

Evolución de los códigos Sísmicos
 el efecto de esto códigos en el
 diseño y construcción
 crítica a la ingeniería sísmica
 moderna.
 Crónica de un desastre anunciado.

Eduardo A. Fierro
 BerteroFierroPerry

Normas sísmicas

- ¿Que son las normas Sísmicas?
- Son un compendio de regulaciones de diseño que tienen como objetivo el:
 - ¿Que un edificio no de dañe después de un terremoto?
 - Por supuesto que no.

Normas sísmicas

- ¿Qué no hayan pérdidas económicas?
- No, de ninguna manera.
- ¿Que “El Publico” en general este a salvo de daños a su persona?
- Es uno de los objetivos y quizás el único.

Normas sísmicas

- ¿Como se desarrollaron estos códigos?
- Inicialmente no habían códigos sísmicos y después de los primeros terremotos de siglo XX la comunidad de ingeniería decide el implementar algún nivel de fuerzas laterales para evitar el colapso de los edificios.

Lista de los códigos (UBC)

- En EE UU se comienza a publicar códigos de construcción en 1927 con el primer Uniform Building Code 1927 y en este código hay una parte que se refiere a los requerimientos para diseñar en zonas donde hay terremotos
- El Ultimo es el International Building Code 2003 (IBC 2003)

Lista de los códigos (UBC)

UBC 1927	UBC 1935	UBC 1937	UBC 1940	UBC 1943	UBC 1946
UBC 1949	UBC 1952	UBC 1955	UBC 1958	UBC 1961	UBC 1964
UBC 1967	UBC 1970	UBC 1973	UBC 1976	UBC 1979	UBC 1982
UBC 1985	UBC 1988	UBC 1991	UBC 1994	UBC 1997	IBC 2000
IBC 2003					

¿Como evolucionan los códigos?

- ¿Que Fuerza Lateral usa el primer código UBC 27 Para un Edificio Común?
- Para Zona 3 en San Francisco
- Si la carga viva es mas de 50 psf
- El peso a considerar en la carga sísmica es
 - $W= DL+ LL$

UBC 1927

- La fuerza lateral es
- $F=C*W$
- Donde C es
- $C= 0.075$ Si el suelo tiene una capacidad de resistencia mayor o igual a 2000 psf
- $C=0.1$ Si el suelo tiene una capacidad de resistencia menor de 2000 psf

UBC 1927

- $F= 0.075*W$
- Si el suelo tiene una capacidad de resistencia mayor o igual a 2000 psf
- $F=0.1*W$
- Si el suelo tiene una capacidad de resistencia menor de 2000 psf

EL terremoto de San Francisco Abril 18 1906 5:12 AM PST

- El terremoto de 1906 en San Francisco es uno de los terremotos mas devastadores en EE. UU.
- Magnitud $M_w=7.9$, $M_s=7.7$ (Berkeley)
- Aceleraciones $a=0.4g$ y mas
- 3000 muertos, Heridos ~225,000

Devastación por terremoto con el incendio despues



Dano al edificio de la municipalidad



Vista de San Francisco



Porción de Union st.



San Francisco en llamas



Incendio vs. Terremoto

- Por razones políticas y económicas el Terremoto de San Francisco se convierte en el Incendio de San Francisco.
- El gobierno de San Francisco quiere ocultar al mundo que el terremoto fue realmente devastador, para evitar que la gente deje de venir a San Francisco se le dice a los EE. UU. que la mayor parte del daño fue ocasionado por el incendio.

Incendio vs. Terremoto

- Se llega a modificar las fotos del daño causado por el terremoto para que parezca que es daño de incendio.
- Como consecuencia de estas acciones la practica constructiva en San francisco no cambia como debía de haber cambiado después de un terremoto tan grande y devastador.

El terremoto de Long Beach Marzo 10, 1933 - 5:54 PM PST

- Magnitud $M_w=6.4$, $M_l=6.3$
- Aceleraciones
 - Los Angeles $a= 0.1g$
 - Vernon $a= 0.16g$
 - Long Beach $a=0.21g$

El terremoto de Long Beach

- Despertar por daños a las escuelas y otras estructuras
- 70 colegios destruidos
- 120 colegios sufren danos estructurales mayores
- 300 a 500 sufren daños medianos a leves
- Aproximadamente 120 personas muertas

Colapso del Colegio John Muir



Colegio Alexander Hamilton



Efectos del terremoto en la ingeniería sísmica

- Legislación como el "Field Act"
- Requiere que los colegios sean diseñados para un nivel mas alto de seguridad
- Estos edificios tienen que ser diseñados por ingenieros con una licencia especial
- La calidad de la construcción será verificada con inspecciones especiales

El terremoto de Anchorage Alaska Marzo 28, 1964 - 5:36 PM hora local

- Magnitud $M_w=9.2$, $M_l=8.4$
- Aceleraciones $a=0.4g$ y mas
- Destrucción casi total
- 115 muertos en Alaska, 16 en Oregon y California

Four Seasons Apartment en Anchorage



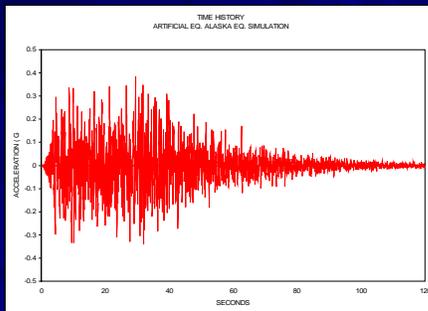
Fourth Avenue, Anchorage



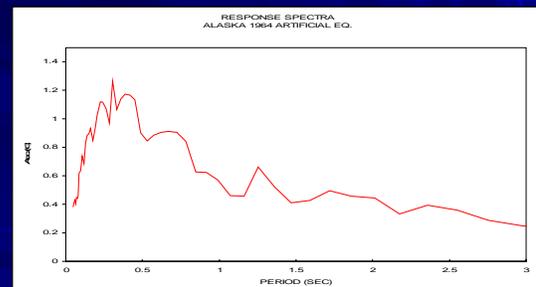
L street Landslide



Simulación de las Aceleraciones



Espectro de respuesta de la simulación



Conclusión

- Otro despertar
- No sabíamos

El terremoto de San Fernando Febrero 9, 1971 6:01 AM, PST

- Magnitud $M_w=6.6$
- Aceleraciones $a=0.4g$ y mas
- Destrucción de Autopistas y hospitales
- 655 muertos mas de 2000 heridos

Autopista I-5 y I-20



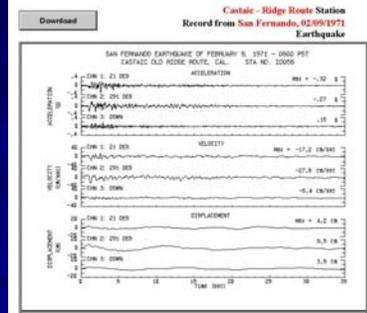
Hospital Olive View



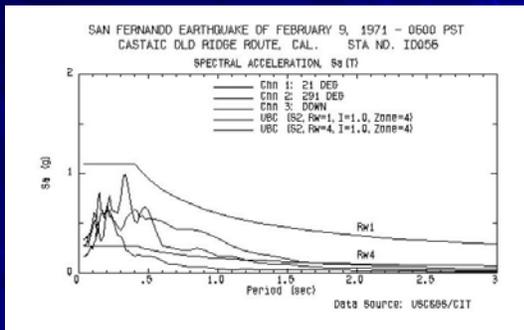
Hospital de veteranos 47 Muertos



Record de aceleraciones



Espectro de Respuesta



Conclusión

- Otro despertar
- No sabíamos

El terremoto de Loma Prieta en San Francisco Octubre 18, 1989 a las 5:04 hora local

- Magnitud $M_w=6.9$, $M_l=6.7$
- Aceleraciones $a=0.65g$ en el área de Santa Cruz
- en San Francisco $a=0.2g$ y $0.33g$ en suelo blando
- 62 muertos, 3757 heridos

Boulder creek



Downtown Liquors ,San Jose



Calle 4, San Francisco



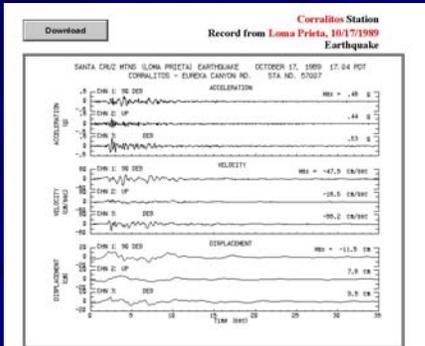
Autopista 17



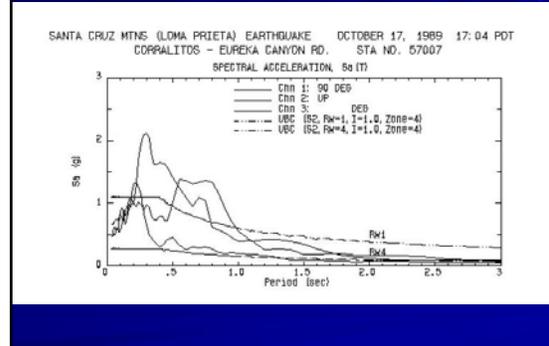
Bay Bridge



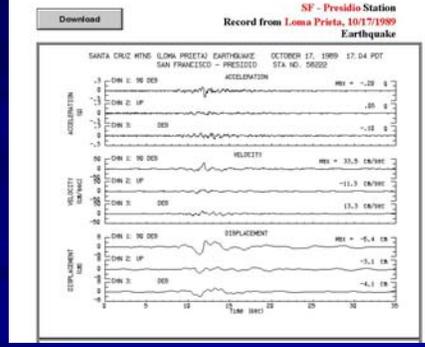
Corralitos T-H



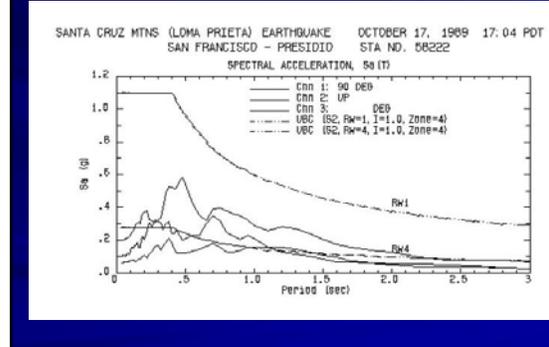
Corralitos spectra



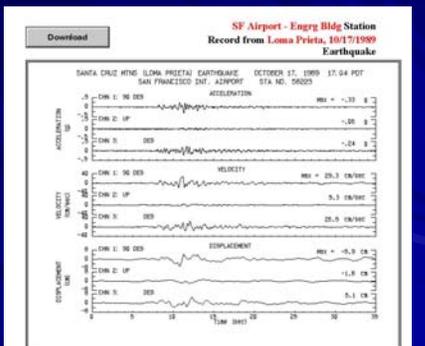
San Francisco Presidio



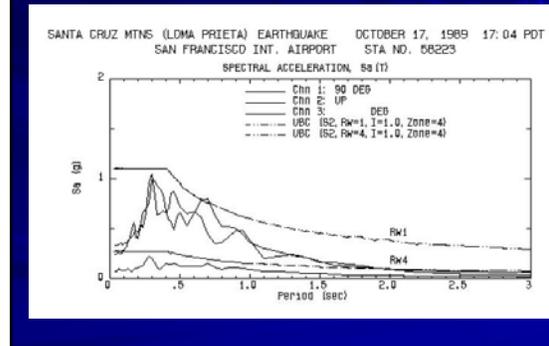
San Francisco Presidio



SF Aeropuerto



SF Aeropuerto



Conclusión

- Otro despertar
- No sabíamos

EL terremoto de Northridge Enero 17, 1994 - 4:31 AM hora local

- Magnitud $M_w=6.7$
- Aceleraciones $a=1.8g$, $a=0.65g$ y $0.3g$
- 51 muertos, 9000+ heridos
- 40,000,000,000 Dólares en pérdidas

Tienda Bullocks



Apartamentos Northridge



Northridge Mall



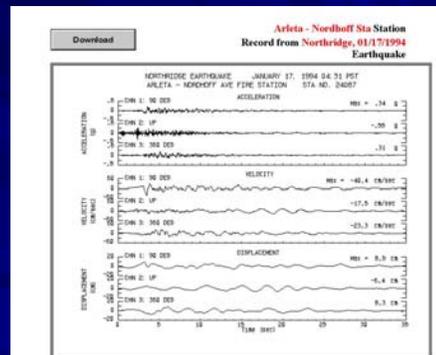
I-5 C-14



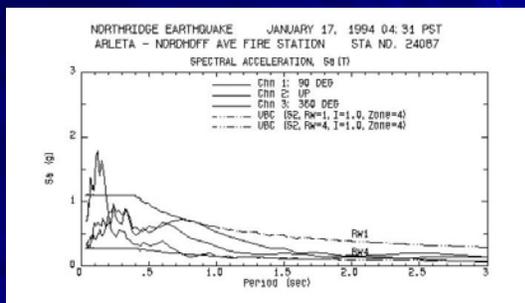
Estacionamiento en Cal State University



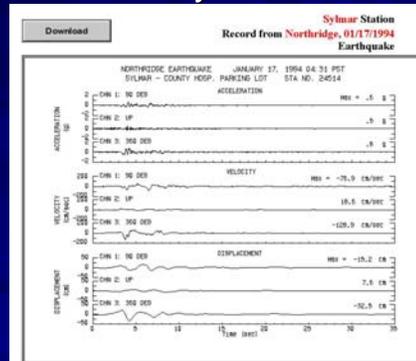
Arleta



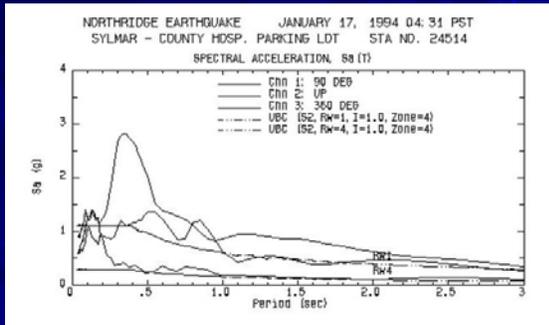
Arleta



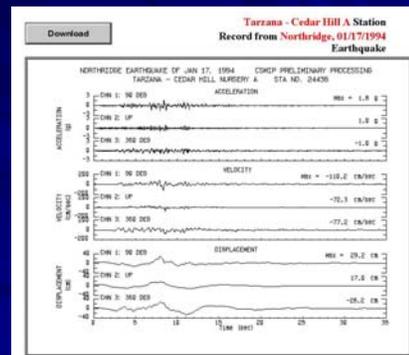
Sylmar



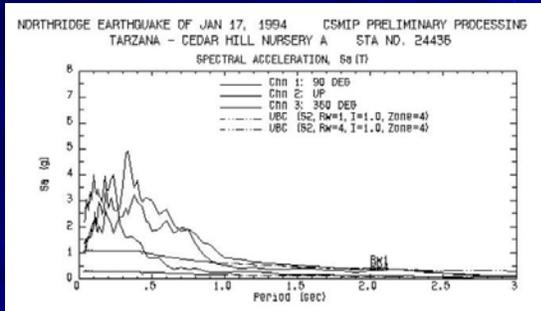
Sylmar



Tarzana



Tarzana



Conclusión

- Otro despertar
- No sabíamos

UBC 1997

- Las fuerzas para un Edificio Común en San Francisco con el UBC 1997, casi lo mismo con UBC 1997 o con IBC 2003
- En la parte plana del espectro de aceleraciones]
- Para porticos
 - $V=0.11 W$ para suelo S_B
 - $V=0.13 W$ para suelo S_DDonde W es solo carga muerta

UBC 1997

- Para Paredes de corte
 - $V=0.18 W$ para suelo S_B
 - $V=0.20 W$ para suelo S_D

Cambios principales

- Fuerzas de diseño
 - Casi nada
- Ductilidad
 - Los requerimientos de ductilidad son mucho mayores por eso se permite diseñar para fuerzas bien pequeñas

- Detalles de refuerzo en concreto
 - Estribos para proveer ductilidad
 - Columna fuerte viga débil
 - Falla en flexión antes que falla de corte
- Detalles de refuerzo en Acero
 - Columna fuerte viga débil
 - Detalles especiales en los nudos y en las uniones viga columna

¿Como se diseña?

- Cargas muertas y vivas
 - DL carga muerta
 - LL Carga Viva
- Factores y carga ultima
 - 1.2 DL + 1.6 LL
- Porque de estos factores
 - Por la incertidumbre

¿Como se diseña?

- Cargas de viento
 - WL
- Factores y Carga Ultima
 - 1.2 DL + 1.6 LL + 0.8W
- Porque de estos factores
 - Por la incertidumbre

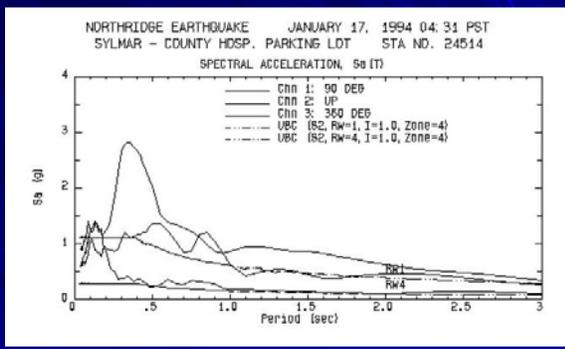
¿Como se diseña?

- Cargas sísmicas
 - E Carga sísmica
 - Esta carga sísmica es la carga elástica dividida por R
- Cuanto es R
 - R= 8 Para porticos
 - R=5.5 Para paredes de corte

¿Como se diseña?

- Factores y Carga Ultima
 - 1.2 DL + 1 E
- Porque de estos factores
 - Por la incertidumbre

¿ Que tan lejos estamos?



¿ Que diseño da el código?

- Los conceptos de diseño sísmico modernos, que son los mismos que hace 70 años son conceptos obsoletos. El objetivo de los códigos es que la estructura sobreviva el Gran terremoto con daños quizás grandes pero sin colapso ni pérdida de vidas. Esto equivale a decir si nos referimos al cuerpo humano que habrá costillas rotas dislocamiento de las articulaciones, rotura de la columna vertebral se romperán los dientes pero que la persona va a estar viva.

Este puente esta bien



Edificio County Service



Este Hospital fue evacuado



El Factor R

- ¿De donde viene?
 - Amortiguamiento extra
 - Sobre resistencia
 - Efecto de ductilidad

El Factor R

- ¿Cuales son los factores reales?
 - Amortiguamiento
 - 1.5
 - Sobre resistencia
 - 1.25
 - Ductilidad
 - 2
 - $R = 1.5 * 1.25 * 2 = 3.75$
 - Quizas 4

El Factor R

- ¿ De donde salen los valores de 6, 8, 10?
 - De la costumbre
- ¿ Hay fundamento científico?
 - No
- ¿Porque son constantes?
 - No deben ser constantes, dependen del periodo de la estructura si la ductilidad que queremos obtener es constante

¿Qué podemos hacer?

- Existen las herramientas
 - BISPEC Program que computa espectros de ductilidad constante

¿Como diseñamos?

- Diseño preliminar
- Calculo de pesos
- Calculo de efecto de las cargas verticales
- Calculo de fuerzas sísmicas reducidas

Como diseñamos?

- Calculo de las fuerzas de elemento
- Axial
- Momento
- Cortante
- Torsión
- Proveemos refuerzo para tomar estas fuerzas
- Si hay edificios adyacentes calculamos desplazamientos para que no choquen
- Fin

¿Que falta?

- ¿Como sabemos que nuestro edificio tiene la capacidad de desplazamiento suficiente para no colapsar?
- ¿Es esto un acto de fe?
- ¿ Hacemos algún calculo para saber si con el daño asumido y los desplazamientos no lineales el edificio es estable?
 - No!!!!

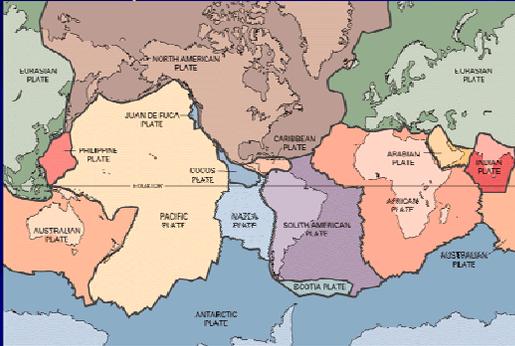
Critica a la construcción en República Dominicana

- El diseño de pórticos dúctiles en edificios de mediana altura y altos
- Sin separación de la tabiquería
- Pisos blandos

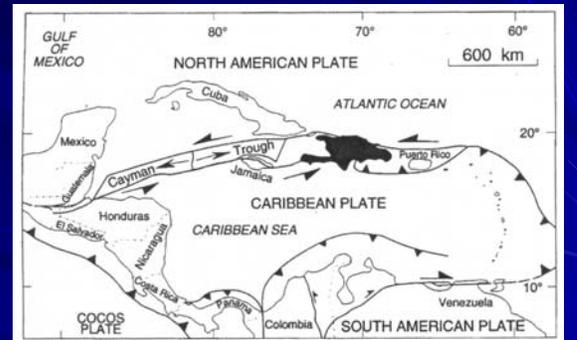
Critica a la construcción sísmica en República Dominicana

- Este presentación es un resumen de un trabajo en el cual se reviso sismicamente 63 edificaciones en Santo Domingo
- La observaciones también fueron fundadas en mis observaciones en La ciudad de Santiago de los Caballeros durante mis frecuentes visitas a esta ciudad

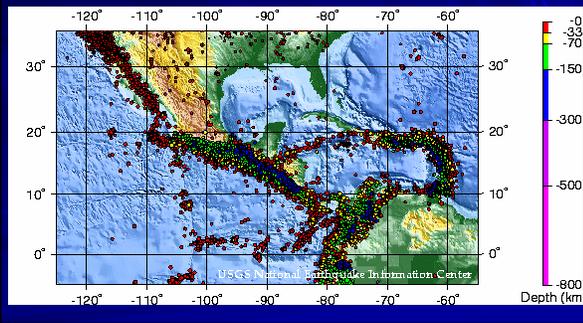
Sismicidad en general de República Dominicana



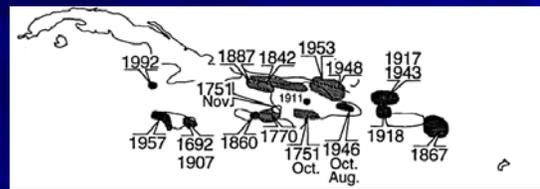
Sismicidad en general de República Dominicana



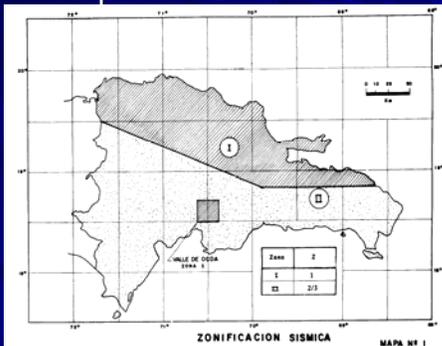
Sismicidad en general de República Dominicana



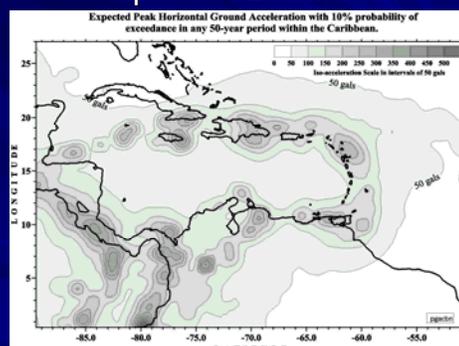
Sismicidad en general de República Dominicana

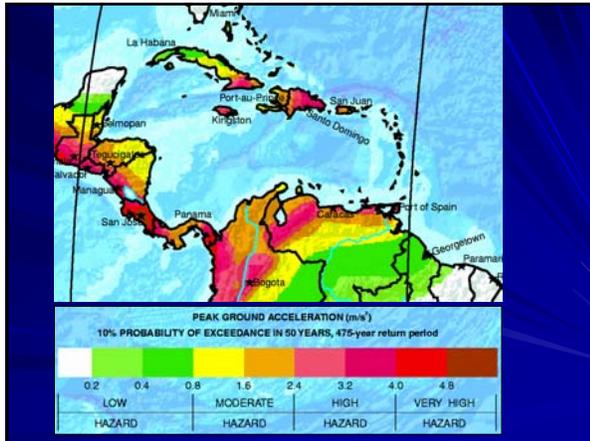


Sismicidad en general de República Dominicana



Sismicidad en general de República Dominicana





Numero de edificios observados

- Edificios de baja altura 3 a 6 pisos
 - 24 Edificios
 - 18 mostraban deficiencias serias con posibilidad de colapso
 - Solo 6 buenos
- Edificios de mediana altura 7 pisos para arriba
 - 9 edificios
 - 5 con deficiencias serias
- Casas de residencia 1 a 3 pisos
 - 30 casas
 - ¼ buenas

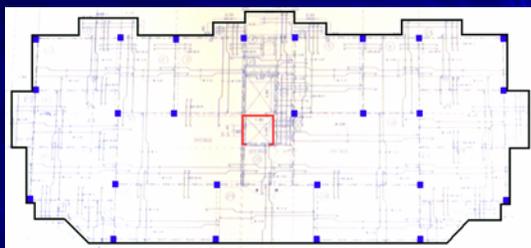
Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



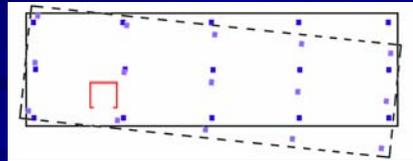
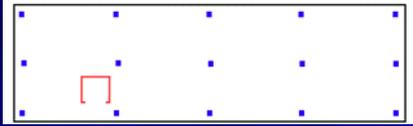
Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



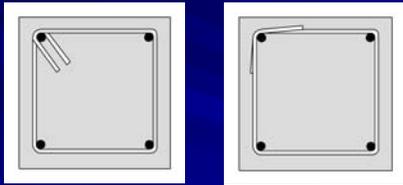
Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana





Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



Construcción típica de República Dominicana



