

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Departamento de Ingeniería Civil
Maestría en Ingeniería Estructural**



***ANALISIS NO LINEAL ESTÁTICO DE EDIFICIOS DE
CONCRETO POR MEDIO DEL METODO DE
CAPACIDAD ESPECTRAL***

JUAN CARLOS CASTILLO VALDEZ

Guatemala

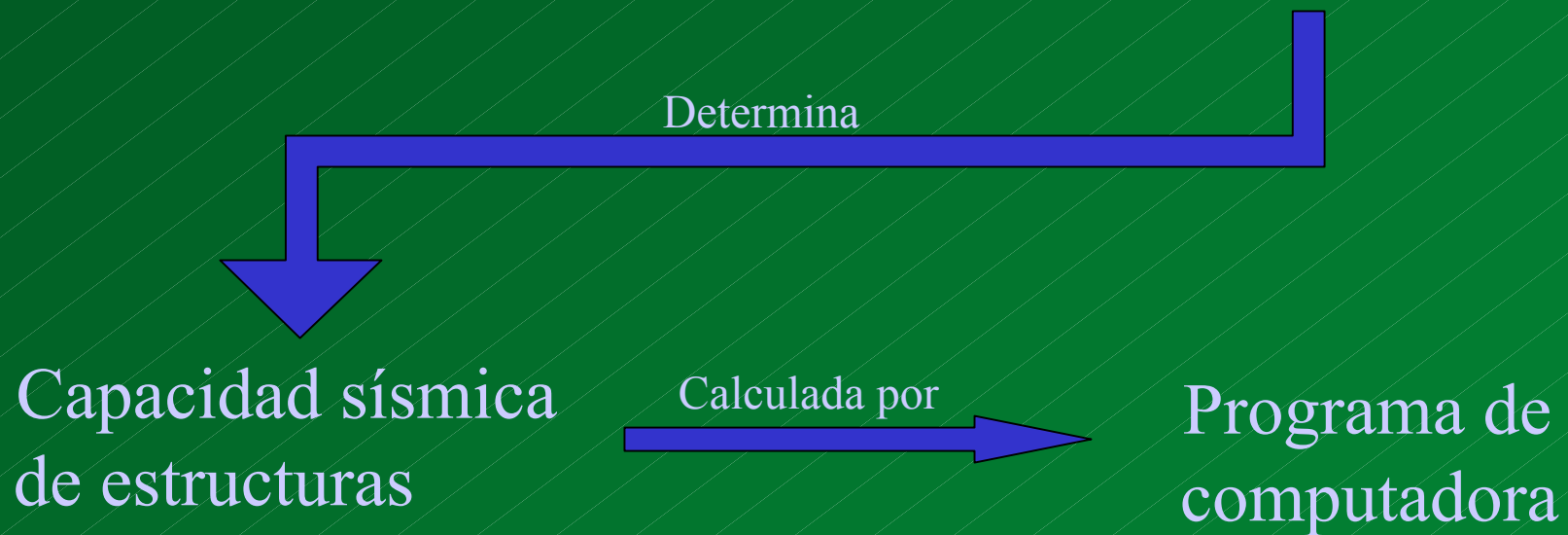
2003

RESUMEN

PROCESO DE EVALUACIÓN
ESTRUCTURAL DETALLADA



ANÁLISIS NO
LINEAL ESTÁTICO

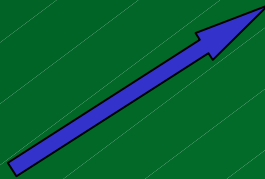


SAP 2000 Non Linear V8

RESUMEN

Programa de computadora:

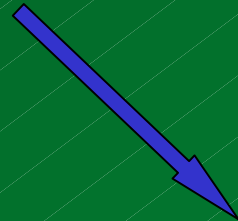
**METODO DE
CAPACIDAD
ESPECTRAL**



Capacidad de la
estructura



Demanda de
desplazamiento
del sismo



Desempeño de
la estructura

**Posibles
métodos de
readecuación**

CONTENIDO

Parte 1

1. Metodología de evaluación y readecuación de edificios de concreto.
2. Objetivos de desempeño.
3. Evaluación rápida de vulnerabilidad.
4. Métodos de análisis lineal y no lineal estáticos.
5. Método de capacidad espectral.
 - Curva y espectro de capacidad.
 - Espectro de demanda.
 - Punto de desempeño.

CONTENIDO

Parte 2

6. Modelo estructural.
7. Propiedades análisis inelástico.
8. Gráficas corte basal vs. desplazamiento.
9. Capacidad, demanda y desempeño.
10. Número y tipo de articulaciones generadas.
11. Modificación del modelo.
12. Demostración: SAP 2000 Non Linear V8

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Iniciación del proceso:

- Iniciativa del propietario.
- Disminución de pérdidas económicas y humanas.



Selección de profesionales:

- Experiencia.
- Propuesta formal.
- Entrevista personal.



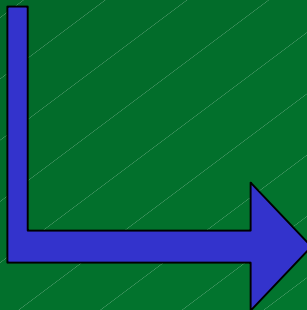
Revisión del edificio:

- Evaluación de vulnerabilidad rápida.
- **DESICIÓN IMPORTANTE.**



Objetivos de Desempeño:

- Comportamiento sísmico.
- Plantea posibles soluciones de readecuación.



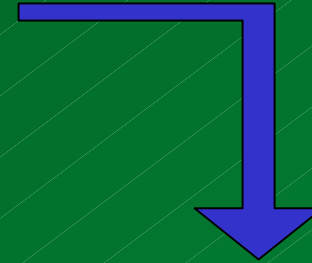
Estrategia y aprobación:

- Tipo de análisis.
- Dificultad y costos.
- Decisión de todo el grupo.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Investigación Detallada:

- Análisis del sitio.
- Materiales y detalles estructurales.



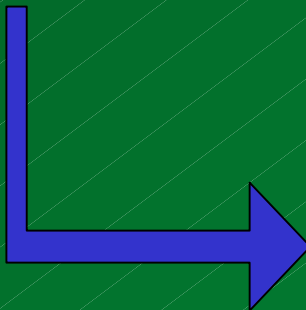
Tipo de readecuación:

- Decisión de todos.
- Técnica y económicamente factible.



Análisis no lineal:

- Espectro de capacidad.
- Espectro de demanda.
- Punto de desempeño.



Control de calidad:

- Readecuaciones sofisticadas requieren alto control de calidad.



OBJETIVOS DE DESEMPEÑO

DEFINICIÓN: especifican el desenvolvimiento sísmico de la estructura y se selecciona con la combinación del sismo y nivel de desempeño escogido.

DESCRIBE: estado máximo de daño permisible ó condición de estado límite.

UTILIDAD: útil para determinar las posibles soluciones de readecuación.

EVALUACIÓN RÁPIDA DE VULNERABILIDAD

METODO DE EVALUACION VISUAL RAPIDO

Nombre: _____ Dirección: _____ Código Postal: _____
 Otra Identificación: _____ Área Total en m²: _____
 Número de Pisos: _____ Año de Construcción: _____
 Uso: _____ Fecha: _____
 Inspector: _____

PLANTA Y ELEVACION Escala: _____

¿Estructura definida en las dos direcciones? SI NO

OCUPACION	No. Personas	TIPO DE ESTRUCTURA	CALIFICACION ESTRUCTURAL Y FACTORES DE MODIFICACION															
			M	A1	A2	A3	A4	A5	C1	C2	C3	CC	CP	MS	MM	MMR		
Residencial	0 - 10	Calificación Básica	4.5	4.5	3.0	5.5	3.0	1.6	2.0	3.0	1.5	2.0	1.5	3.0	2.1	1.0		
Comercial	11 - 100	Gran Alarma	N/A	-2.0	-1.0	N/A	-1.0	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	N/A	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5		
Oficinas	100+	Mal Mantenimiento	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
Industria		Irregularidad Vertical (a)	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
Resun. Públicas		Irregularidad Vertical (m)	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3		
Escuelas/Inst.		Irregularidad Vertical (b)	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2		
Edif. Gob.		Nivel Suave	-1.0	-2.5	-2.0	-1.0	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0		
Sev. Emergencia		Torsión	-0.8	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8		
Edif. Histórica		Irregularidad Planta (a)	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
		Irregularidad Planta (m)	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3		
		Irregularidad Planta (b)	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2		
		Colisión entre edificios	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5		
		Pan. pesados p/fach	N/A	-1.5	-1.5	-1.5	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A		
		Columnas Cortas (a)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8		
		Columnas Cortas (b)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	N/A	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4		
		Col. aisladas men. 30X30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	N/A	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1		
		Elementos No Estruct.	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1		
		Cód. Diseño Sísmico														N/A		
CONFIABILIDAD DE DATOS			S1 Edificio alto	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0		
			S1 Edificio bajo	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
			S2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
			S3	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6		
			SS 8 de 8 a 20 niveles	N/A	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	N/A	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8		
DESC = Desconocido			CALIFICACION FINAL															
COMENTARIOS:																		
			¿Se requiere de Evaluación Detallada?															
			SI NO															

Datos generales

Dibujo

Tipo de ocupación, peligro de colindancias y confiabilidad de datos

Factores modificadores y calificación estructural

Observaciones y CONCLUSIÓN

ASPECTOS IMPORTANTES:

- Experiencia y criterio.
- Observación visual y rápida.
- Estado general de la estructura.
- Características importantes.
- Planos de construcción.
- **DECISIÓN IMPORTANTE.**

ANÁLISIS ELÁSTICO E INELÁSTICO

ANÁLISIS ELÁSTICO

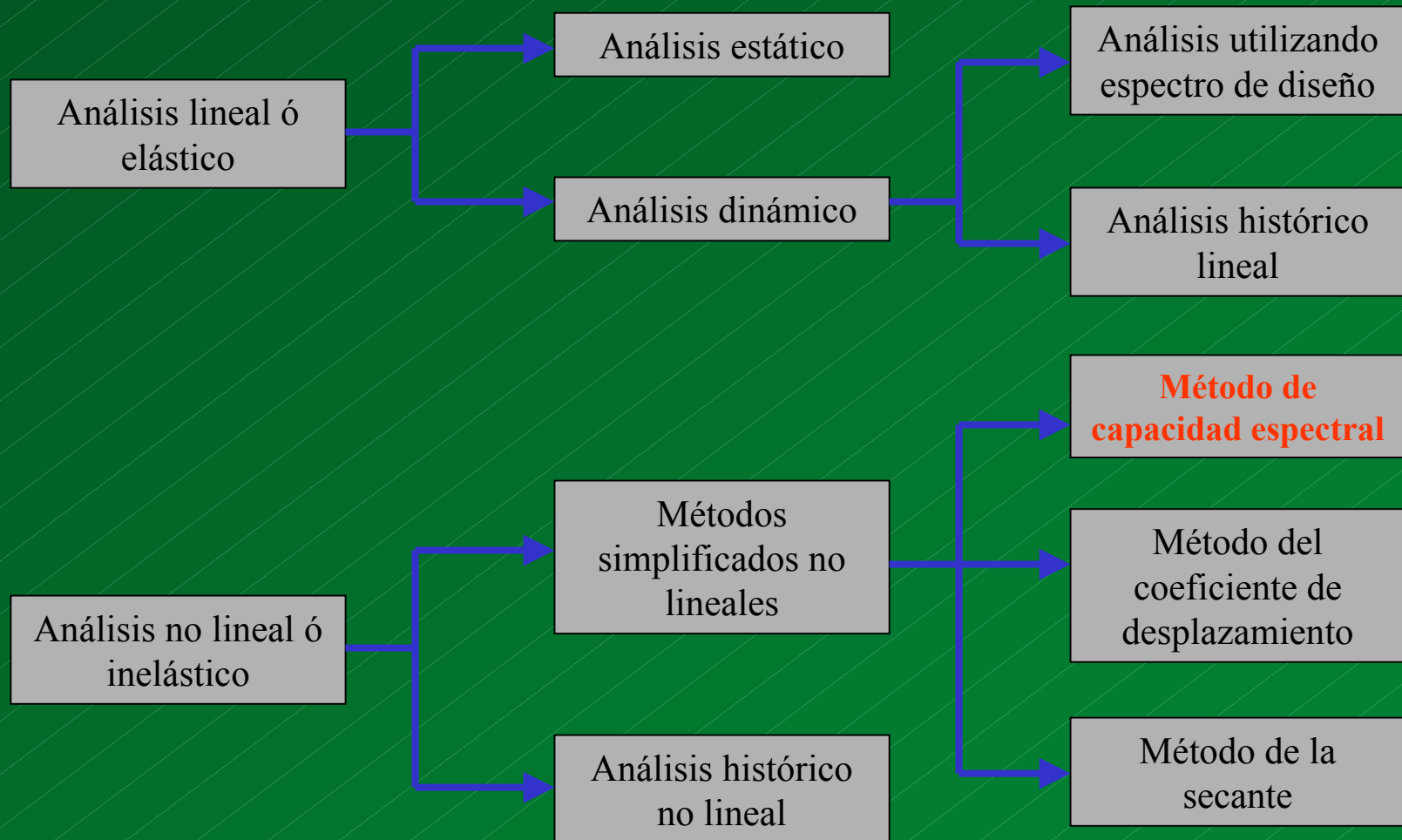
- ▶ Compara: demanda – capacidad
Corte basal
- ▶ Indica primera cedencia y no la falla progresiva.
- ▶ Sismo → Fuerzas laterales
estáticas

$$V = C_1 C_2 C_3 S_a W$$

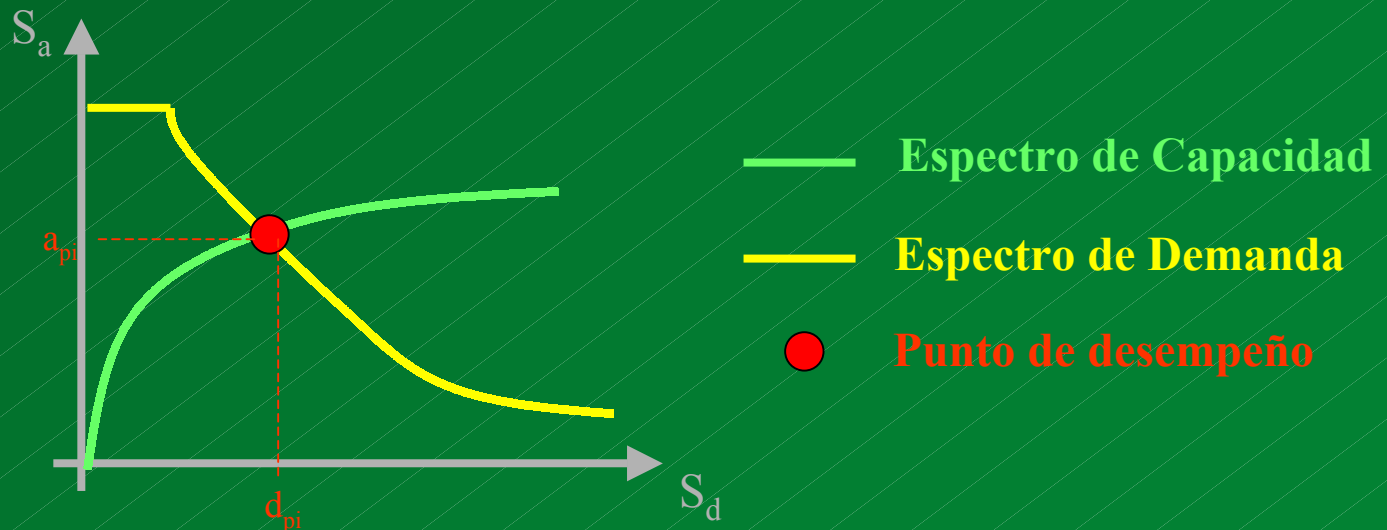
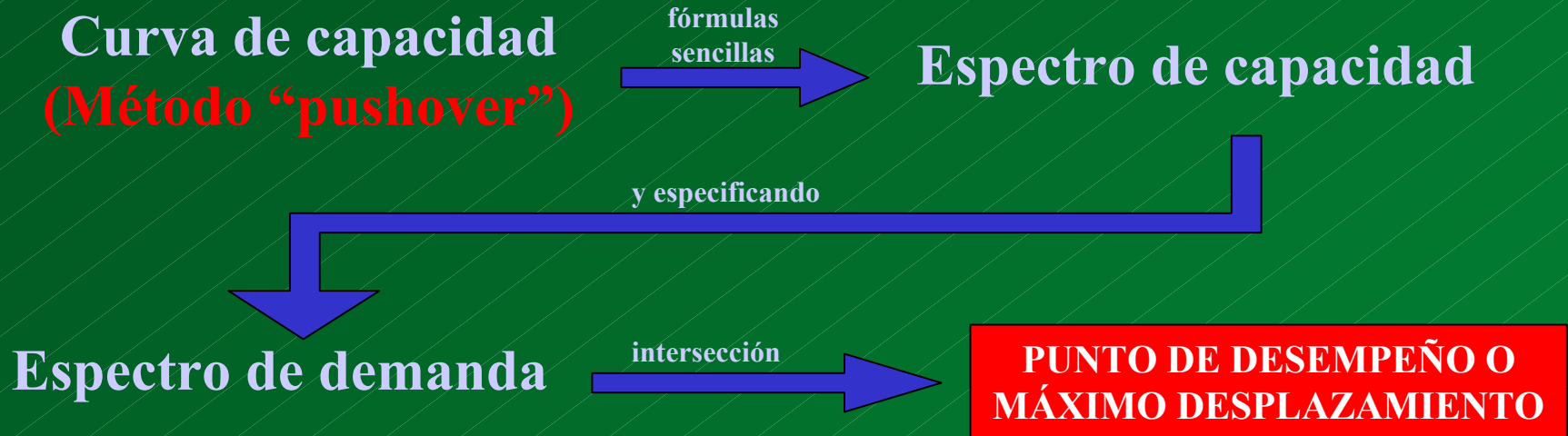
ANÁLISIS INELÁSTICO

- ▶ Identifica modos de ruptura
- ▶ Indica falla progresiva
- ▶ Ductilidad de cada elemento
- ▶ Disipación de energía

MÉTODOS DE ANÁLISIS LINEAL Y NO LINEAL



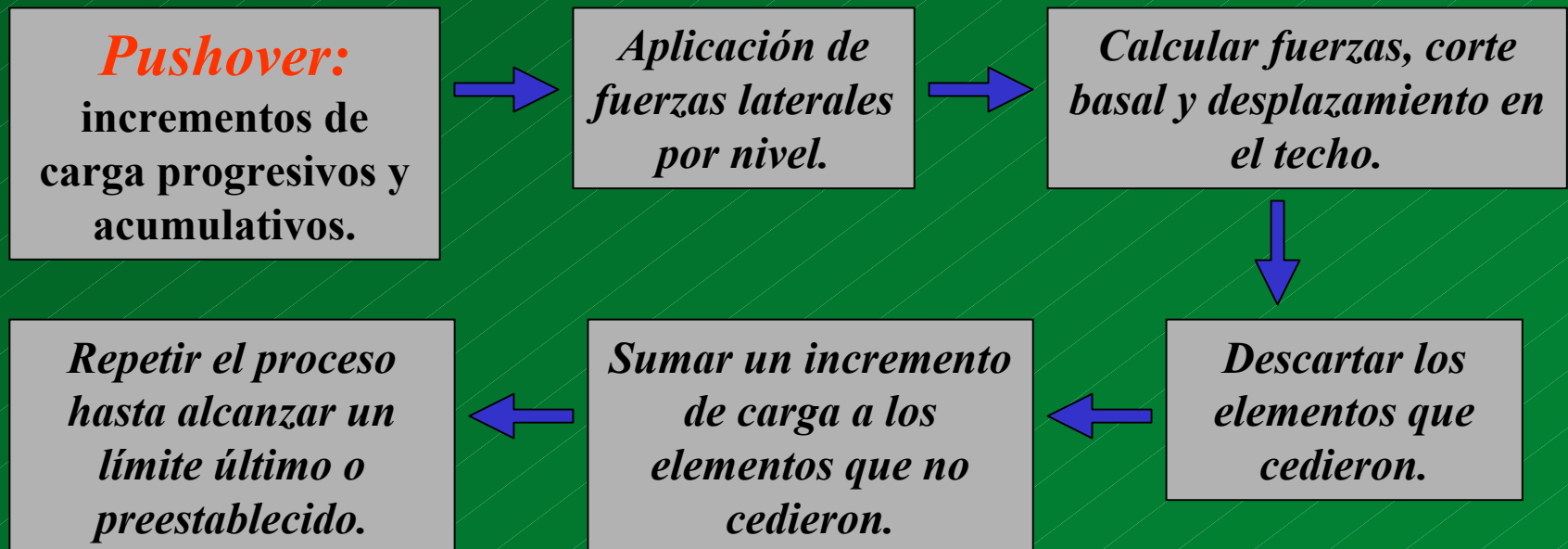
MÉTODO DE CAPACIDAD ESPECTRAL



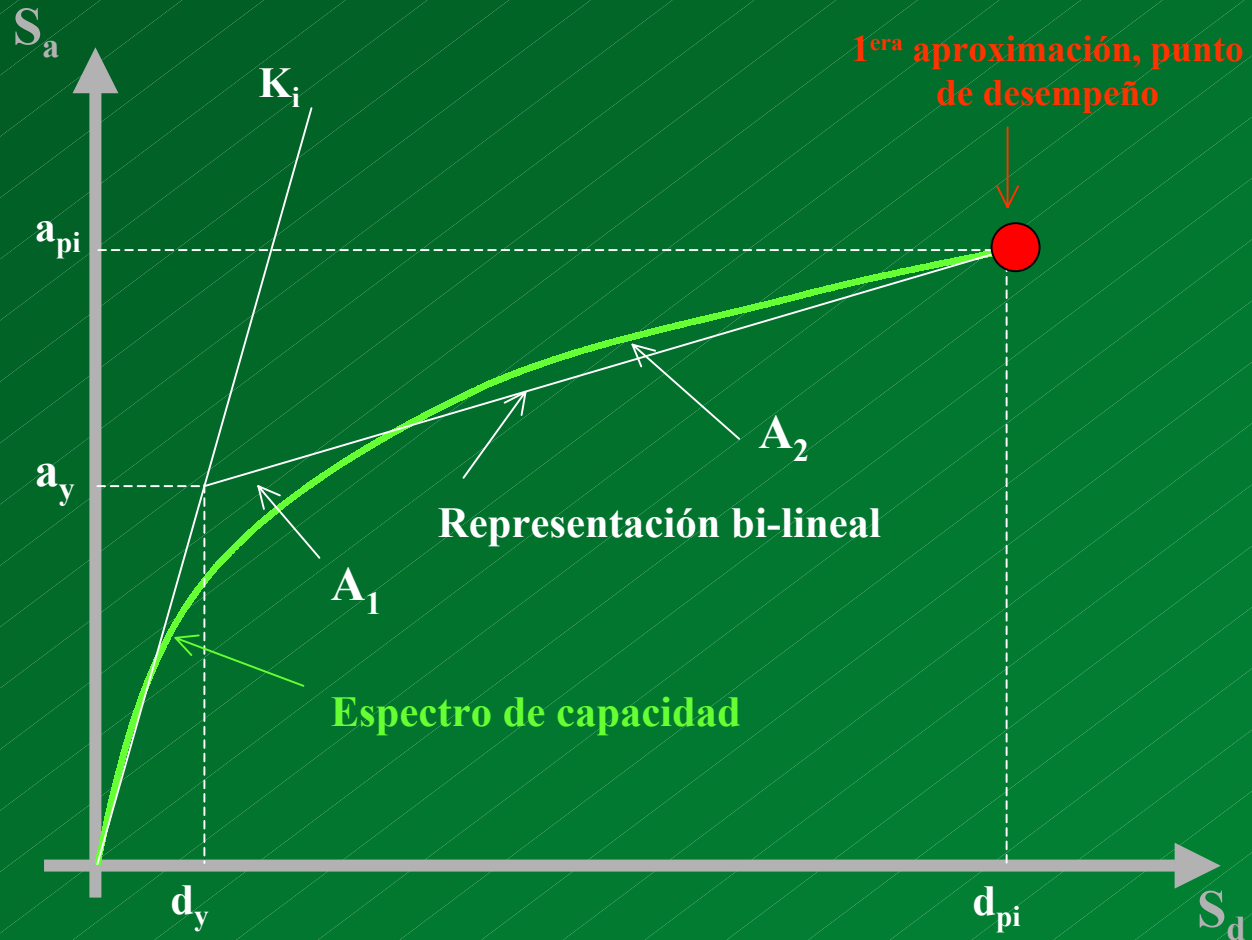
CURVA DE CAPACIDAD

Capacidad: Habilidad de la estructura para resistir demanda sísmica.

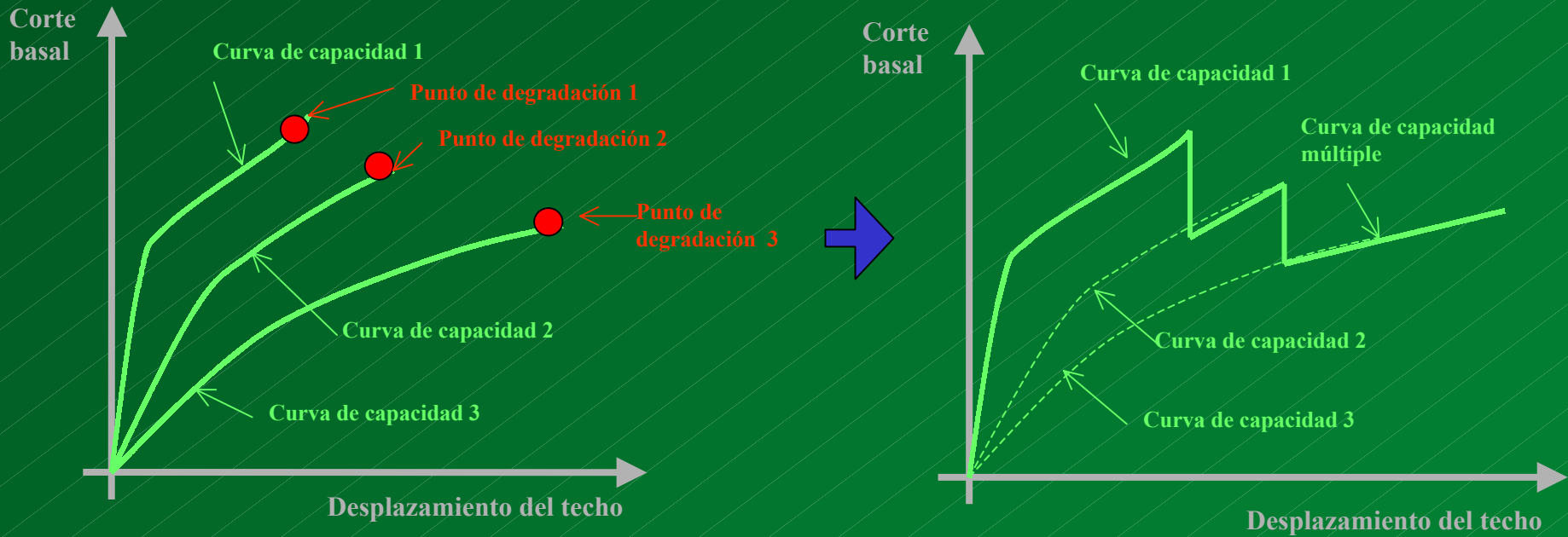
Modelo: Sujeto a incrementos de carga progresivos, “pushover”



REPRESENTACIÓN BILINEAL



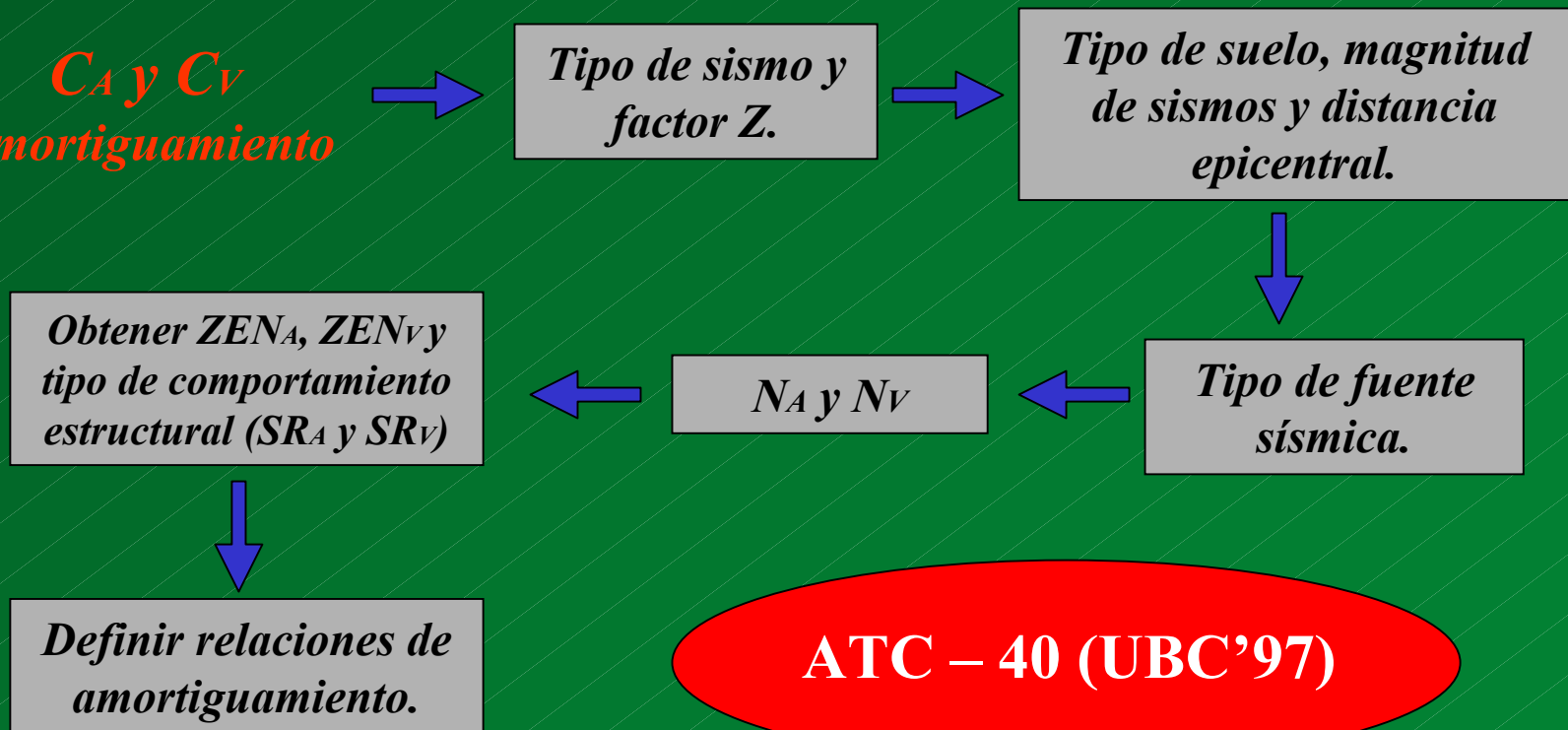
CURVA DE CAPACIDAD MÚLTIPLE



ESPECTRO DE DEMANDA

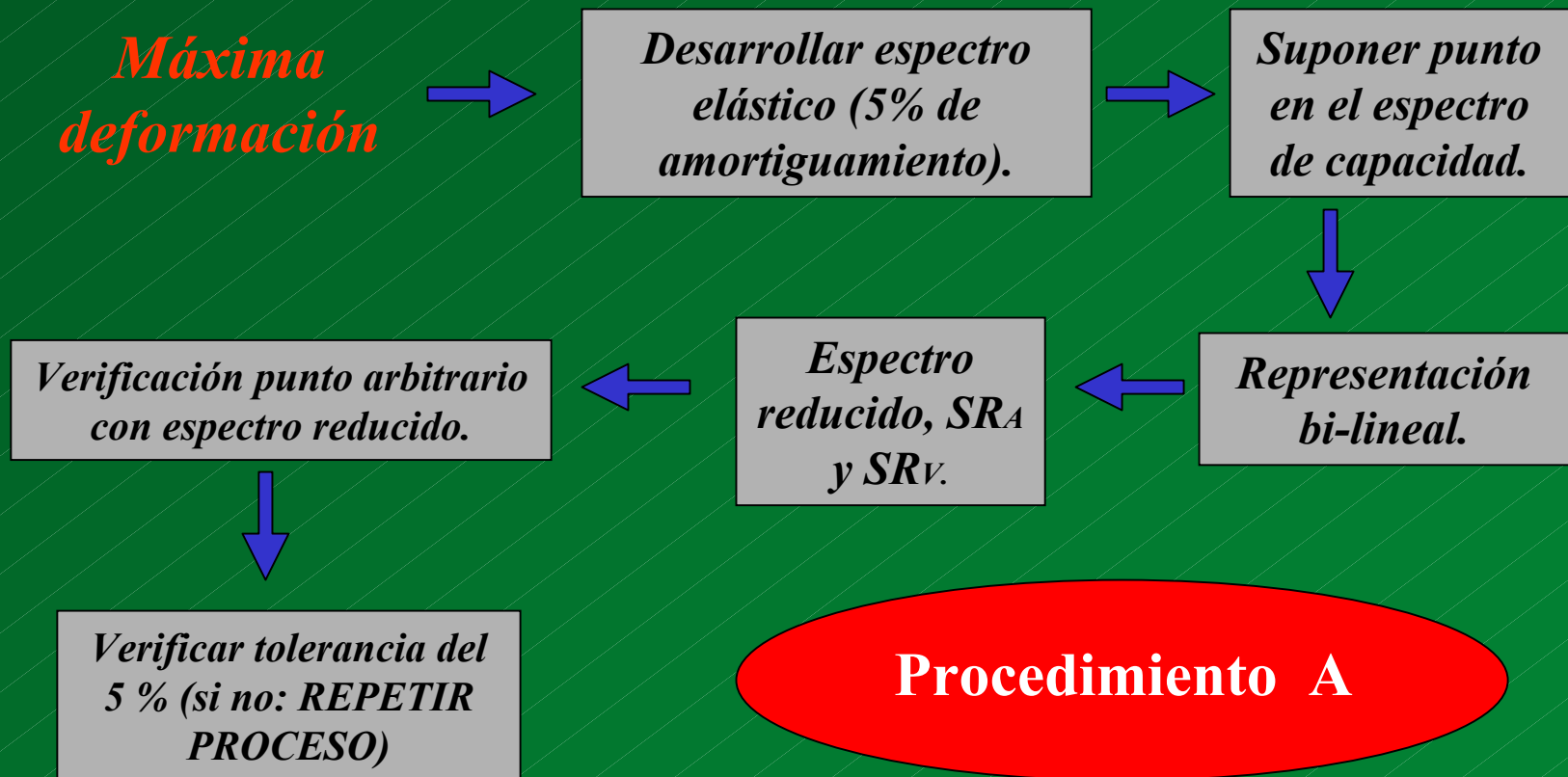
Demanda: Cantidad de energía generada por la fuente sísmica.

C_A y C_V
Amortiguamiento

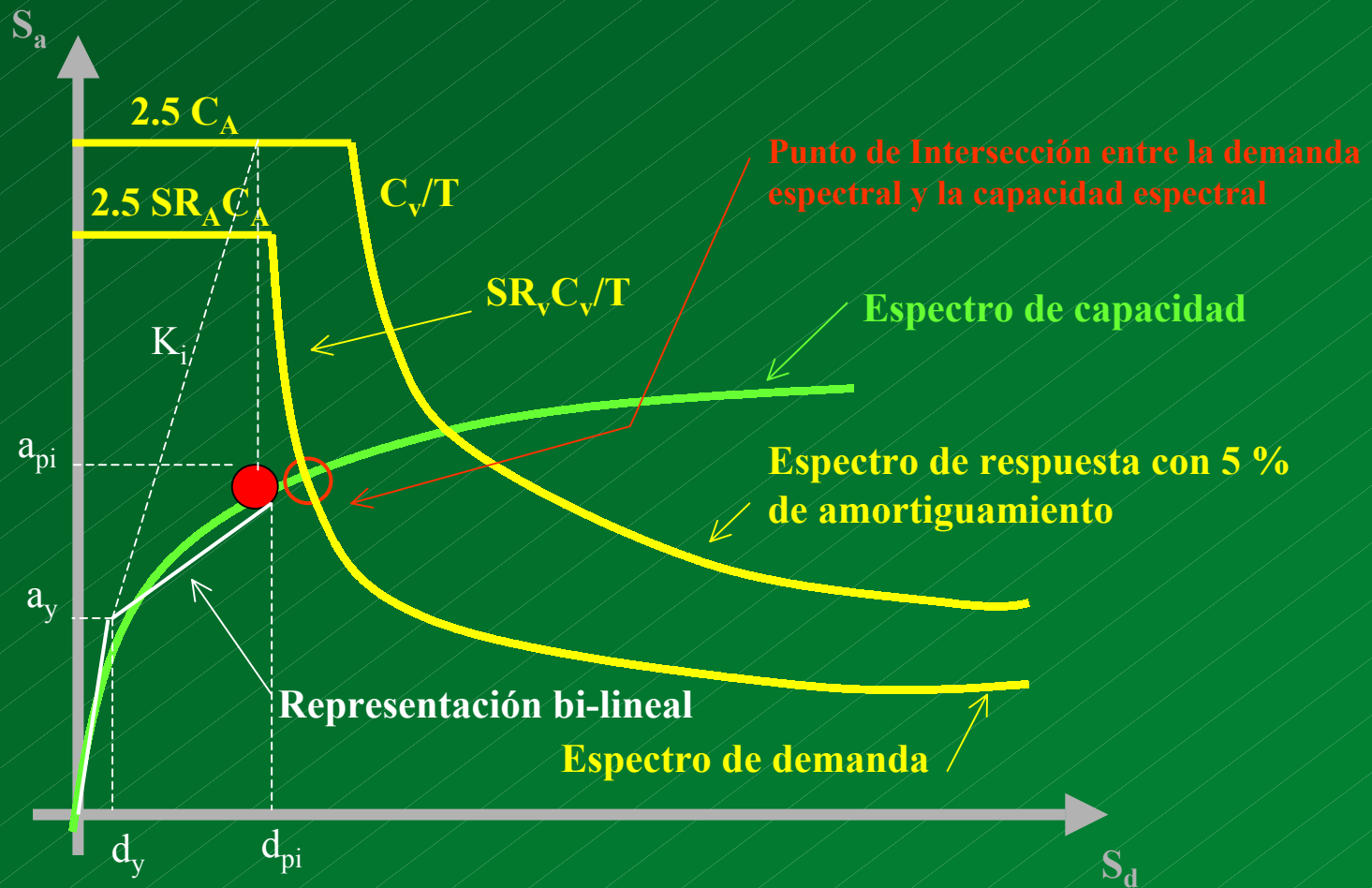


PUNTO DE DESEMPEÑO

Punto de desempeño: Permite determinar la máxima deformación o desplazamiento en la estructura.



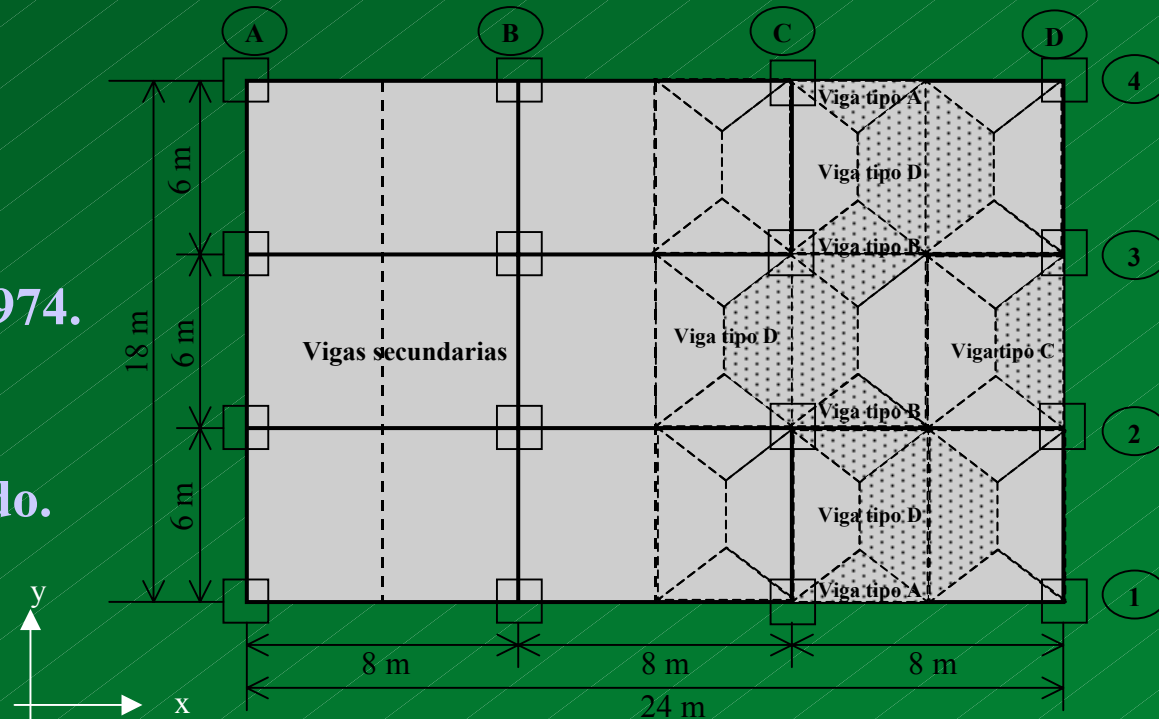
RESUMEN: MÉTODO DE CAPACIDAD ESPECTRAL



MODELO ESTRUCTURAL

Descripción:

- Zona 1, Ciudad.
- 4 niveles, Construcción 1974.
- Oficinas, 150 personas.
- Marcos concreto reforzado.
- Geometría.



Evaluación de vulnerabilidad rápida:

- Definido en 2 direcciones.
- C1
- Factores modificadores.

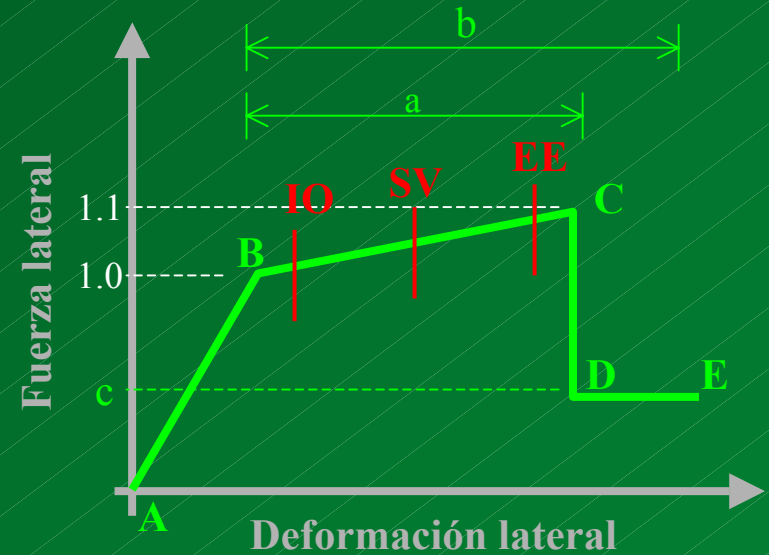
$$CE = +2.4$$

PROPIEDADES ANALISIS INELÁSTICO

Articulaciones Asignadas:

Vigas → M3 y V2

Columnas → PMM y V2



Parámetros de modelaje:
Cuadros 31-37

Límites Aceptabilidad:
Cuadros 18-25

Refuerzo:

Vigas → Longitudinal: 8#6
→ Transversal: > d/2

Columnas → Longitudinal: 12#8
→ Transversal: > d/2

PROPIEDADES ANALISIS INELÁSTICO

Casos de carga “pushover”:

Tipo de carga



Fuerza lateral en c/nudo según
la forma del modo de vibración.

Dirección



“x” – “y”

Desplazamiento



$0.0125 \times h_N$



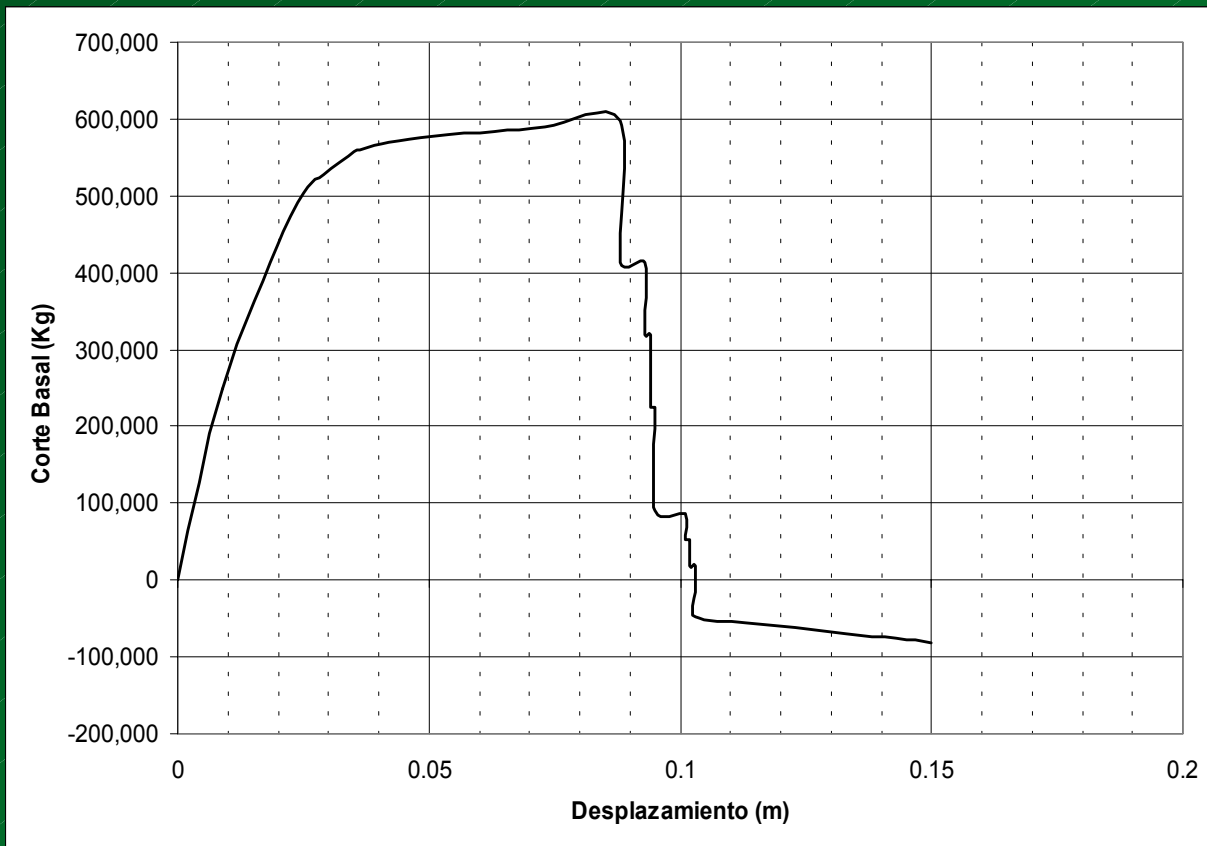
15 cm

Incremento (pasos)



1 cm

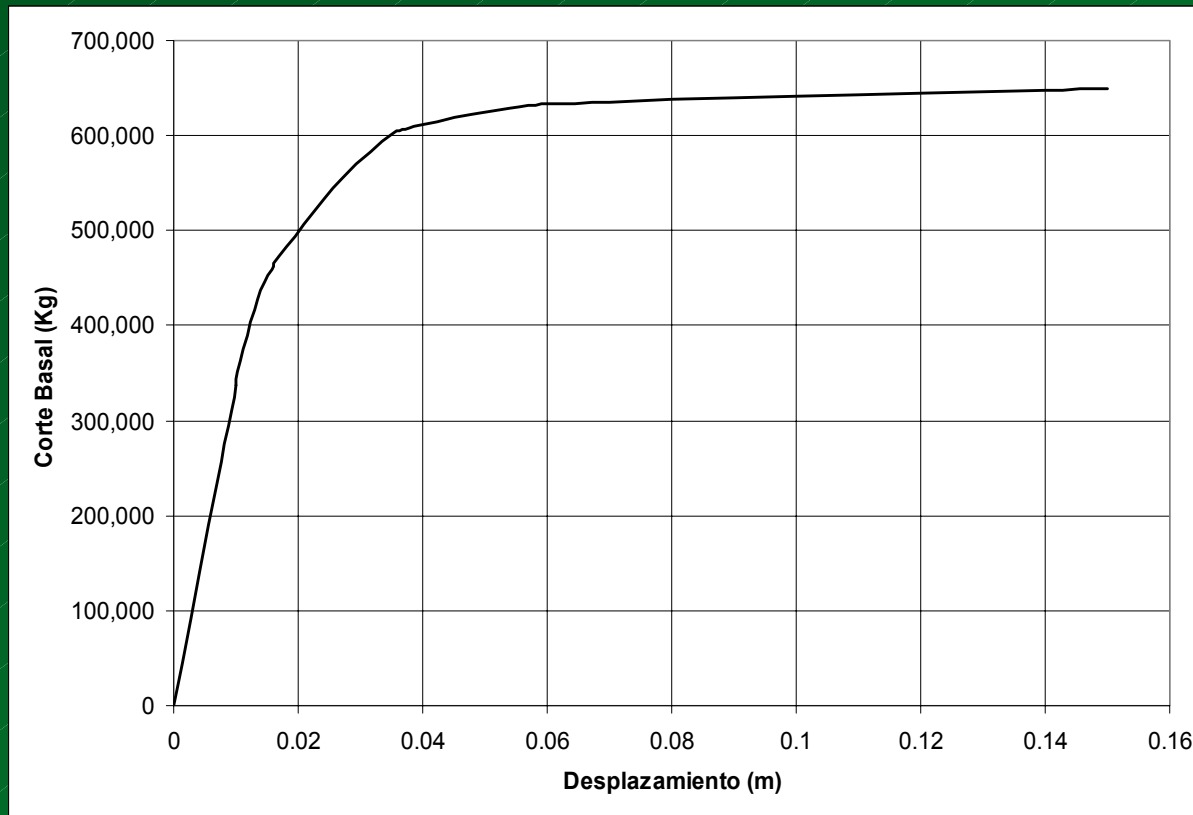
CORTE BASAL VS DESPLAZAMIENTO, DIRECCIÓN "X"



Aspectos Importantes:

- Colapso: 8 cm
- Carencia de ductilidad.

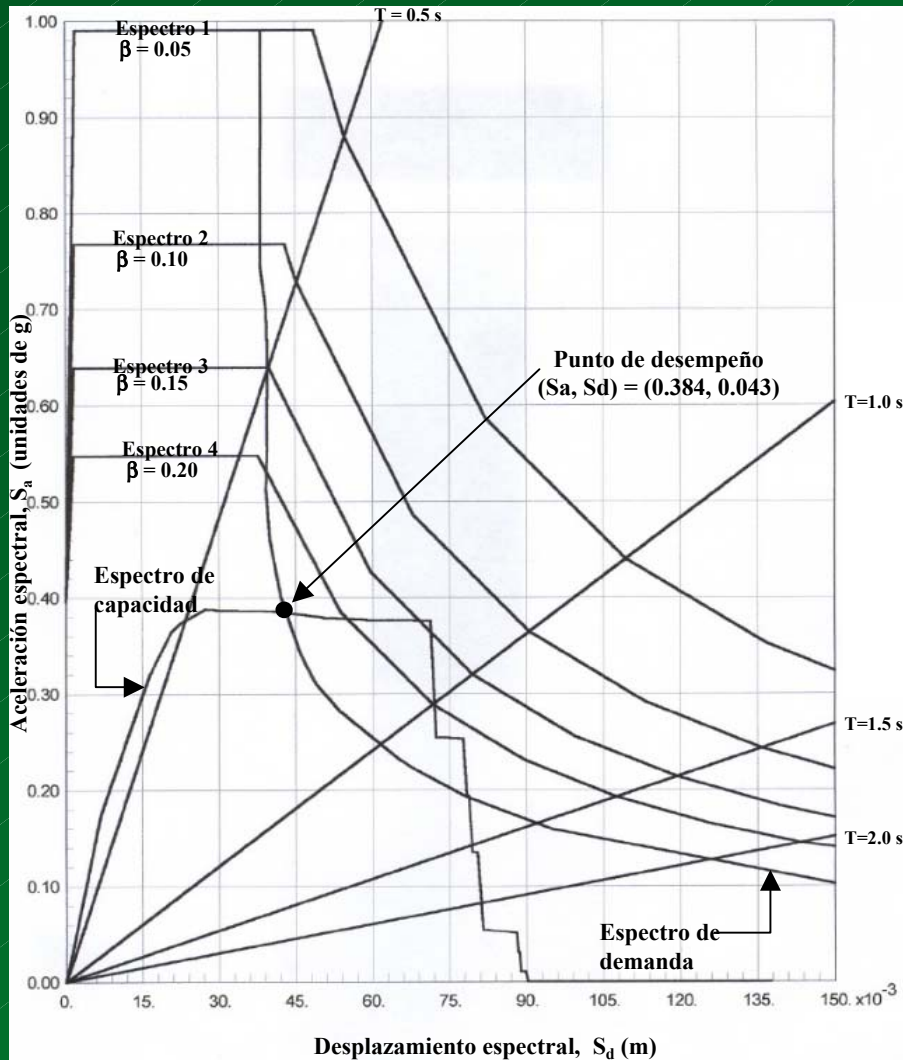
CORTE BASAL VS DESPLAZAMIENTO, DIRECCIÓN "Y"



Aspectos Importantes:

- No colapsó.
- Geometría.
- Cargas.

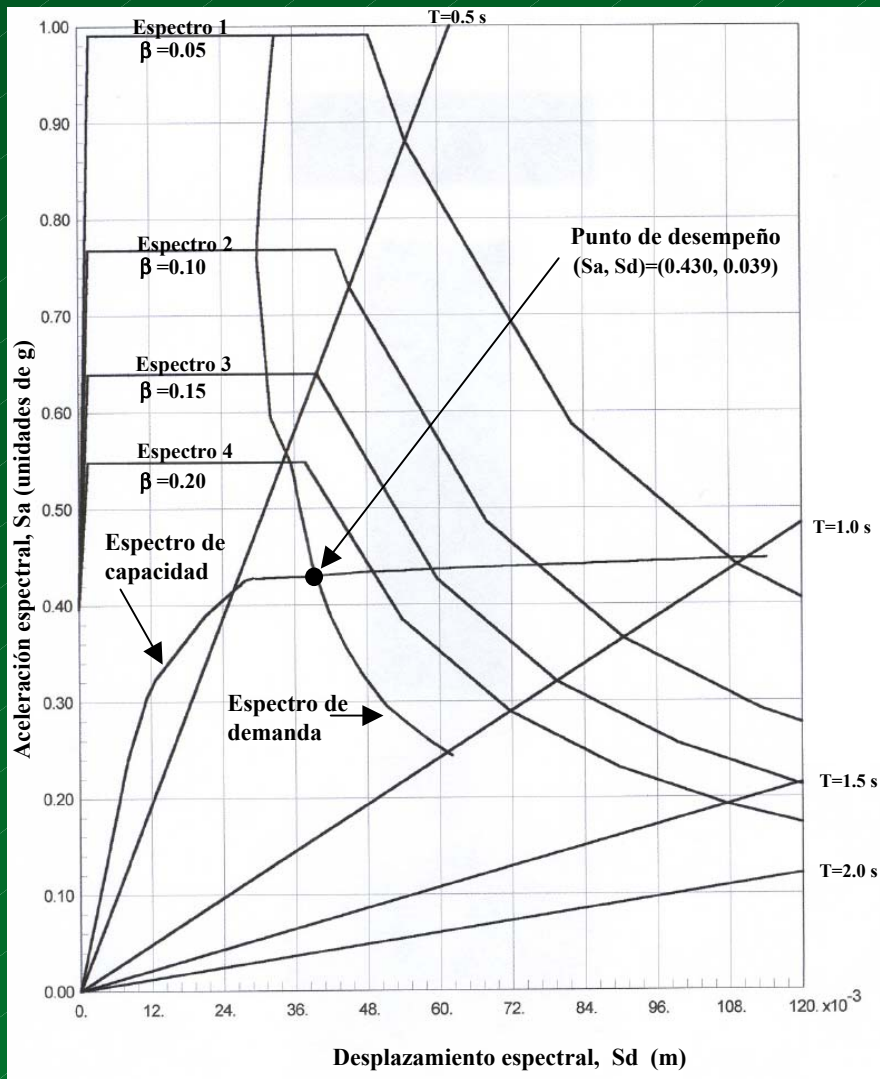
CAPACIDAD, DEMANDA Y DESEMPEÑO, DIRECCIÓN "X"



Punto de desempeño
Procedimiento A

$(S_a, S_d) = (0.385, 0.039)$

CAPACIDAD, DEMANDA Y DESEMPEÑO, DIRECCIÓN "Y"



Punto de desempeño
Procedimiento A

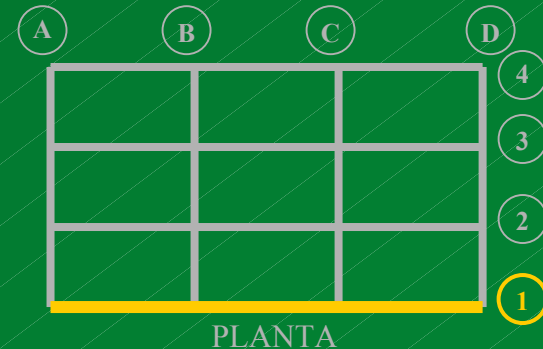
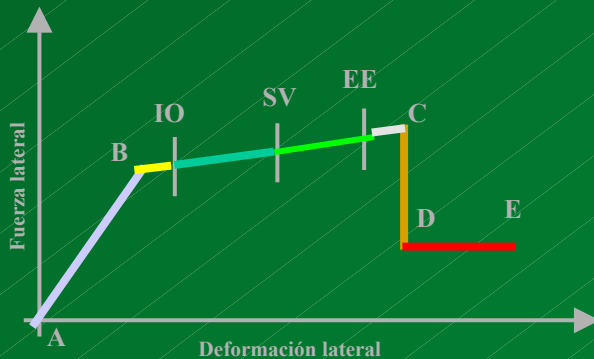
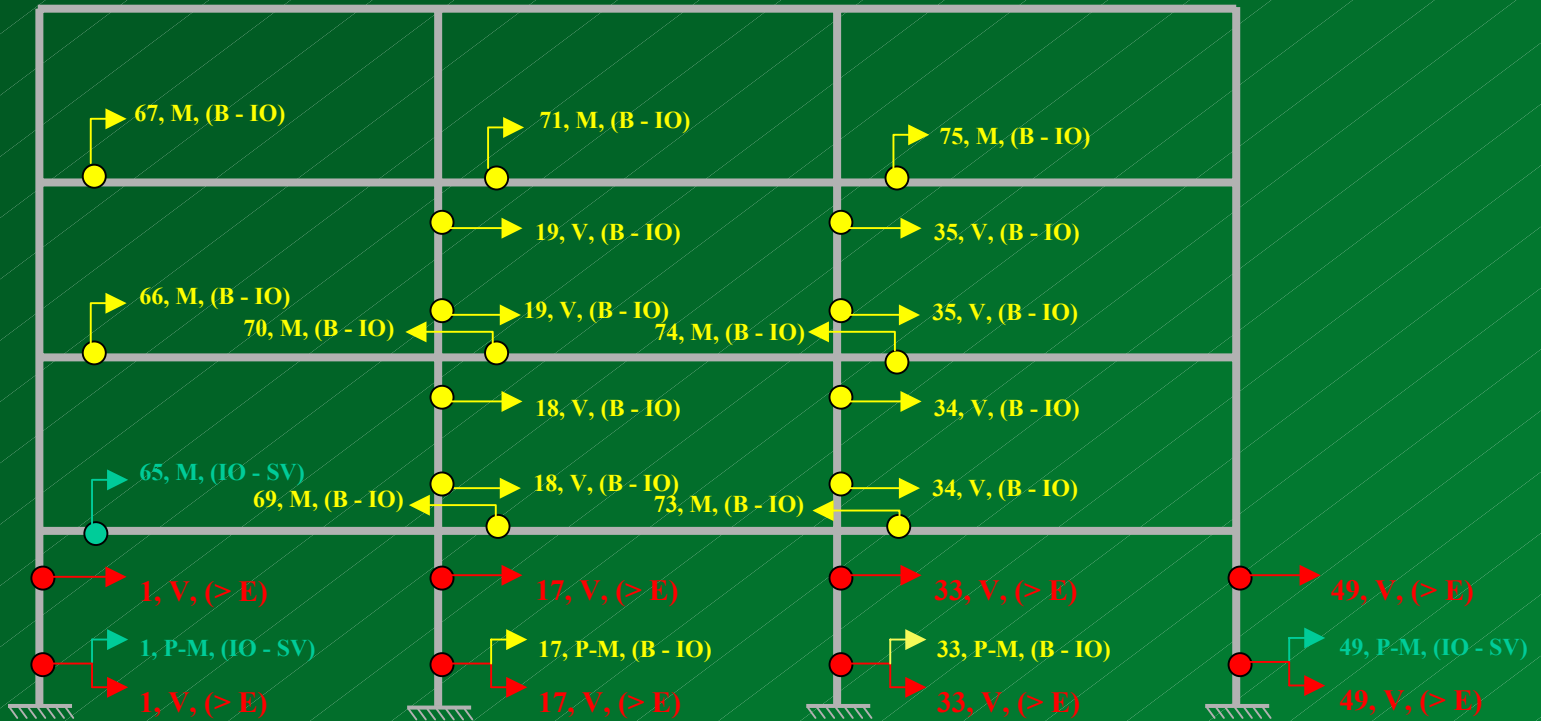
$(S_a, S_d) = (0.425, 0.0336)$

NÚMERO DE ARTICULACIONES GENERADAS

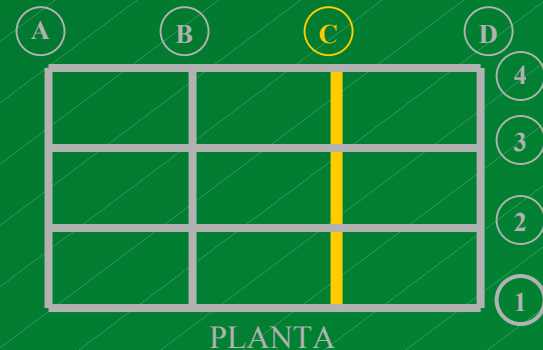
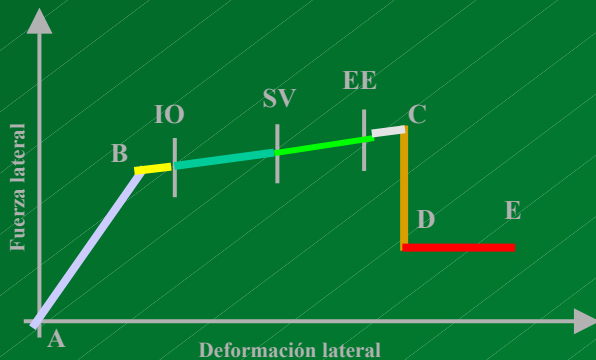
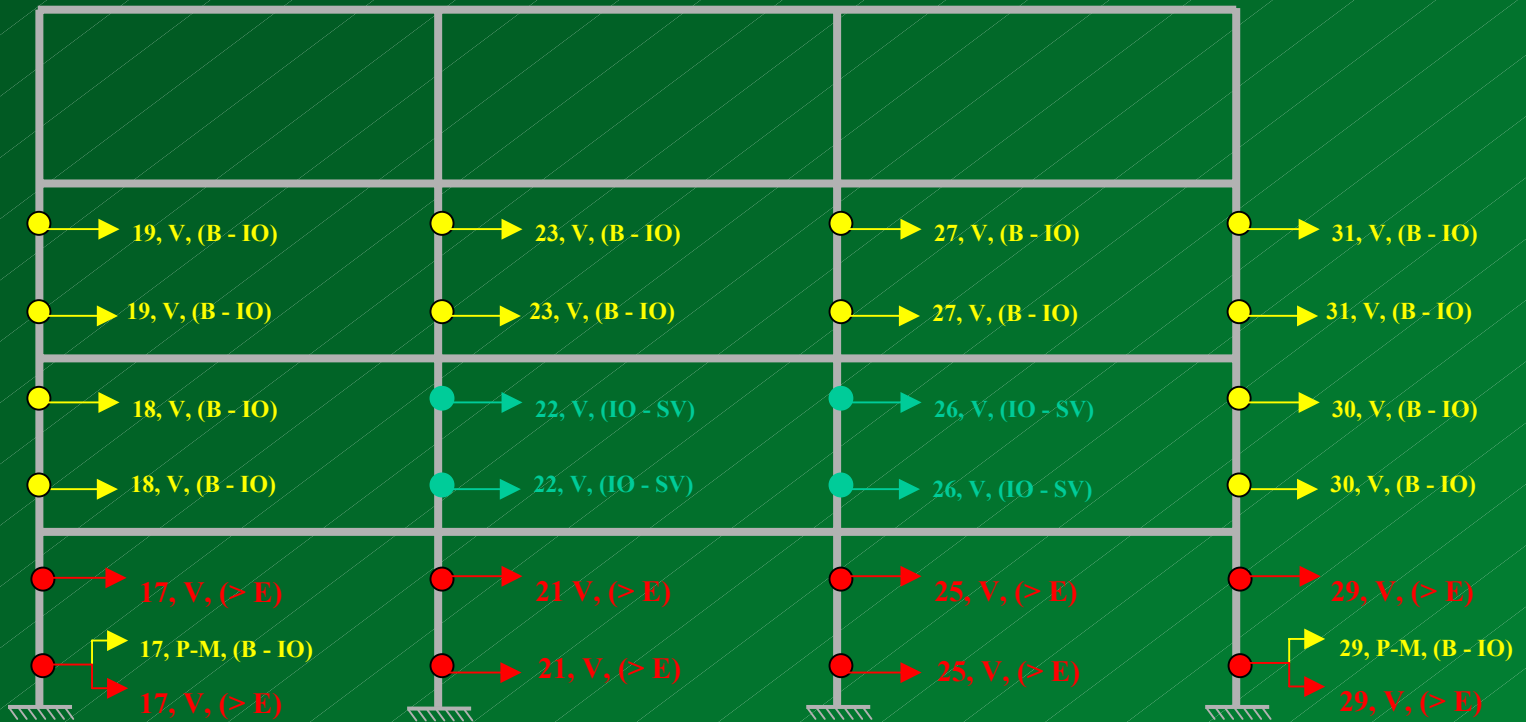
Tramo	“x”, Paso 30	“y”, Paso 22
A – B	472	528
B – OI	108	0
OI - SV	28	24
SV – EE	0	88
EE – C	0	0
C – D	0	0
D – E	0	0
> E	32	0
TOTAL	640	640



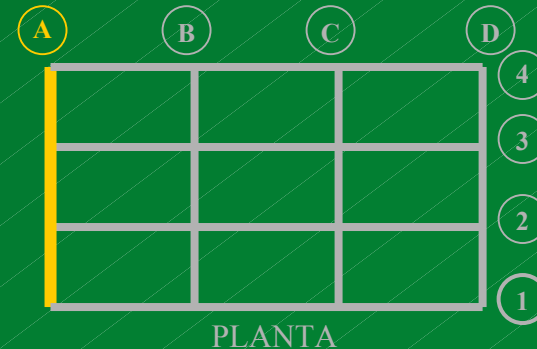
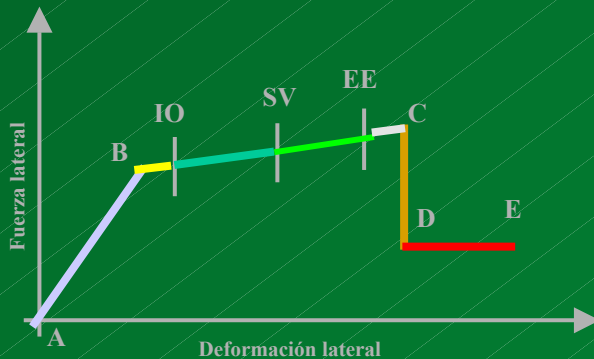
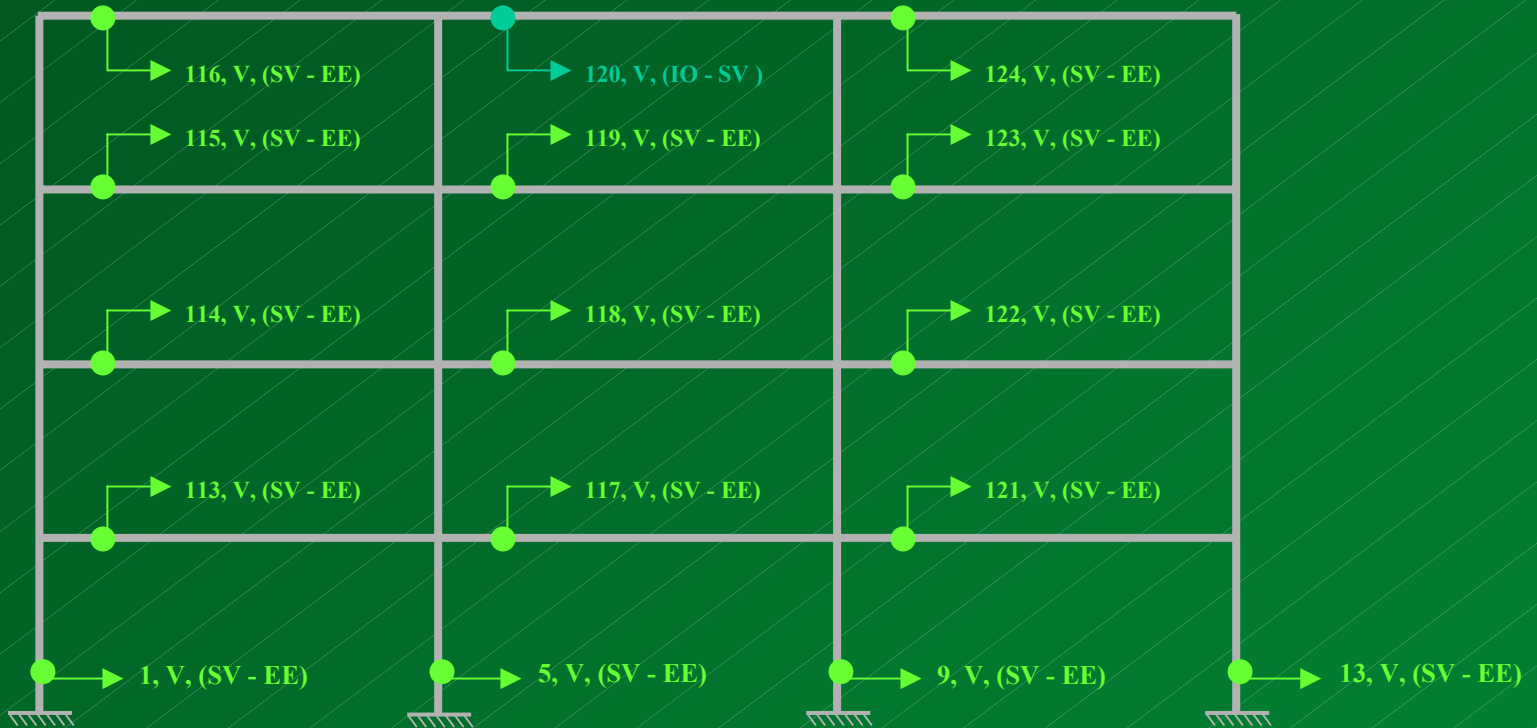
ARTICULACIONES GENERADAS, "X", EJE 1, PASO 30



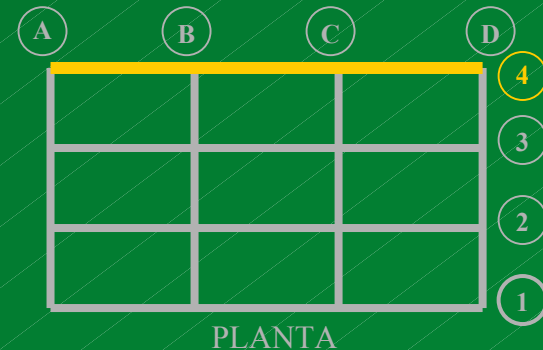
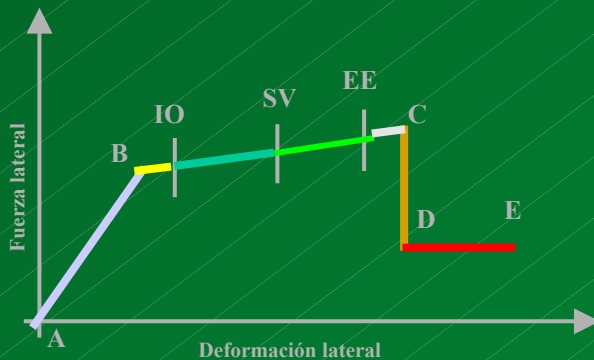
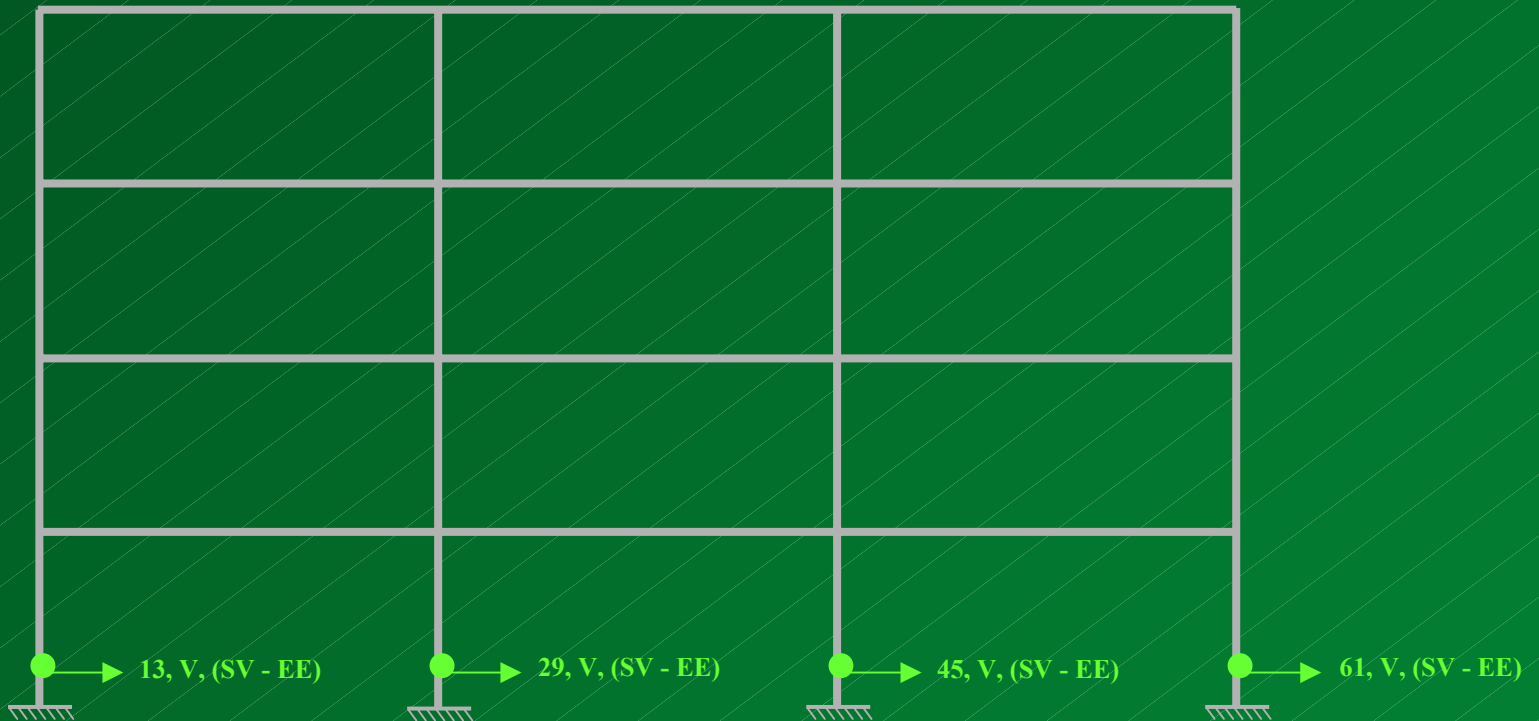
ARTICULACIONES GENERADAS, "X", EJE C, PASO 30



ARTICULACIONES GENERADAS, "Y", EJE A, PASO 22

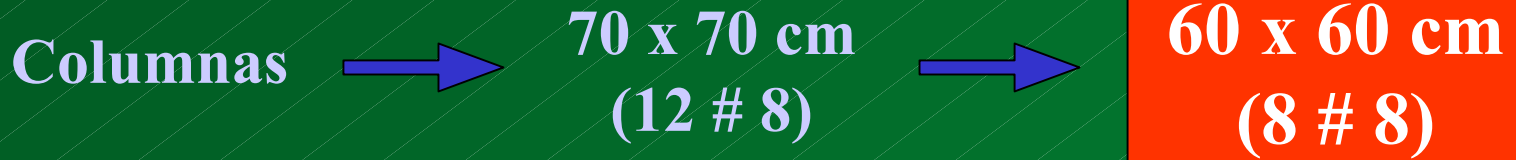


ARTICULACIONES GENERADAS, "Y", EJE 4, PASO 22



MODIFICACIÓN DEL MODELO

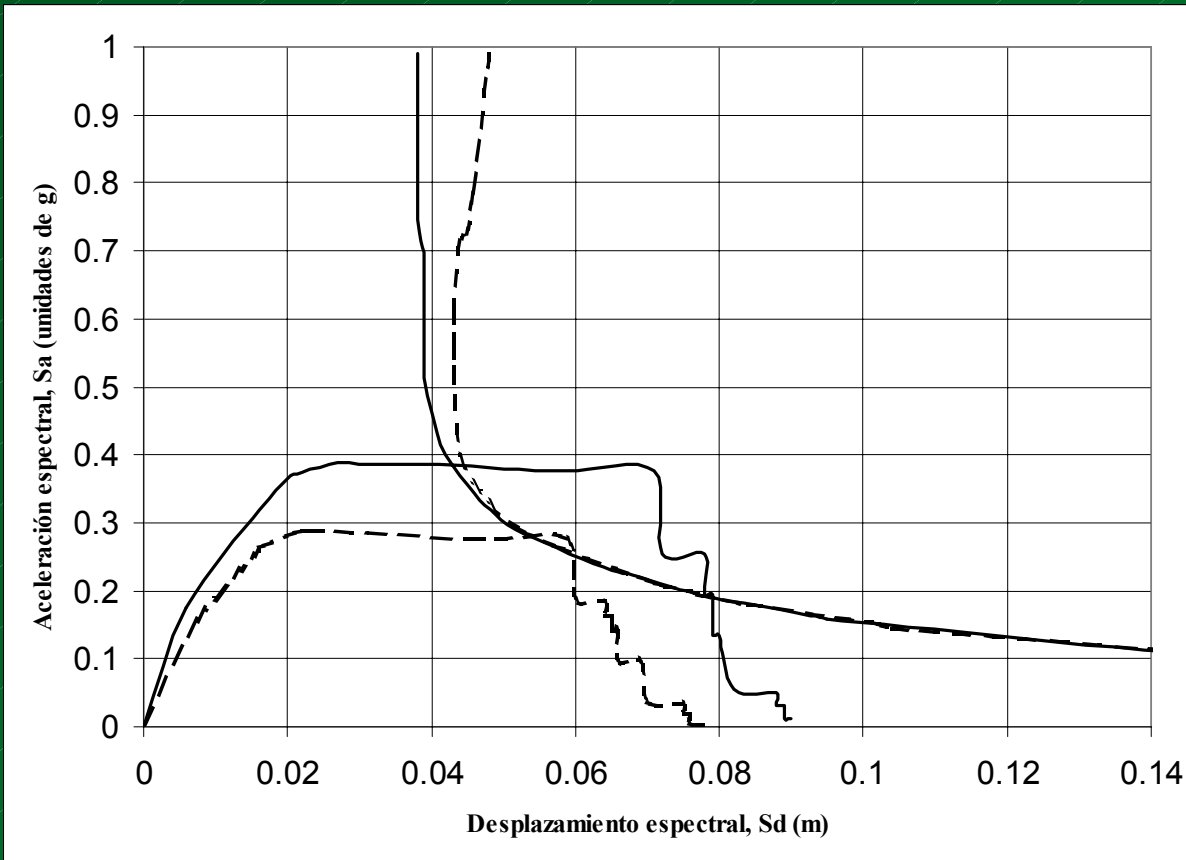
Modificación:



Comparación puntos de desempeño:

Modelo	Carga – Dirección	S _d (m)	S _a (unidades de g)
Original	“X”	0.043	0.384
Modificado	“X”	0.055	0.276
Original	“Y”	0.039	0.430
Modificado	“Y”	0.046	0.347

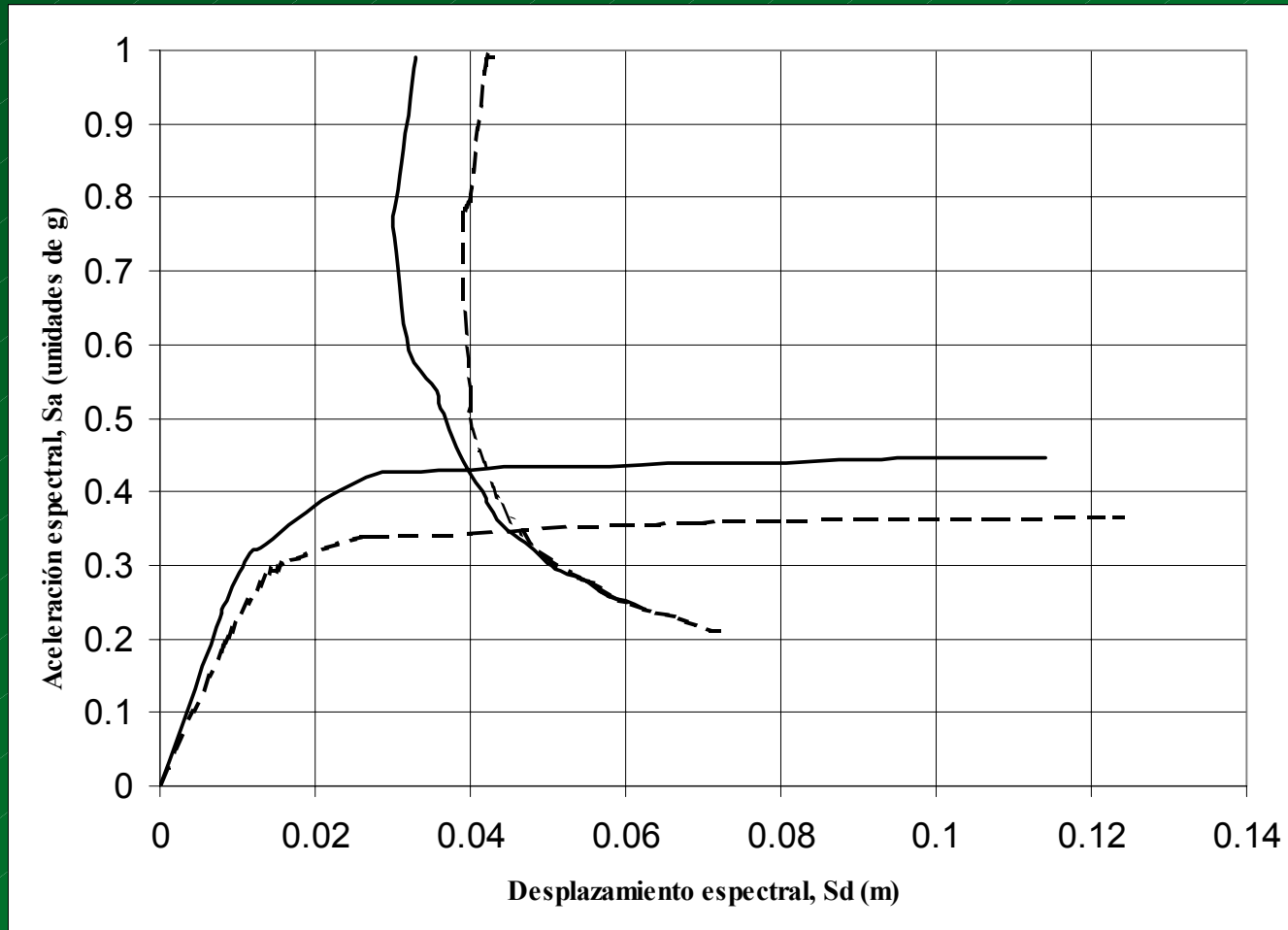
MODELO ORIGINAL VS MODIFICADO DIRECCIÓN "X"



Aspectos Importantes:

- S_d mayores y S_a menores.
- Articulaciones críticas en **B – C**.
- Flexibilidad y desempeño más alejado.

MODELO ORIGINAL VS MODIFICADO DIRECCIÓN "Y"





Universidad
del Valle de Guatemala

DEMOSTRACIÓN

SAP 2000 NON LINEAR V8

FIN DE LA PRESENTACIÓN



ANALISIS NO LINEAL ESTÁTICO DE EDIFICIOS DE CONCRETO POR MEDIO DEL METODO DE CAPACIDAD ESPECTRAL

JUAN CARLOS CASTILLO VALDEZ

Guatemala

2003