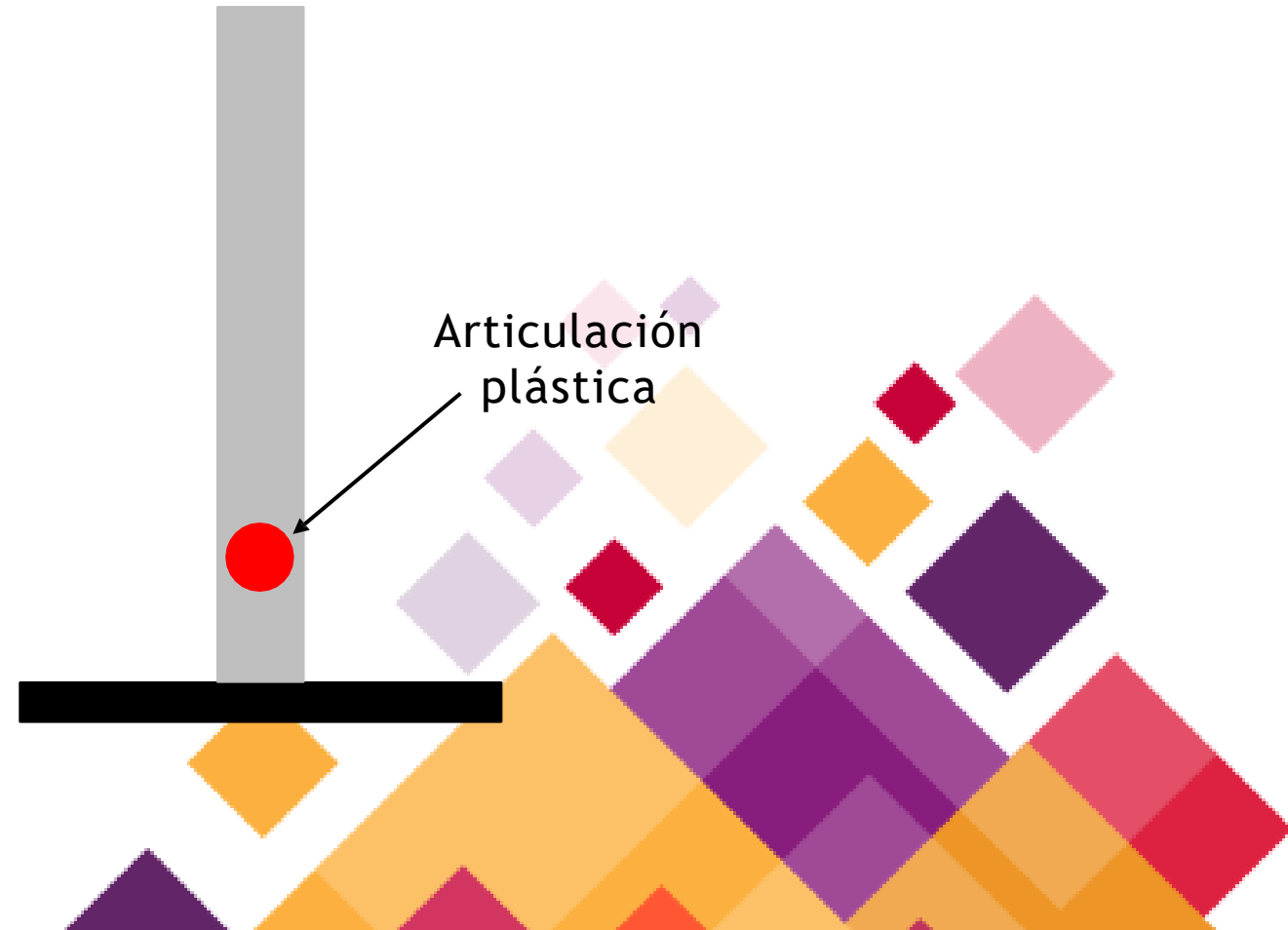
Falla por flexión

Modelo numérico no lineal

Articulaciones plásticas:



Falla por flexión

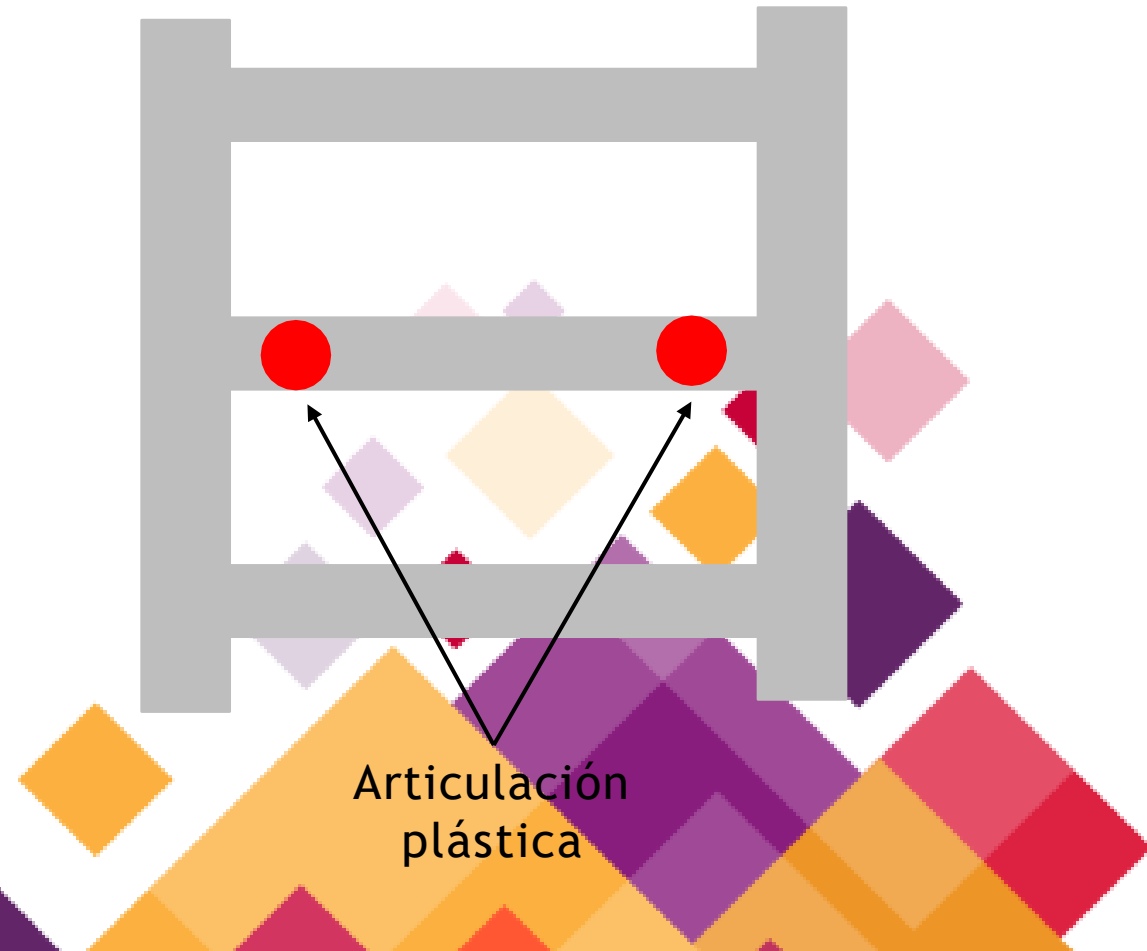


Modelo numérico no lineal

Articulaciones plásticas:



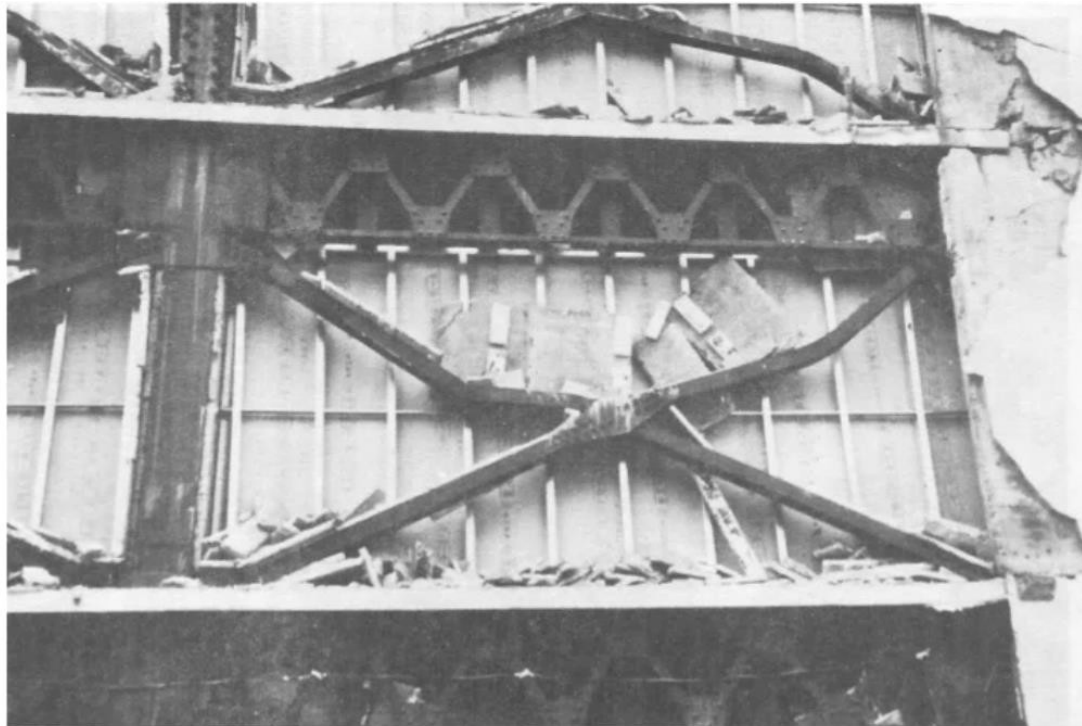
Falla por flexión



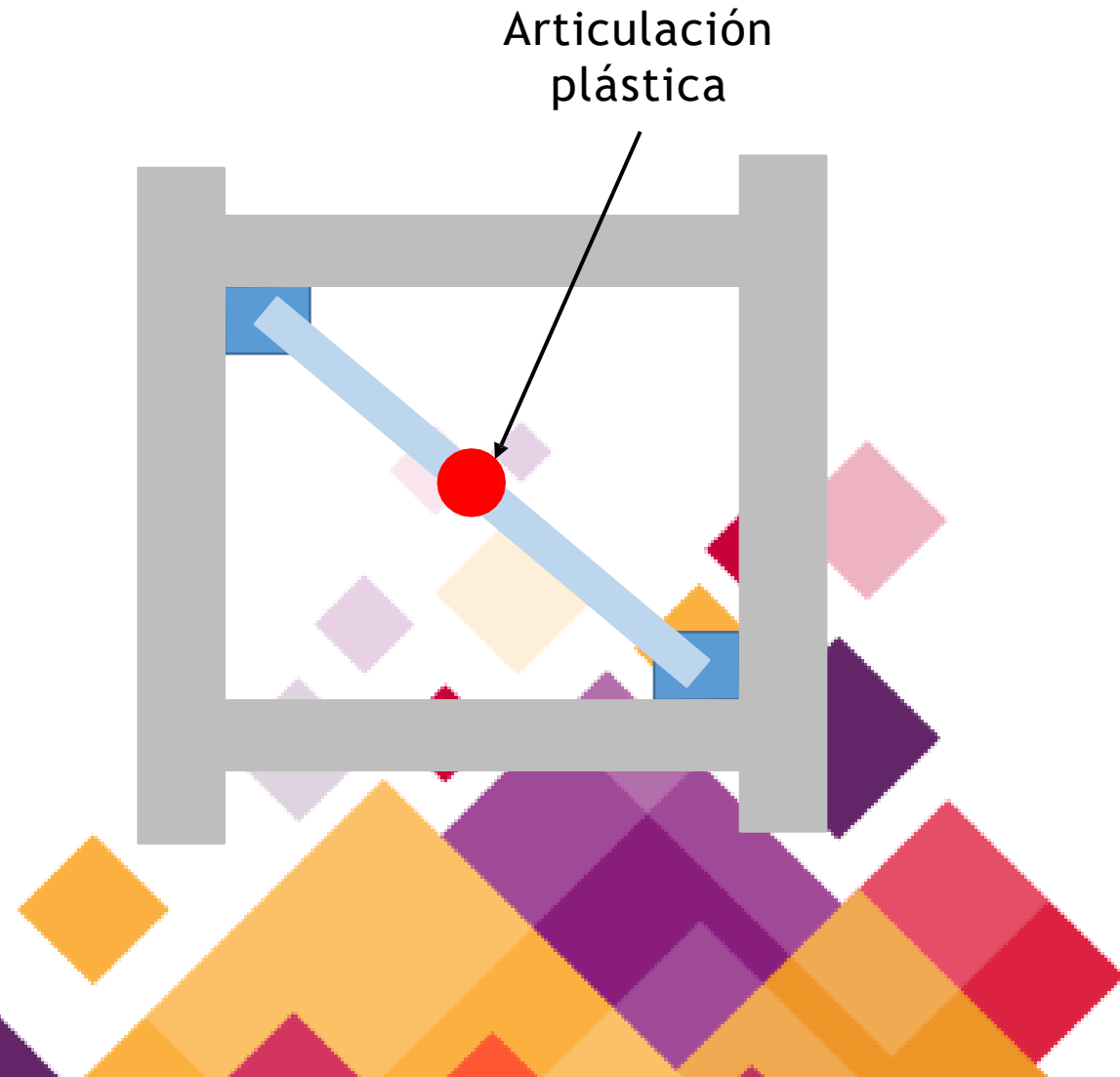
Articulación plástica

Modelo numérico no lineal

Articulaciones plásticas:



Falla por compresión





LAS LEYES DE LA INGENIERÍA ESTÁN GOBERNADAS POR LAS LEYES DE LA FÍSICA Y LAS LEYES DE LA FÍSICA SON LAS LEYES DE DIOS, IR EN CONTRA DE LAS LEYES DE INGENIERÍA ES IR EN CONTRA DE LAS LEYES DE DIOS.