

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panamá



Oscar M. Ramírez, Ph.D.

**Profesor de Mecánica Estructural
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Tecnológica de Panamá**

**Presidente
Ing. O. M. Ramírez y Asociados**

**Consideraciones del Diseño y Construcción de
Edificios Altos en Panamá**

Sao Paulo, Brasil

Abril, 2011

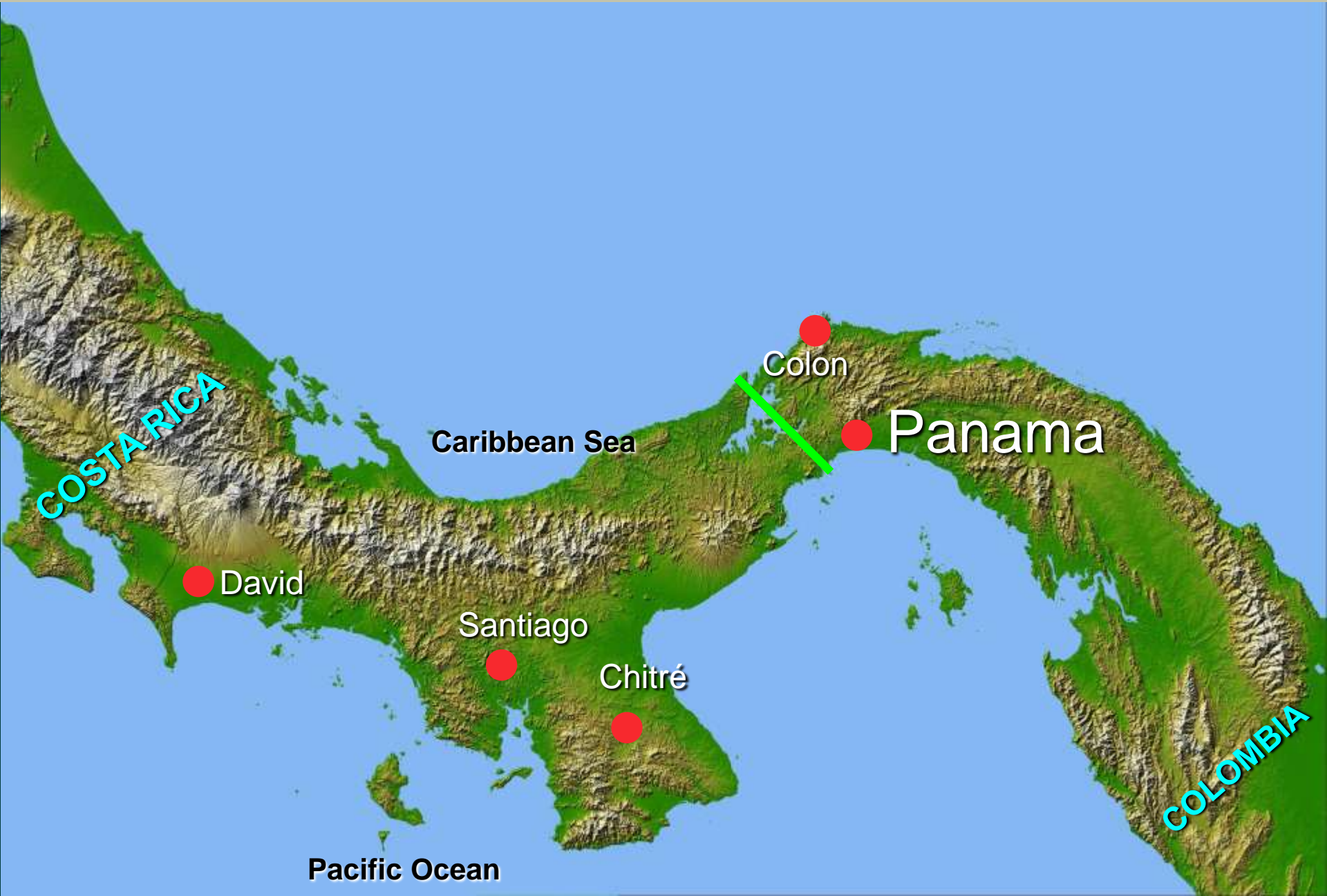
Escola de Engenharia, USP. Instituto de Engenharia

Contenido

1. Introducción
2. Sistemas de Cimentaciones
3. Sistemas de Pisos
4. Sistemas de Resistencia y Rigidez Lateral
5. Ensayos de Túnel de Viento y Tecnologías de Atenuación
6. Sistemas Especiales
7. Costos de Construcción

1. Introducción

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama



COSTA RICA

COLOMBIA

David

Santiago

Chitré

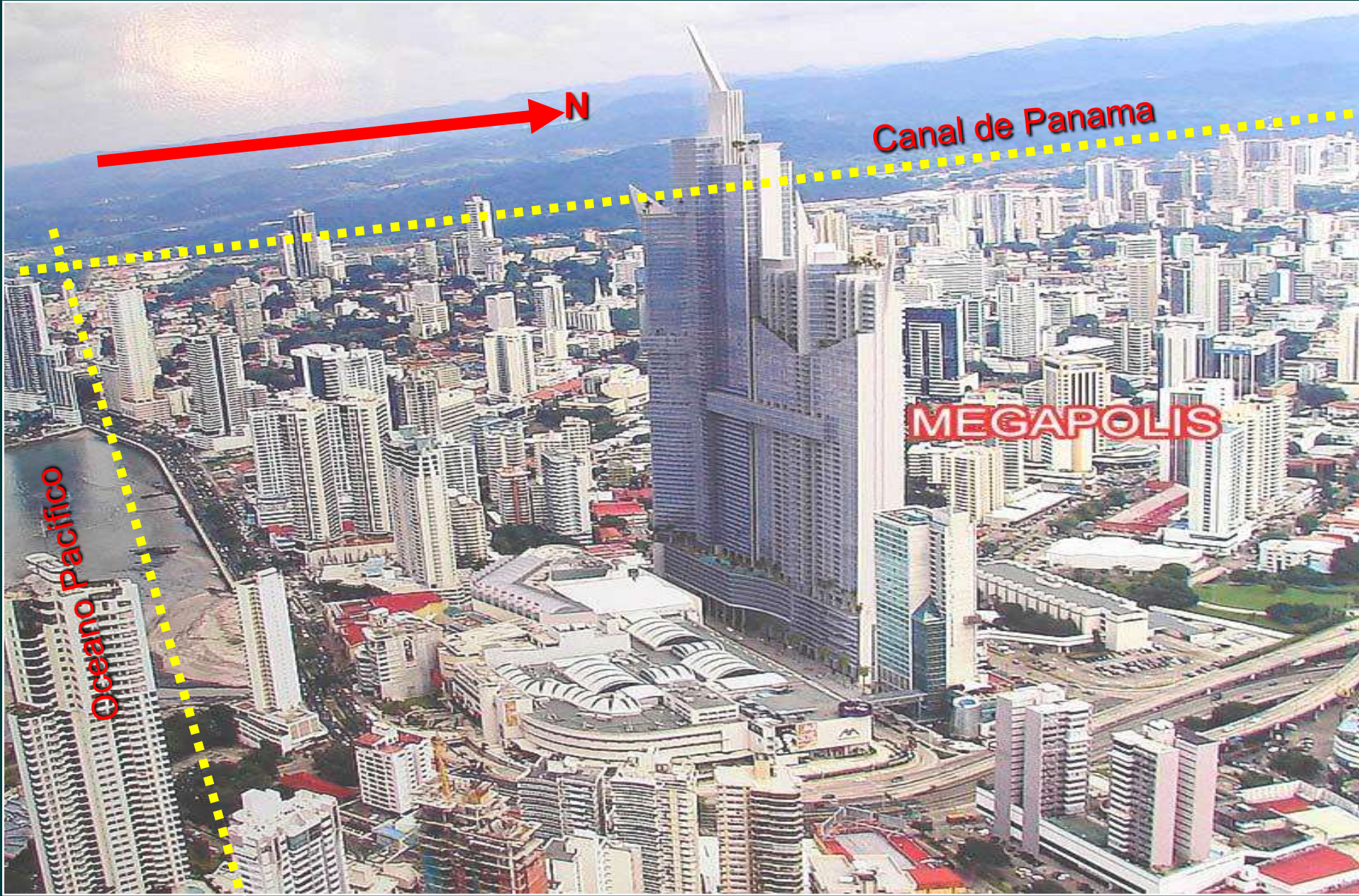
Colon

Panama

Caribbean Sea

Pacific Ocean

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

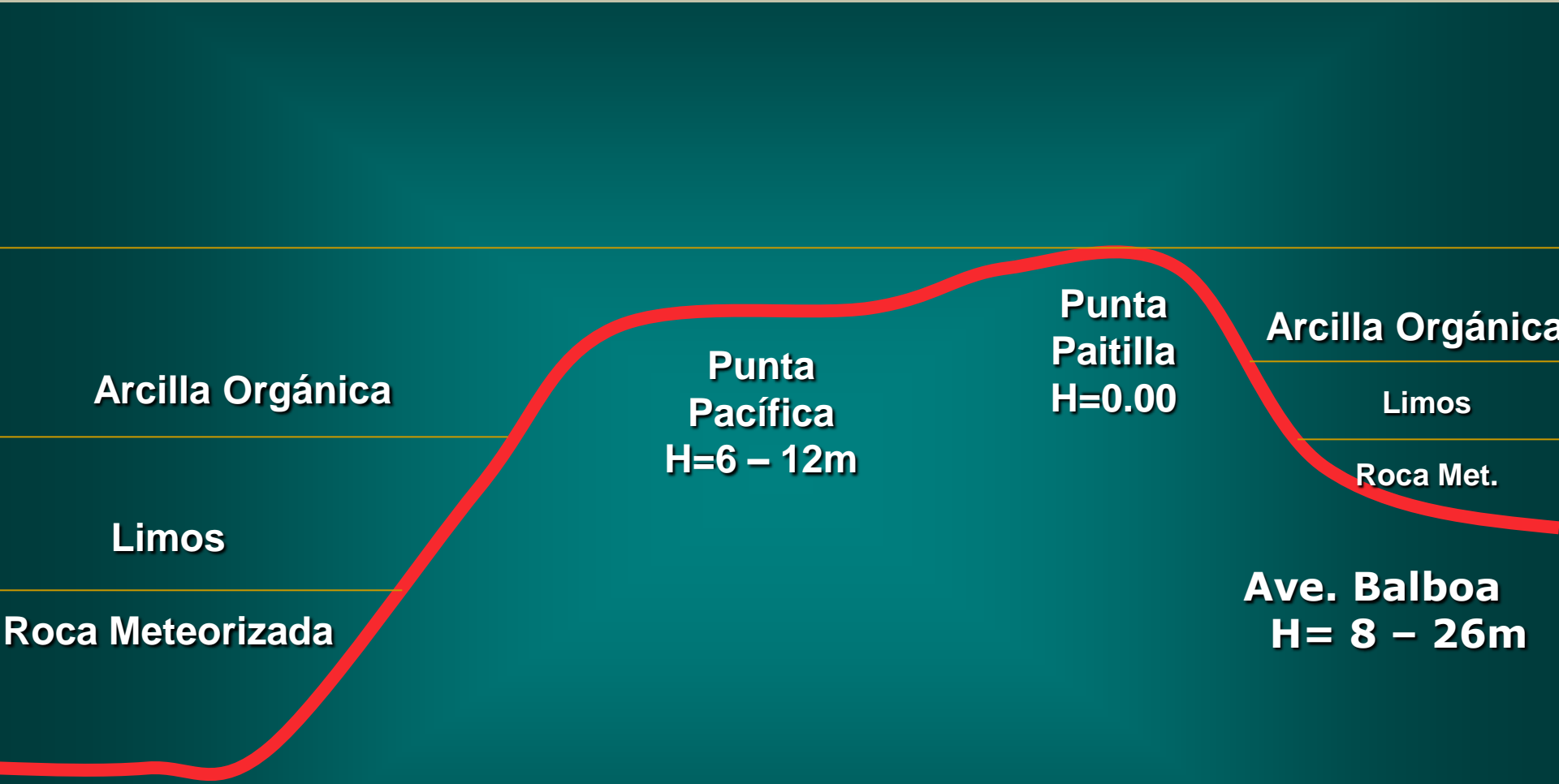
Costa del Este

Punta Pacifica

Punta Paitilla



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama



Costa del Este
26-40m

Punta
Pacífica
H=6 – 12m

Punta
Paitilla
H=0.00

Arcilla Orgánica
Limos
Roca Met.

Ave. Balboa
H= 8 – 26m

Perfil de Suelo en Zona de Costa

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

A. Provisiones Locales

Reglamento Estructural Panameño: REP

CEP-76 (Design guidelines not enforced by law)

REP-84, REP-94, REP-04 (Design Provisions enforced by law)

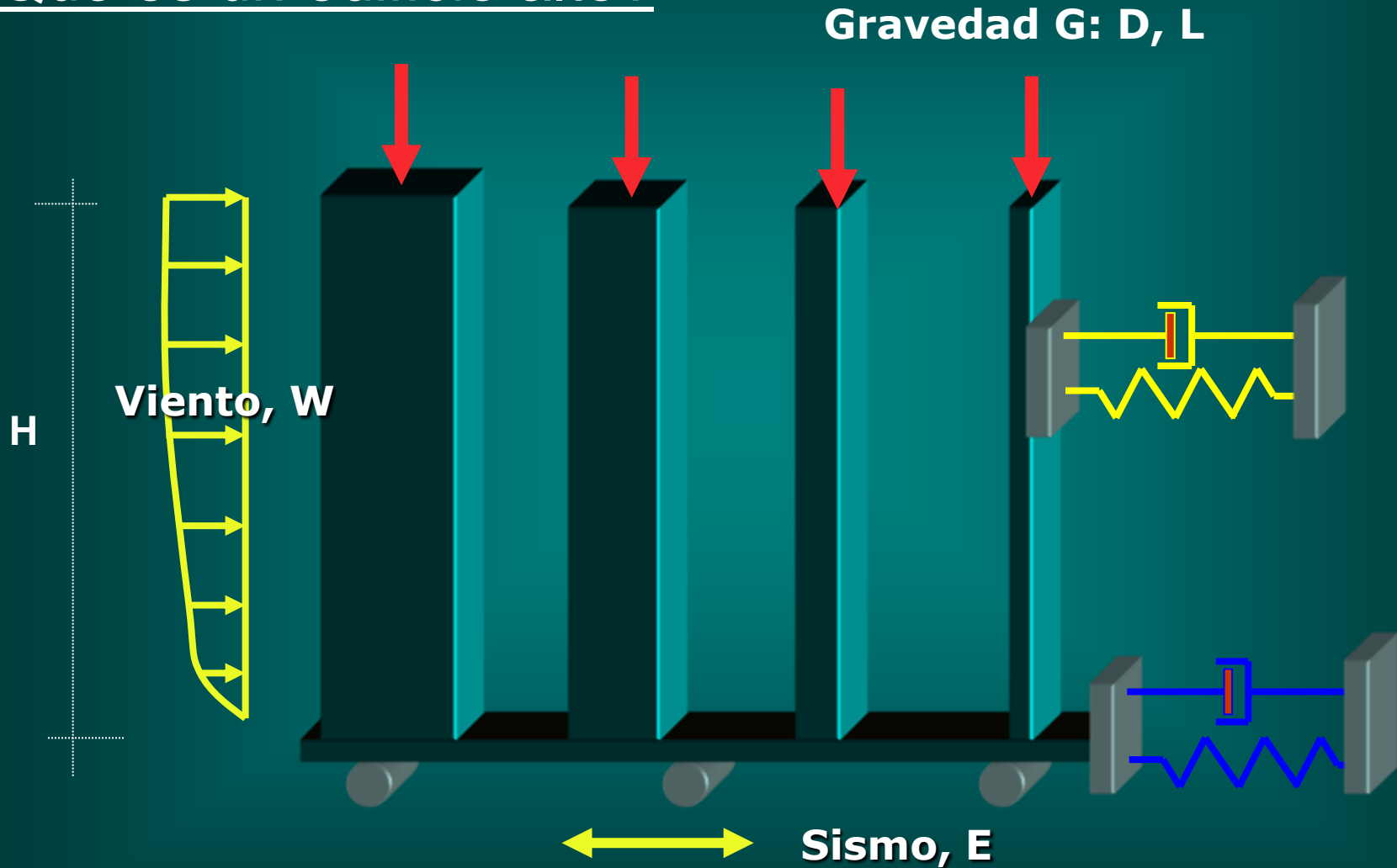
B. Documentos de Referencia/Códigos/Normas

SEAOC, BOCA, NEHRP, ASCE-7/ **ACI, AISC** / **AWS, ASTM**



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Que es un edificio alto?



1. $T = f(k, m) \geq 1.0 \text{ s}$

2. La respuesta es controlada por condiciones de servicio

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Cargas

Cargas de Gravedad

Carga Muerta: D
Cargas Vivas: L

Cargas Laterales

Cargas de Viento: W
Cargas de Sismo: E

Acciones adicionales

Flujo Plástico
Acortamientos Axiales
Gradientes Térmicos
Cargas de Impacto
Cargas de Construcción

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Cargas de Uso u Ocupación

Cargas vivas:	Cargas uniformes (kN/m²)	Carga concentrada (kN)
Residencial	2,00	1,80
Corredor	4,00	4,50
Habitaciones del hotel	2,00	1,80
Zonas de reunión públicas	5,00	3,60
Salas de equipos	7,50	4,50
Estacionamientos – coches y camionetas ligeras	2,50	9,00
Casino	5,00	3,60
Tiendas	4,00	3,60
Jardín de la terraza	5,00	3,60
Restaurante	5,00	3,60
Plataforma de despegue y aterrizaje de helicópteros	A confirmar	A confirmar
Cuartos de baño	5,00	3,50
Carga viva de la construcción	1,50	-

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Cargas de Viento

REP-04

V : 140 km/hr



Colon

Caribbean Sea

Panama

COSTA RICA

David

Santiago

REP-04

V : 115 km/hr



Chitré

COLOMBIA

Velocidad Básica
3-s Ráfaga
50-yr retorno

Pacific Ocean



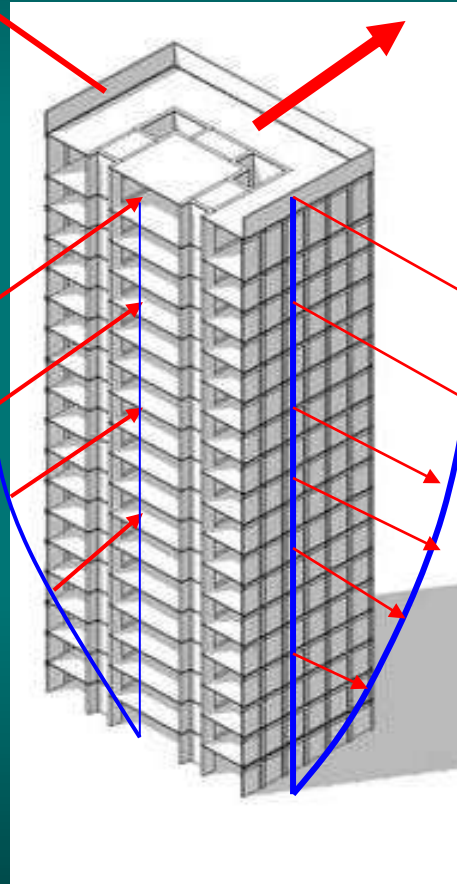
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Cargas de Viento

Presión negativa o succión

Presión positiva o empuje

Dirección del Viento



Presión negativa o succión

Presión negativa o succión

$$q = KV^2$$

$$p = C_e C_q q I$$

1. Desplazamientos
2. Aceleraciones
3. Velocidad Torsional

Cargas de Viento

Métodos de Análisis

1. Método Estático: Supone que el edificio es rígido y empotrado en su base
2. Método Analítico Detallado: Método Dinámico Analítico - Aproximado
3. Método de Ensayos de Túnel de Viento: Método Experimental

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

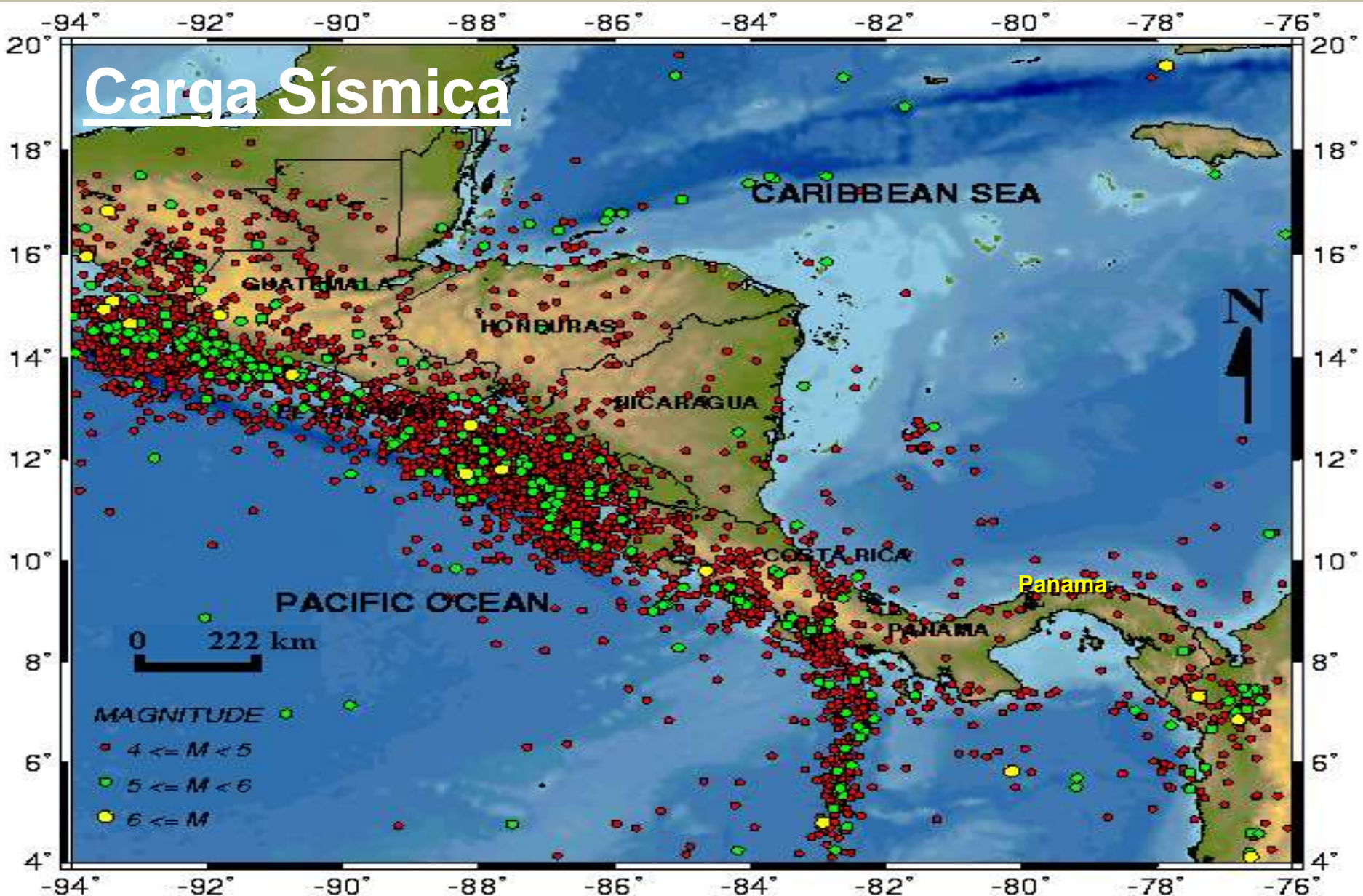


Figure 4: Fernandez et al (Seismic Observation)

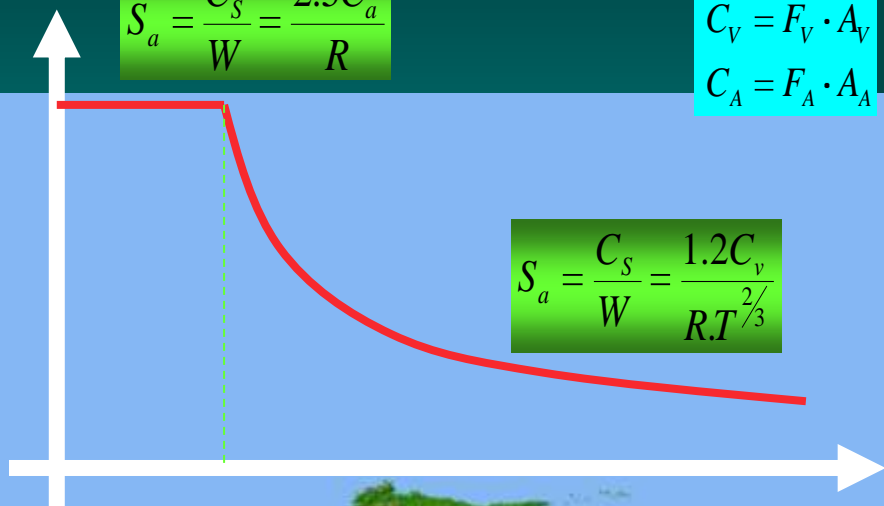
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Carga Sísmica

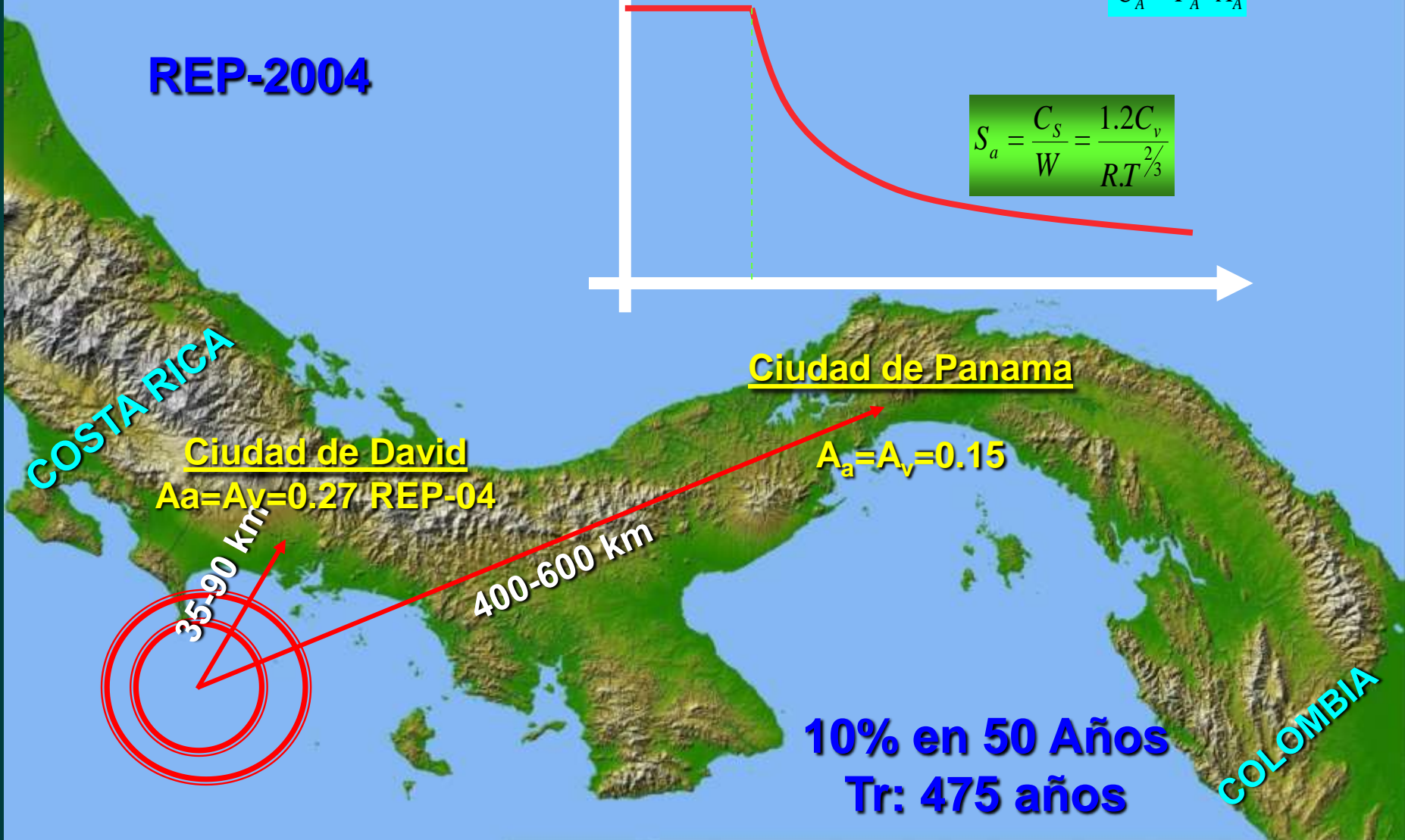
$$S_a = \frac{C_s}{W} = \frac{2.5C_a}{R}$$

$$C_v = F_v \cdot A_v$$
$$C_A = F_A \cdot A_A$$

$$S_a = \frac{C_s}{W} = \frac{1.2C_v}{R \cdot T^{2/3}}$$



REP-2004



COSTA RICA

Ciudad de David

$A_a = A_v = 0.27$ REP-04

Ciudad de Panama

$A_a = A_v = 0.15$

10% en 50 Años
Tr: 475 años

COLOMBIA

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Carga Sísmica

Coeficientes de aceleración

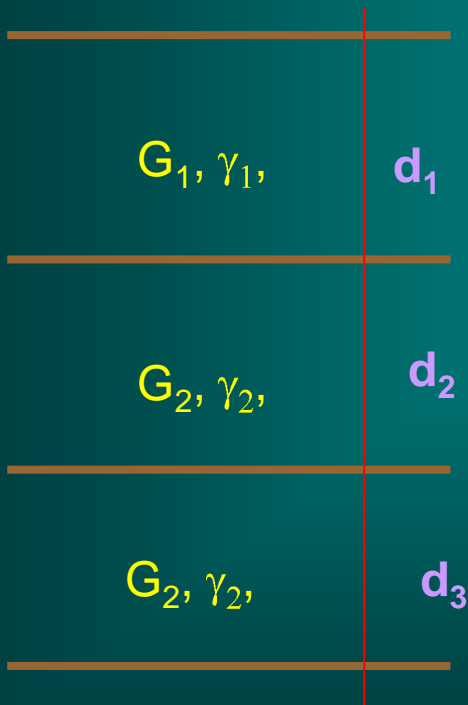
Ciudad	A_a	A_v
Aguadulce	0.14	0.14
Aligandí	0.19	0.19
Almirante	0.21	0.21
Bocas del Toro	0.21	0.21
Boquete	0.18	0.18
Changuinola	0.24	0.24
Chepo	0.20	0.20
Chiriquí Grande	0.18	0.18
Chitré	0.15	0.15
Chorrera	0.13	0.13
Colón	0.15	0.15
Concepción	0.22	0.22
Coronado	0.12	0.12
David	0.21	0.21
El Real	0.22	0.22

Coeficientes de aceleración

Ciudad	A_a	A_v
El Valle	0.12	0.12
Jaqué	0.22	0.22
La Palma	0.21	0.21
Las Tablas	0.17	0.17
Panamá	0.15	0.15
Penonomé	0.11	0.11
Portobelo	0.17	0.17
Puerto Armuelles	0.25	0.25
Puerto Obaldía	0.21	0.21
Santiago	0.15	0.15
Soná	0.17	0.17
Tonosí	0.20	0.20

Carga Sísmica

Caracterización del Sitio



$$\rho = \frac{\gamma}{g}$$

$$v_{si} = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

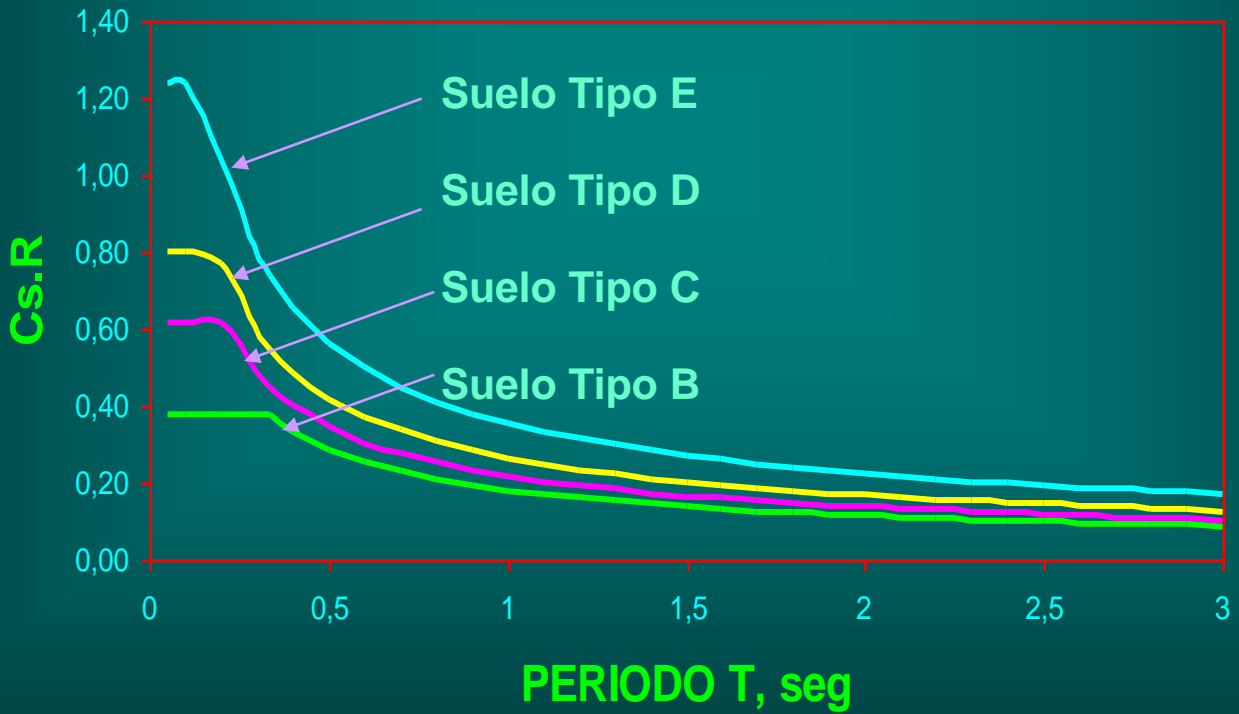
$$\bar{v}_s = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}}$$

$$\sum_{i=1}^n d_i = 30 \text{ m}$$

- Cross-Hole
- Down-Hole
- Suelos Tipo
A, B, C, D, E, F

Carga Sísmica

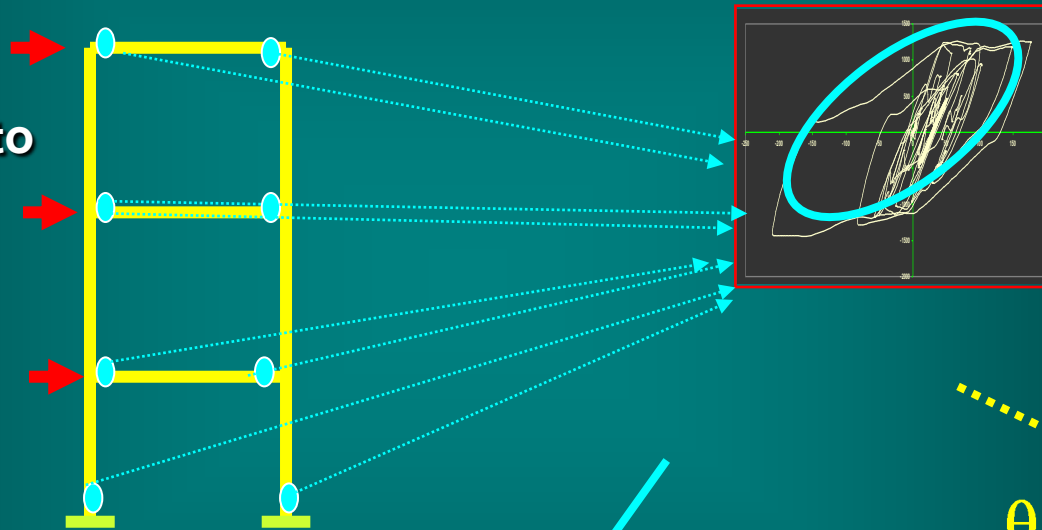
ESPECTROS REP-04 (influencia del suelo)



Carga Sísmica

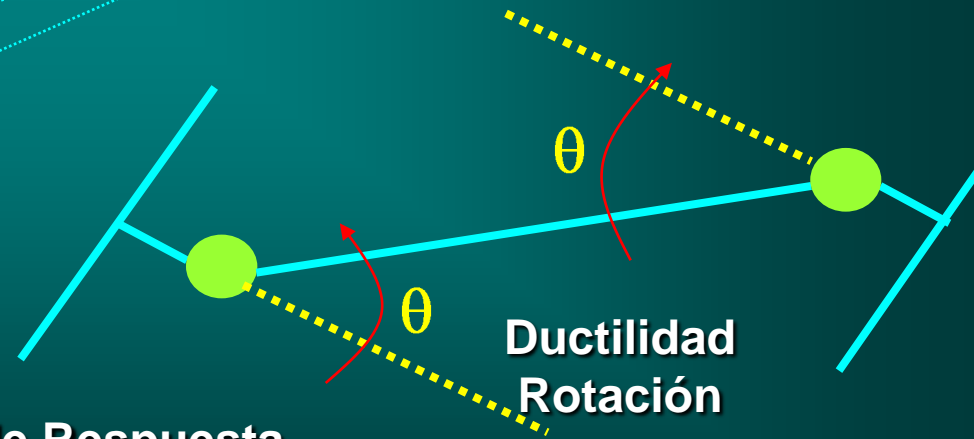
Marcos de Momento
Muros Portantes
Muros de Corte
Sistemas Duales

Ductilidad Según
ACI-318



$$E_H = \sum_{i=1}^n E_{hi}$$

Sistema
Lateral



Ductilidad
Rotación

“R” – Factor de Modificación de Respuesta

Carga Sísmica

Métodos de Análisis Sísmico

FLE: Método de Fuerza Lateral Equivalente

AME: Método de Análisis Modal Espectral

LTHA: Análisis Lineal de Historia del Tiempo

NTHA: Análisis No-Lineal de Historia del Tiempo

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

ETABS

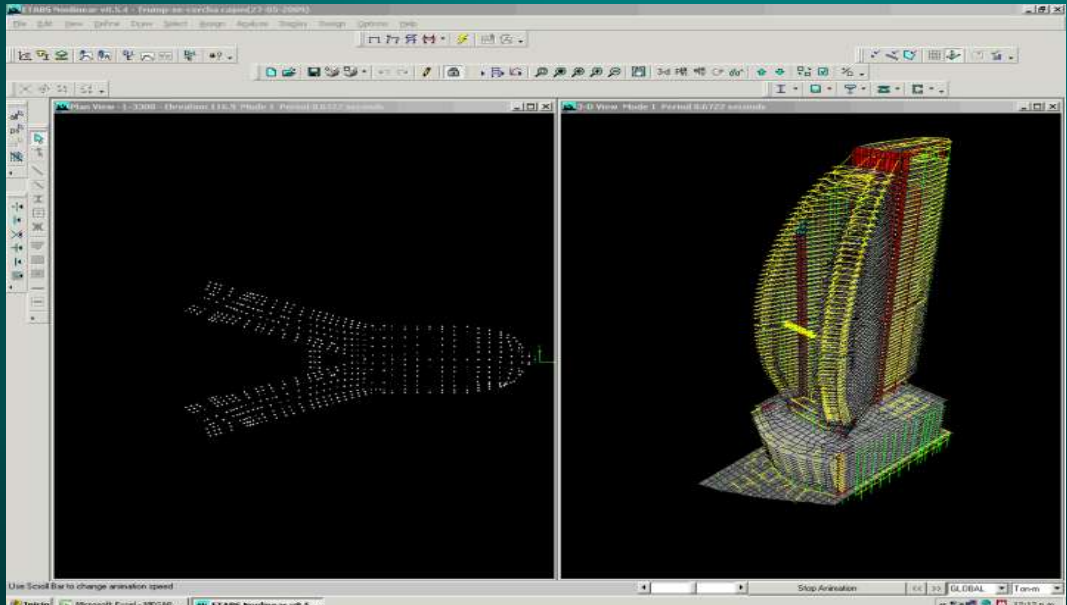
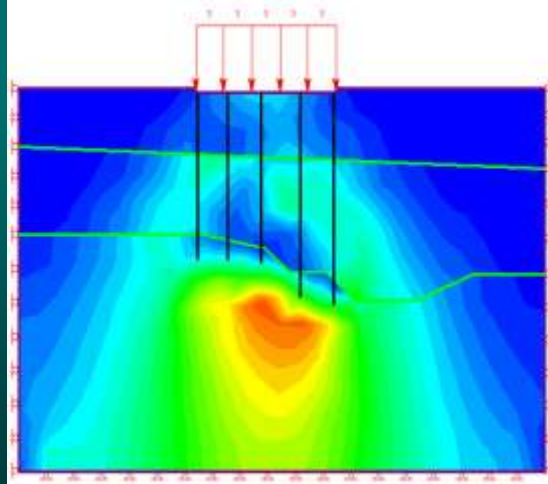
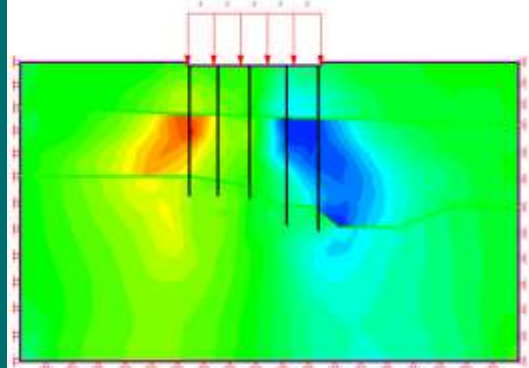
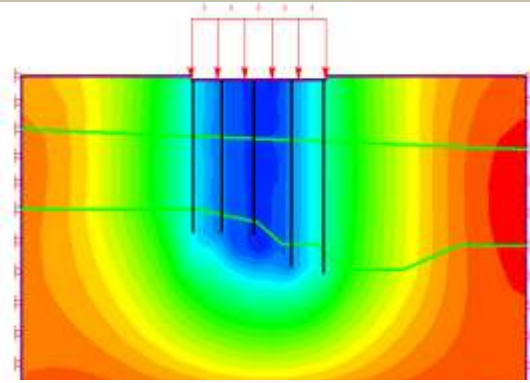
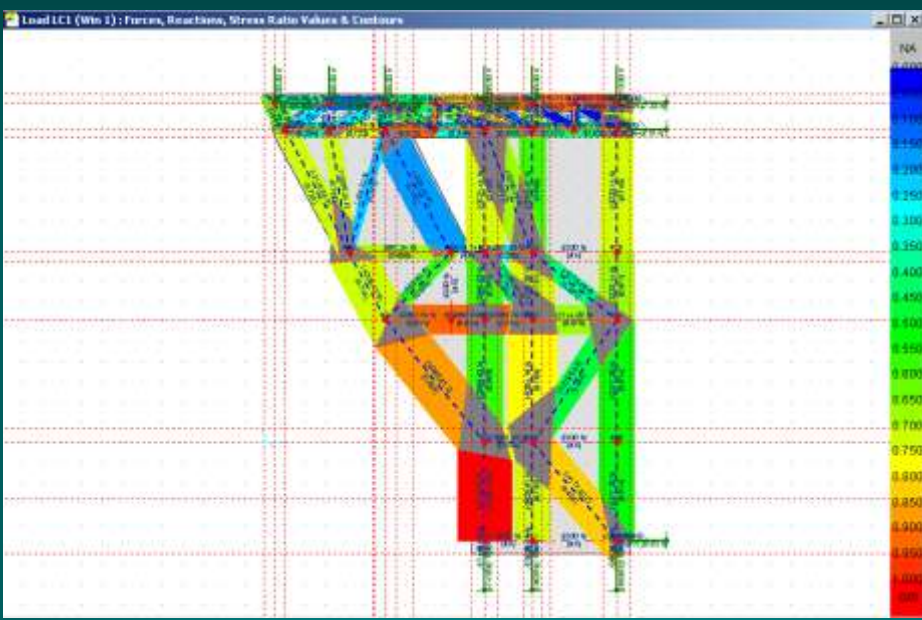
SAFE

ADAPT

PCA-COLUMN

L-PILE

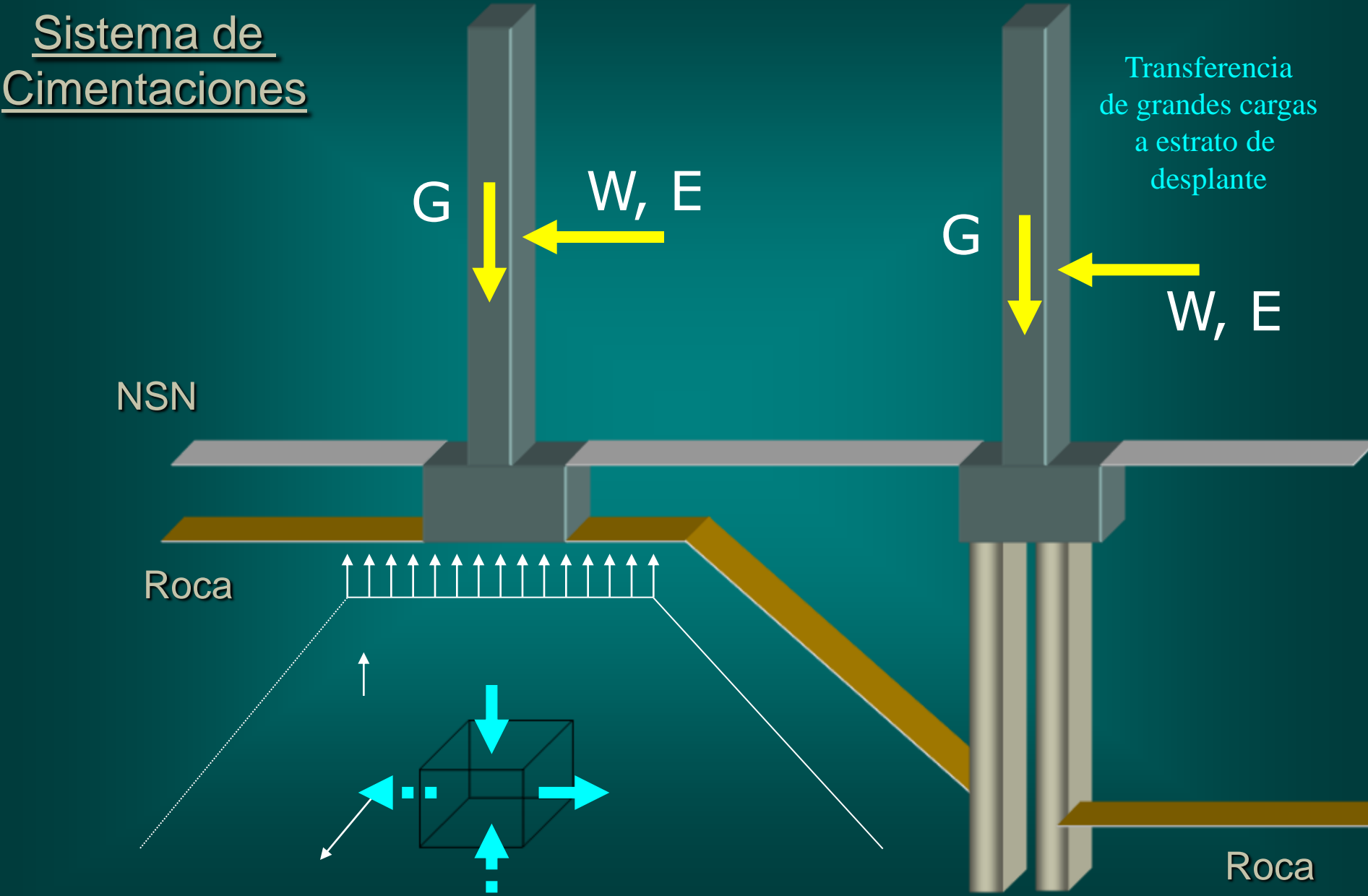
SAP-2000



2. Sistemas de Cimentaciones

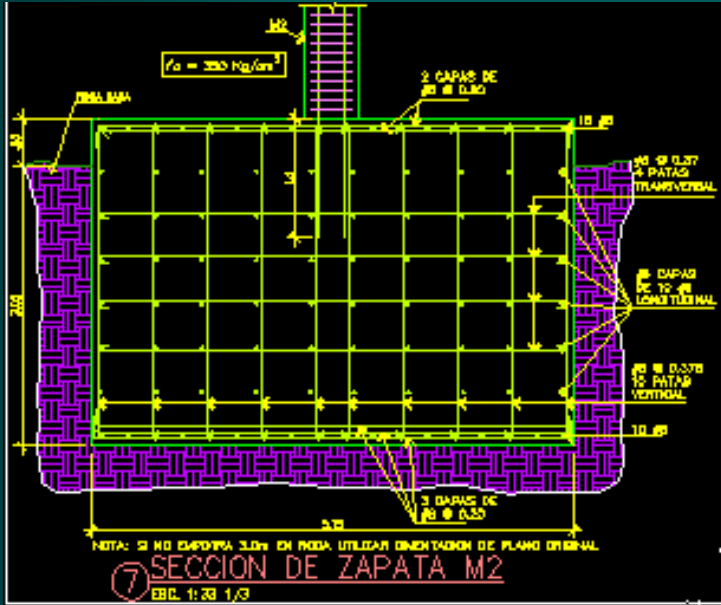
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



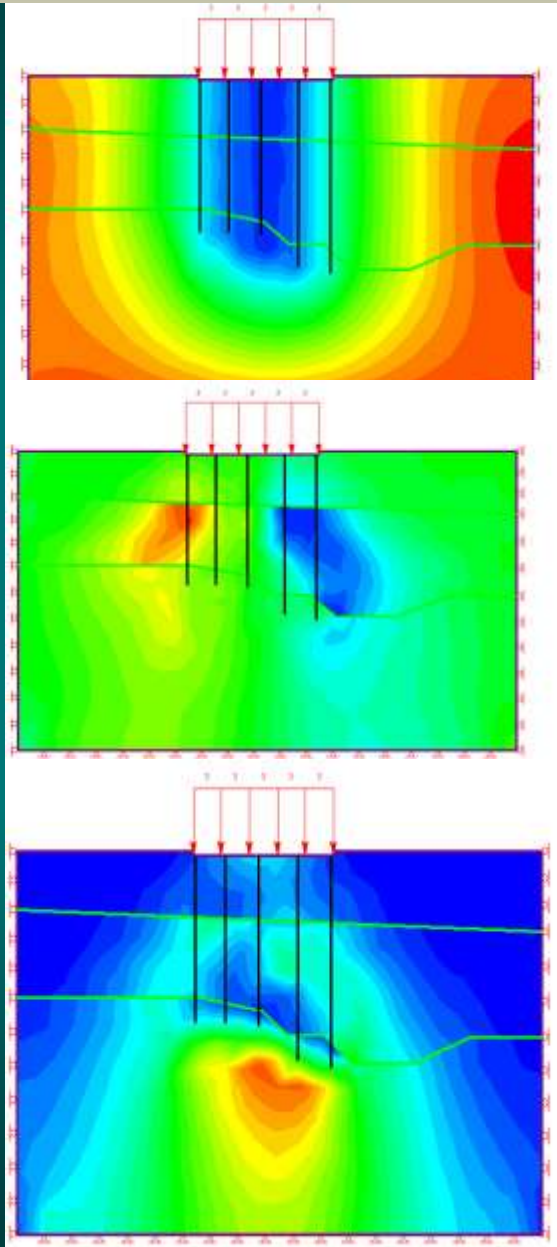
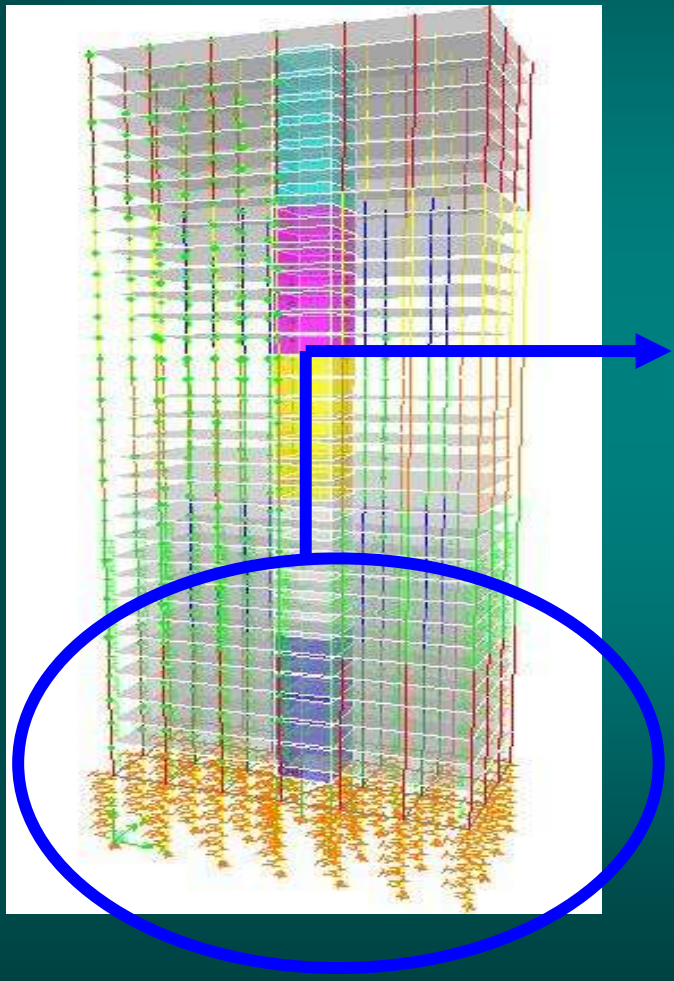
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



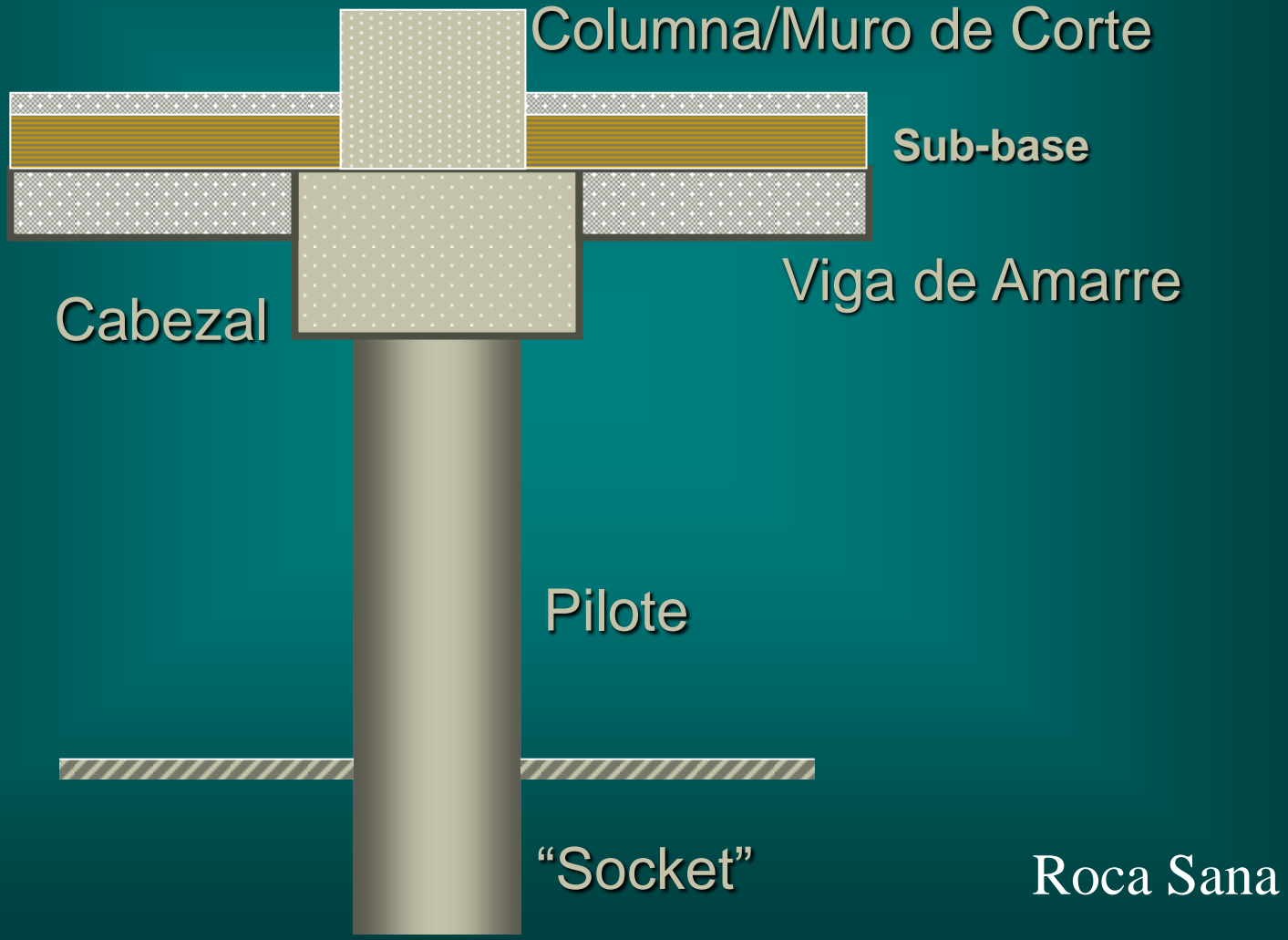
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



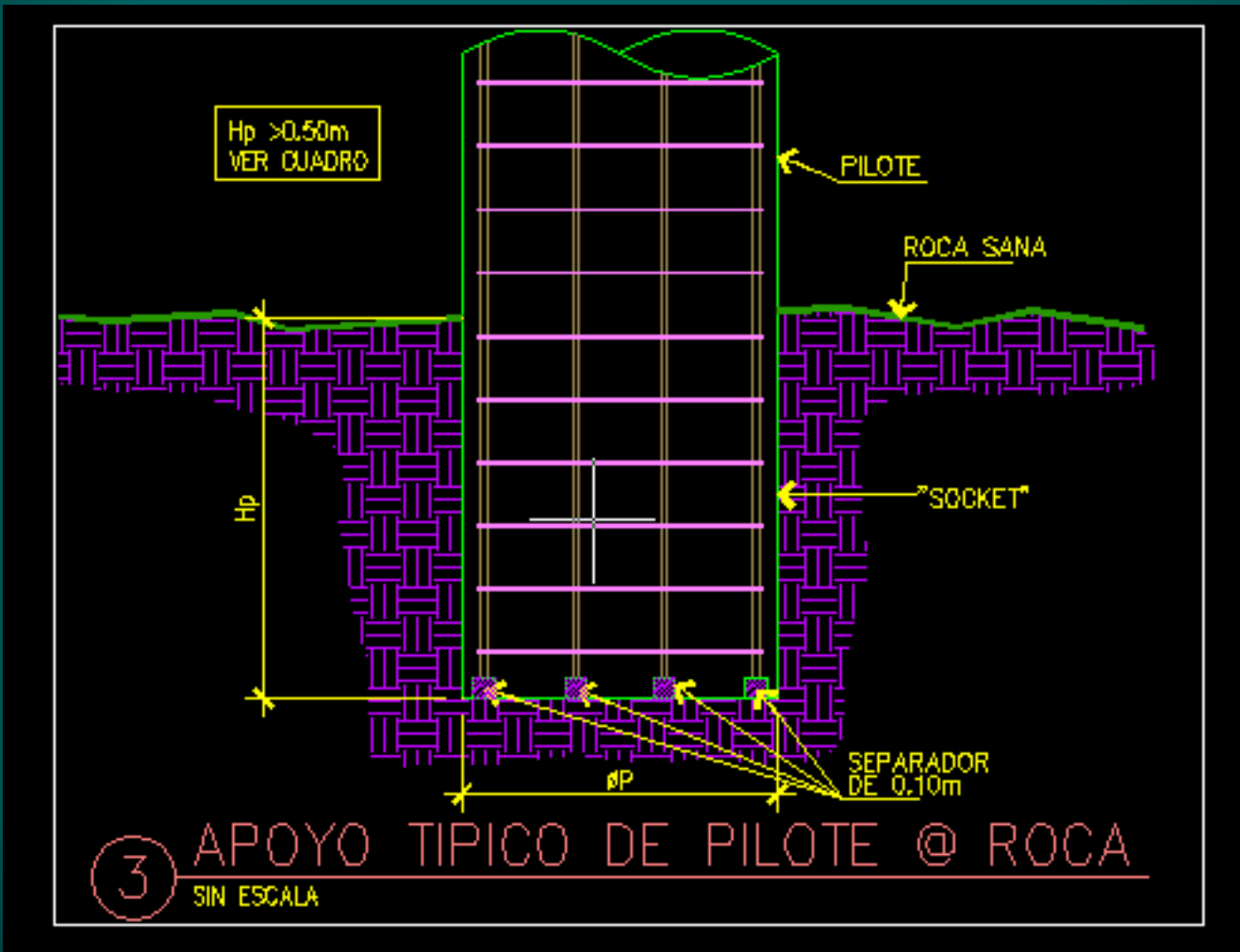
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



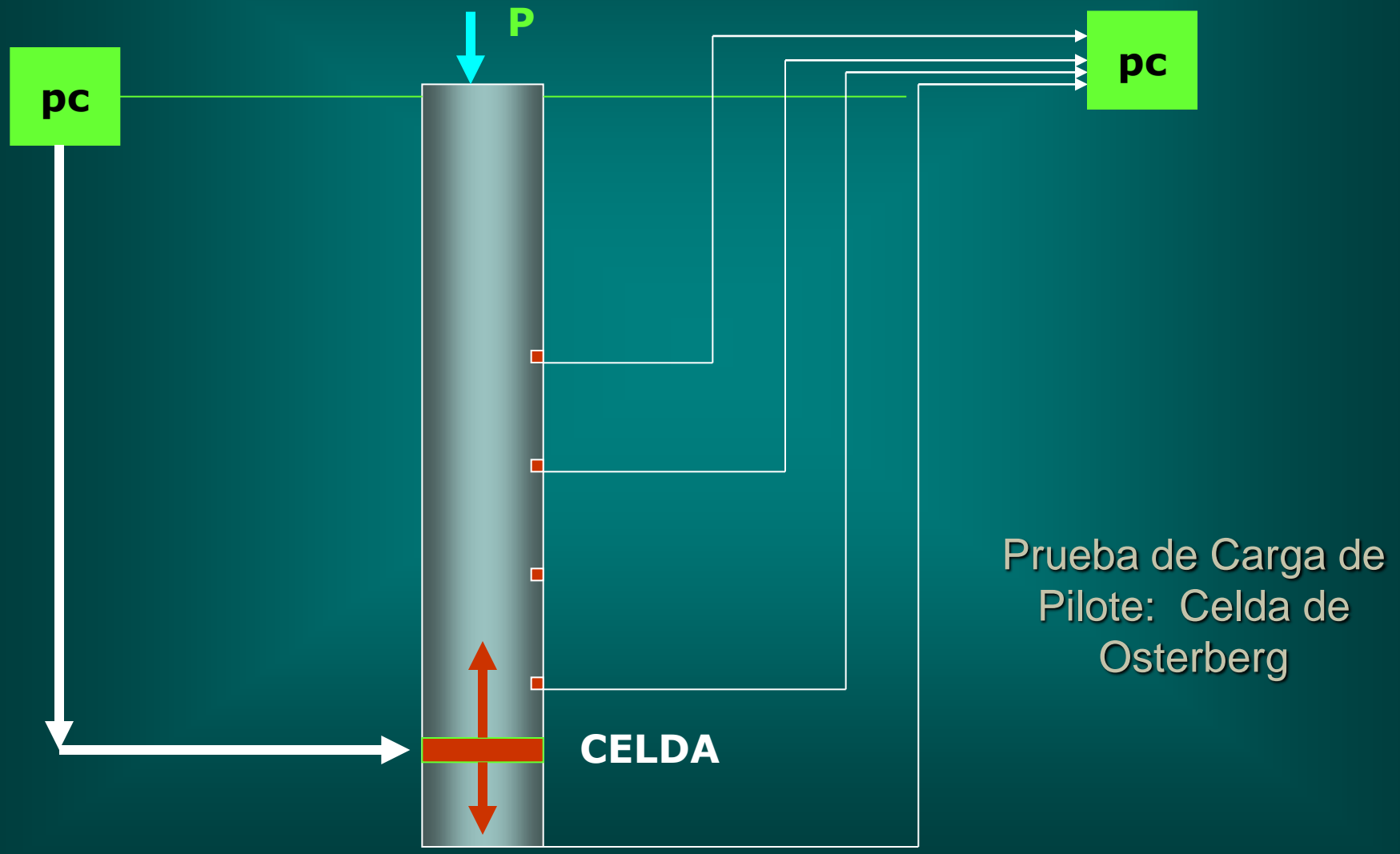
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



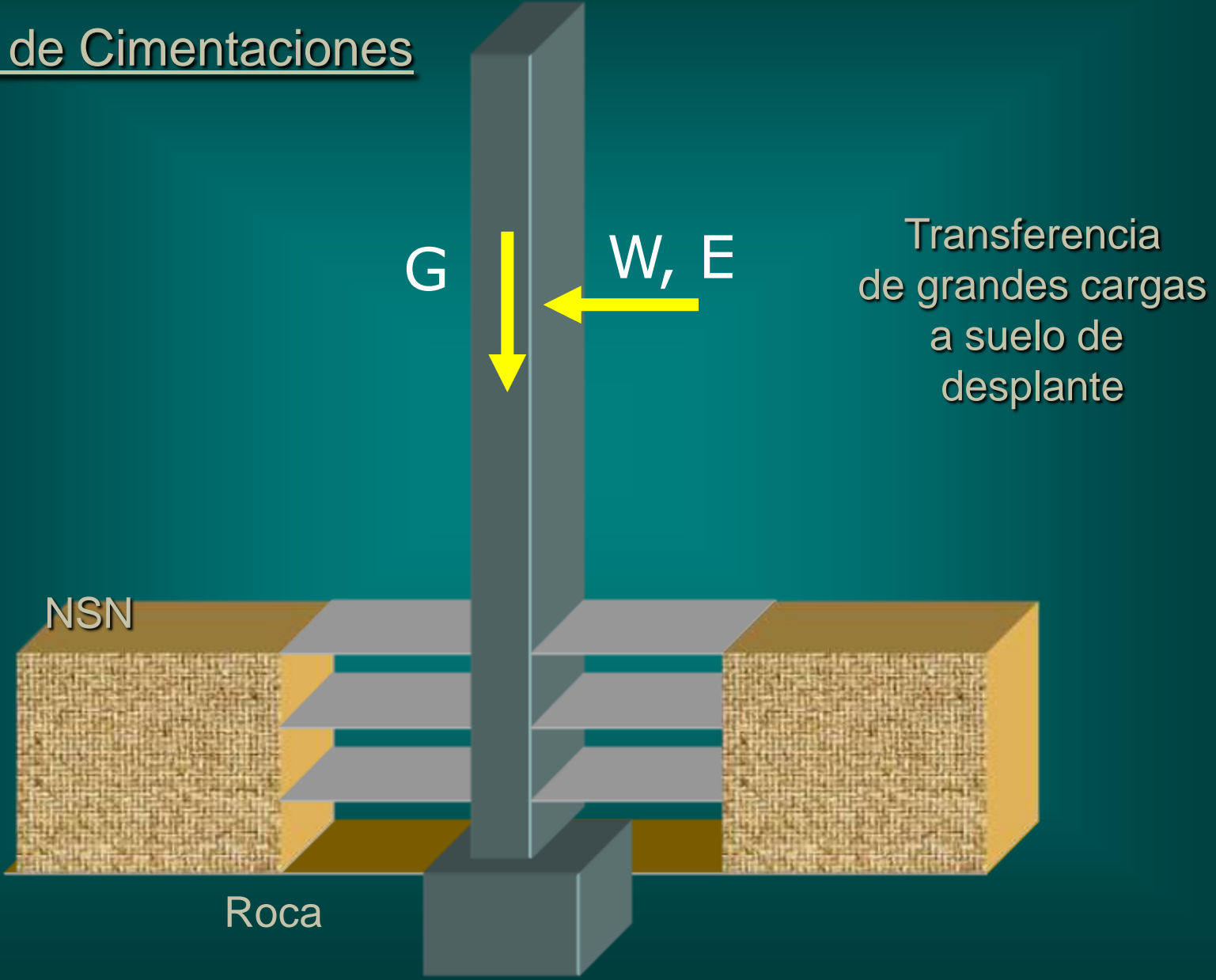
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



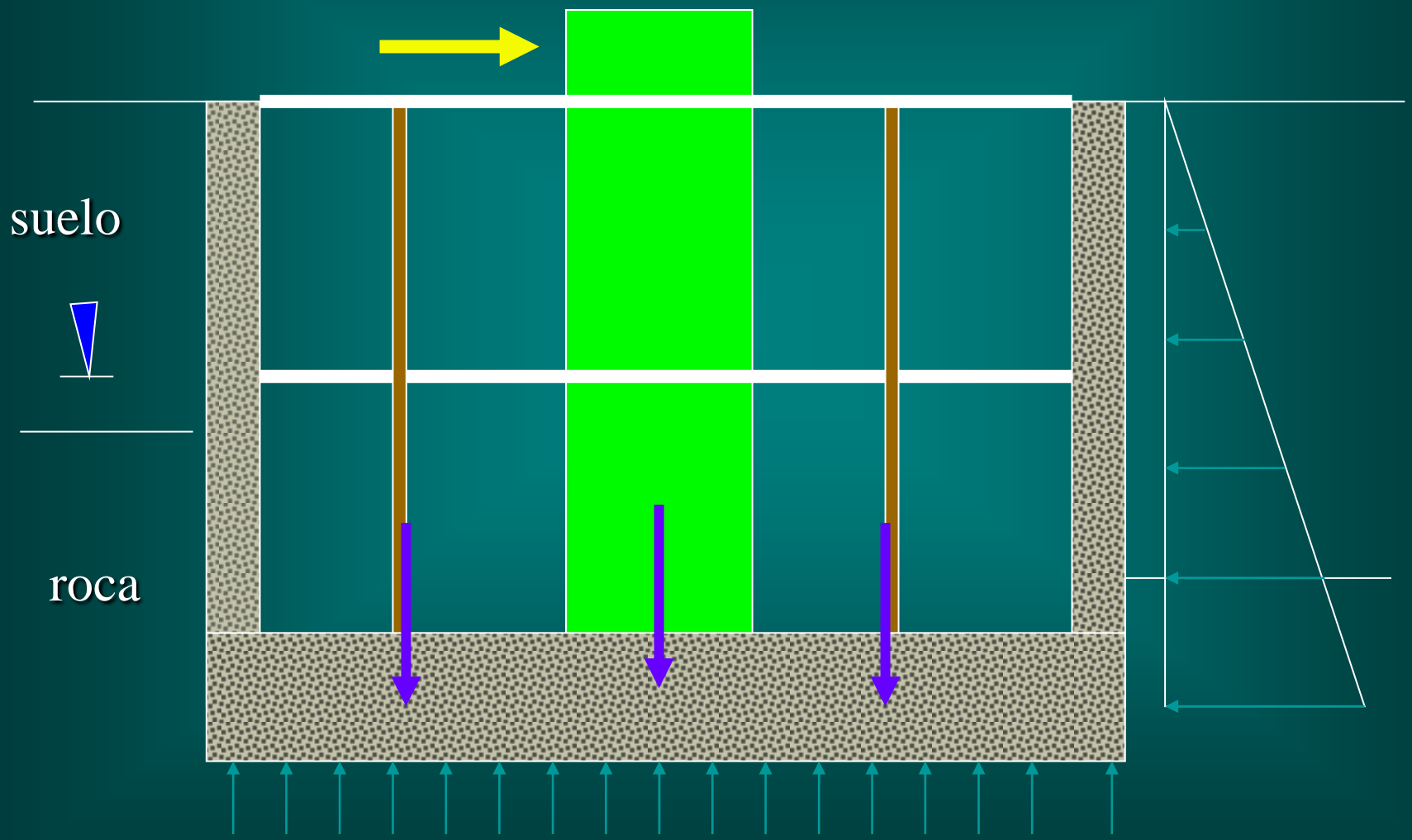
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



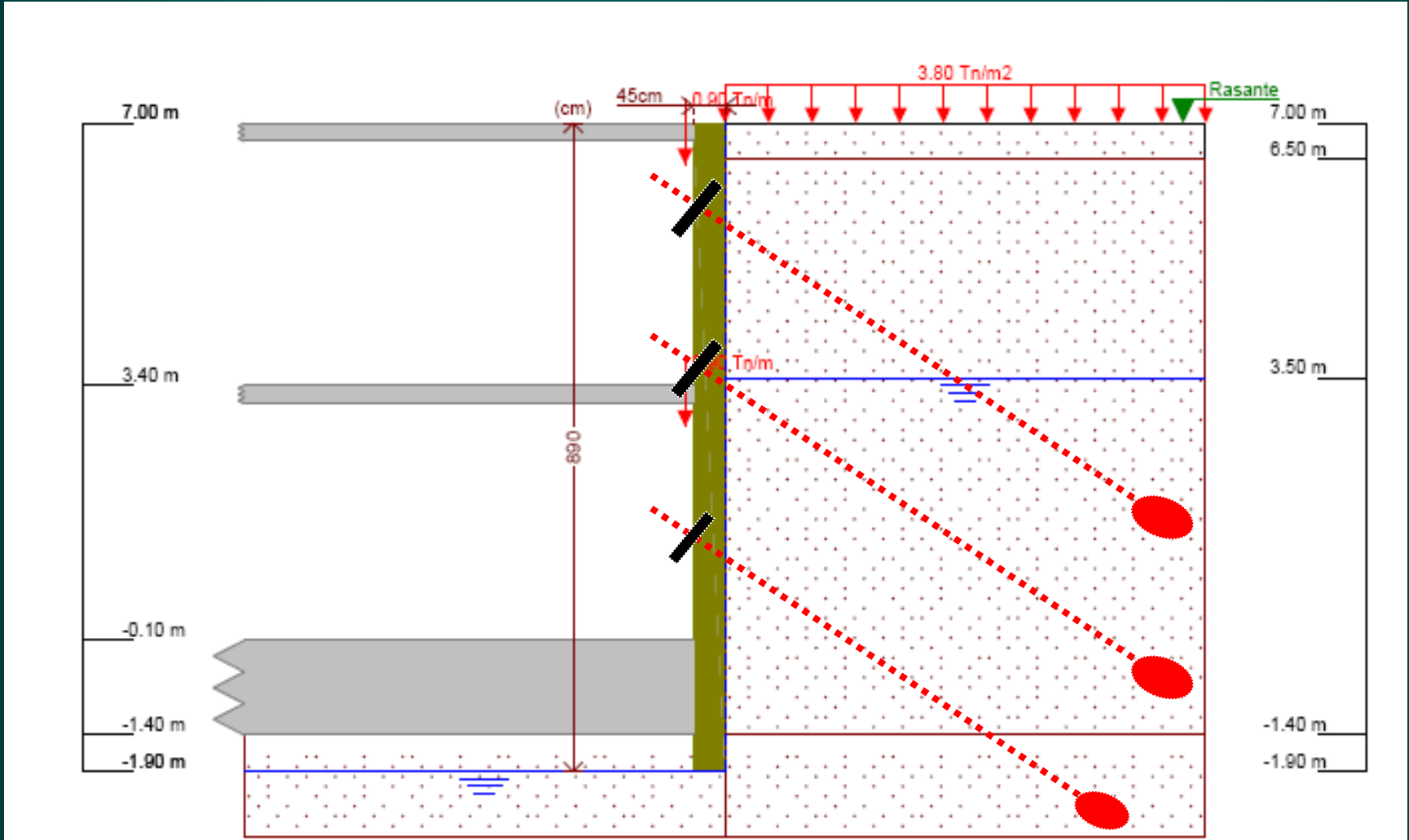
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Cimentaciones



3. Sistemas y Elementos de Pisos

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistemas de Pisos

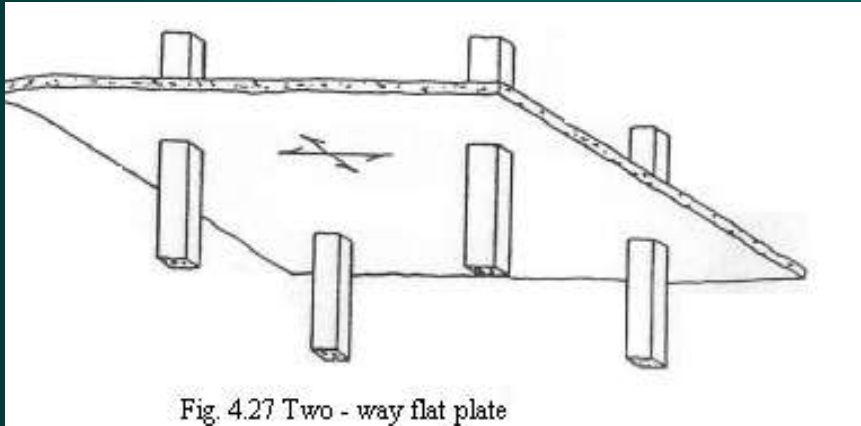


Fig. 4.27 Two - way flat plate

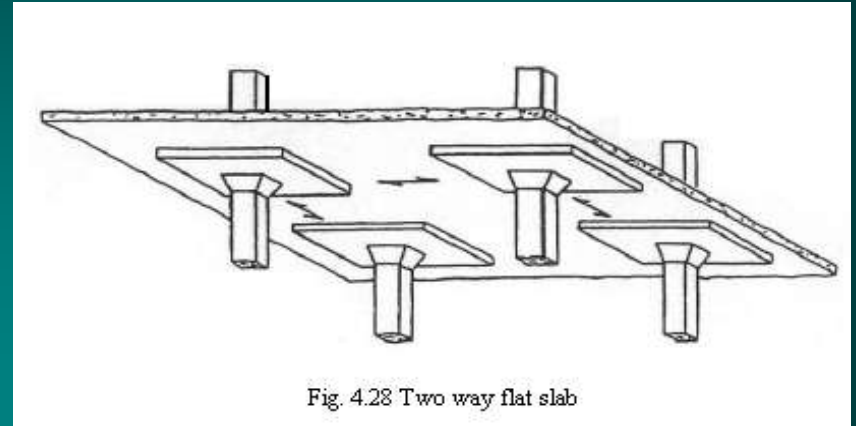


Fig. 4.28 Two way flat slab

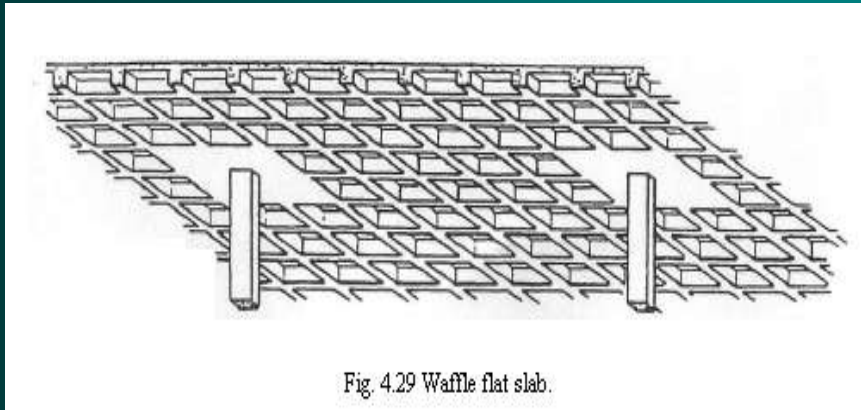


Fig. 4.29 Waffle flat slab.

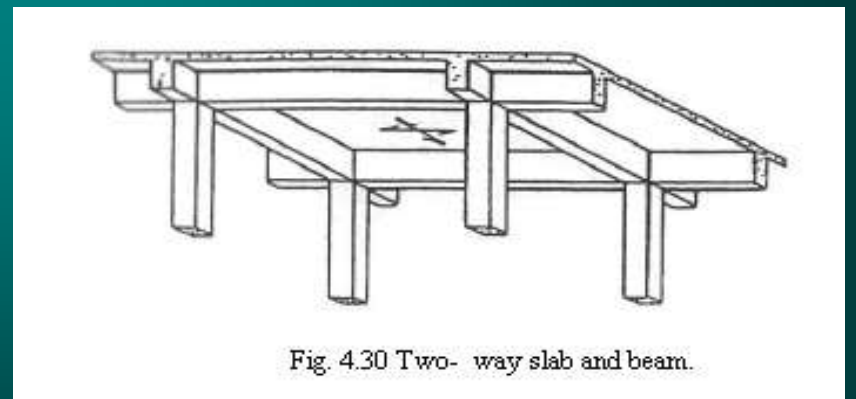


Fig. 4.30 Two- way slab and beam.

Sistemas de Losas Bi-direccionales

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistemas de Pisos

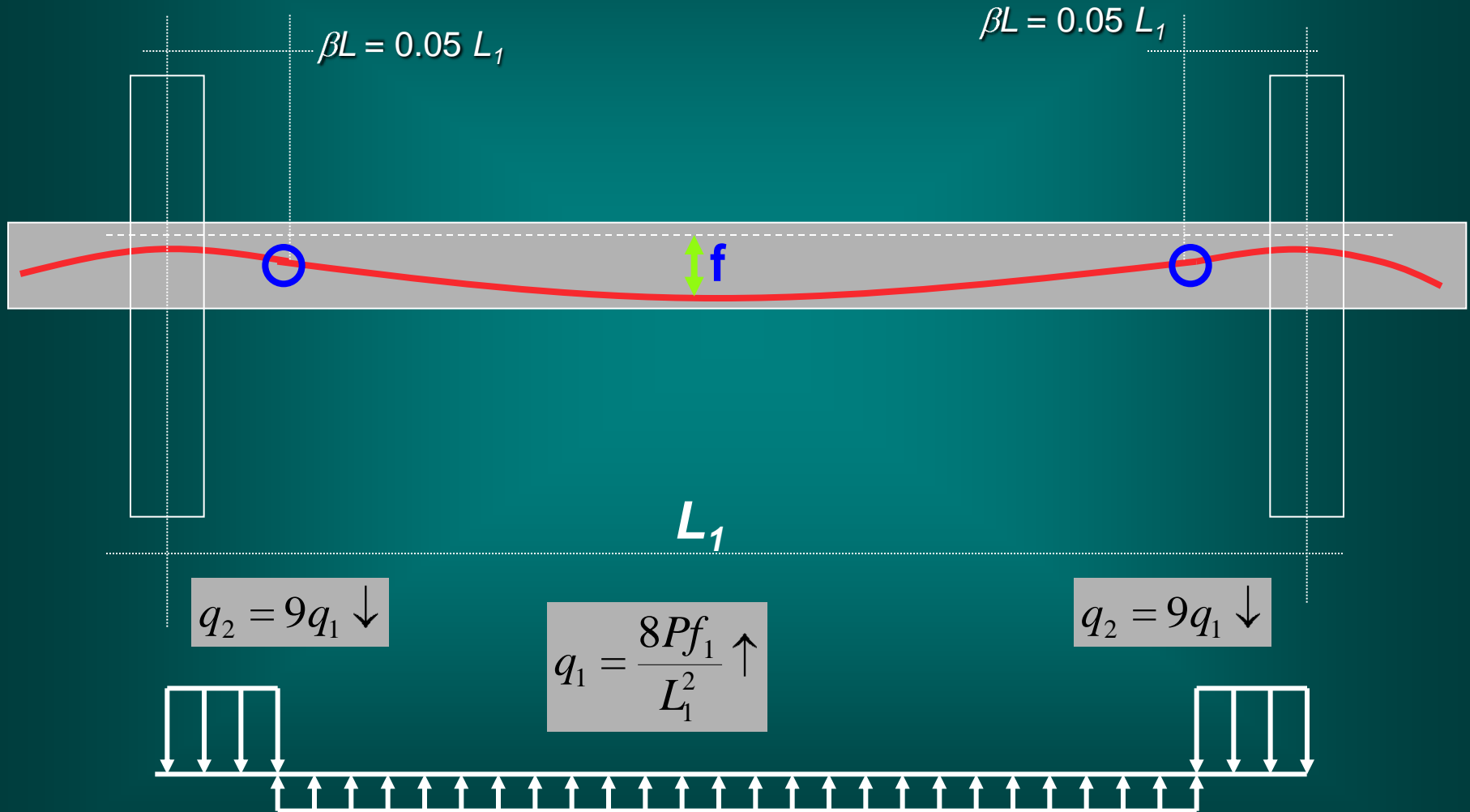
Espesores Aproximados- criterio de deflexiones

Tipo de Elemento	Espesor
Losas 1D	L/48
Losas 2D	L/45
Losas 2D + Capiteles (L/6)	L/50
Losas 2D + Viga 2D	L/55
Losas "waffle" (5x5)	L/35
Vigas Profundas, $b = h/3$	L/20
Vigas Chatas, $b = 3h$	L/30

Revisar criterios de espesores y recubrimientos para protección al fuego

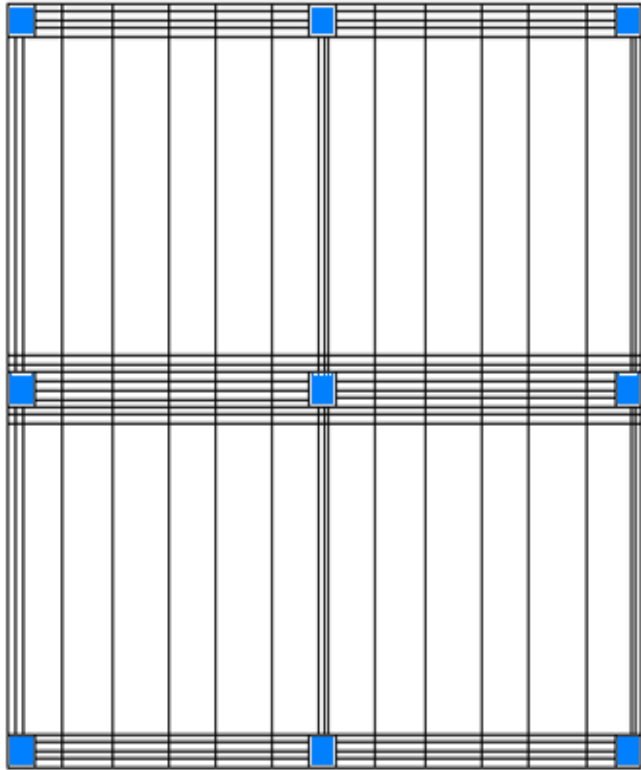
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistemas de Pisos



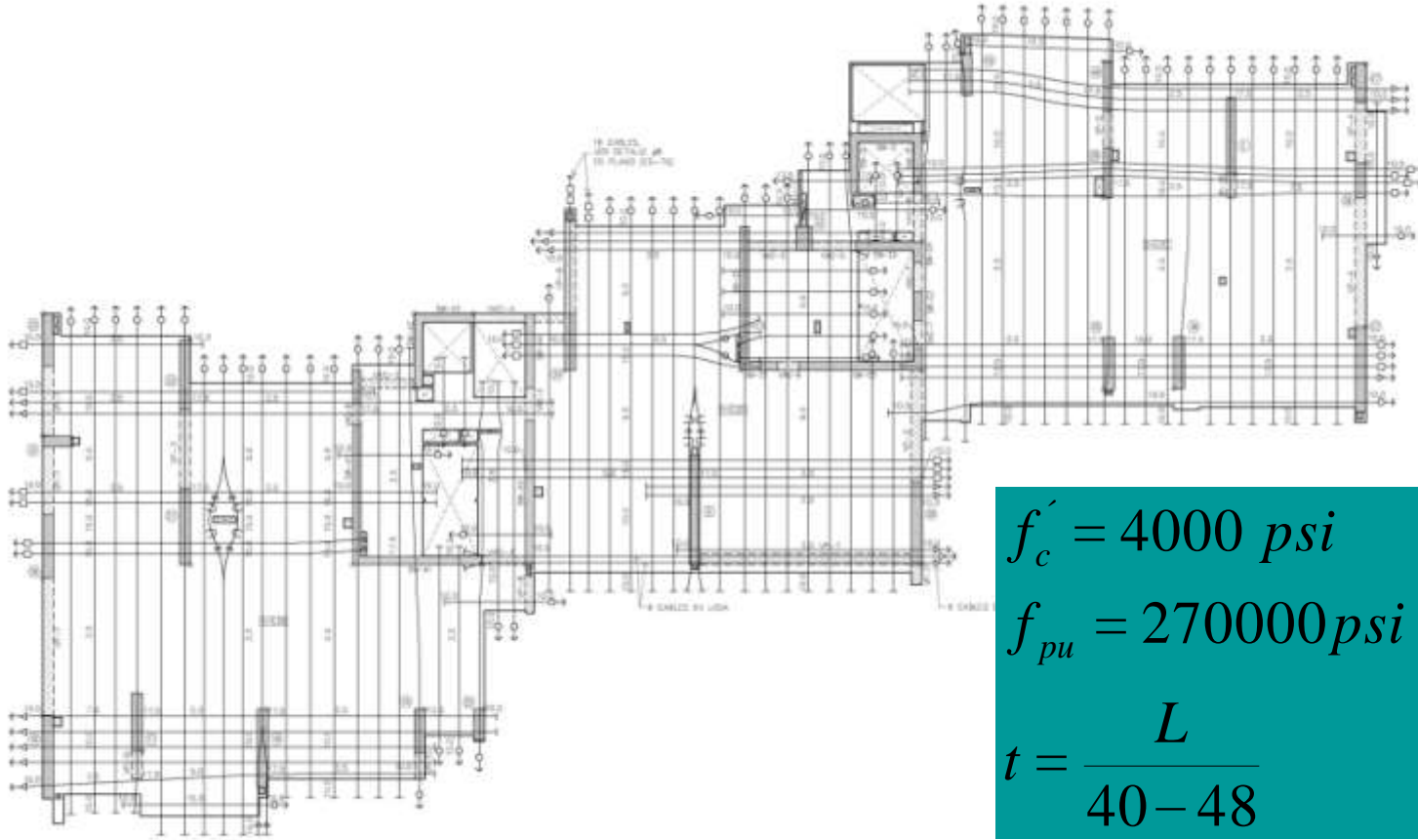
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistemas de Pisos



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistemas de Pisos



$$f'_c = 4000 \text{ psi}$$

$$f_{pu} = 270000 \text{ psi}$$

$$t = \frac{L}{40 - 48}$$

1 PLANTA ESTRUCTURAL DE LOSA - NIV. 900 @ 1200, 1800 @ 2000, 3000 @ 4300 "CABLES"
REV. 1/2008

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

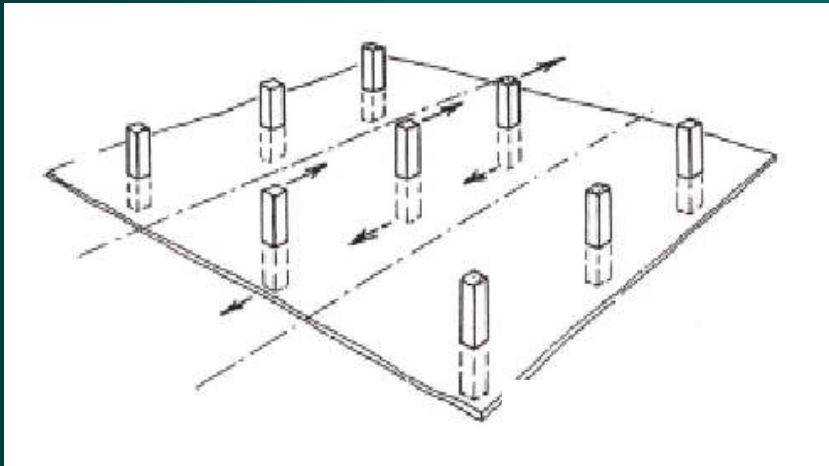
Sistemas de Pisos



- Tendones adheridos
7 alambres de baja relajamiento
 F_{pu} : 18900 Kg/cm²
- Refuerzo para atender sollicitación de cargas de gravedad y fracción de cargas laterales
- f'_c : 281-350 kg/cm²
- $t = 20-23$ cms

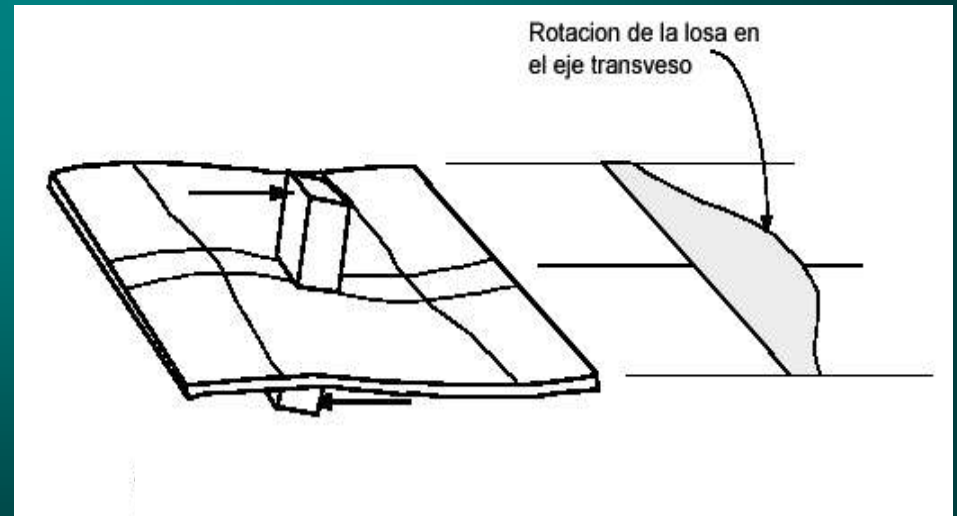
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistemas de Pisos



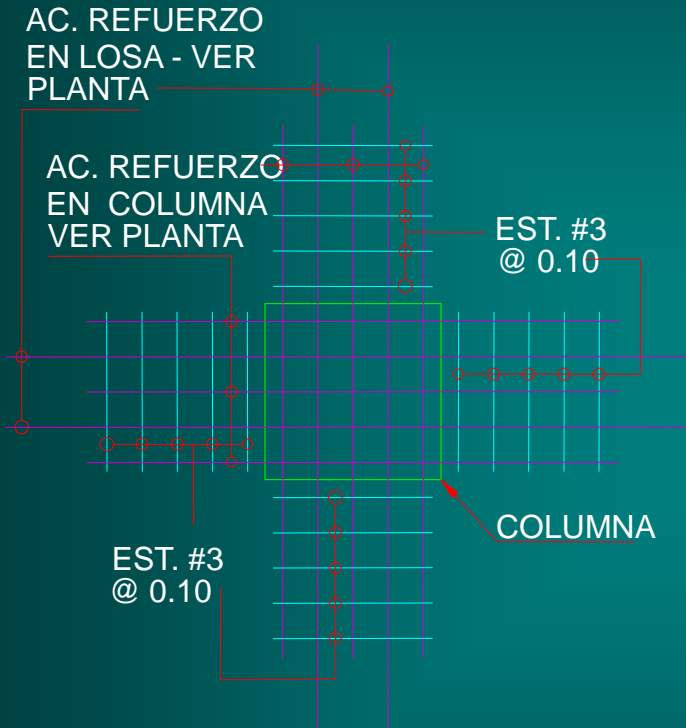
Transferencia de momentos por carga lateral

Flexión no uniforme de junta losa-columna bajo carga lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistemas de Pisos



$$v_u = \frac{V_u}{A_c} - \frac{\gamma_v M_u^c}{J_c}$$

$$\phi v_n = \phi \beta_p \phi_c + v_s \leq 0.17 \phi \sqrt{f'_c} \quad ACI 318-05 \quad (11.41)$$

$$v_c = \beta_p \sqrt{f'_c} + 0.3 f_{pc} + v_p \quad ACI 318-05 \quad (11.36)$$

4. Sistemas y Elementos de Resistencia y Rigidez Lateral

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Amador Terrace



20 stories

Mar Abierto



32 stories

H2O



34 stories

Aquamare



56 stories

Aqualina



64 stories

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama



Ocean Q

**75 pisos
256 m**



Los Faros

**87 pisos
350 m**



Arts

**83 pisos
300 m**



Waters

**75 pisos
275 m**



TORRE FINANCIERA

- Altura: 450 m
- Estructura de Concreto Reforzado
- Sistema Lateral
 - Muros de Corte + Outriggers
- Sistema de Gravedad
 - Columnas y Muros Portantes
 - Losas P/T
- Sistema de Cimentacion
 - Losa "mat"

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de Gravedad

- ◆ LOSAS POSTENSADAS
- ◆ COLUMNAS

Sistema Lateral

- ◆ MUROS CORTANTE
- ◆ OUTRIGGERS

Cimentación

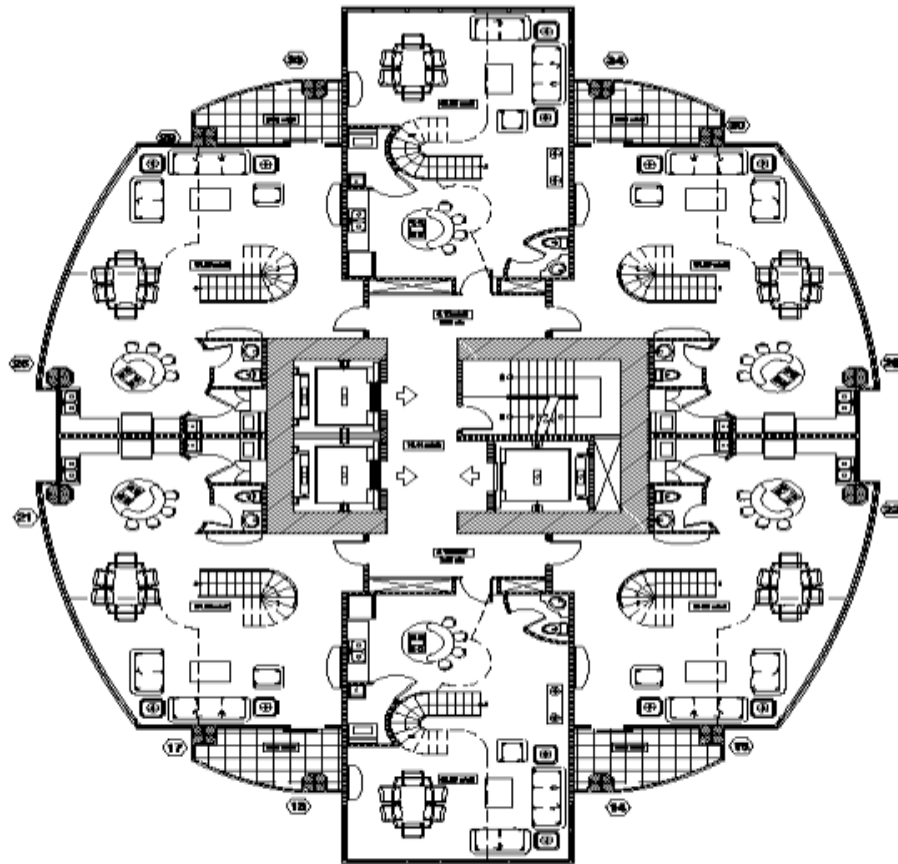
- ◆ LOSA DE CIMENTACION SOBRE ROCA



Palacio de la Bahía
94 pisos

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

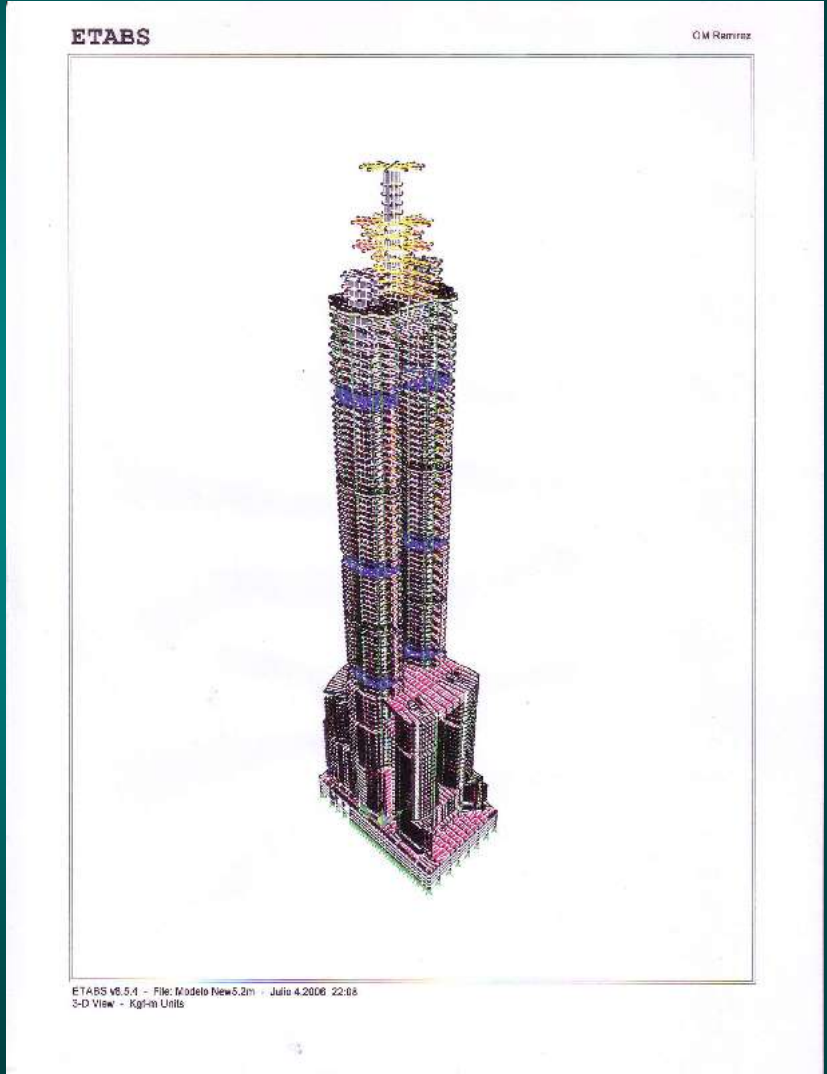
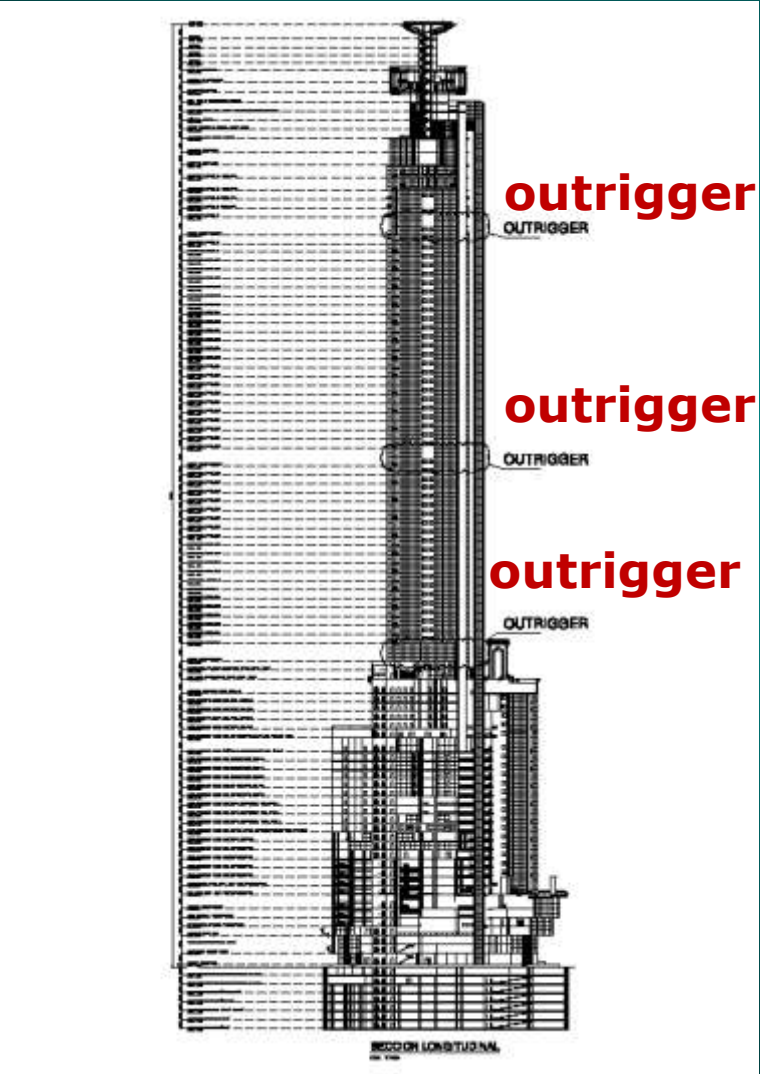
Sistema Lateral



APARTAMENTOS TÍPICOS (ORIGINAL)

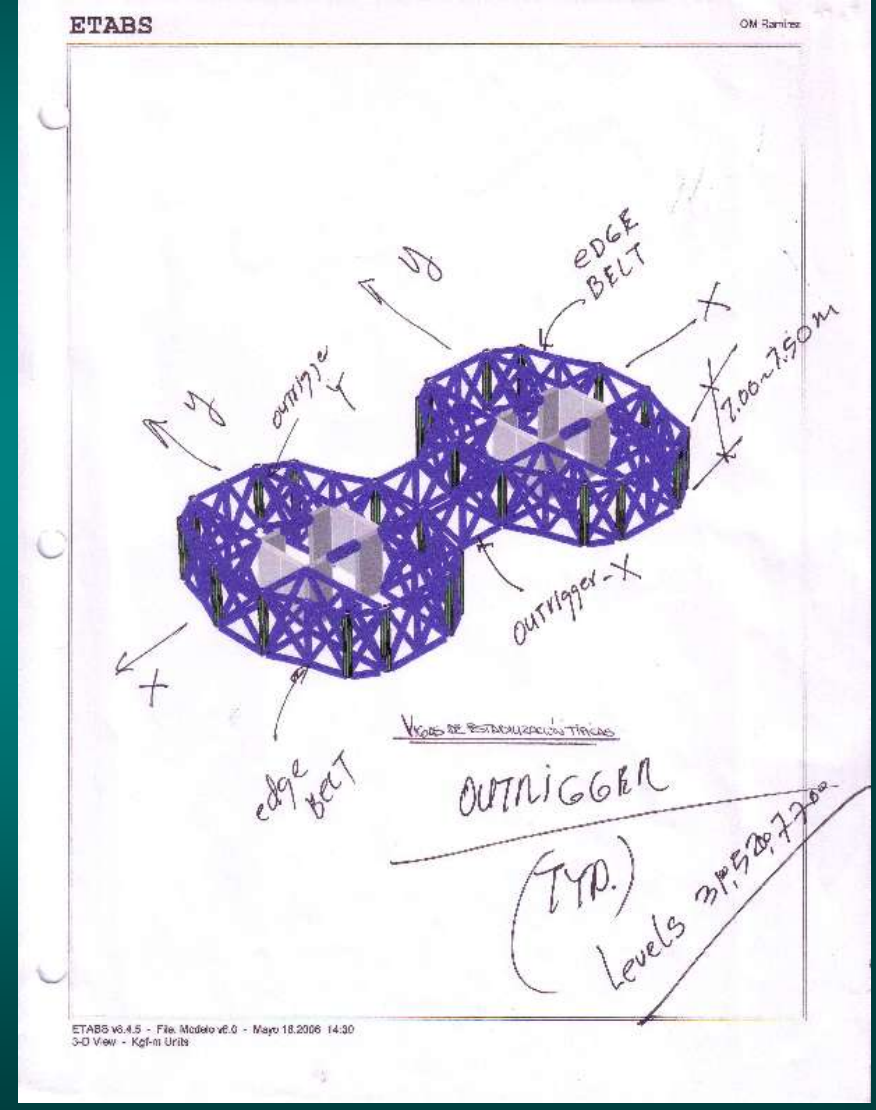
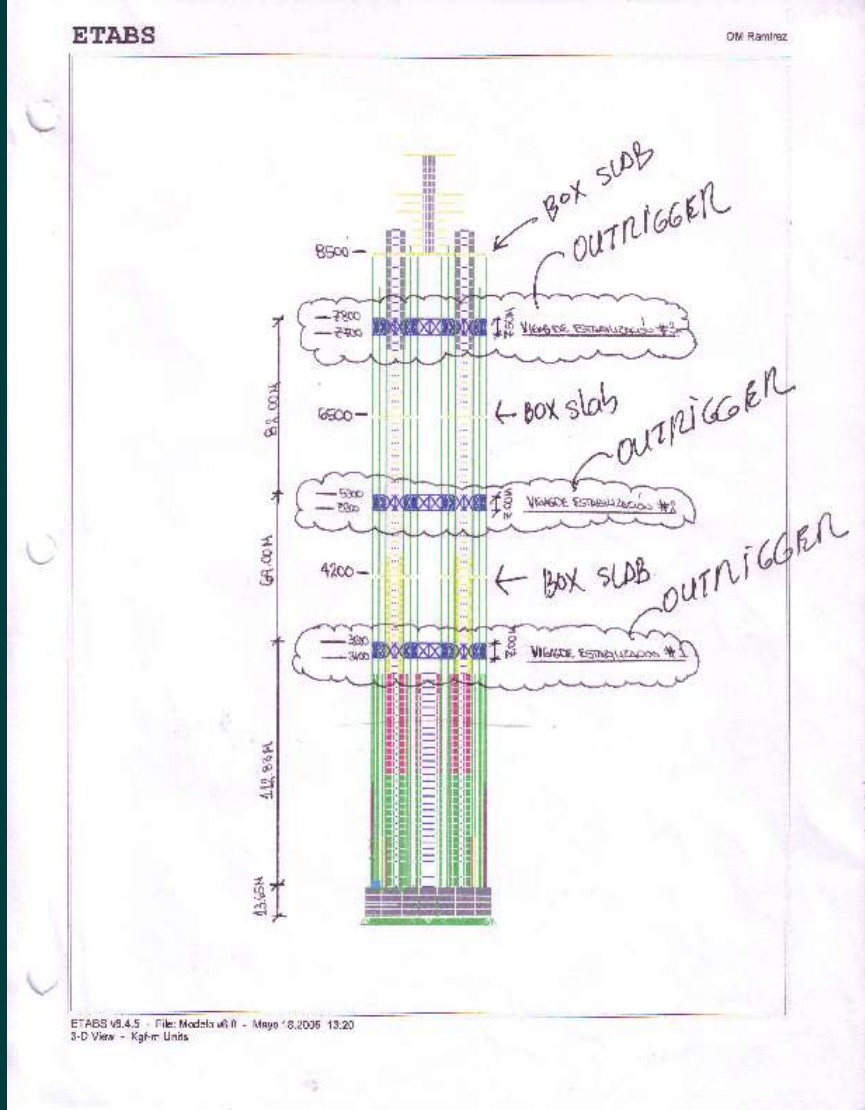
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



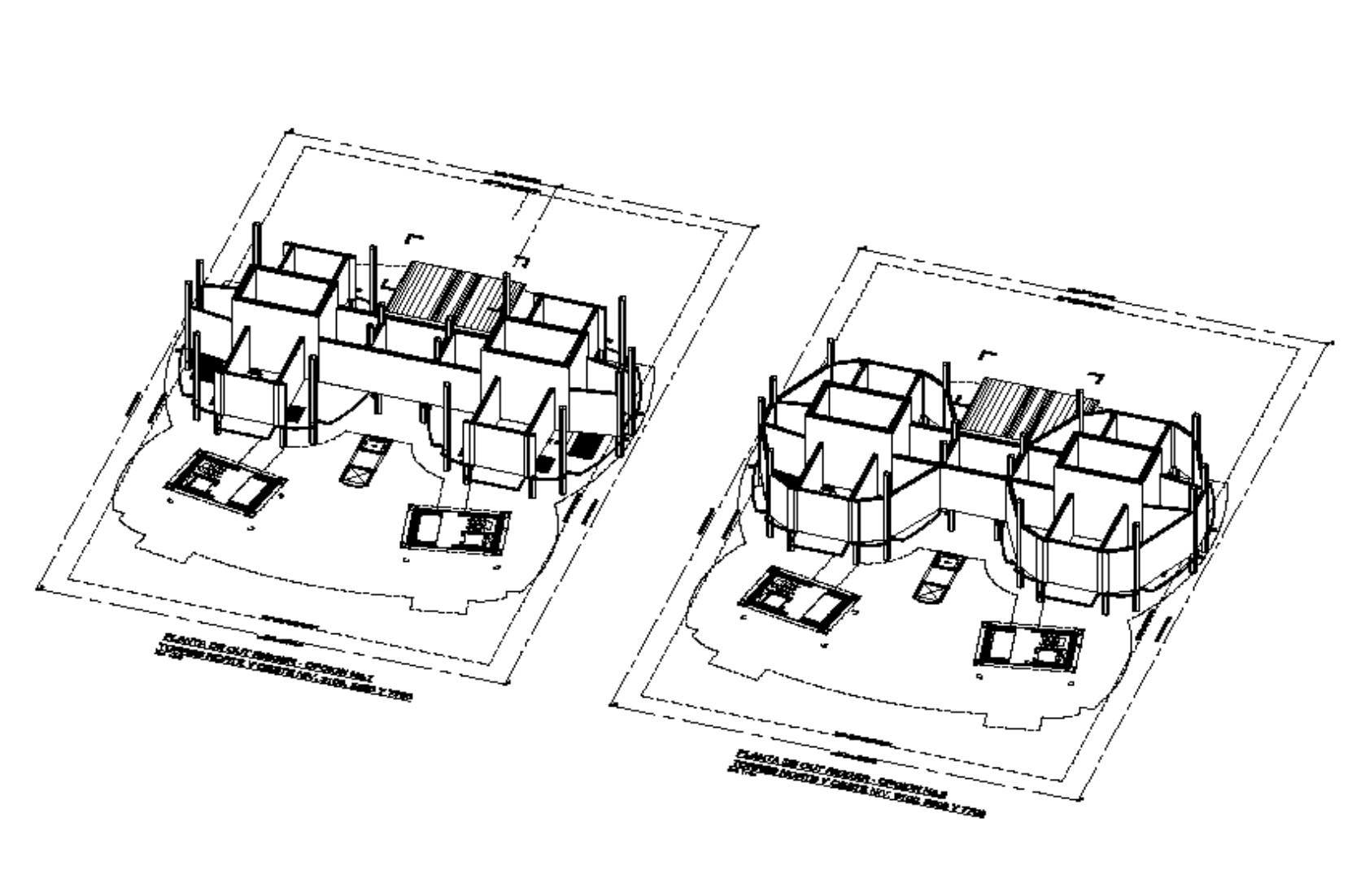
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

VIENTO

ASCE-7-95

Clasificación del sitio :
Categoría de Exposición:
Factor de Importancia:

Categoría III
Tipo D
1.15

Derivas:

H/360 – H/400

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

SISMO

ASCE-7-95

Clasificación del Edificio :

III

Categoría de Desempeño

C

Clasificación del Sitio:

Tipo C

Factor de Modificación de Respuesta, R

5.5

Control de Derivas:

0.015h

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

- ◆ AREA CONSTRUIDA: 265.000 m²
- ◆ VOLUMEN DE CONCRETO: 130.000 m³
- ◆ ACERO DE REFUERZO 19.500 ton
- ◆ CABLE DE TENSIONAMIENTO: 5.000.000 pies

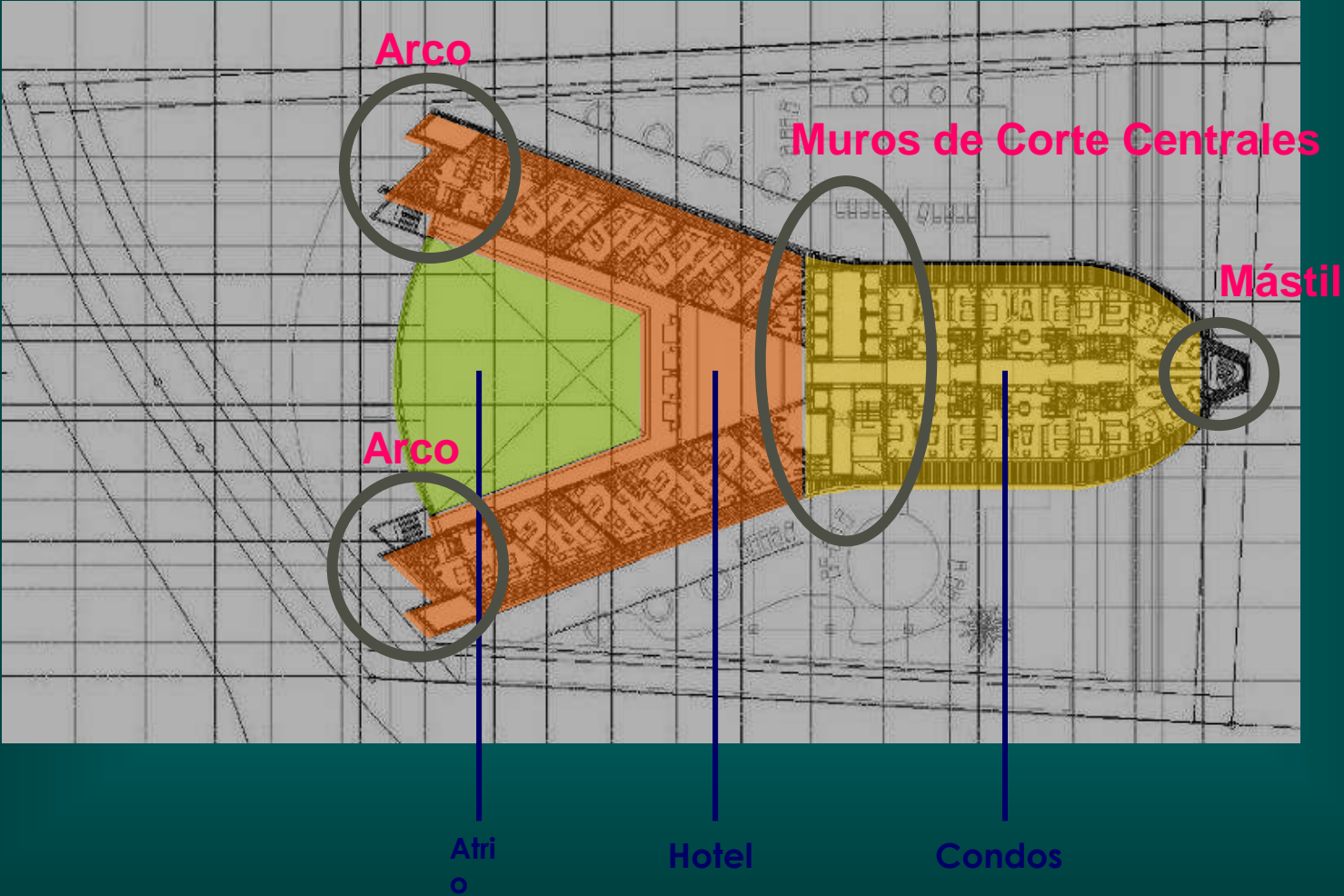
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



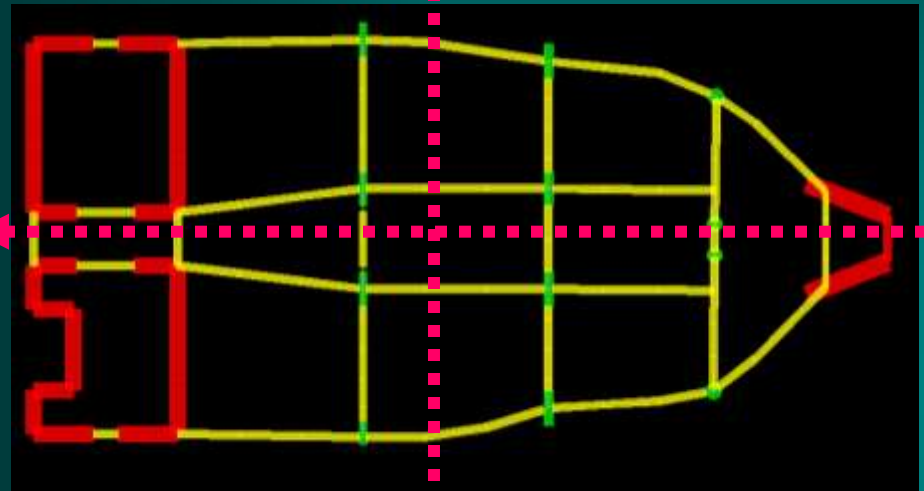
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

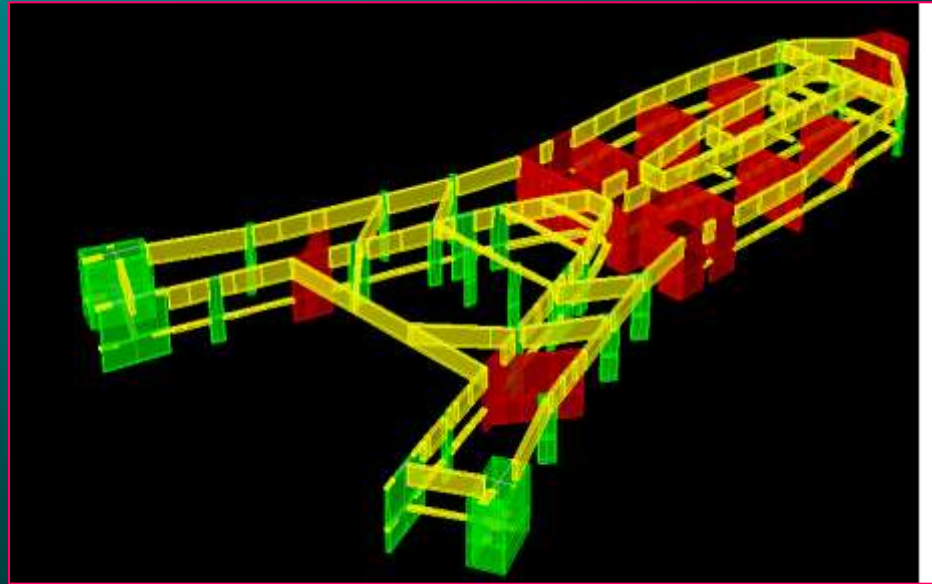


Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

“Muros de Corte Acoplados”



“Muro de Corte + Outrigger”

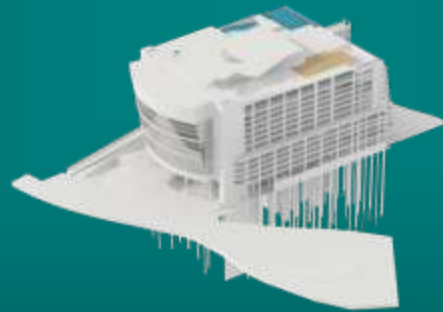


Sistema Lateral

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

TRUMP
OCEAN CLUB



Podium + Pilas

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

TRUMP
OCEAN CLUB



Muros de Corte Acoplados
Núcleo de Elevadores

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

TRUMP
OCEAN CLUB



Mastil en Extremo Sureste

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

TRUMP
OCEAN CLUB



Costillas Curvas de Amarre de Núcleo a
Mastil

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

TRUMP
OCEAN CLUB



“Outriggers” en Tres Alturas

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

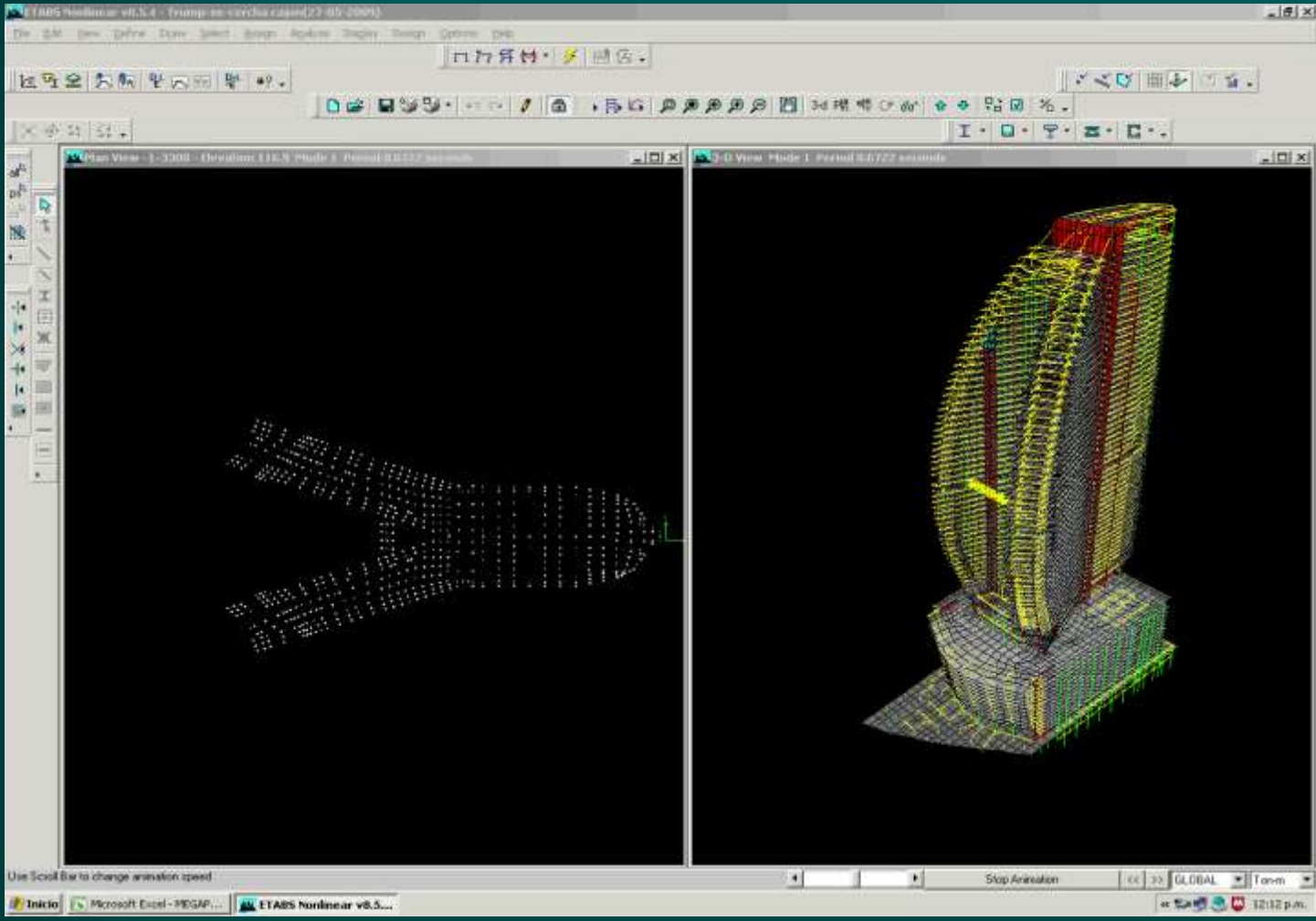
TRUMP
OCEAN CLUB



Losas de Piso
postensadas

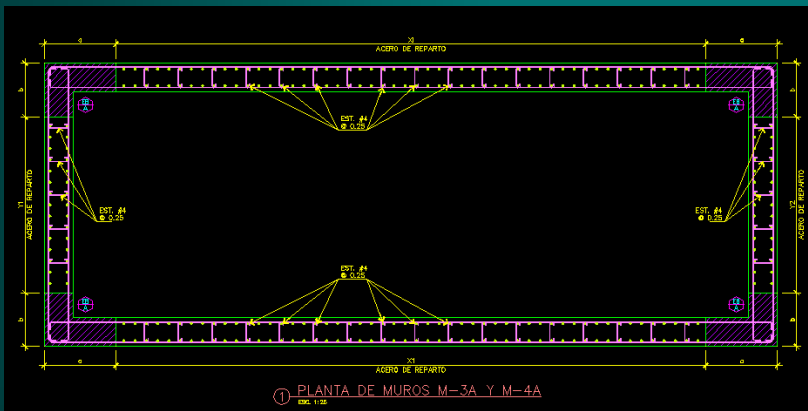
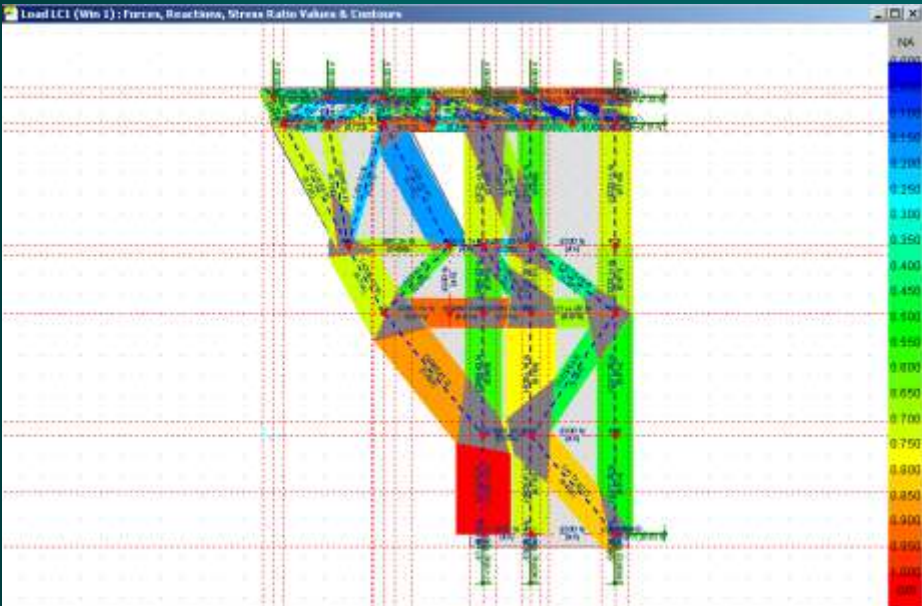
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



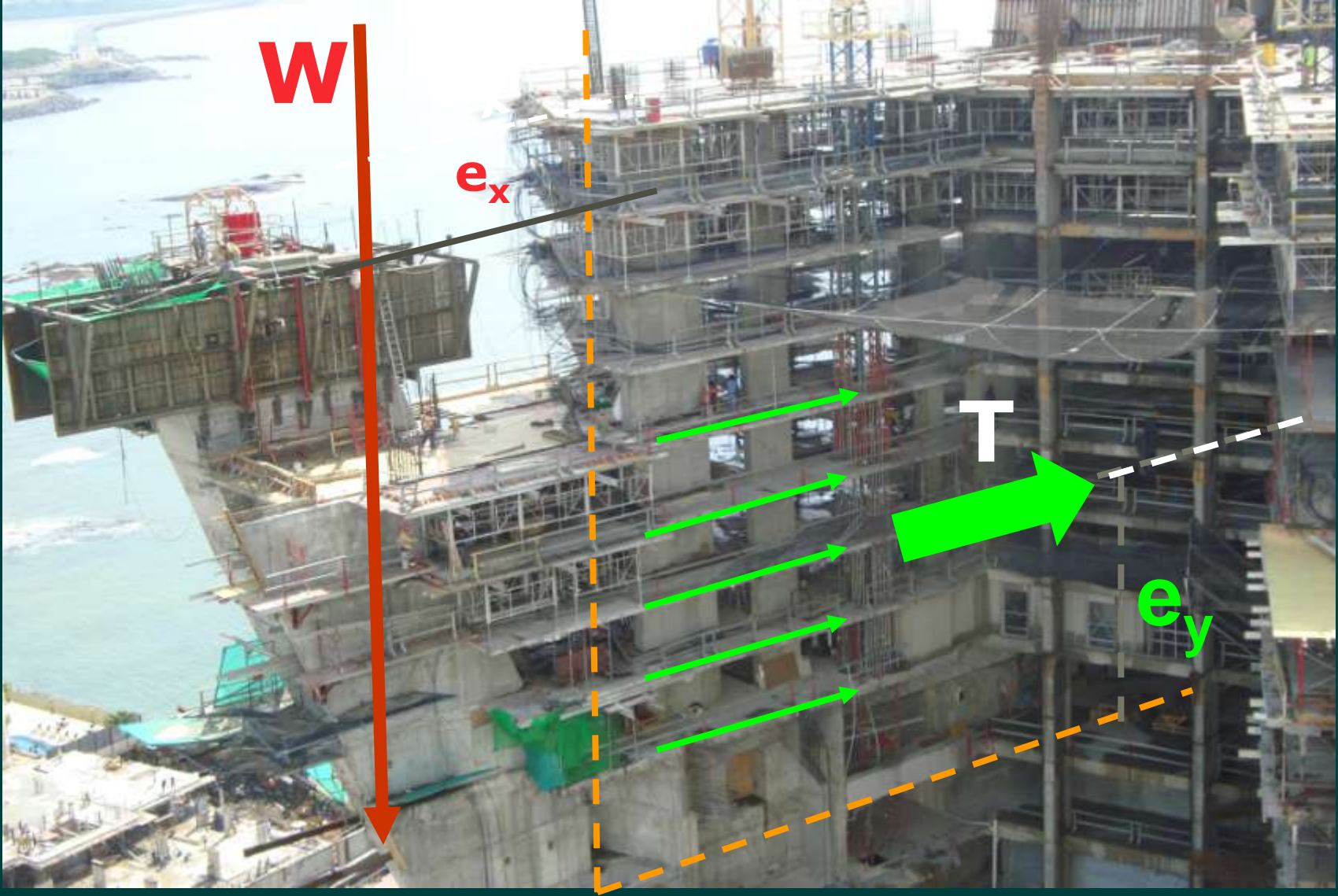
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



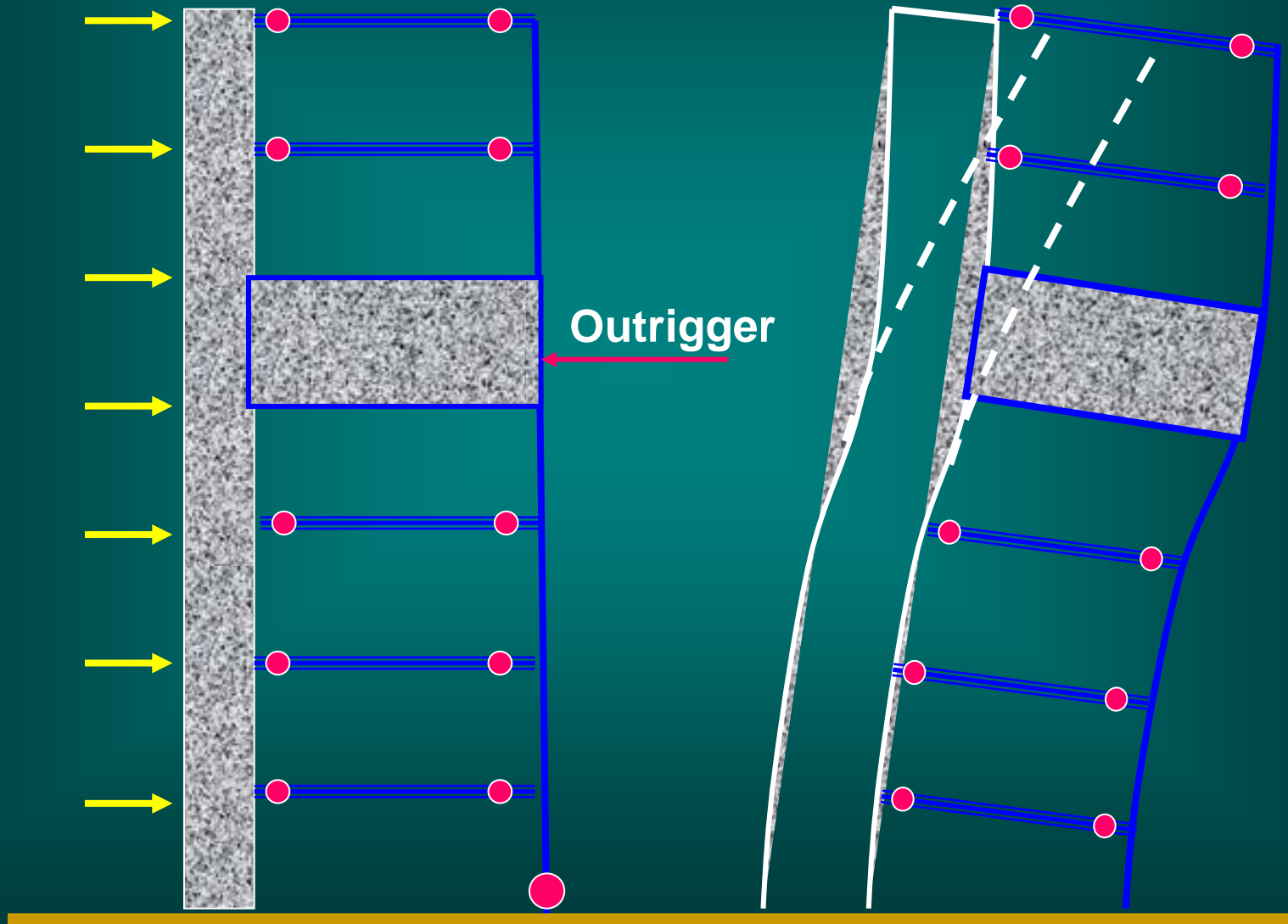
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

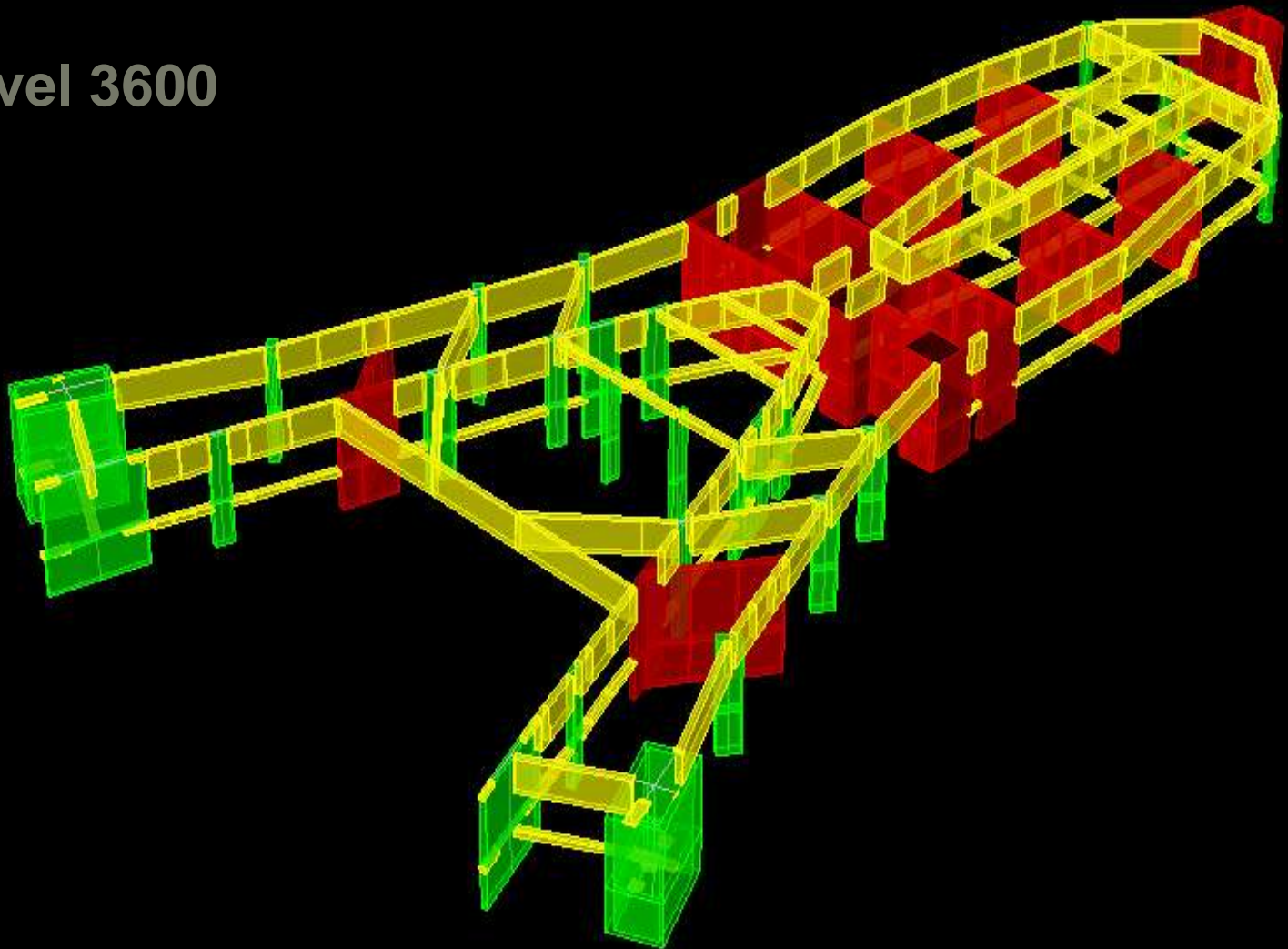
Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

Nivel 3600



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

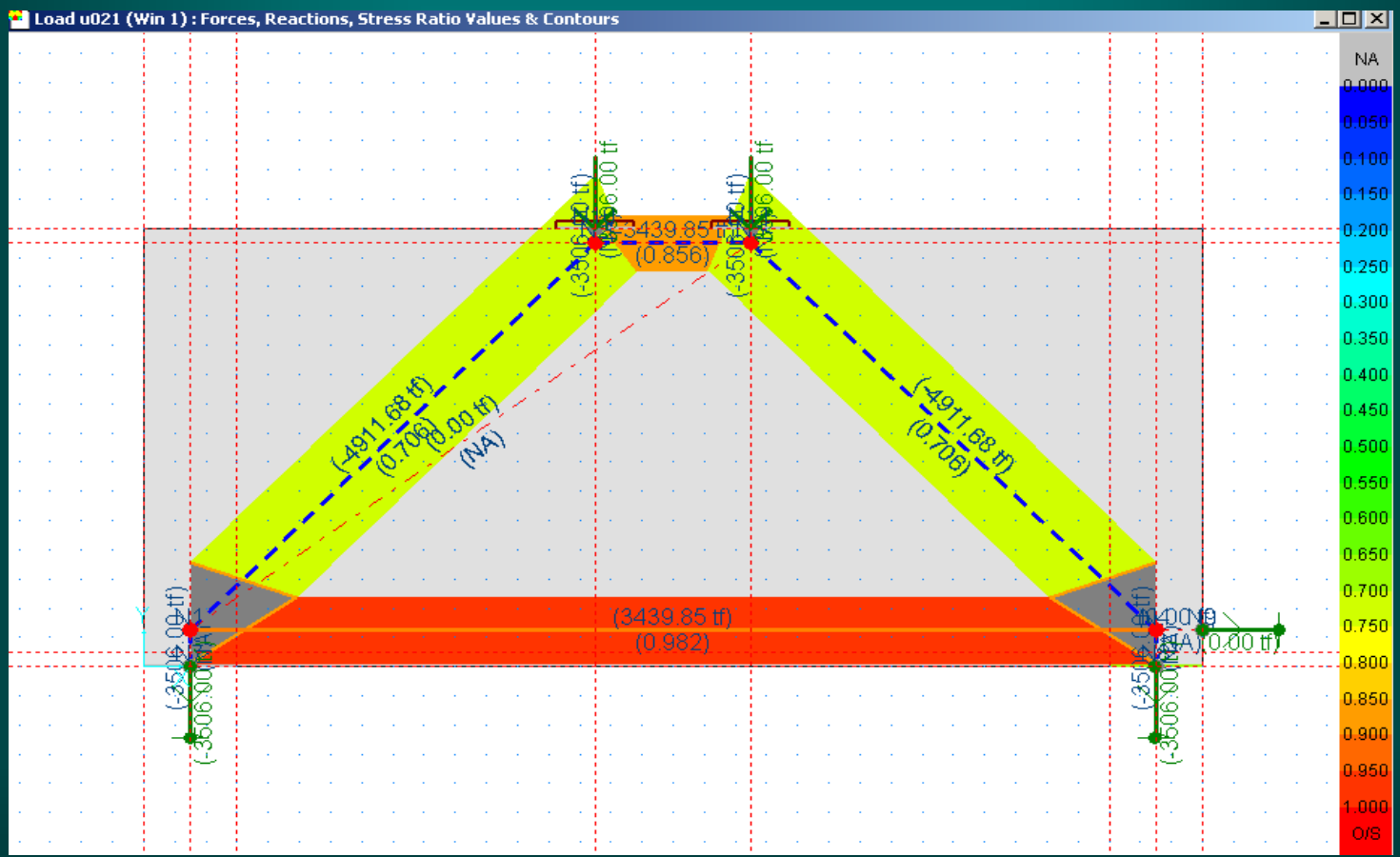
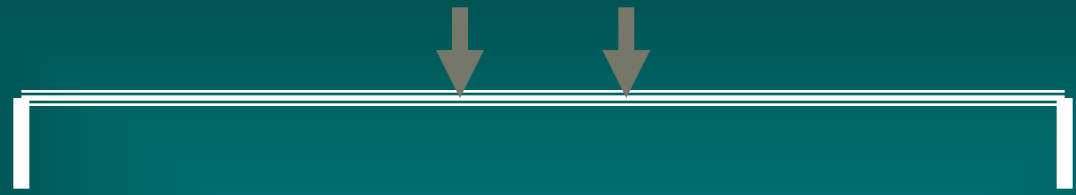


Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama



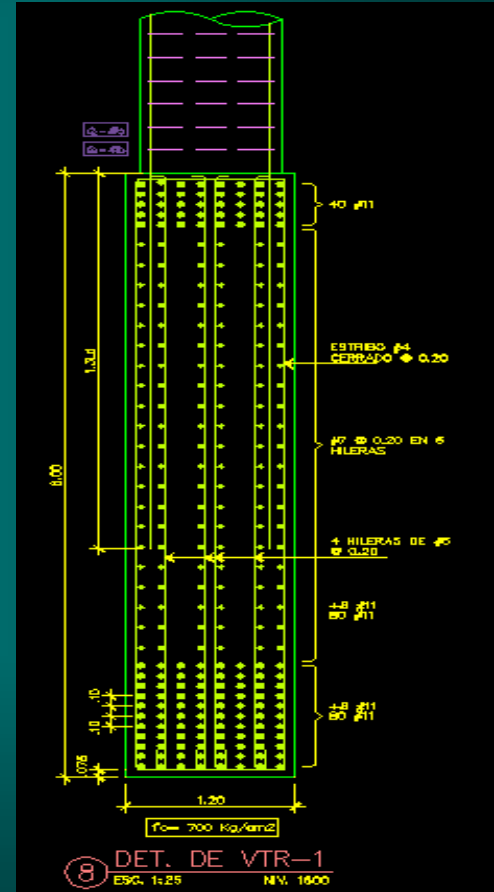
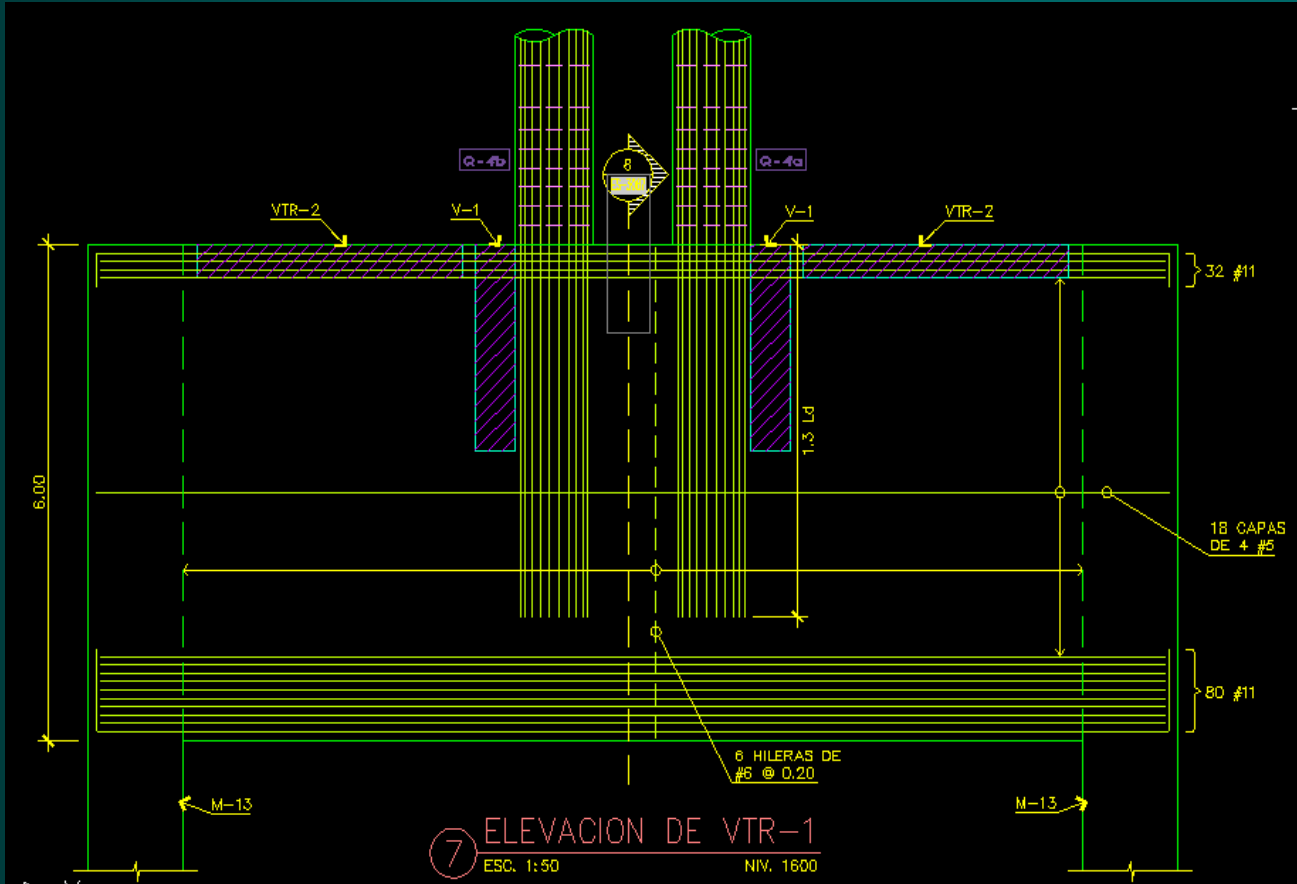
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



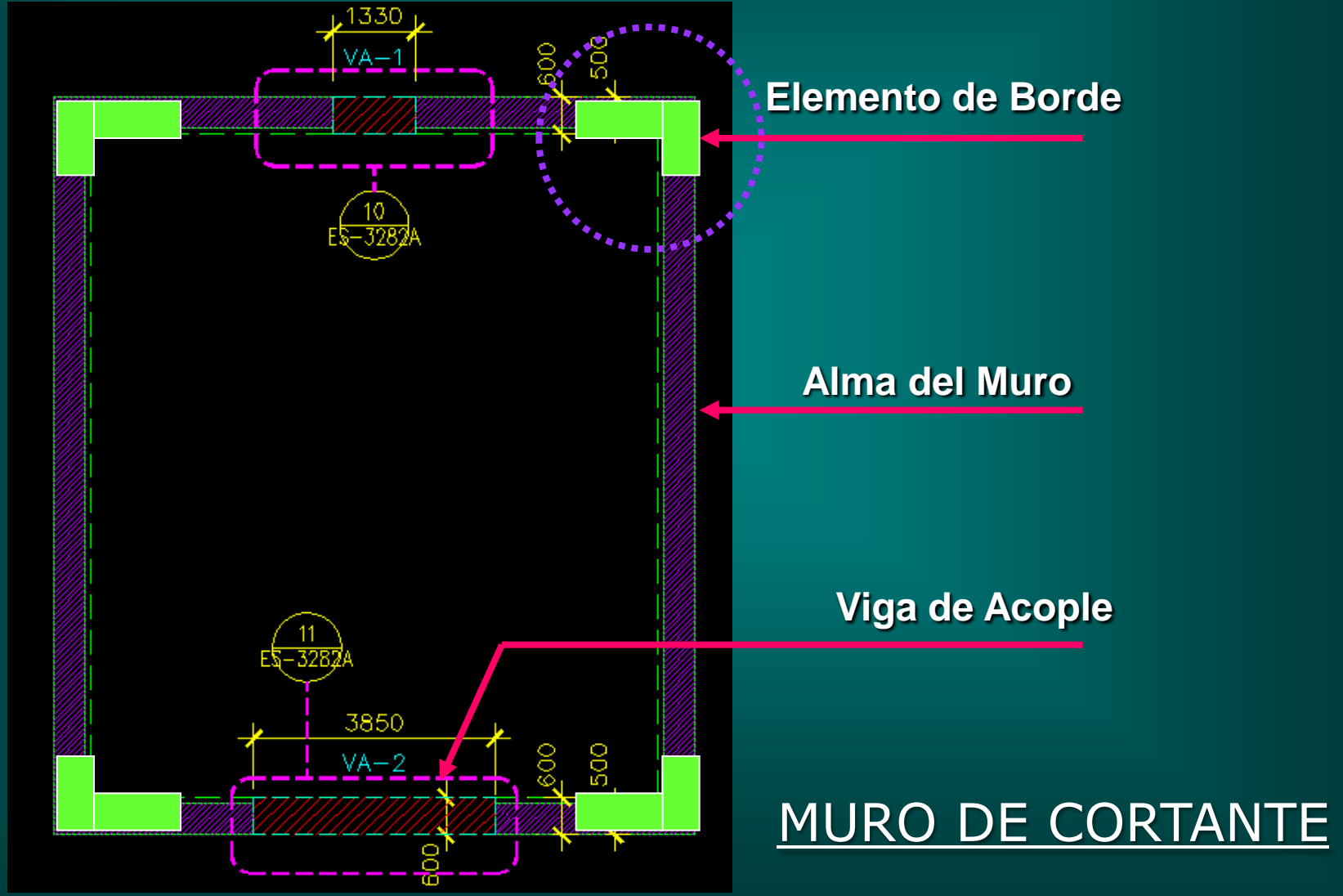
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



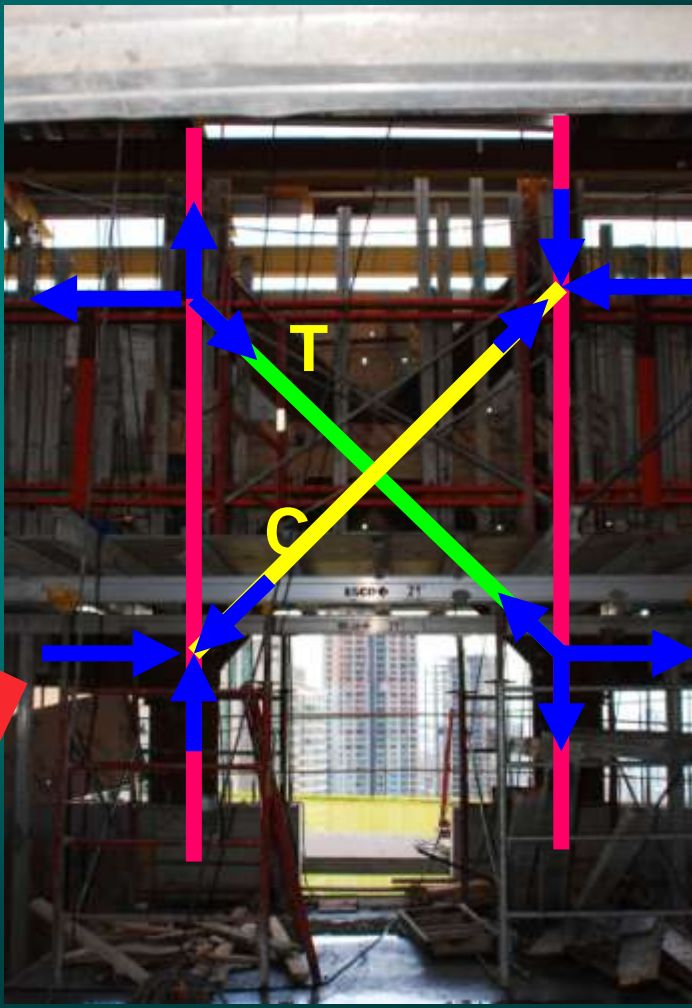
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



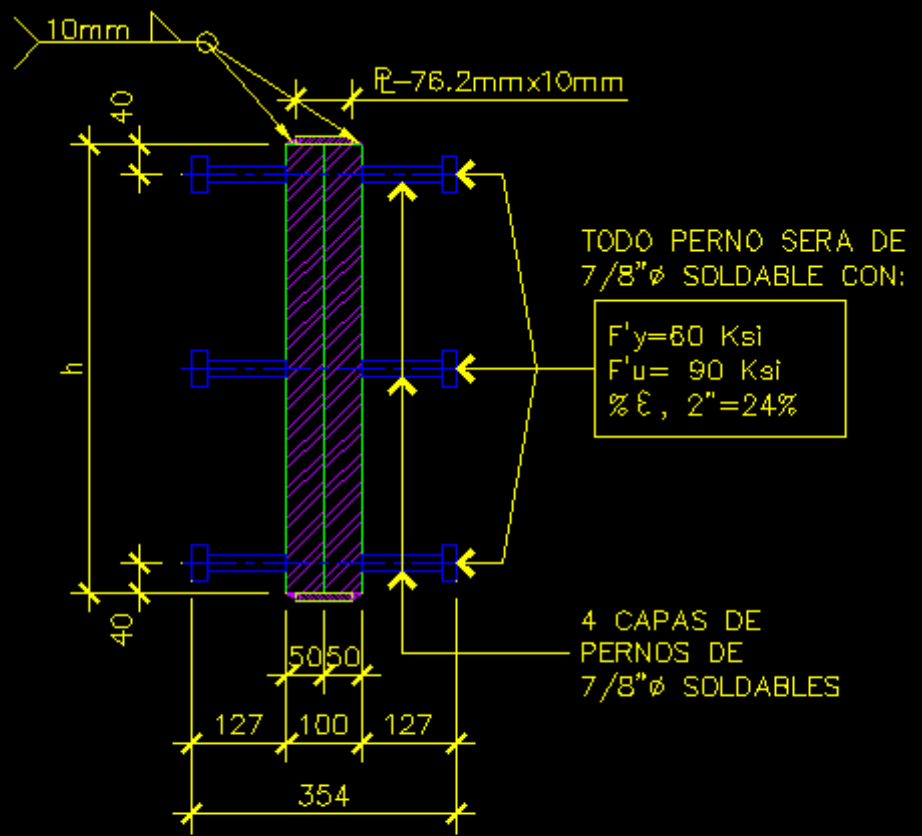
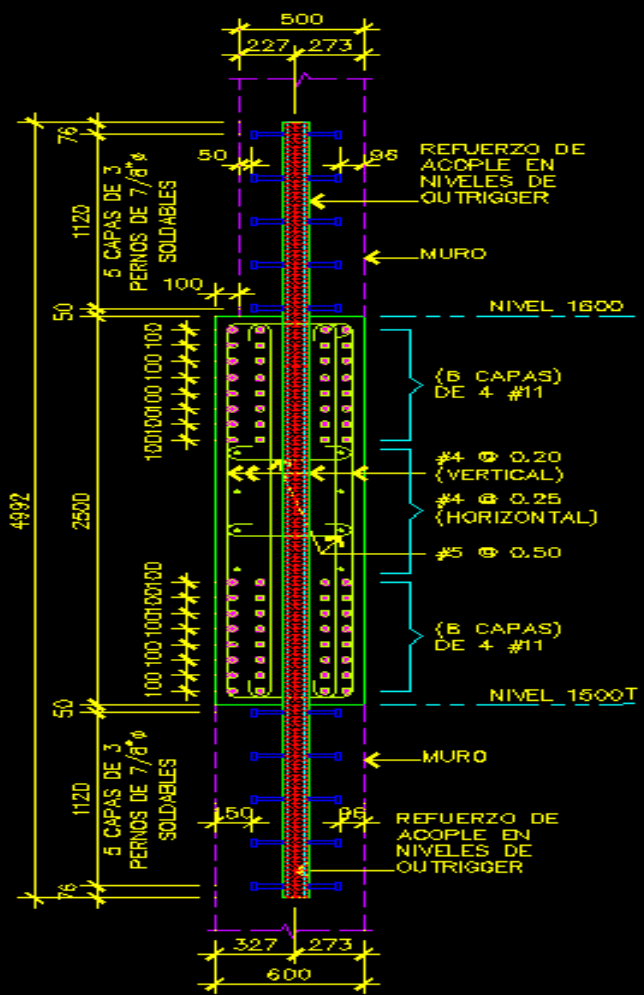
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



REFUERZO DE ACOPLE
EN NIV. DE OUTRIGGER

8

ESC. 1:10 ELEMENTO DE 600mm ϕ 400mm

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



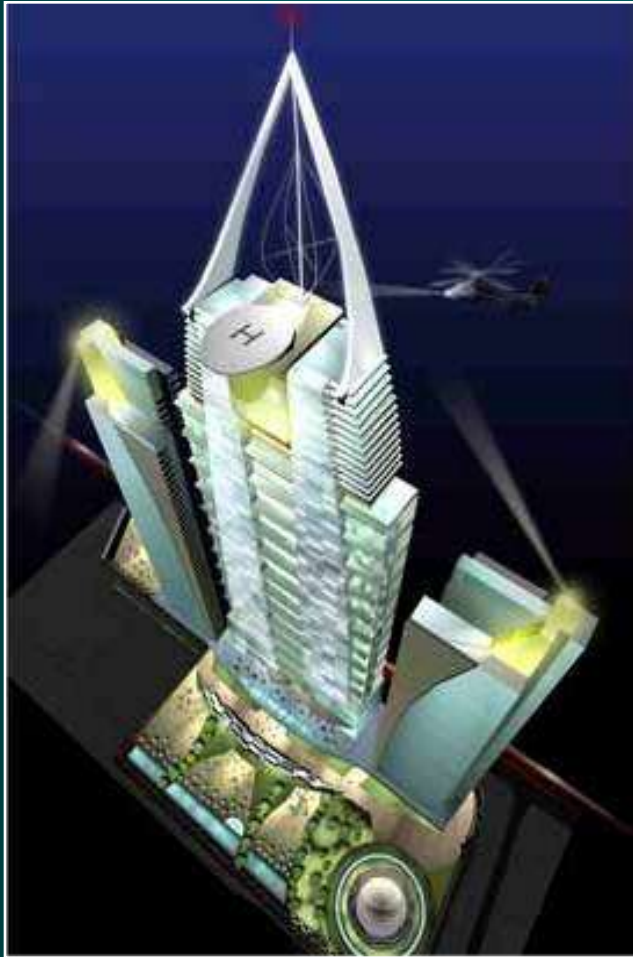
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

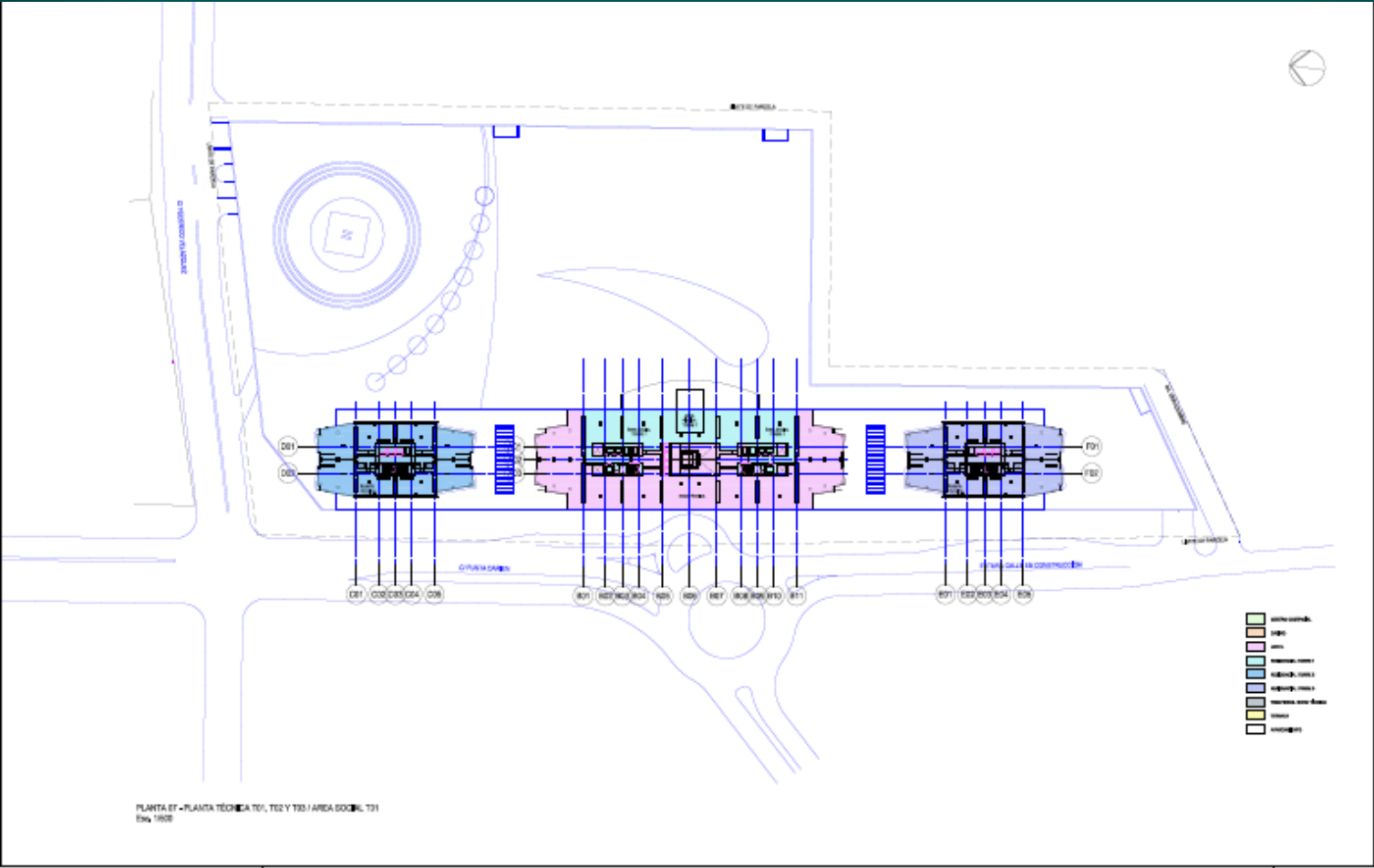
Sistema Lateral



Los Faros de Panama

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

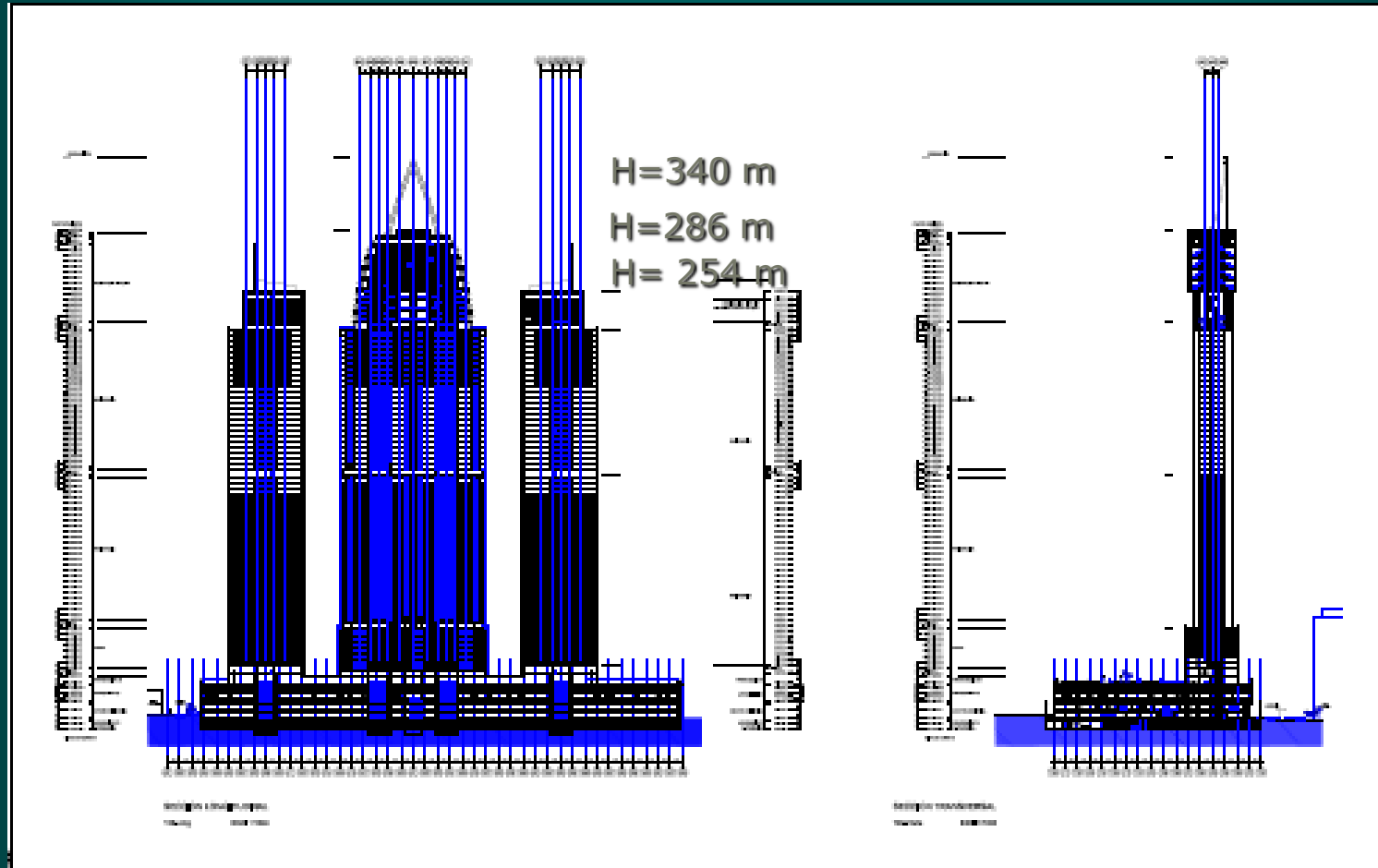
Sistema Lateral



Los Faros de Panama

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Los Faros de Panama

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

Cimentación

Losa de Cimentación – “Mat”

Zapatas

Muros de Reten – Tipo Pantalla

Sistema de Gravedad

Placas Postensadas de Piso

Columnas de Concreto Reforzado

Muros de Carga

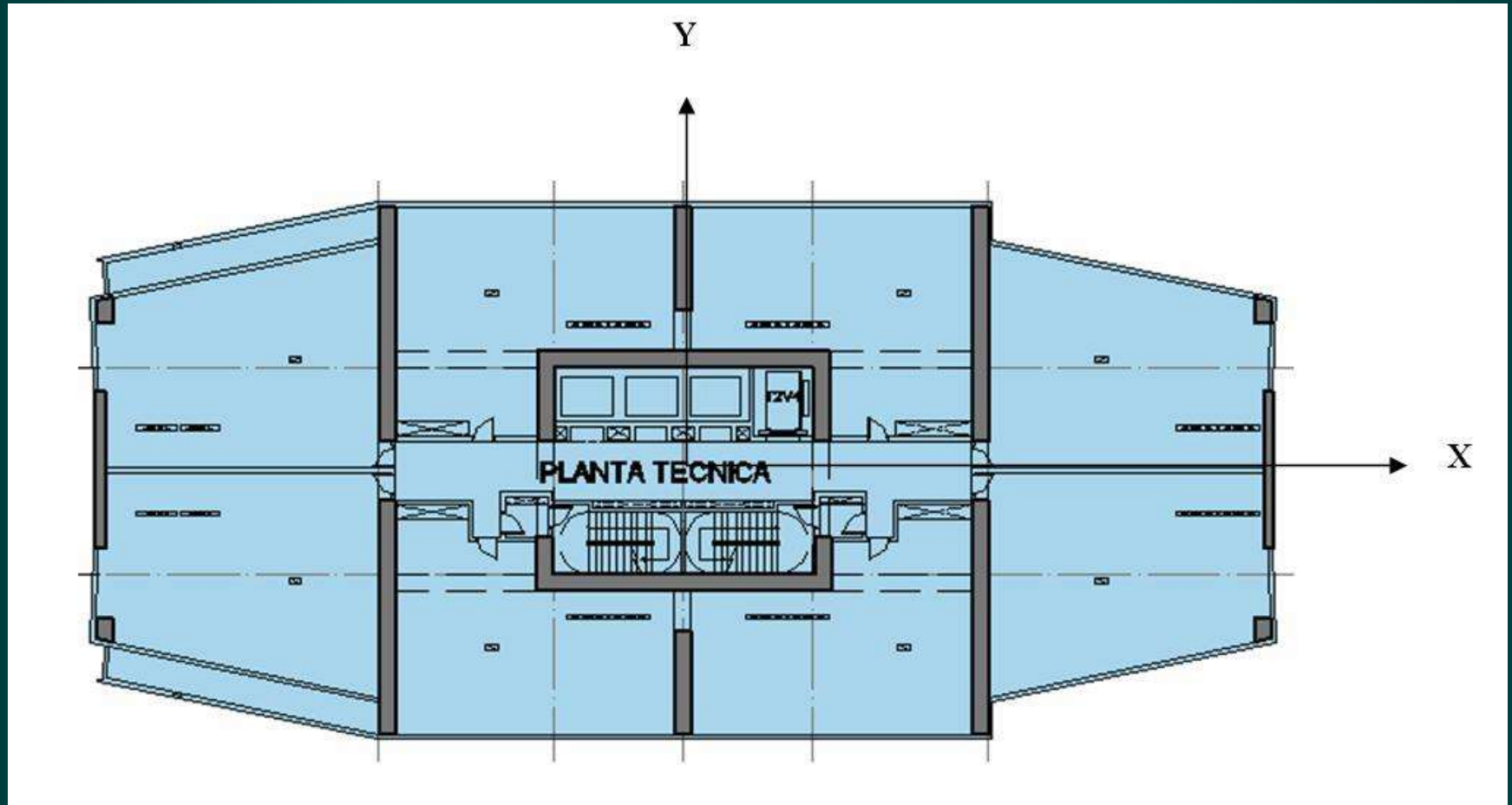
Sistema Lateral

Muros de Corte Acoplados

Amortiguamiento pasivo

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

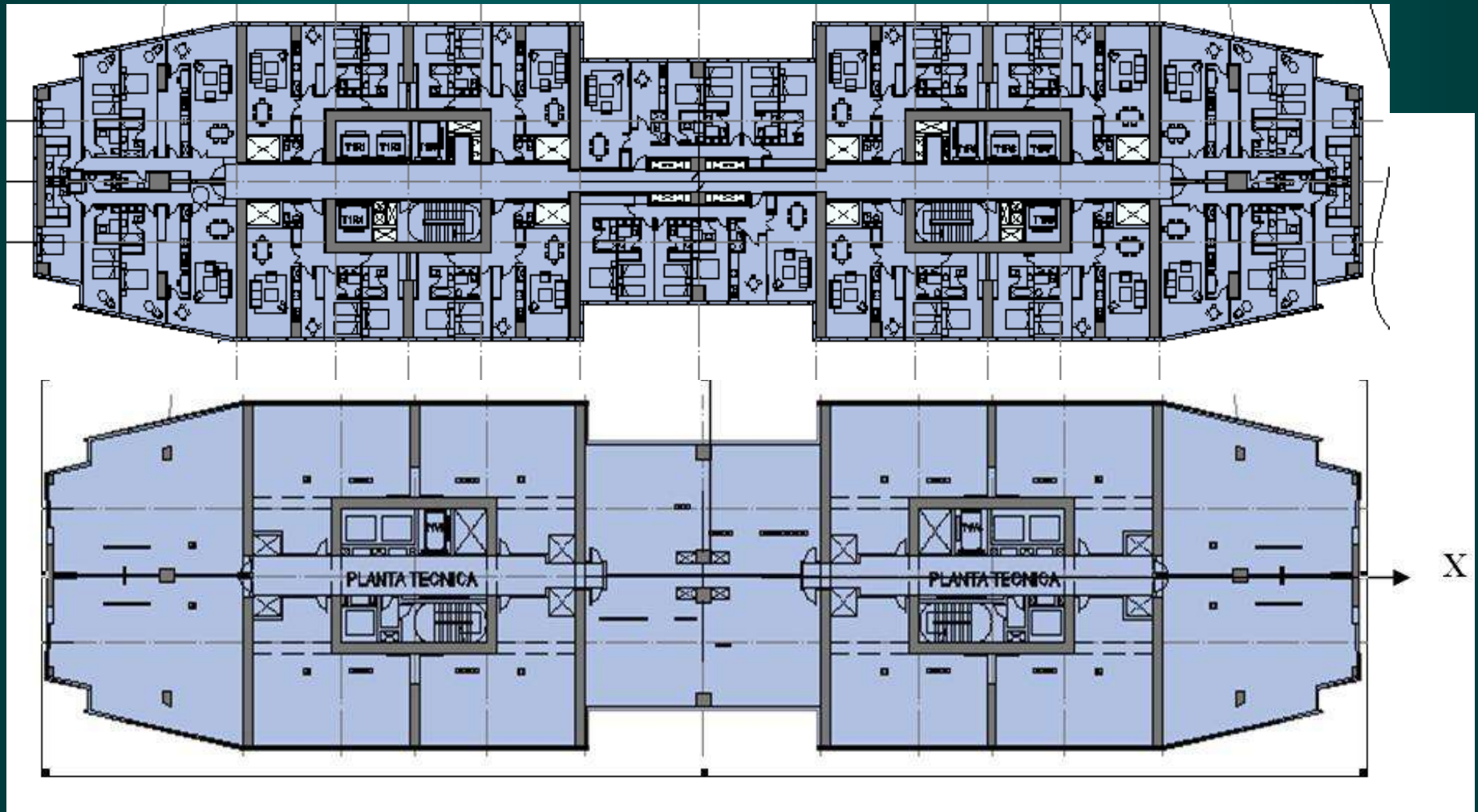
Sistema Lateral



Los Faros de Panama

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

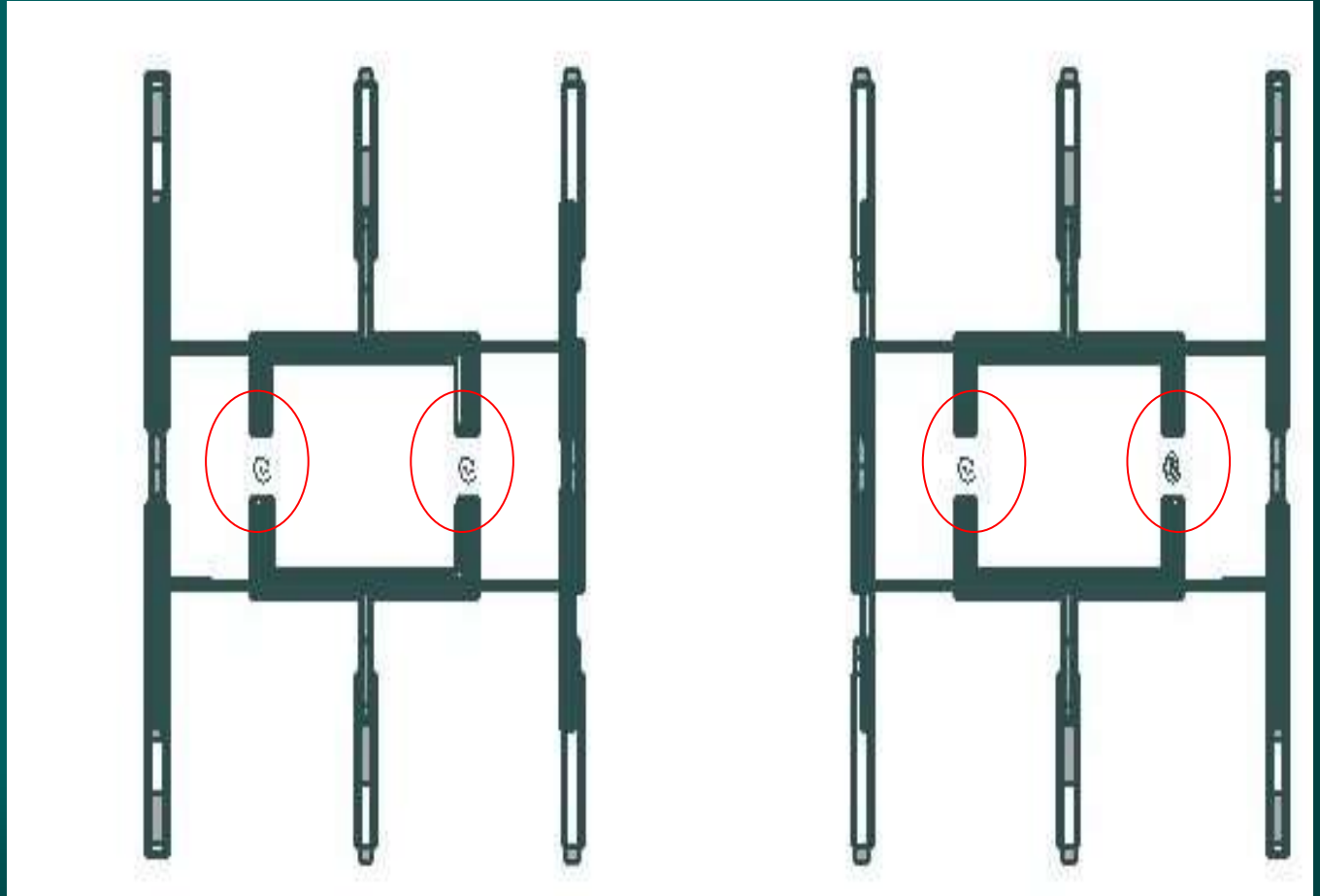
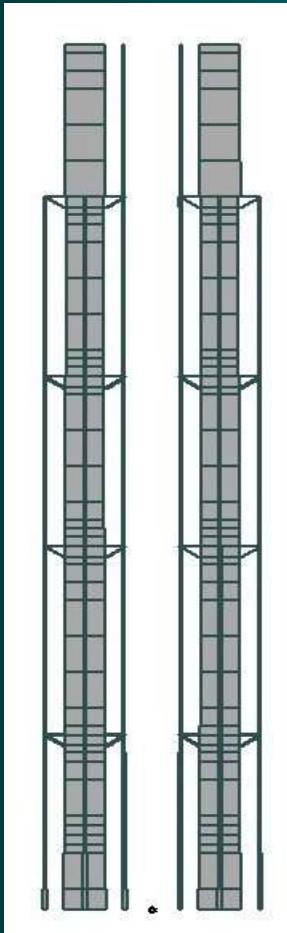
Sistema Lateral



Los Faros de Panama

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Los Faros de Panama

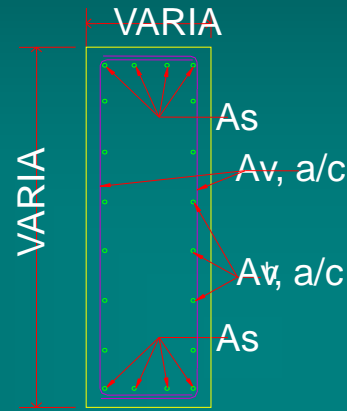
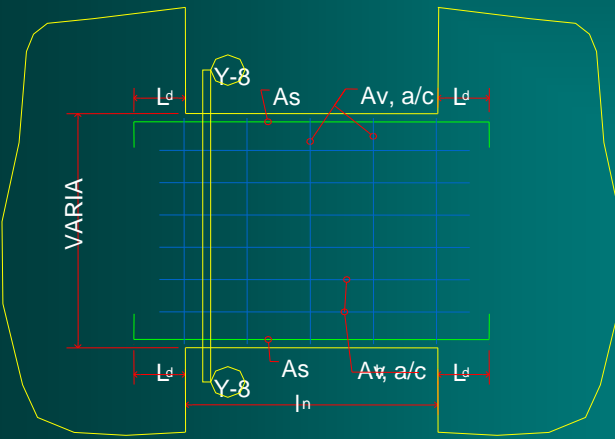
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

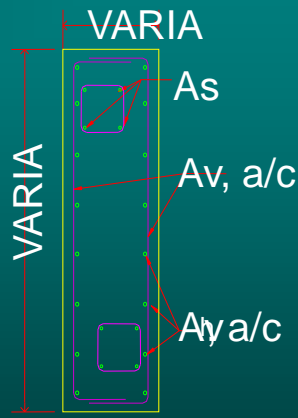
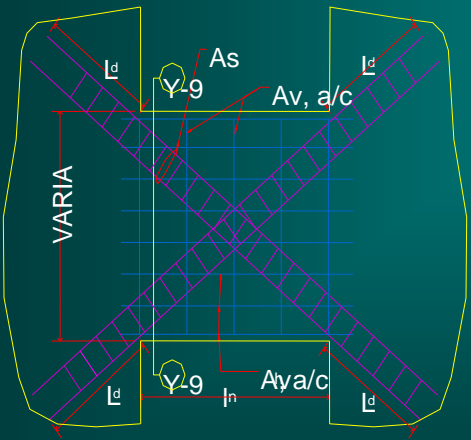
<u>Concretos</u>		<u>Pisos</u>	<u>Espesor de Muros</u> (mm)
Columnas	$f'_c: 420 - 630 \text{ kg/cm}^2$	51-arriba	300
Muros	$f'_c: 350 - 560 \text{ kg/cm}^2$	33-50	450
Vigas y Losas	$f'_c: 281 - 350 \text{ kg/cm}^2$	14-32	600
Losas Sobre Suelo	$f'_c: 210 \text{ kg/cm}^2$	7-13	750
Losas de Cimentación	$f'_c: 281 - 350 \text{ kg/cm}^2$	2-6	750
Concreto de Trabajo	$f'_c: 105 \text{ kg/cm}^2$	0-1	1000
		-1 -2	1250

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



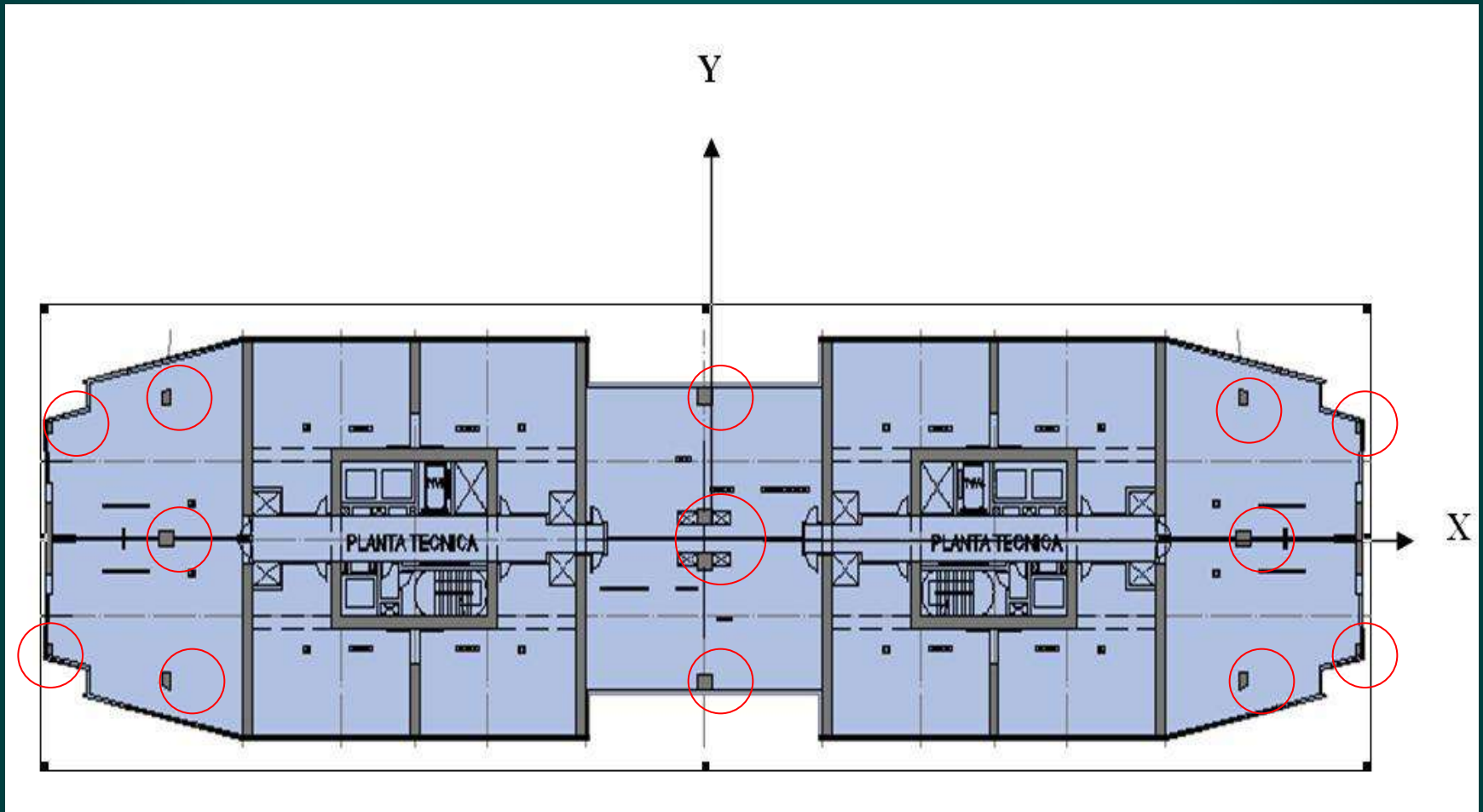
Elementos de Borde



Vigas de Acople

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

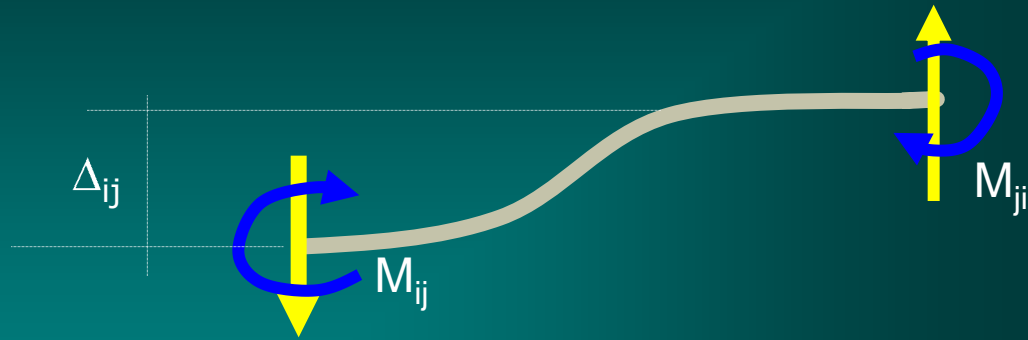
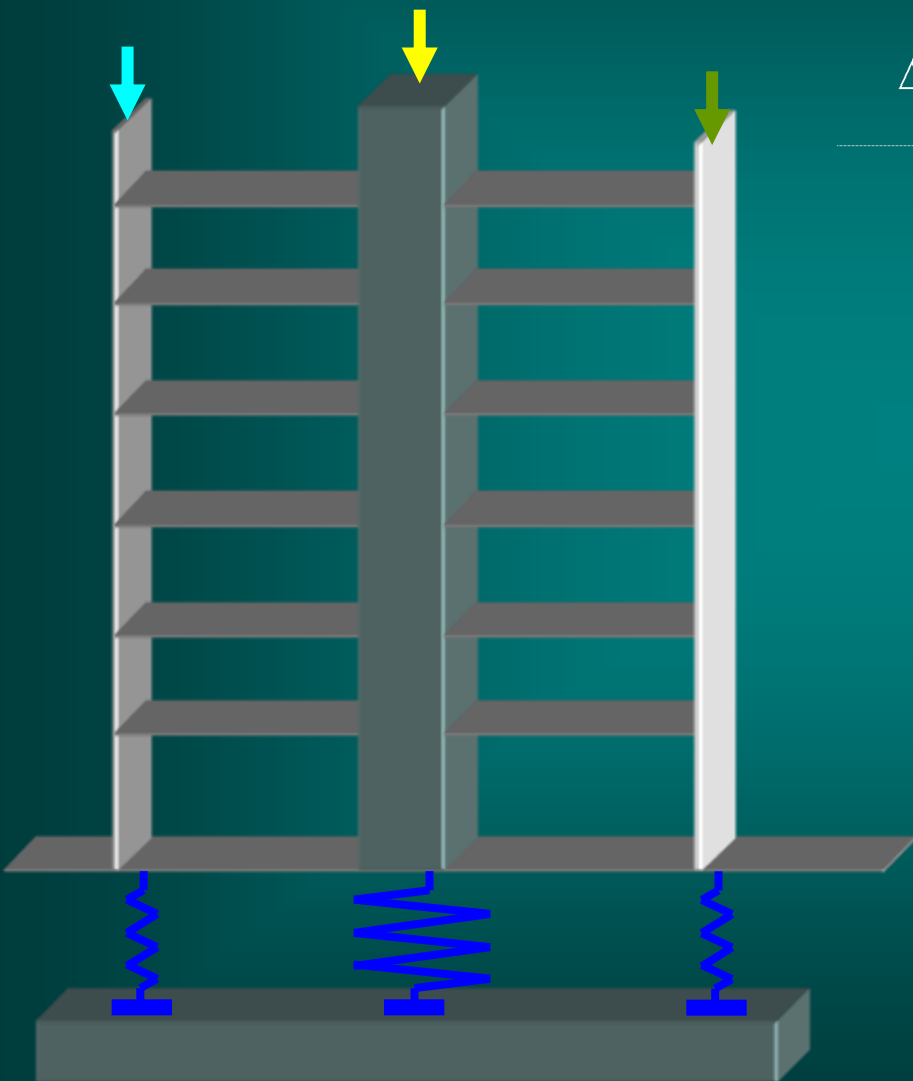
Sistema Lateral



Los Faros de Panama

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



Acortamiento Axial Diferencial

1. Acortamiento de columnas
2. Asentamiento de cimentación

Acortamiento Elástico – Inmediato

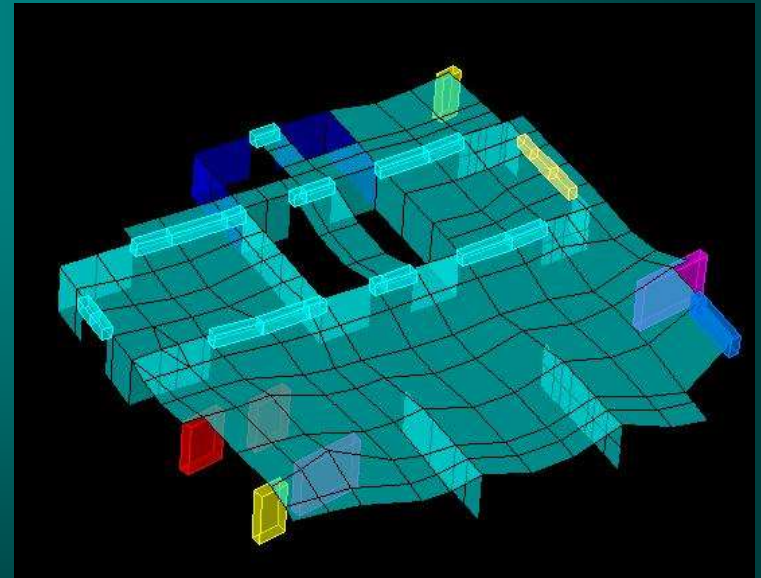
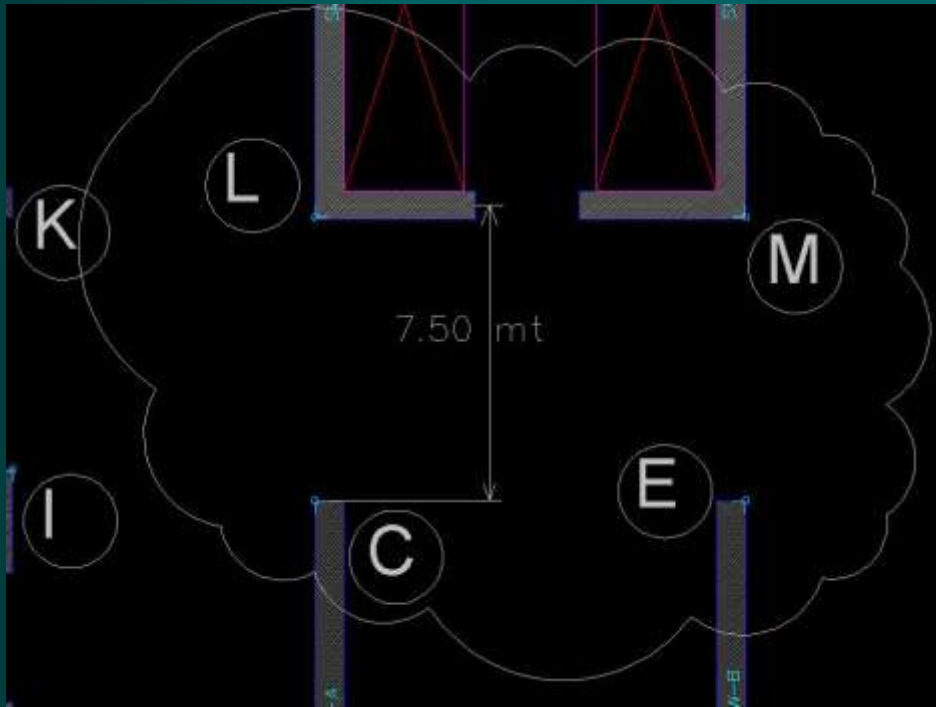
Flujo Plástico

Compensación por Carga Incremental de Construcción?

Objetivo del diseño
 $\epsilon_z = \text{Constante}$

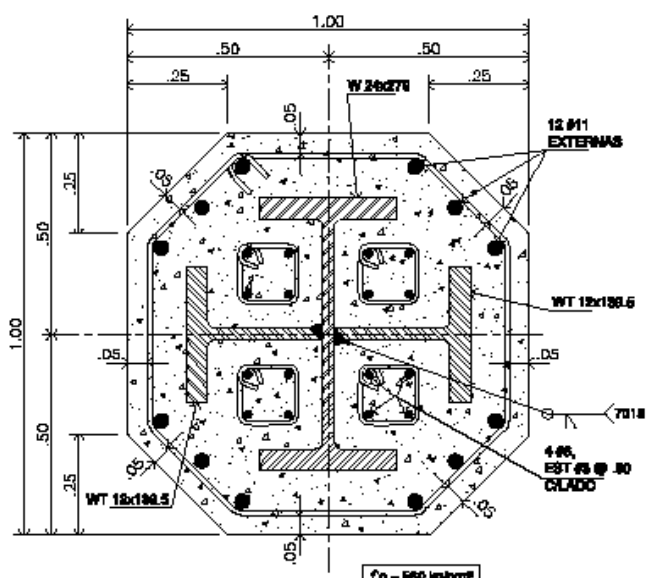
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral

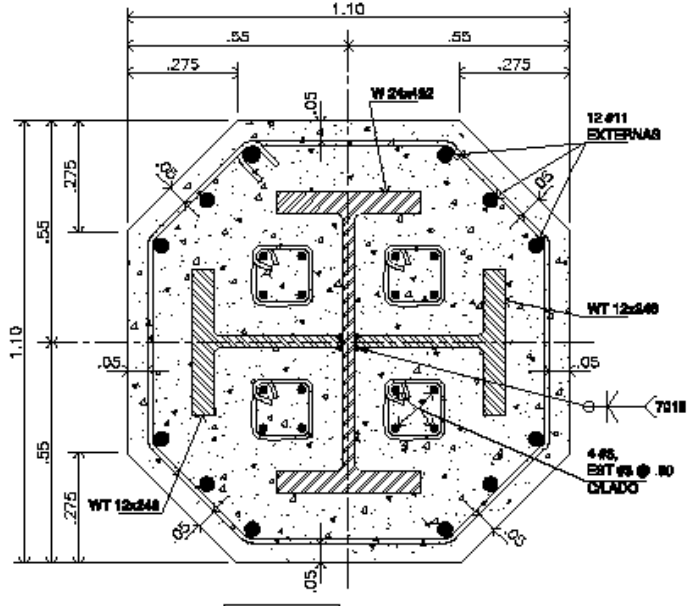


Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema Lateral



DET. DE COL. 1 @ 12
ESC. 1:10

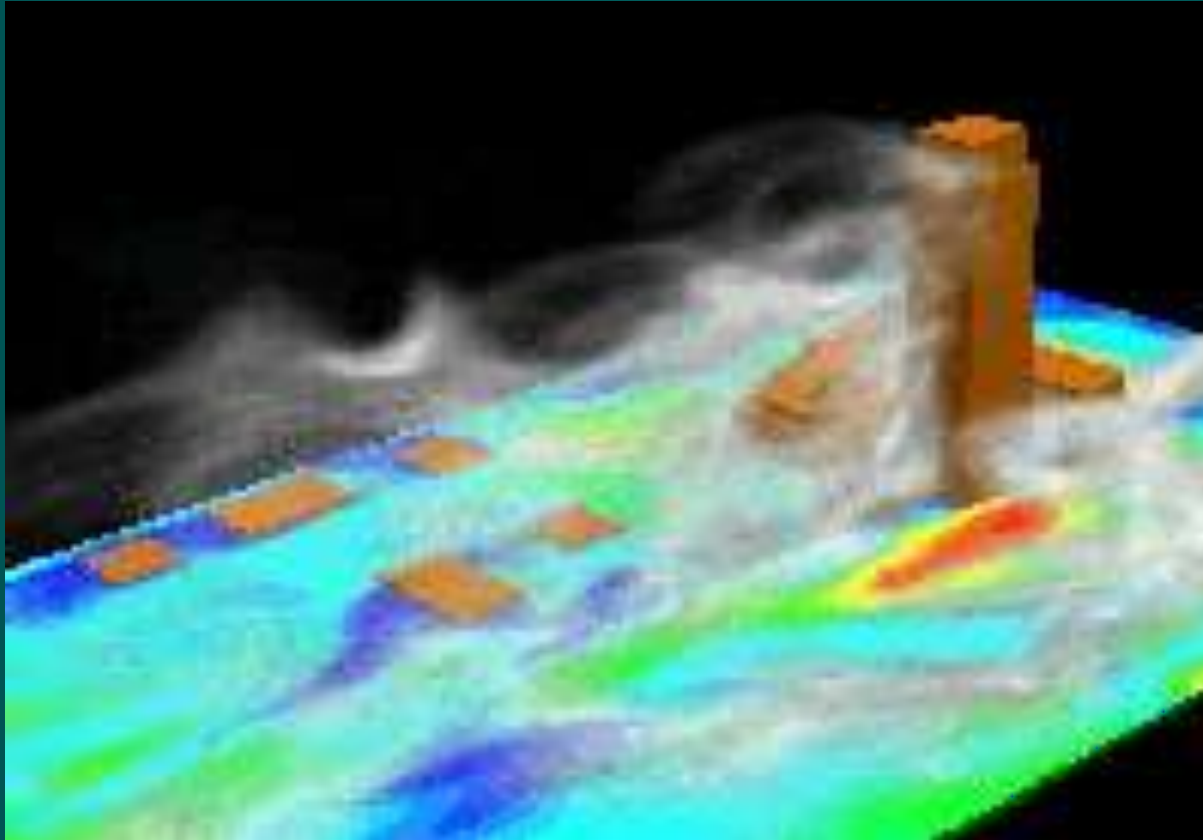


**DET. DE COL. 17 @ 20,
29 @ 32**
ESC. 1:10

5. Ensayos de Túnel de Viento y Nuevas Tecnologías

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Ensayos Túnel de Viento



magnitud y distribución de presiones, direccionalidad, aceleraciones, velocidades torsionales, desplazamientos, amortiguamiento, optimización

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Ensayos Túnel de Viento



REP-04

$V = 115 \text{ km/hr}$

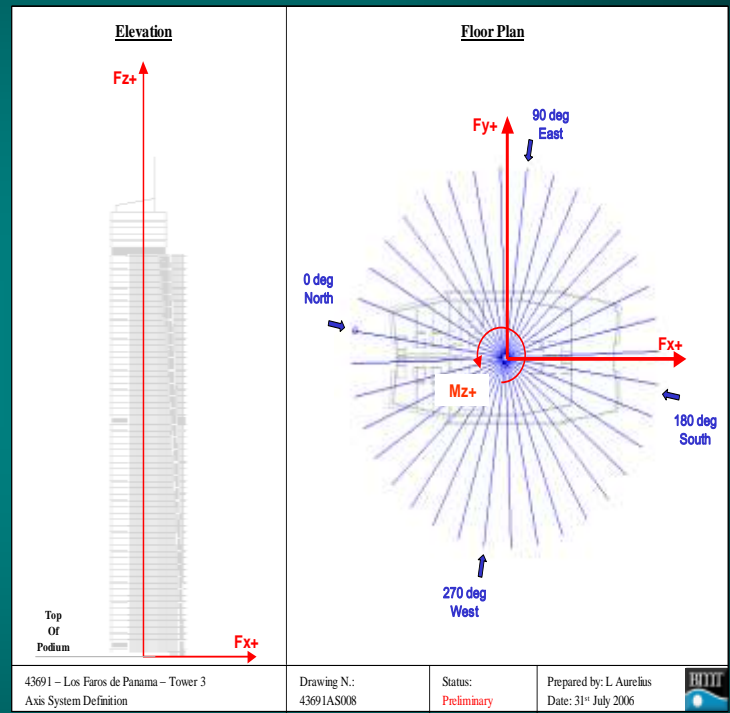
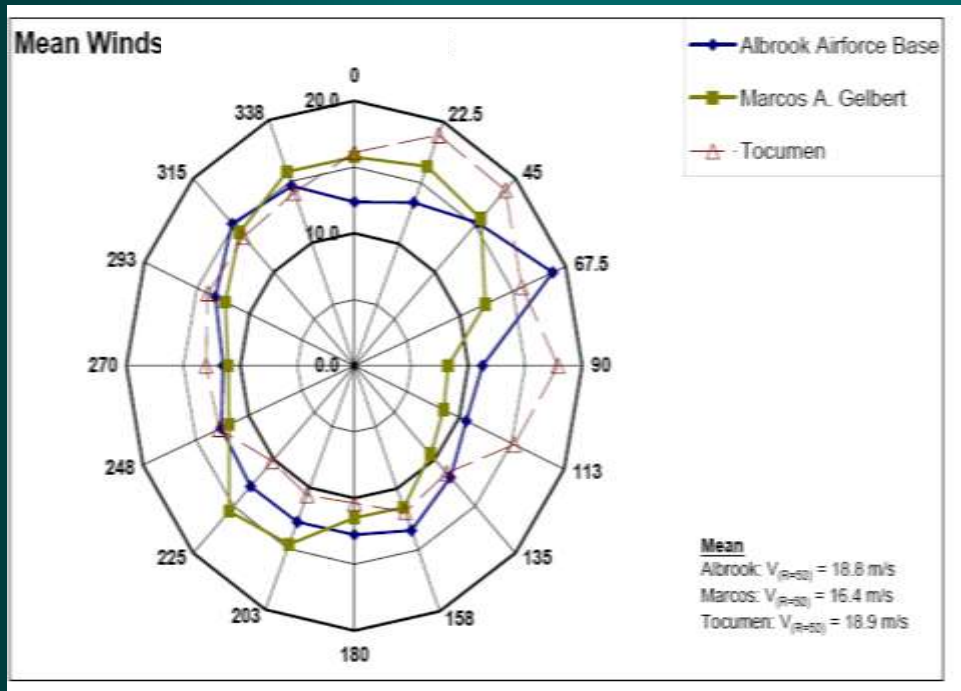
$V = 140 \text{ km/hr}$

Estudios Climatológicos

Estaciones en Aeropuertos
de Albrook, y Tocúmen

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

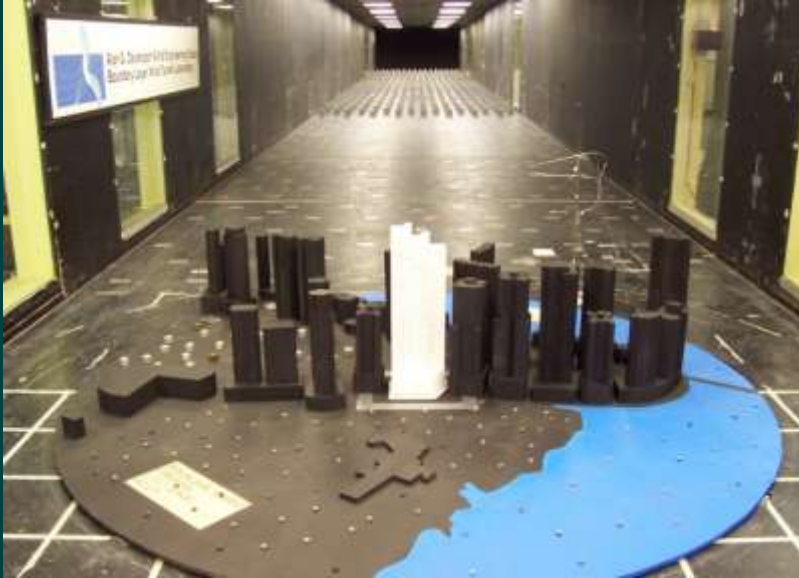
Ensayos Túnel de Viento



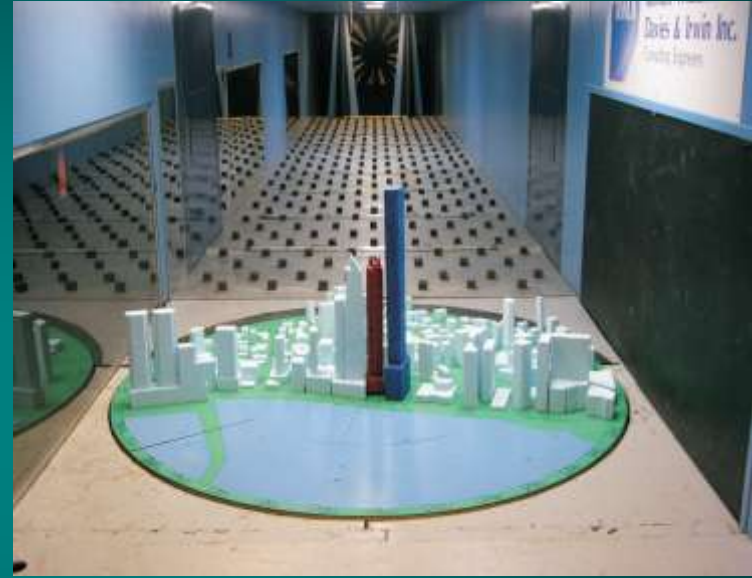
Estudios de Direccionalidad del Viento

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Ensayos Túnel de Viento



Aqualina



Waters

Canadá:

Davenport, University of West Ontario
RWDI, West Ontario.

USA:

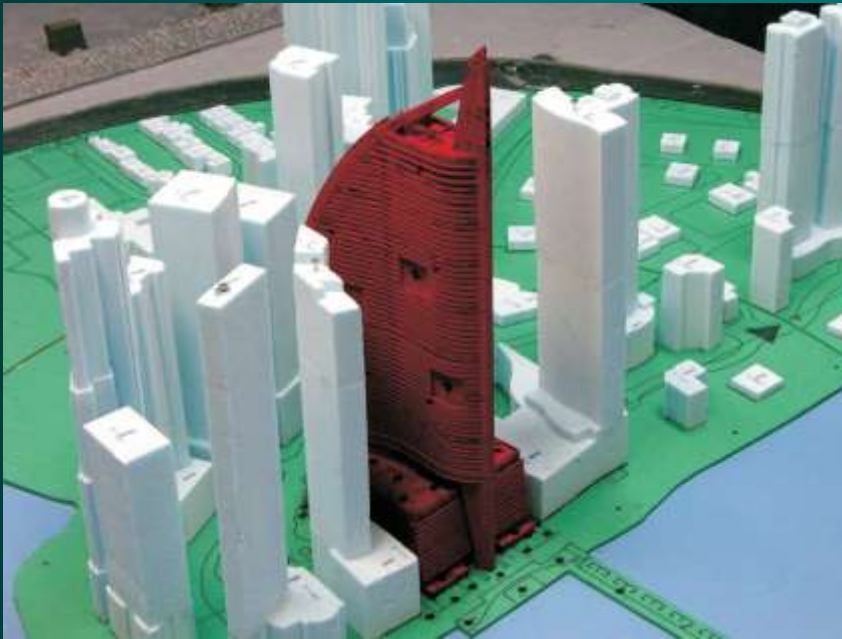
RWDI, Miami.
Forth Lincoln, Denver.

UK:

BMT, London.

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Ensayos Túnel de Viento



The Trump Ocean Club. Panama.
RWDI – West Ontario

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Ensayos Túnel de Viento

Periodo de retorno (años)	Aceleraciones pico total (Milli-g) ISO	Velocidades pico Torsional (milli-rad/sec) CTBUH
1	12.9 (2.4)	1.5 (0.47)
5	17.9 (3.84)	-
10	21.5 (por RWDI) (4.4)	3.0 (0.79)

The Trump Ocean Club. Panama.
RWDI – West Ontario

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Ensayos Túnel de Viento



Los Faros de Panama
Panama

Modelo a Escala 1:450

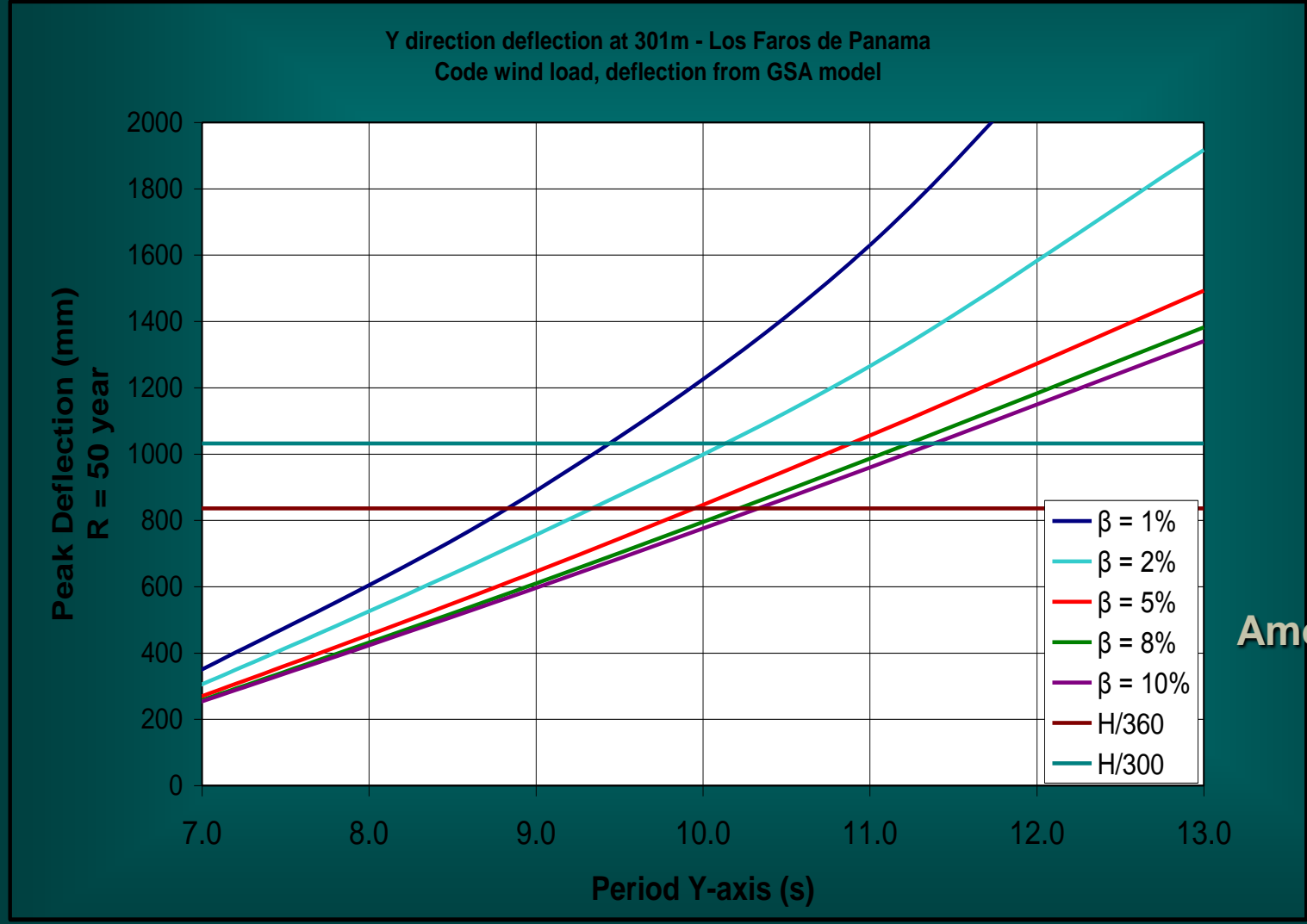
Prueba de Túnel de Viento

BMT - London



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Ensayos Túnel de Viento



Desplazamiento

Amortiguamiento

Periodo Fundamental

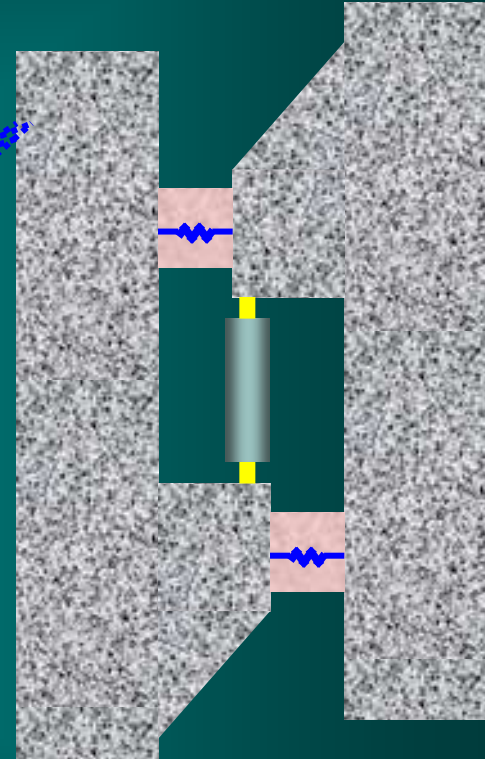
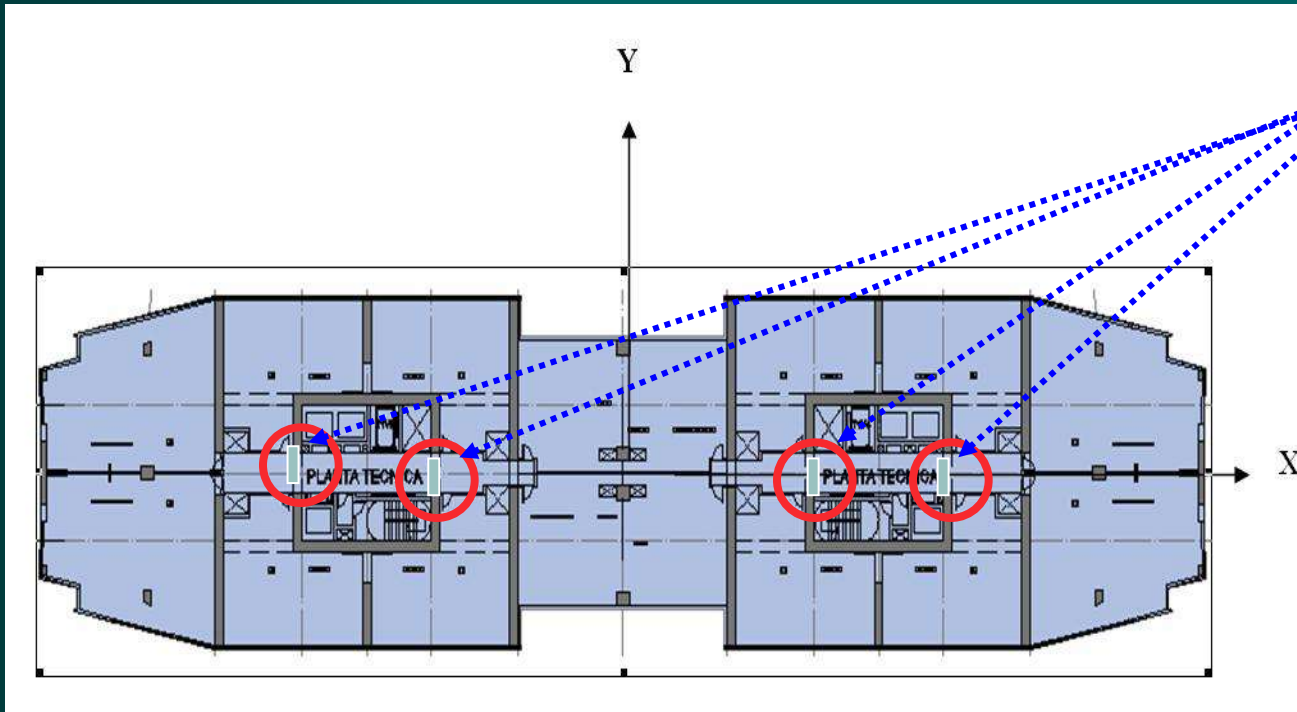
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Nuevas Tecnologías



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Nuevas Tecnologías



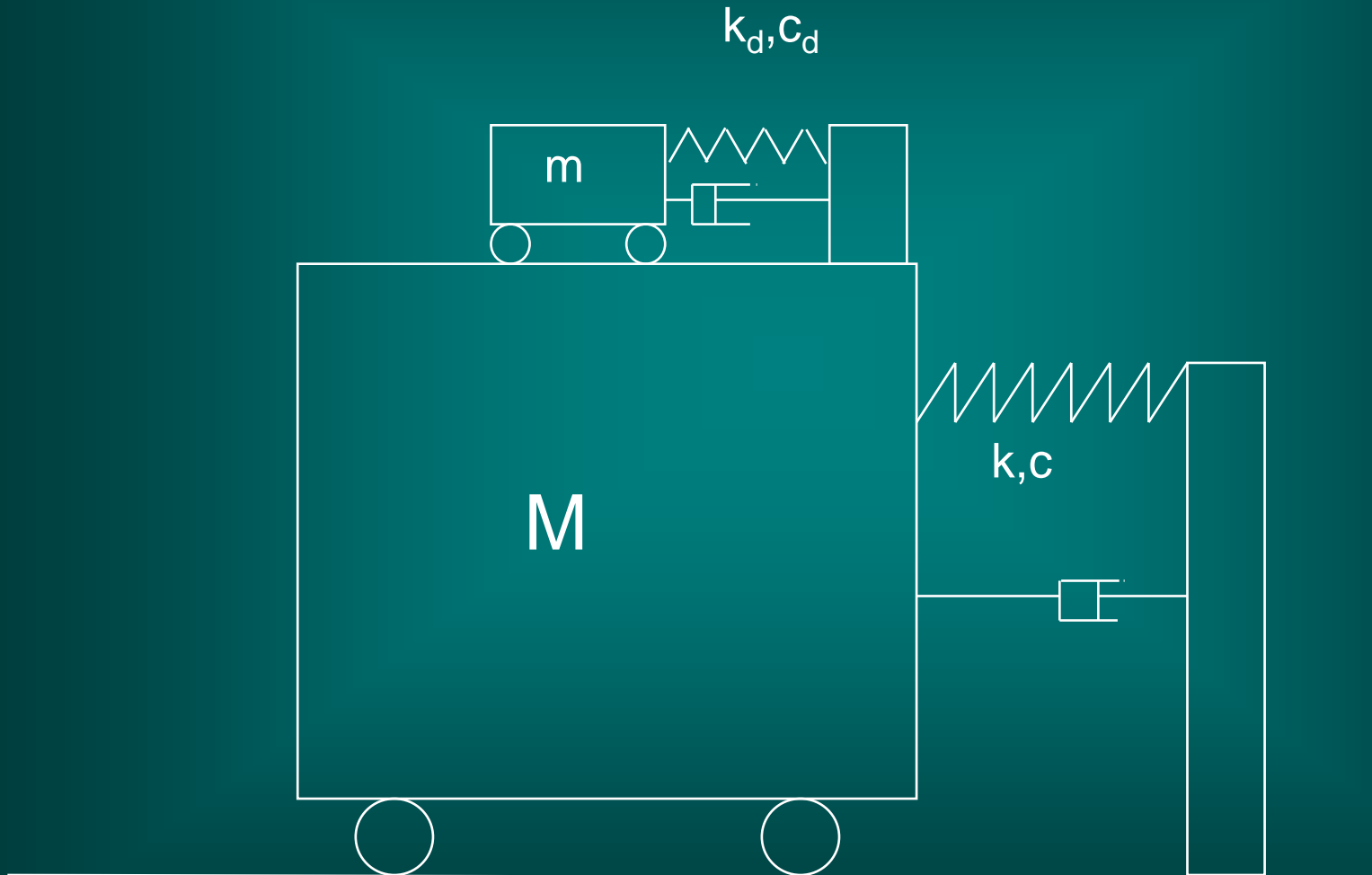
Amortiguadores Viscosos

$$F_d = c \cdot |\dot{x}|^{\alpha} \cdot \text{signo } \dot{x}$$

Si $\alpha=1.0$; lineal
 $\alpha < 1.0$; no lineal

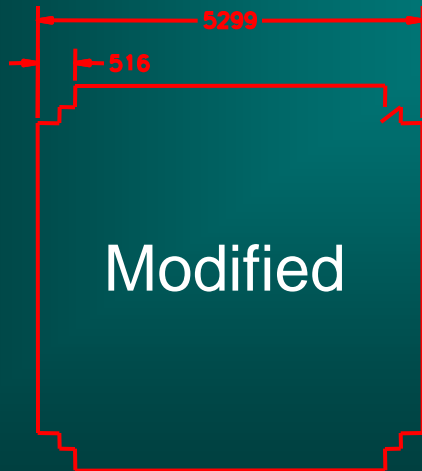
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Nuevas Tecnologías



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Ensayos Túnel de Viento



*25%
Reducción del Momento
En la Base*



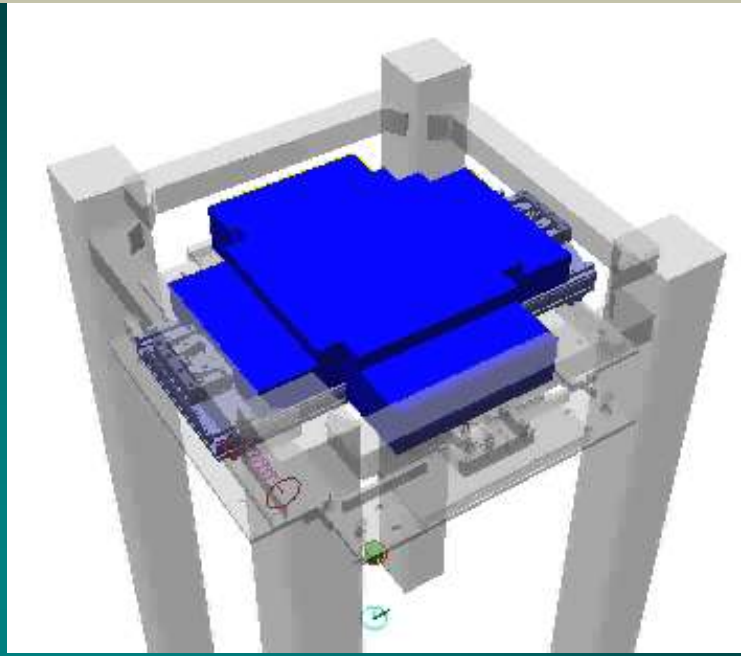
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Nuevas Tecnologías



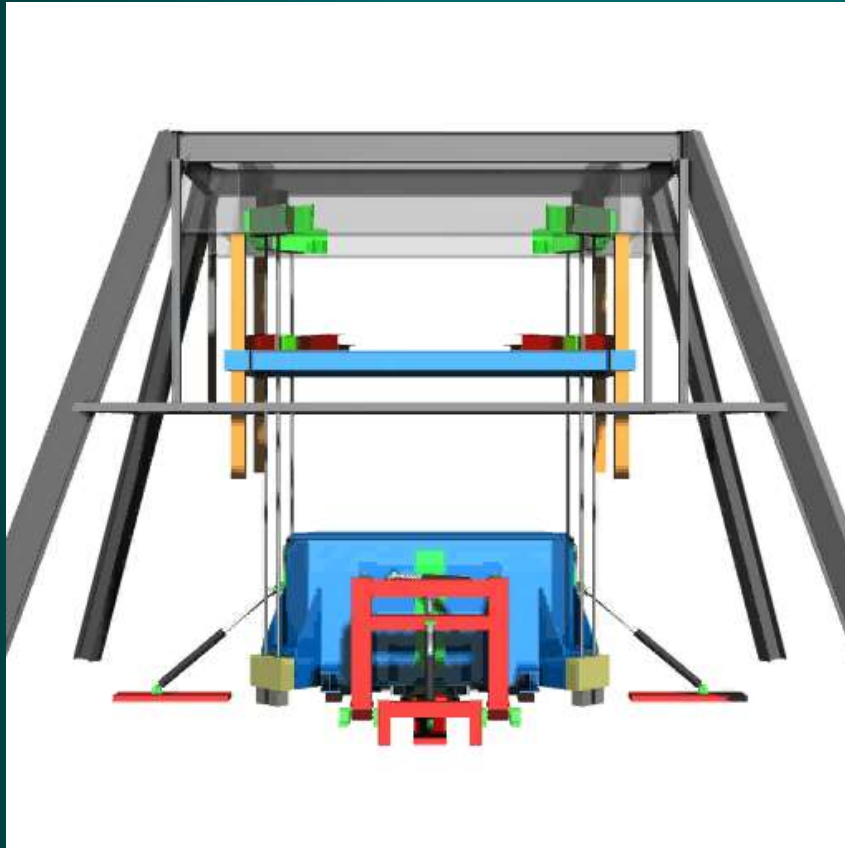
Pinnacle
Damper

Main
Tower
Damper



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

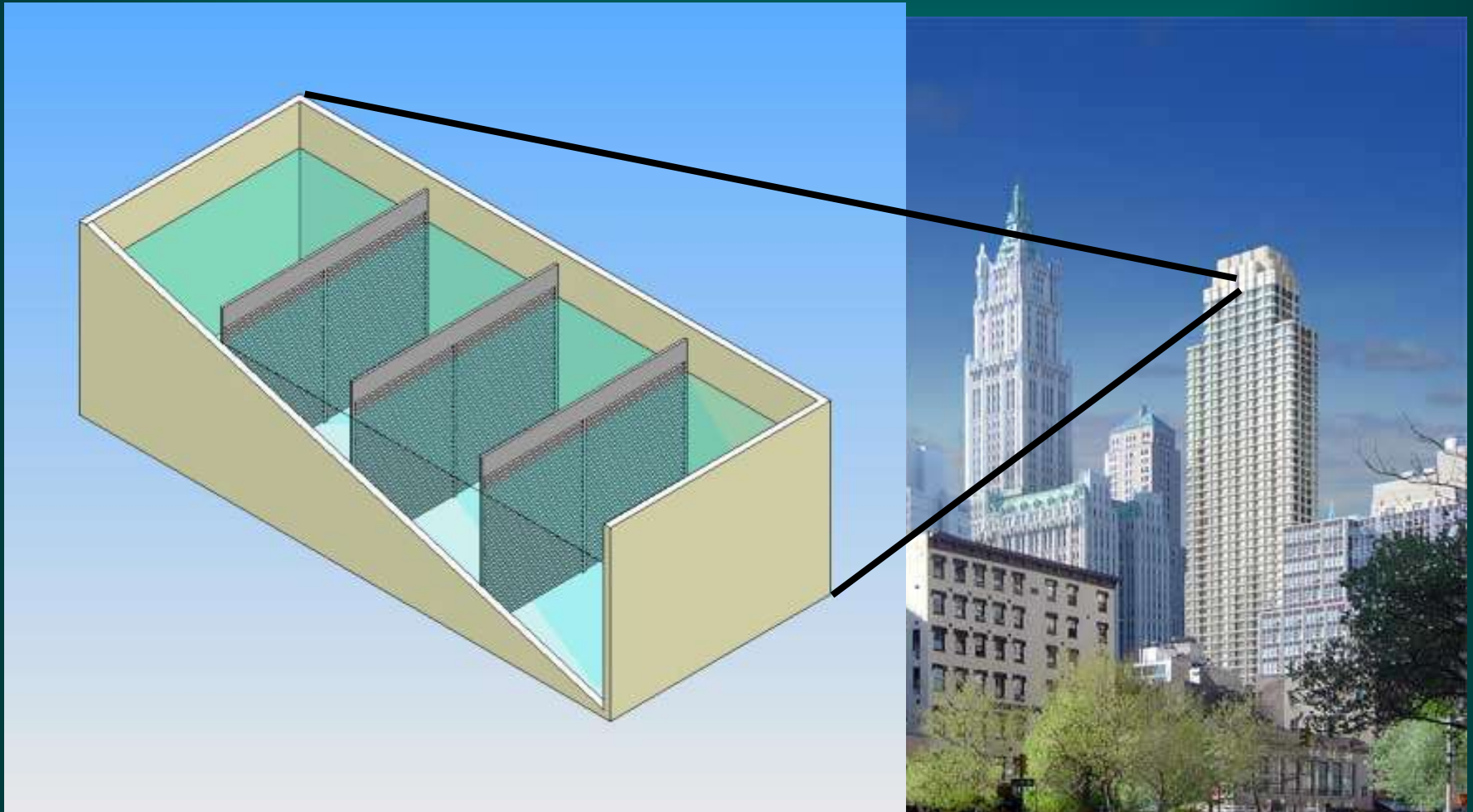
Nuevas Tecnologías



TMD Park Hyatt, Chicago

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Nuevas Tecnologías

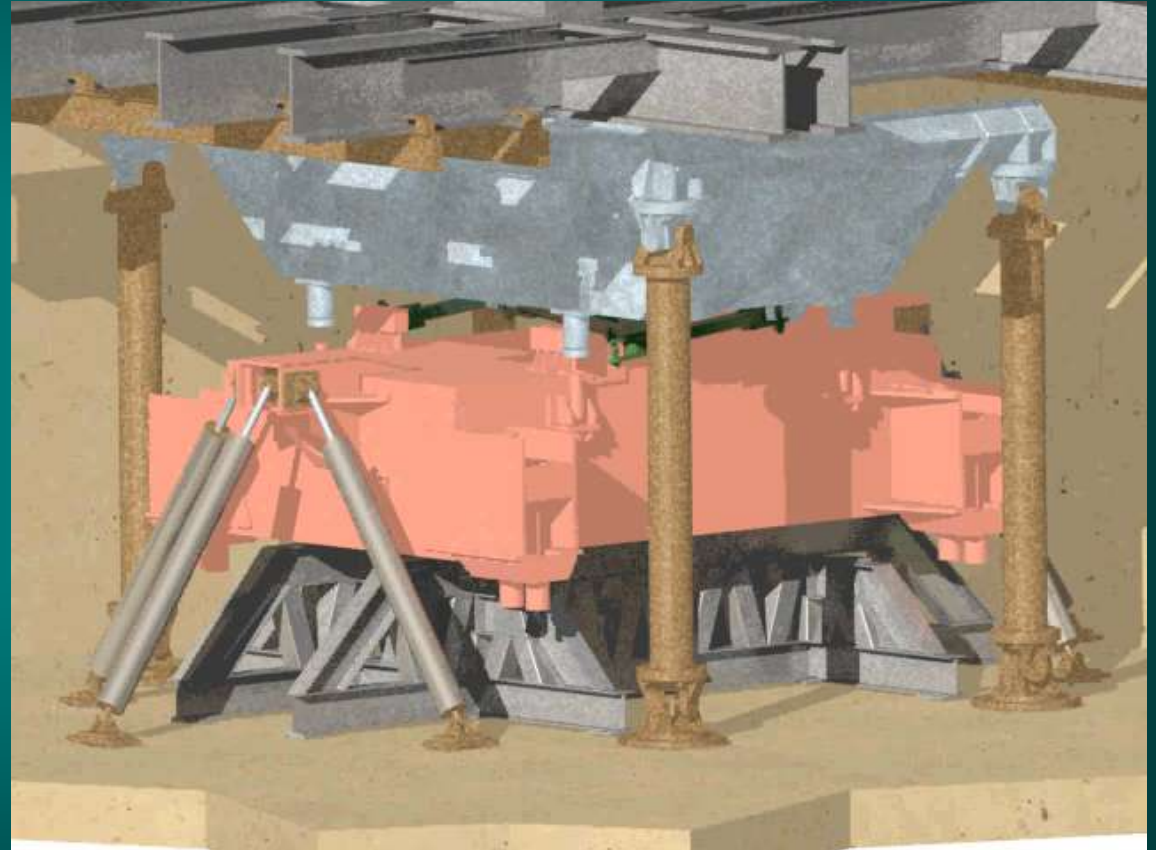


College Park III, in Toronto



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Nuevas Tecnologías



Bloomberg Tower, New York

6. Sistemas Especiales

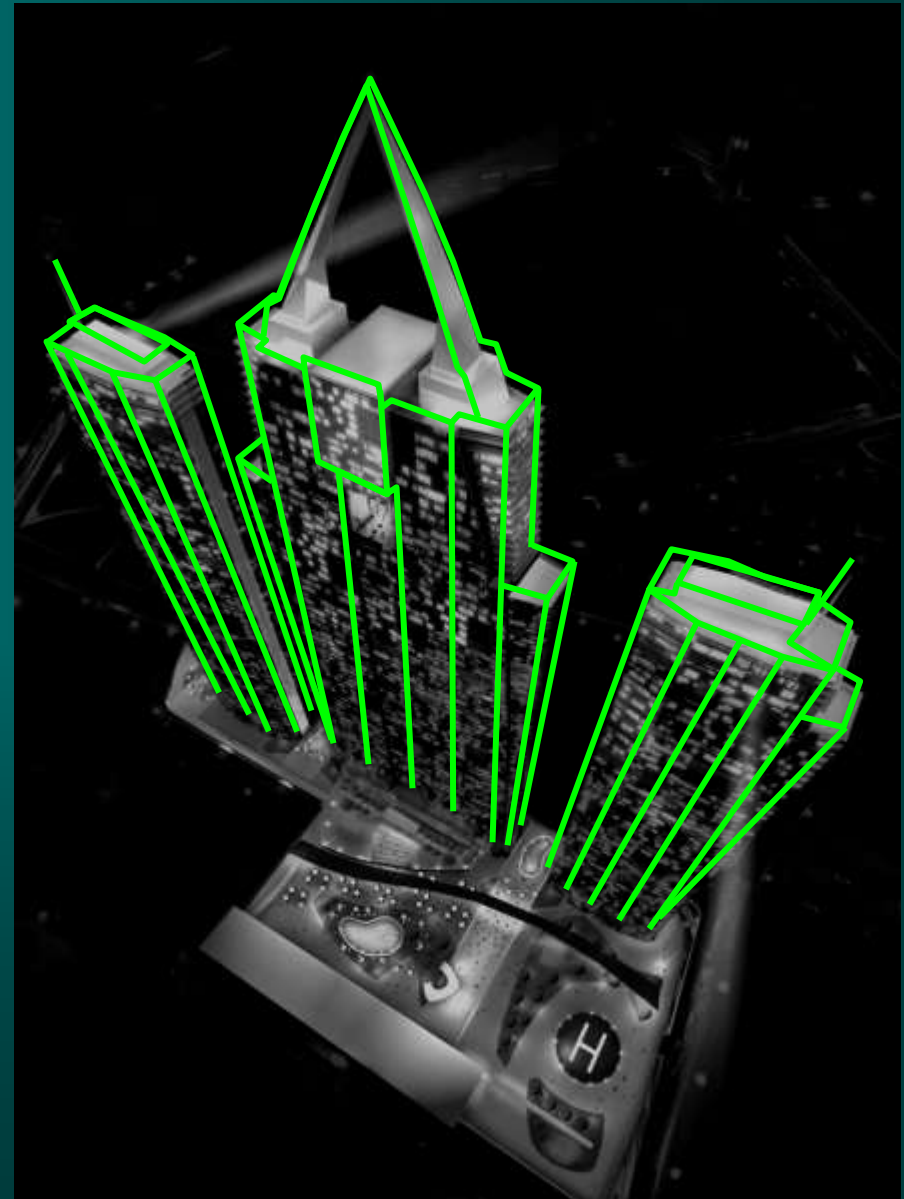
Sistema Pararrayos

◆ Captación

- Puntas captadoras simples

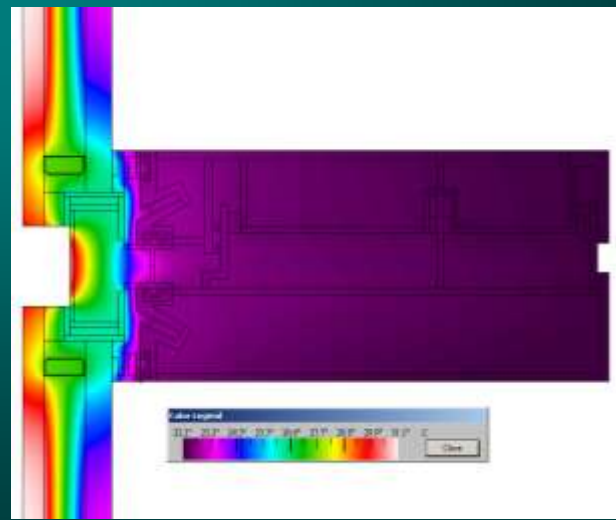
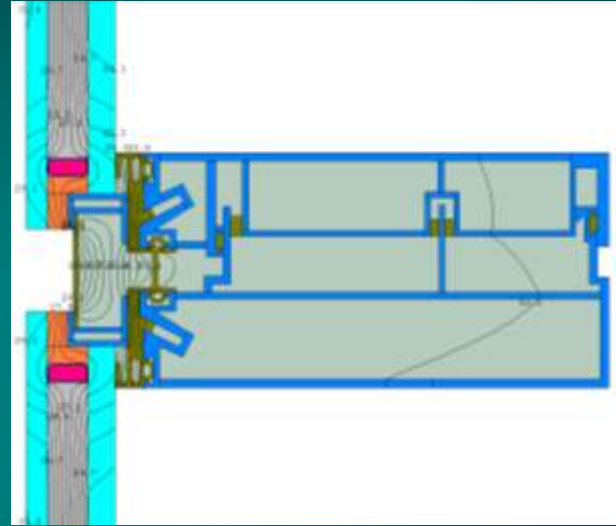
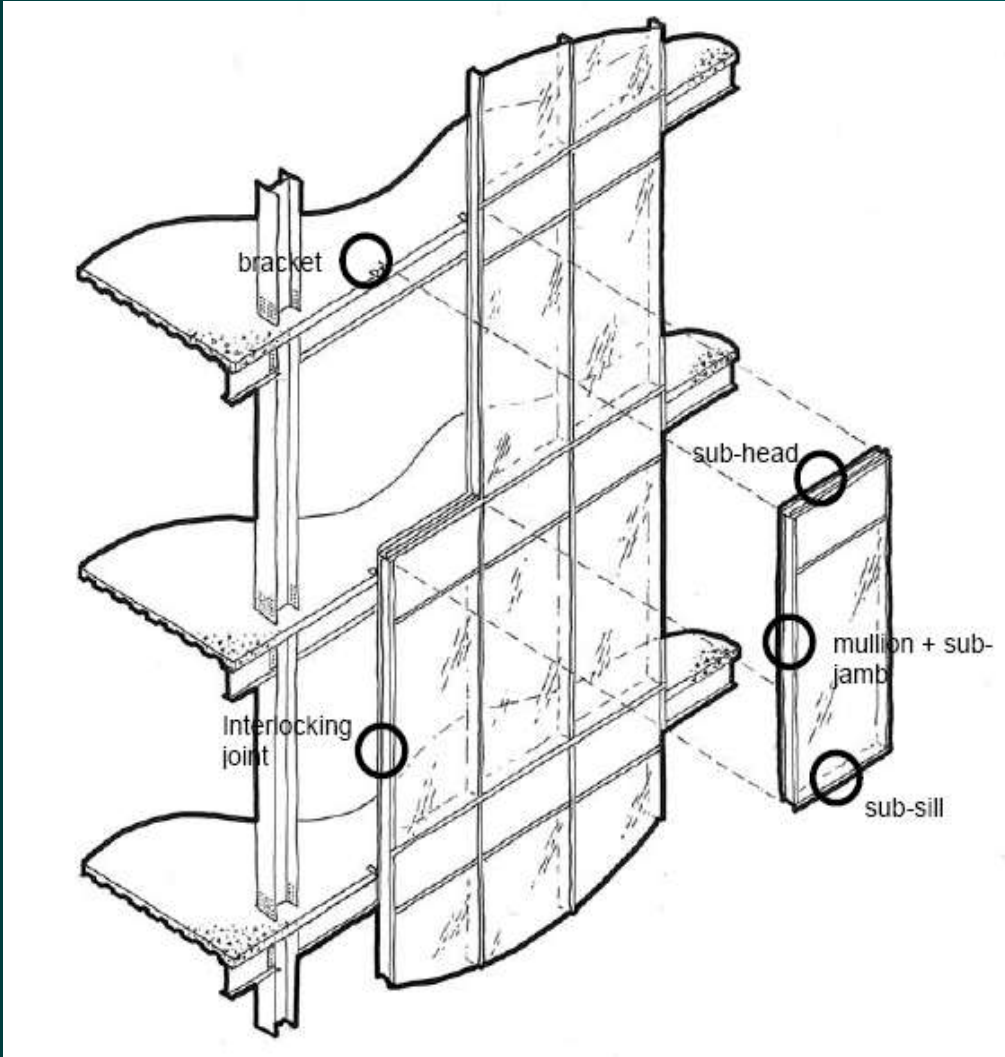
◆ Conductores

- Generalmente en almas de las columnas (según NFPA)
- 2 conductores adicionales por torre en bajantes
- Acceso a conductores en todas las plantas técnicas



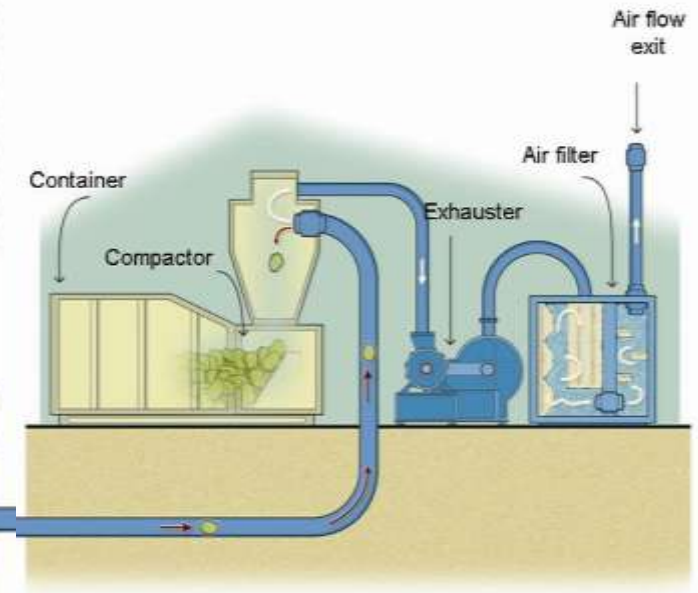
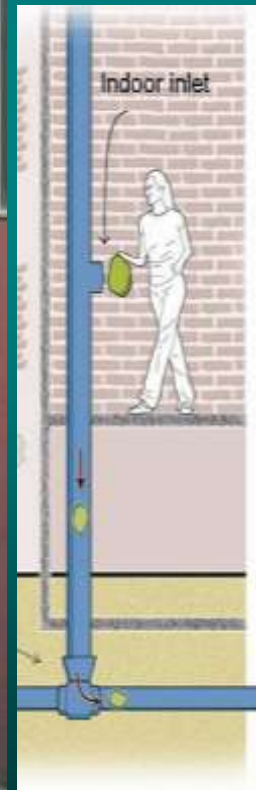
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Fachadas - Sistema Modular



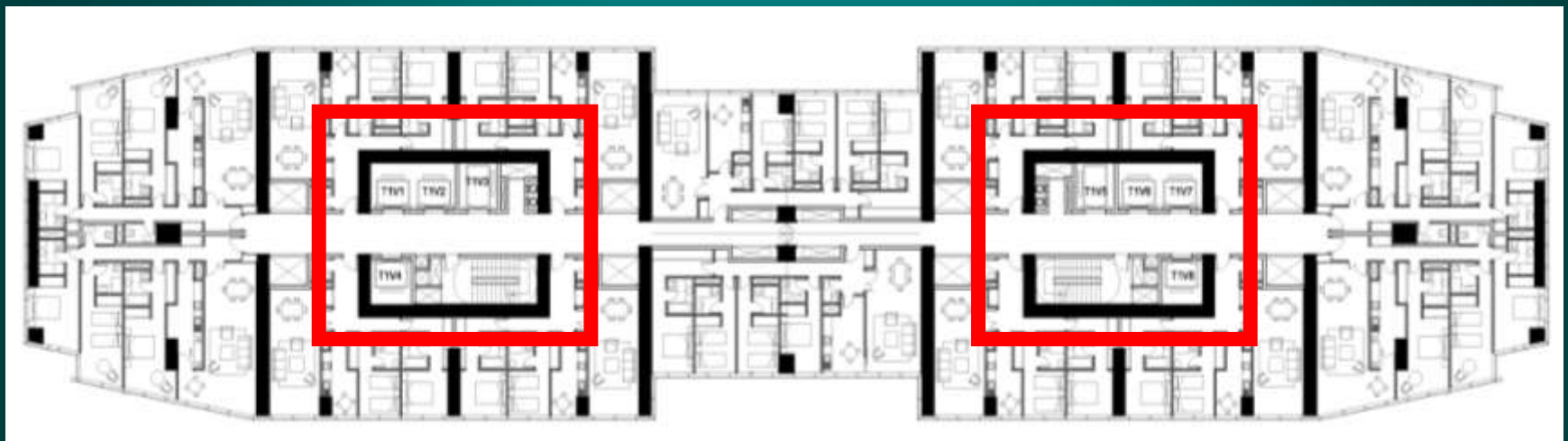
Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

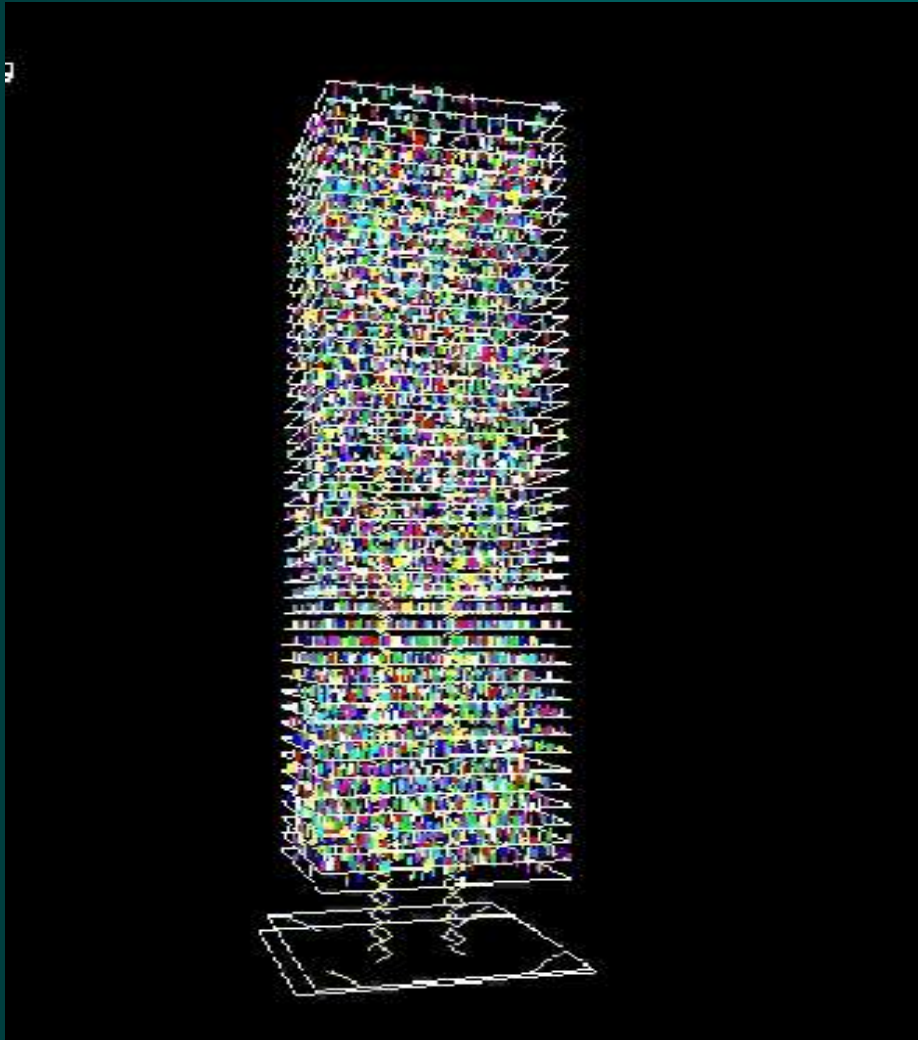
Sistema automático de recolección de basuras



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Sistema de protección contra incendios





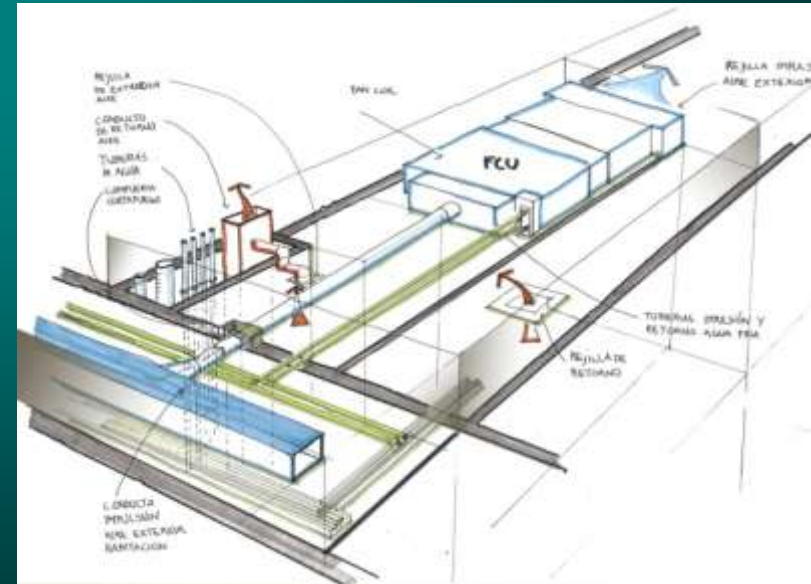
ESTUDIO DE SIMULACIÓN DE EVACUACIÓN

**Tiempo aproximado de
evacuación 45 minutos**

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

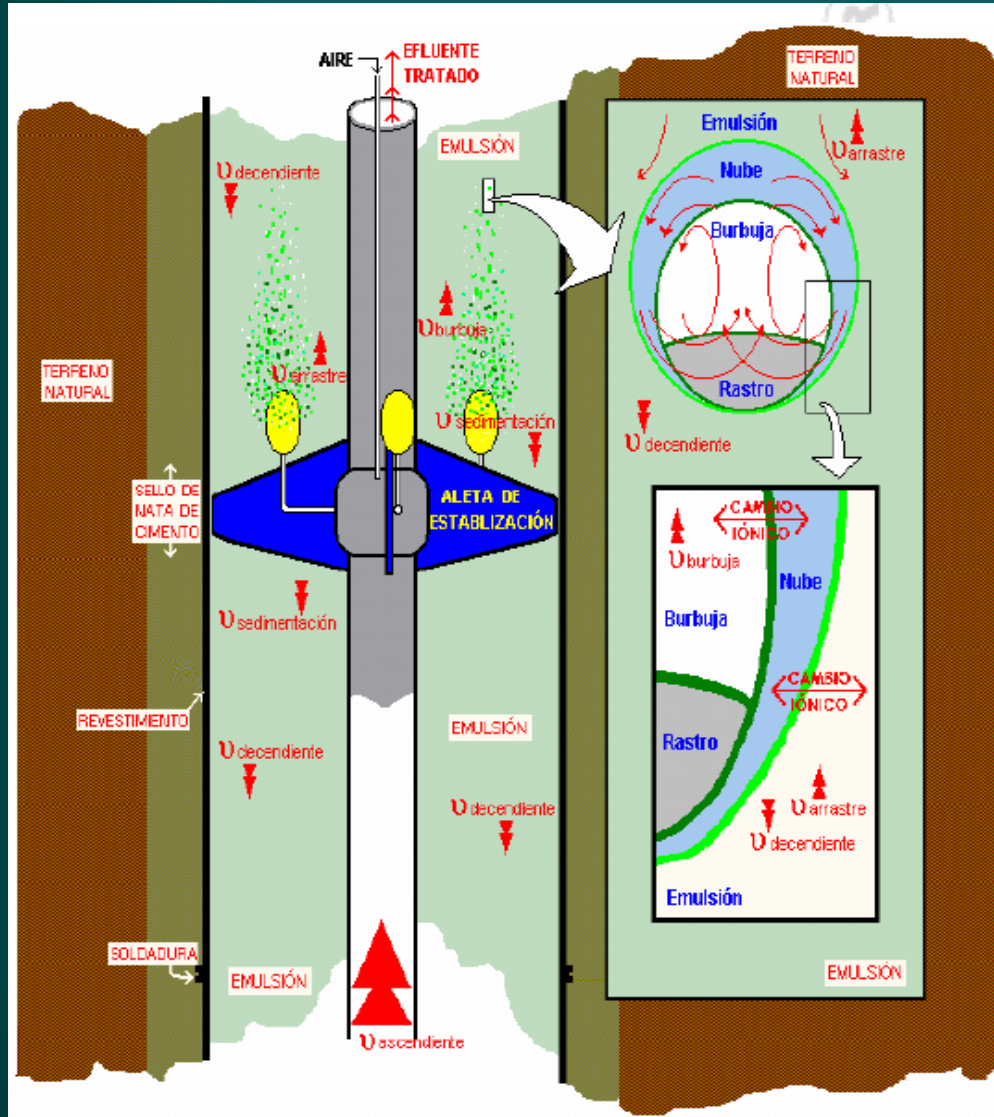


Energía Solar



Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Planta de tratamiento de aguas servidas



7. Costos de Construcción

◆ Materiales - Concreto

- ◆ **Portland Cemento Tipo I:** Superestructura
- ◆ **Portland Cemento Tipo II:** Estructuras Soterradas

$$f'_c = 281 - 840 \text{ kg} / \text{cm}^2 (4000 - 12000 \text{ psi})$$

$$\gamma = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$E_c = 253,000 - 438,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

◆ Acero de Refuerzo



◆ #3 bar o menor: $F_y = 40$ ksi Grade 40



◆ #4 bar o mayor: $F_y = 60$ ksi Grade 60

◆ Modulo de Elasticidad = $56400(f'c)^{0.5}$

◆ Barras ASTM A615 - A706

◆ Tendones no Adheridos, de $1/2''\phi$ - 7 alambres, Baja Relajación

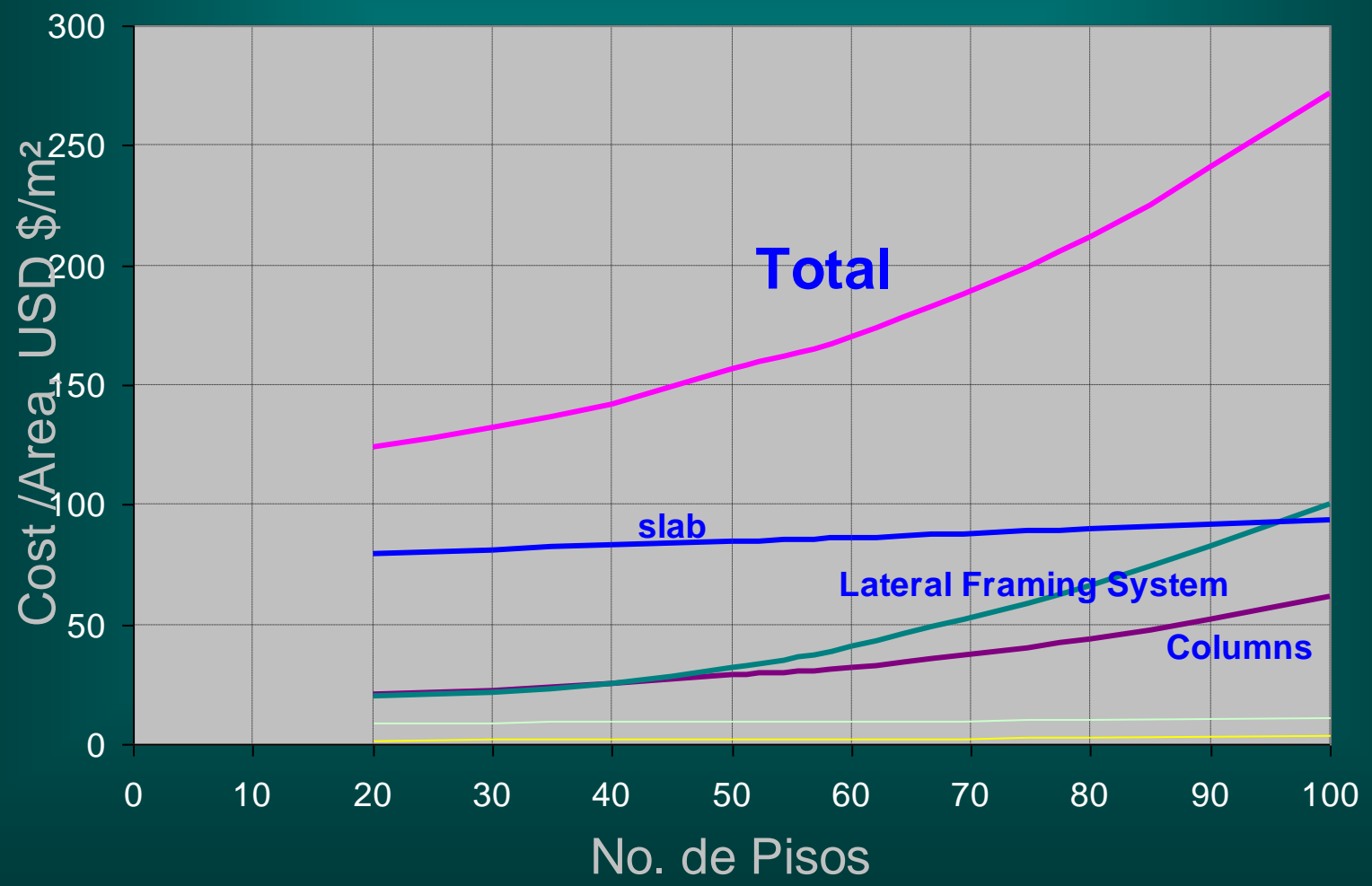


$f_{pu} = 270$ ksi

Diseño y Construcción de Edificios Altos en Panama

Costos

COSTO vs ALTURA



Gracias !!!