

# Taller sobre Gestión de Riesgos y Catástrofes en la Infraestructura Suramericana.



Ministerio de  
Obras Públicas

Tema: Evaluación y Análisis de Daños en Edificación Pública Post Sismos, y Evolución de la Normativa Estructural

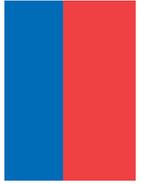
Eduardo Hurtado Gajardo

Ingeniero Civil

Jefe de Departamento de Ingeniería y Construcción

Dirección de Arquitectura MOP

# Problemas Detectados en Edificación Pública Chilena Post Terremoto 27F



1. Estabilización, Reparación y Recuperación de estructuras patrimoniales en albañilería simple, adobe y mampostería en general. No hay normativa a la fecha, ni técnicas validadas.
2. Estructuras de elementos ornamentales colapsables y riesgosos.
3. Problemas de Elementos Secundarios. Tabiquerías. No se aplica el acápite 8 de la NCh 433 96.
4. Estructuras de Albañilería confinada colapsadas, con muros con fallas por corte.



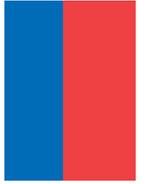
# Problemas Detectados en Edificación Pública Chilena Post Terremoto 27F (Continuación)



1. Estructuras de Hormigón Armado colapsadas, pilares, muros, etc.
2. Estructuras antiguas de Hormigón armado colapsadas.
3. Inexistencia de una Metodología y Definición de Evaluación Rápida Post Sismo. Alcances y Fines.
4. Múltiples fichas algunas con carácter de exhaustivas para decidir en una visita el futuro de una edificación.
5. Criterio no uniforme de evaluación. Confusiones de términos y percepción de evaluadores.



# Problemas Detectados en Edificación Pública Chilena Post Terremoto 27F (Continuación)



1. Falta de entrenamiento de evaluadores. No hay evaluadores entrenados sistemáticamente y con criterio único.
2. Falta de comunicación e interpretación a la sociedad del significado y alcances de la evaluación.
3. Falta de definición de etapas y sistema integral de evaluación y riesgo.
4. Tendencia a considerar el estado de la estructura y no la serviciabilidad y riesgo para la vida de los ocupantes. Elementos Secundarios y/o no estructurales.



# Problemas Detectados en Edificación Pública Post Terremoto 27 F (Continuación)

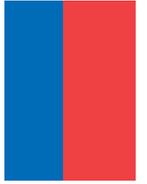


1. Metodología de Evaluación Completa de Estructuras post sismo, caso evaluación rápida y definitiva. Objetivos y alcances de cada una. Por tipo de estructura.
2. Criterios de Recuperación, reforzamiento o demolición de estructuras.
3. Consecuencias de la evaluación, sistema de respuesta y masa crítica de profesionales entrenados para la emergencia.
4. Levantamiento de Áreas Dañadas. Mapas Geológicos y Distribución de Daños.
5. Estudio de Colapso de Estructuras tipo.

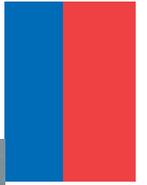


# **El terremoto del 27 de Febrero de 2011 Daños en Edificación Pública y Lecciones**

# Daño en Estructuras Patrimoniales Mampostería



# Daño Estructura de Acero Marquesina



# Daño Estructura de Acero Marquesina (Cont.)



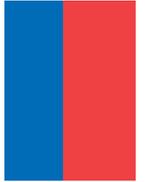
# Daño en Estructuras Albañilería Confinada Curicó



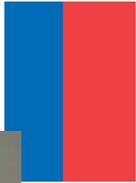
# Daño en Estructuras Albañilería Confinada (Cont.)



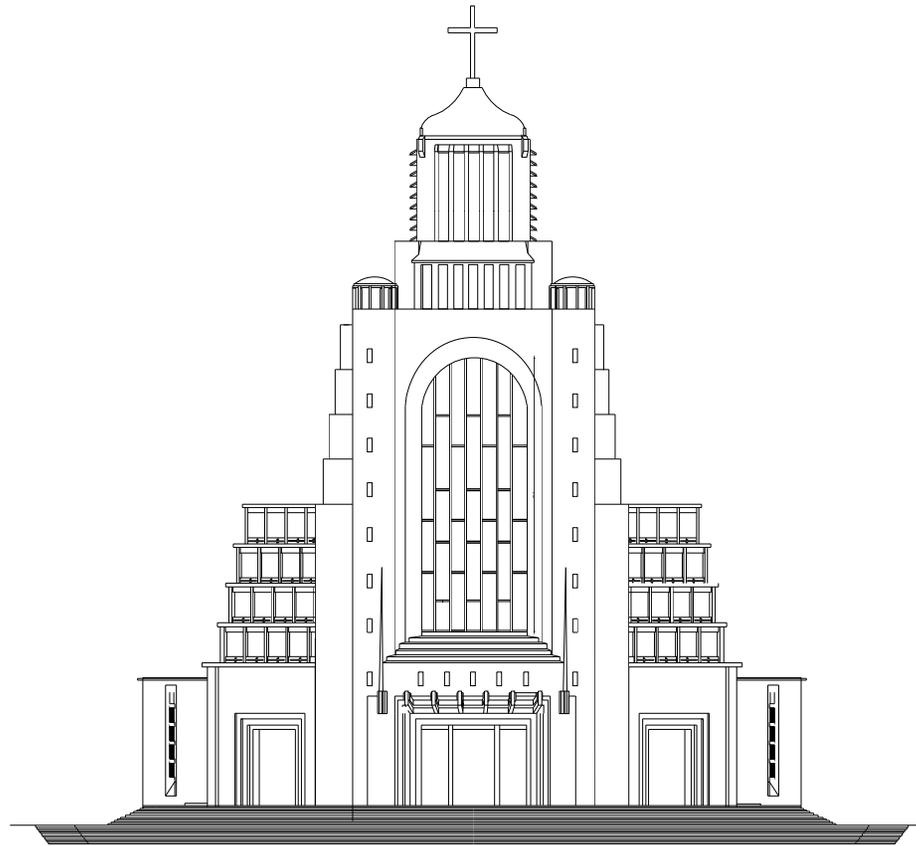
# Estructuras Nuevas de Hormigón Armado

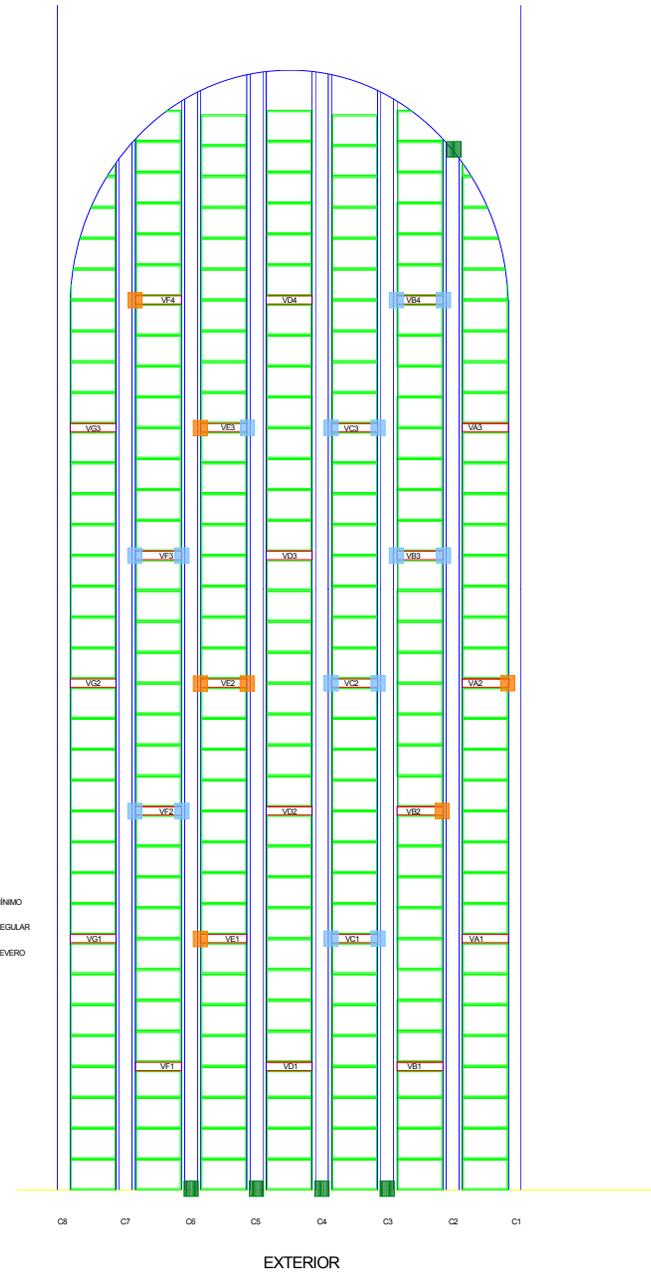
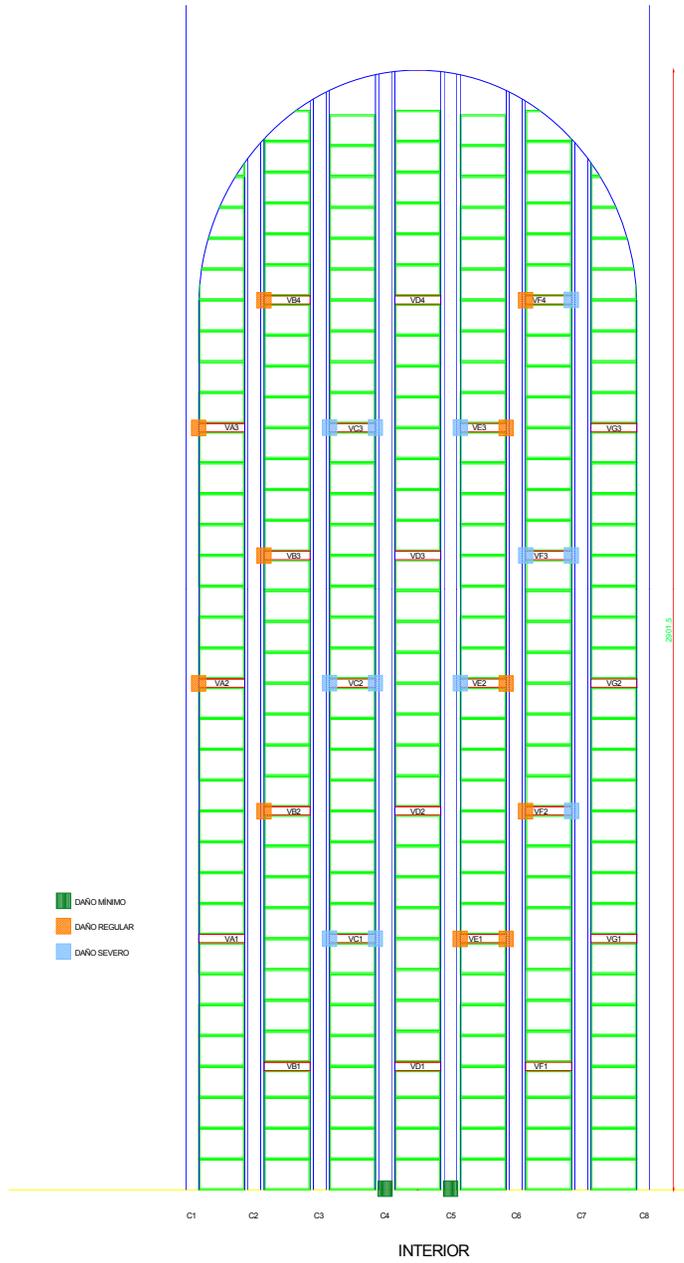


# Estructuras Antiguas de Hormigón Armado



# Estructuras Nuevas de Hormigón Armado con Daños. Templo Maipú.





# Estructuras Nuevas de Hormigón Armado con Daños. Templo Maipú. Cont.



# Edificio Alto Río



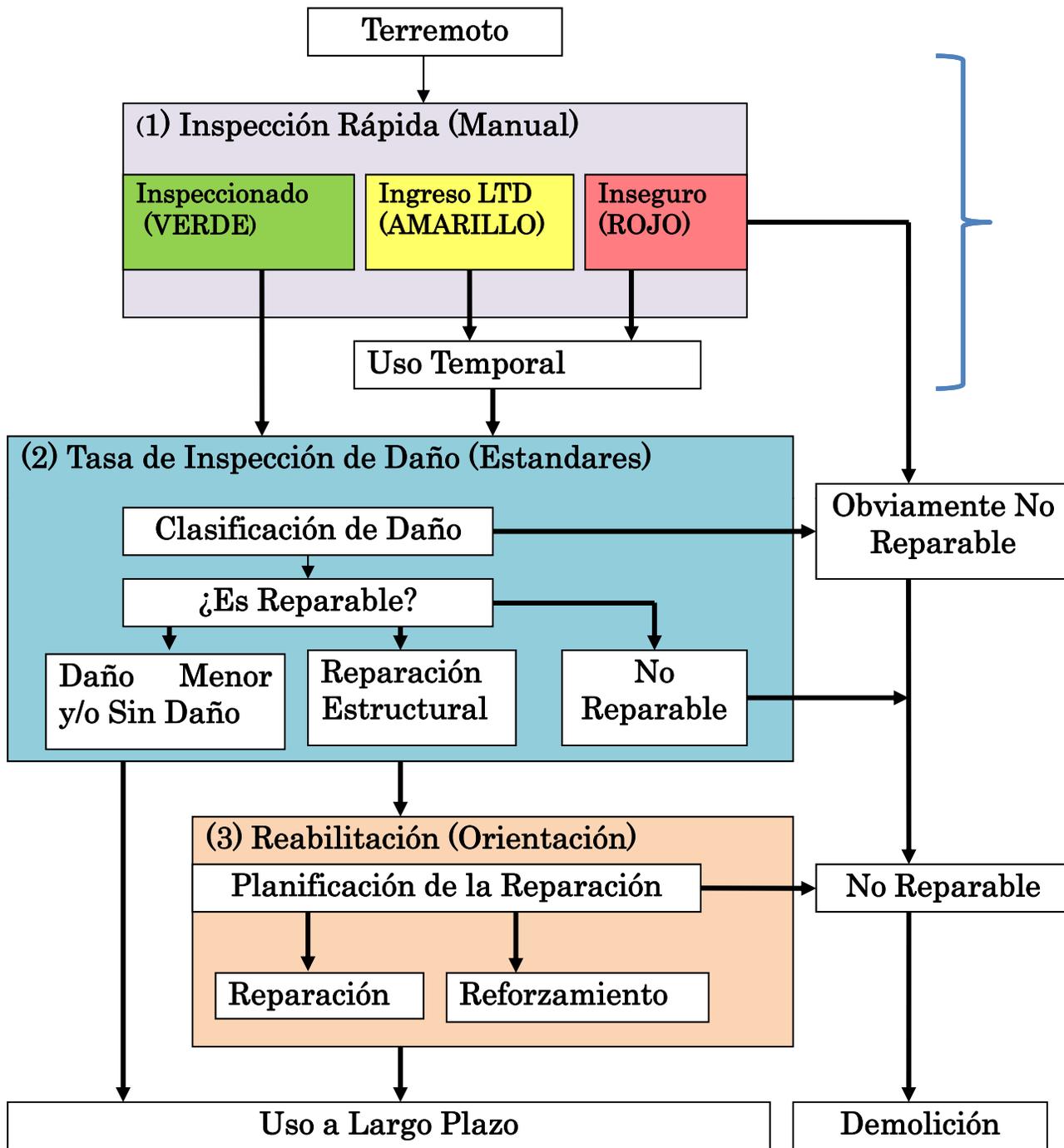
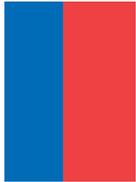
# Edificio Torre O'Higgins



## Lecciones Principales detectados en el Terremoto del 27F.

- Normativa sísmica insuficiente o poco definida. Tema de clasificación sísmica de suelos. Análisis Sísmico sólo por carga.
- Clasificación sísmica de suelos insuficiente, incompleta y tendencia a escenarios optimistas ante disyuntivas.
- Parámetro sísmico de diseño subjetivos y no actualizados al estado del arte.
- Como consecuencia el Espectro de Diseño subestima la sollicitación sísmica.
- Estructuras de hormigón armado diseñadas con supuestos que se descontinuaron.
- Trayectoria discontinua de fuerzas, fenómenos de piso blando.
- Problemas de detallamiento de armadura de H.A.
- Muros con exceso de Compresión . Cabezales reventados.
- Falla de armadura en HA por pandeo y fatiga de bajo ciclo.

# **Inspección Rápida de Edificios. Adaptación de Modelo Japonés.**



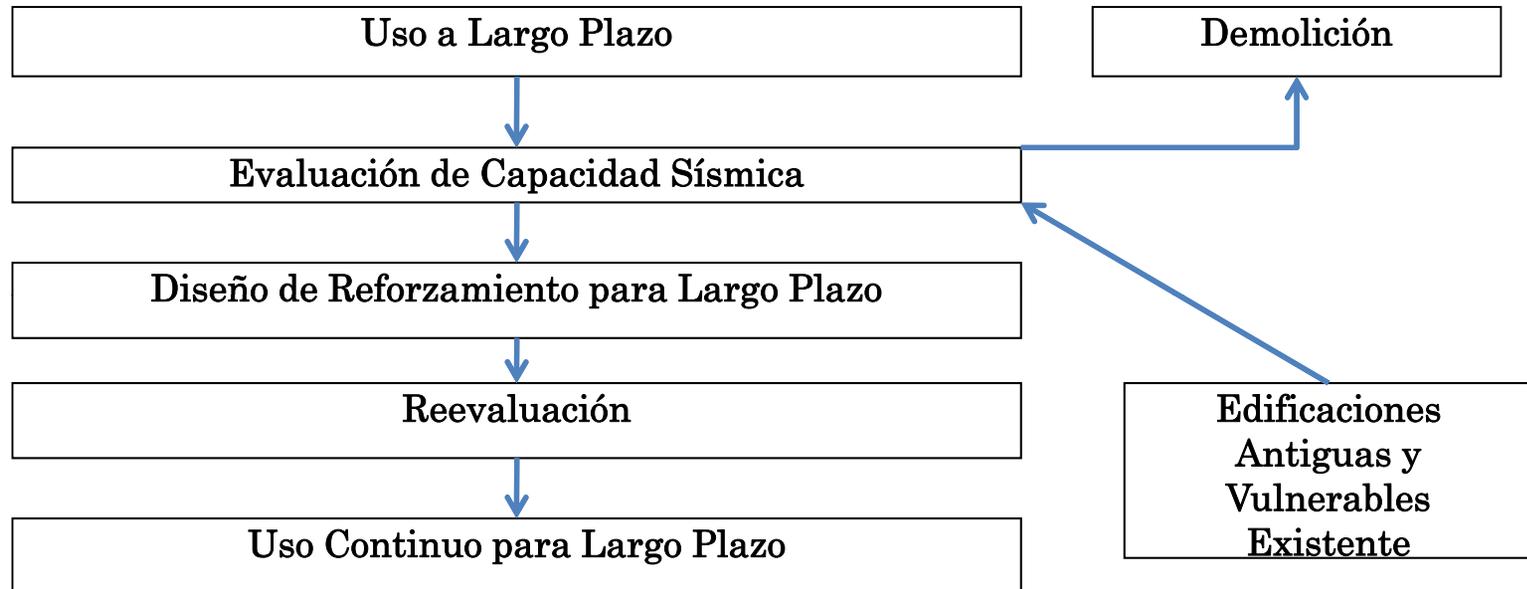
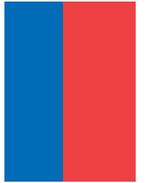
ETAPA 1 DE EMERGENCIA  
Preferiblemente dentro de  
1 o 2 semanas

ETAPA 2. CUASIESTABLE  
Preferiblemente dentro  
de 2 o 3 semanas

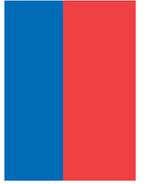
**Diagrama de Flujo  
General de Inspección  
Rápida, Tasa de  
Inspección de Daño y  
Rehabilitación en Japón  
(Manual, Estándares,  
Orientación)**



# ETAPA 3. ESTABLE



# OBJETIVO Y UTILIDAD DEL ESTUDIO PARA INSPECCION DE SEGURIDAD DE EMERGENCIA. INSPECCIÓN RÁPIDA.



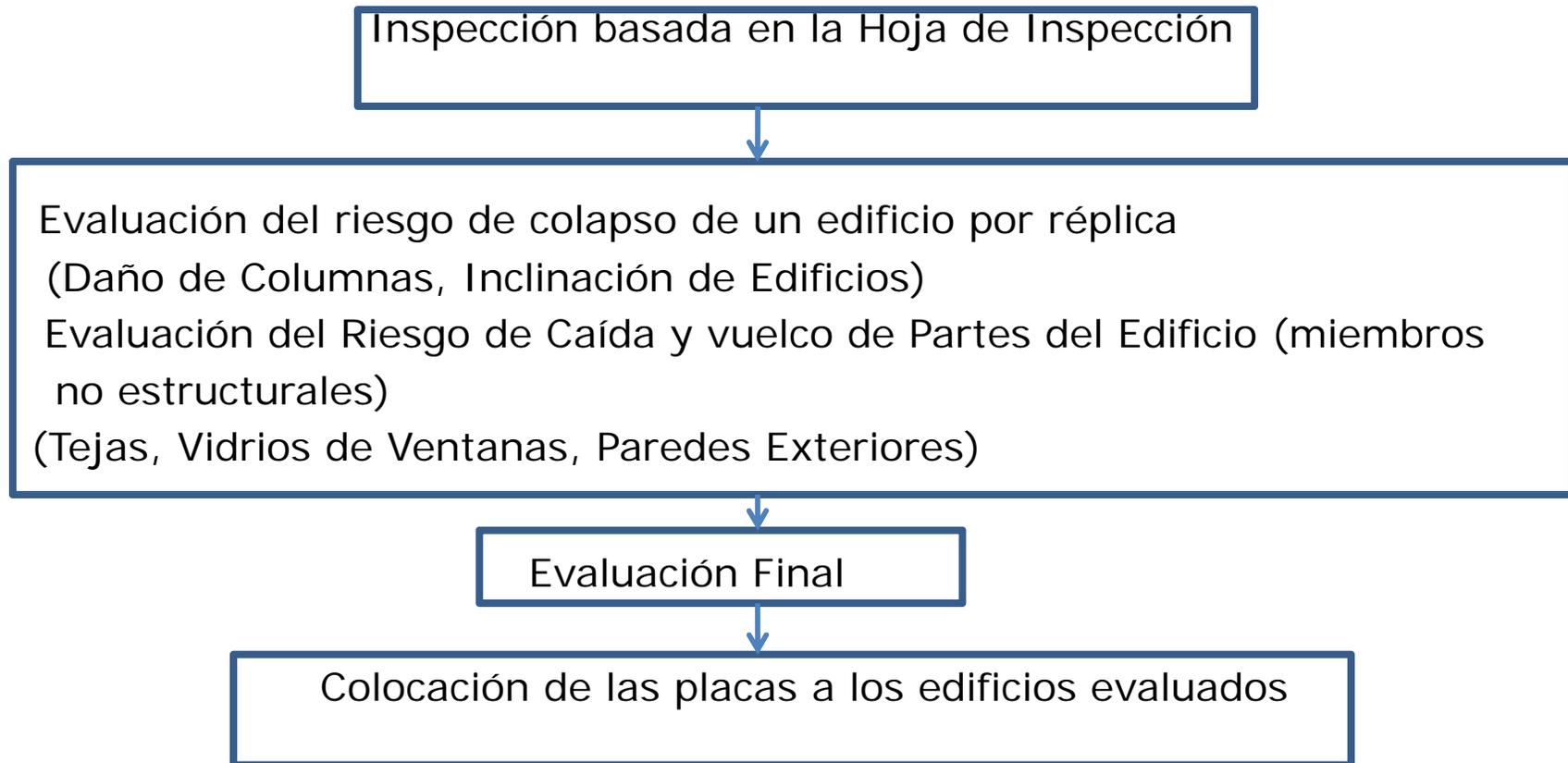
1. Prevenir daños secundarios (personales) por réplicas a través de inspección de seguridad de emergencia de los edificios en riesgo.
2. Entrega de información sobre la seguridad no solo a los moradores de viviendas sino también a los transeúntes. (Algunos edificios cayeron por réplicas)
3. Disminuir o mitigar la concentración en los albergues y otros lugares, divulgando información de seguridad de los edificios con daños leves.
4. Recopilación de la información básica de daños para las medidas de emergencia y la preparación de la política del plan de rehabilitación y reconstrucción por las autoridades es importante.
5. Fuente de Información para restauración o demolición. Cada día reporta a autoridad. Desplazamiento de funcionarios y reporte mejora camino a restauración



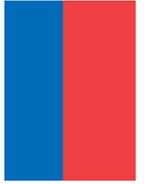
# Procedimiento de Inspección Rápida de Edificios Dañados



La Inspección rápida se evalúa en base al siguiente proceso:



# ETAPA 1. FASE DE EMERGENCIA. INSPECCION RAPIDA.



- Se debe cuantificar rápidamente el nivel de daño de las edificaciones de acuerdo al daño observado y categorizar el daño en distintos potenciales de peligros ante réplicas.
- Las clasificaciones y su definición son:
- **INSEGURO:** Hay daño notable ante réplicas. Se necesita reforzamiento de emergencia para evitar colapso súbito, y el ingreso y uso temporal no están permitidos.
- **INGRESO LIMITADO:** Hay daño de elementos estructurales y no estructurales. Uso temporal no permitido a menos que haya refuerzo temporal, reparaciones de elementos que amenacen la vida y/o sean obstáculos en áreas donde pueda haber peligro. Se permite ingreso con propósitos de emergencia.



# Placas o Carteles de Evaluación. Japón.



工事危険度判定結果

## 調査済

INSPECTED

- ◆この建築物の危険程度は小さいと考えられます
- ◆建築物は使用可能です

建築物名称

注記:

管理番号

判定日時 月 日 午前・午後 時現在

工事計画年度 年度

工事危険度判定結果

## 要注意

LIMITED ENTRY

- ◆この建築物に入らる場合は十分注意して下さい
- ◆定期的に検査する場合には専門家にご相談下さい

建築物名称

注記:

管理番号

判定日時 月 日 午前・午後 時現在

工事計画年度 年度

工事危険度判定結果

## 危険

UNSAFE

- ◆この建築物に入らることは危険です
- ◆立ち入る場合は専門家に相談し、必要措置をたぐえ後にして下さい

建築物名称

注記:

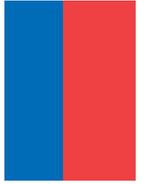
管理番号

判定日時 月 日 午前・午後 時現在

工事計画年度 年度



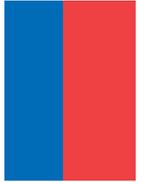
# ETAPA 1. FASE DE EMERGENCIA



- **INSPECCIONADO:** Se han encontrado muy pocos o ningún daño estructural, y no se cree que exista peligro aunque reparaciones pueden ser necesarias. La resistencia lateral original no se ha visto comprometida y se permite el uso u ocupación temporal.
- Se aconseja colocar en un lugar visible los resultados de la evaluación.
  - INSEGURO: ROJO
  - INGRESO LIMITADO: AMARILLO
  - INSPECCIONADO: VERDE
- De forma que todos los residente, usuarios y público en general puedan darse cuenta fácilmente de los resultados.



# Resumen sobre la Inspección de Seguridad de Emergencia



- La Inspección de Seguridad de Emergencia se clasifica en 3 categorías, “peligro” (inseguro), “atención” (ingreso limitado) y “inspeccionado”
- La categorización antes mencionada se hace principalmente por inspección visual del inmueble, en donde se analiza el riesgo de hundimiento, grado de inclinación, caída y derrumbe de edificios **para evitar desastres secundarios.**
- Después de la inspección de seguridad de emergencia, se analiza la clasificación del grado de daños en “derrumbe total”, “colapso mayor”, “colapso mediano”, “colapso moderado” y “colapso leve” por expertos en estructuras de edificios.



# **DS 61 13.12.2011 / Modificaciones a la Norma Sísmica NCh433 Of96 Mod.2009**

## Parámetro Velocidad de Onda de Corte.

- La clasificación sísmica de suelos depende principalmente de la velocidad de las ondas de corte promedio de los 30 metros superiores del terreno,  $V_{s30}$ , definida por:

$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{s-i}}}$$

- Donde:
- 
- $V_{s-i}$  : velocidad de ondas de corte del estrato  $i$ , en m/s
- $h_i$  : espesor del estrato  $i$ , en metros
- $n$  : número de estratos en los 30 metros superiores del terreno.

# Evolución Norma Sísmica Edificación

Norma		Accion	Efecto
DS 117	25-02-2011	Redefinición de Suelos I al V	Corrige la transición Suelo II y Suelo III
		Define la medición de Vs como directa	Aparece sondaje para medición down hole
			Sobreostos de diseño, valores del orden de USD 640 / ml, son 45 m
		Clasificación directa de suelos y completa	Aumento de Costos de Diseños
		Ante dudas usar suelo mas desfavorable	Mas conservador
		Nuevo espectro de diseño	Muros mucho mas grueso y mucho acero
			Valor de estructura aumenta del orden del 40%
ORD 864	abr-11	Interpreta DS 117	Se puede sobrediseñar para evitar sondajes de prospeccion
DICTAMEN CGR	sep-11		
DS 61	13-12-2011	Redefine Suelos de A a F	
		Define la medición de Vs y metodologias REMI, MASW, etc	Disminuye costo de Vs
		Se vuelve a usar espectro parecido a NCh 433	Costos a lo esperado
		Se solicita análisis por desplazamientos	

# ORD 864. Interpretación Sondaje para Mecánica de Suelos.

*"6. Para conjuntos de viviendas en terrenos de más de 8.000 m<sup>2</sup> o estructuras de 5 o más pisos sobre la superficie del terreno natural o **edificios categoría de III y IV, las propiedades que permiten clasificar el suelo de fundación deben ser evaluadas en los primeros 30 m bajo la superficie de apoyo de las fundaciones o hasta la roca.** En caso de pilotes, este nivel corresponde al nivel más bajo entre la cabeza del pilote y el nivel del terreno. "*

1. En relación con lo anterior, cabe indicar que, de conformidad a lo dispuesto en el artículo 1º, del D.S. N° 117, se establece con claridad que las disposiciones que se contemplan en la NCh 433, Of. 1996, mod. 2009, que no se contrapongan con las normas del citado decreto, son de aplicación supletoria, manteniendo, por tanto, dicha NCh, plena validez en los aspectos que no resulten contradictorios o contrapuestos con el D.S. N° 117.

2. En este sentido, se debe precisar que, no se contrapone a las disposiciones del D.S. N° 117, (V. y U.), de 2010, entender, la disposición transcrita, en especial en lo que respecta a la frase que se ha destacado, de la siguiente manera:

Para todo tipo de edificaciones a construir en suelos preclasificados tipo I, II y III, se podrá utilizar el coeficiente sísmico máximo para suelos tipo IV definido de la tabla 6.4 y los valores del coeficiente "S" de la tabla 6.3 de la norma NCh 433 Of. 1996, mod. 2009, sin necesidad de evaluar los primeros 30 metros bajo la superficie de apoyo de las fundaciones o hasta la roca.

Lo anterior no aplicará cuando el suelo evaluado corresponda efectivamente a suelo tipo IV o V, en cuyo caso se deberán aplicar las disposiciones establecidas en el D.S. N° 117.

## Parámetro Velocidad de Onda de Corte. Cont.

- La velocidad de propagación de las ondas de corte debe ser medida por ensayos down-hole, cross-hole o sonda de suspensión o a partir de mediciones de ondas superficiales (ondas de Rayleigh), por métodos como SASW, MASW o ReMi. En estos casos se deben informar las curvas de dispersión y los resultados del perfil de velocidades en profundidad para dos mediciones preferentemente ortogonales. Adicionalmente, cuando se utilice el método ReMi se debe incluir una medición con una fuente activa de conocida ubicación. El perfil de velocidades de ondas de corte que caracteriza el terreno corresponderá a aquel que resulte en el caso más desfavorable. No se permite estimar  $V_s$  a partir de ondas  $V_p$ .

## Tabla Nueva de Clasificación Sísmica de Suelos para Mecánica de Suelos. Ensayos Requeridos.

Suelo Tipo		$V_{s30}$ (m/s)	RQD	$q_u$ (MPa)	$(N_1)$ (golpes/pie)	$S_u$ (MPa)
A	Roca, suelo cementado	$\geq 900$	$\geq 50\%$	$\geq 10$ ( $\varepsilon_{qu} \leq 2\%$ )		
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	$\geq 500$		$\geq 0,40$ ( $\varepsilon_{qu} \leq 2\%$ )	$\geq 50$	
C	Suelo denso o firme	$\geq 350$		$\geq 0,30$ ( $\varepsilon_{qu} \leq 2\%$ )	$\geq 40$	
D	Suelo medianamente denso, o firme	$\geq 180$			$\geq 30$	$\geq 0,05$
E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	$< 180$			$\geq 20$	$< 0,05$
F	Suelos Especiales	*	*	*	*	*

# Tabla Nueva de Clasificación Sísmica de Suelos para Mecánica de Suelos. Observaciones.

- $N_1$ : Índice de penetración estándar normalizado por presión de confinamiento de 0,1 MPa. Aplicable sólo a suelos que clasifican como arenas
- RQD: Rock Quality Designation, según norma ASTM D 6032
- $q_u$ : Resistencia a la compresión simple del suelo
- $\varepsilon_{qu}$ : Deformación unitaria del suelo desarrollada cuando se alcanza la resistencia máxima en el ensayo de compresión simple
- $S_u$ : Resistencia al corte no-drenada del suelo

## **Tipos de Suelo:**

**Suelo Tipo A:** Para Suelo Tipo A se debe justificar  $V_{s30}$ , más RQD en roca y  $q_u$  en suelo cementado, con un mínimo de 5 mediciones. En aquellos casos donde se demuestre que todo el perfil de los 15 metros superiores presenta una velocidad de onda de corte superior a 900 m/seg, no será necesaria la justificación de RQD, ni  $q_u$ .

Cuando la estructura se apoya íntegramente en el basamento rocoso y este basamento cumple las características geotécnicas antes indicadas, independientemente de los materiales geotécnicos existentes sobre el sello de fundación, el sitio clasifica como Suelo Tipo A.

## Tabla Nueva de Clasificación Sísmica de Suelos para Mecánica de Suelos. Observaciones. Cont.

**Suelo Tipo B.** se debe justificar  $V_{s30}$ , más  $N_1$  en caso de arenas, y  $q_u$  en el caso de suelos finos. En el caso de suelos granulares gruesos, donde no resulta posible el uso del índice de penetración, se deberá proporcionar una detallada descripción estratigráfica del terreno hasta una profundidad de 30 metros, medidos a partir de la superficie natural, indicando el tamaño máximo nominal de partícula cada 5 metros de profundidad.

***En el caso que sólo se disponga del perfil de  $V_s$  en profundidad y que dicho perfil indique claramente que  $V_s$  aumenta monótonamente con la profundidad y además, se cumple que  $V_{s30} > 500$  m/s, se puede clasificar automáticamente como Suelo Tipo C, sin necesidad de otras mediciones.***

Una excepción son las gravas fluviales de espesor mayor o igual a 30 metros (medidos a partir de la superficie natural), las cuales clasifican como Suelo Tipo B sin necesidad de medir  $V_s$ , ni presentar la descripción estratigráfica detallada. El sustento para establecer la presencia de gravas fluviales de espesor mayor o igual a 30 metros, puede ser de tipo geológico, o información confiable y demostrable de sectores del entorno inmediato.

•

## Tabla Nueva de Clasificación Sísmica de Suelos para Mecánica de Suelos. Observaciones. Cont.

**Suelo Tipo C.** Para Suelo Tipo C se debe justificar  $V_{s30}$ , más  $N_1$  en caso de arenas, y  $q_u$  en el caso de suelos finos.

***En el caso de suelos granulares gruesos, donde no resulta posible el uso del índice de penetración, se deberá proporcionar una descripción estratigráfica del terreno hasta una profundidad de 30 metros, medidos desde la superficie natural, indicando el tamaño máximo nominal de partícula cada 5 metros de profundidad.***

En el caso que sólo se disponga del perfil de  $V_s$  en profundidad y que dicho perfil indique claramente que  $V_s$  aumenta monótonamente con la profundidad y además, se cumple que  $V_{s30} > 350$  m/s, se puede clasificar automáticamente como Suelo Tipo D, sin necesidad de mayores mediciones.

**Suelo Tipo D.** Para Suelo Tipo D se debe justificar  $V_{s30}$ , más  $N_1$  en caso de arenas, y  $S_u$  en el caso de suelos finos.

En depósitos de suelos arenosos donde se disponga de mediciones del índice de penetración, al menos cada un metro de profundidad en los 30 metros superiores y se cumpla que  $N_1 \geq 30$  golpes/pie, se puede clasificar automáticamente el terreno como Suelo Tipo D, sin necesidad de otras mediciones. Dentro de los 30 metros de medición del N-SPT se aceptan en total no más de 5 metros con  $N_1$  en el rango de 20 - 29 golpes/pie.

## Tabla Nueva de Clasificación Sísmica de Suelos para Mecánica de Suelos. Observaciones. Cont.

En el caso que sólo se disponga del perfil de  $V_s$  en profundidad y que dicho perfil indique claramente que  $V_s$  aumenta monótonamente con la profundidad y además, se cumple que  $V_{s30} > 180$  m/s, se puede clasificar automáticamente como Suelo Tipo E, sin necesidad de otras mediciones.

**Suelo Tipo E.** Para suelo tipo E se debe justificar  $V_{s30}$ , más  $N_1$  en caso de arenas y  $S_u$  en el caso de suelos finos.

**Suelo Tipo F.** Se consideran Suelos Especiales (Tipo F) aquellos que presentan singularidades en su comportamiento mecánico y, por lo tanto, no permiten ser categorizados sísmicamente sólo por  $V_{s30}$ . Ellos requieren estudios especiales de amplificación de acuerdo a sus particulares características. Estos suelos son los siguientes:

Suelos potencialmente licuables, entendiendo por ellos las arenas, arenas limosas o limos, saturados, con Índice de Penetración Estándar  $N_1$  menor que 20 golpes/pie (normalizado a la presión efectiva de sobrecarga de 0,10 MPa).

## Tabla Nueva de Clasificación Sísmica de Suelos para Mecánica de Suelos. Observaciones. Cont.

- Suelos susceptibles de densificación por vibración.
- Suelos colapsables.
- Suelos orgánicos.
- Suelos finos saturados con  $LL > 80$  y espesor  $> 20$  metros.
- Suelos finos saturados de sensibilidad mayor a 10.

También clasifican como Suelo Tipo F terrenos con topografía irregular, donde pueden existir fenómenos de amplificación local, los cuales no están cubiertos por la clasificación de la Tabla 4.2.

**4.2.3.2** Cuando la información sobre el suelo de fundación permita clasificarlo dentro de dos o más tipos de suelo, se debe optar por la Clasificación Sísmica que resulte en el caso más desfavorable.

# MEDICIÓN CON ONDAS SUPERFICIALES (REMI, SASW y MASW)

- En casos de usar mediciones de ondas superficiales (ondas de Rayleigh), por métodos como SASW, MASW o ReMi, se deben informar lo que sigue:
- **Cotas topográficas**, con coordenadas Norte, Este de los puntos de medición de cada perfil, indicando distancia entre puntos y ángulo entre perfiles de medición
- **Tabla con los valores de la velocidad medida** y distancias parciales de medición. Esto permite inferir y validar el horizonte de fundación.
- **Curvas de Dispersión.** Las curvas de dispersión y los resultados del perfil de velocidades en profundidad para dos mediciones preferentemente ortogonales.
- **Monotonía.** Se deberá demostrar que el perfil de velocidades de ondas de corte medidos crece de manera monótona. Si esto no ocurre se recurrirá a un ensayo complementario que permita clasificar el suelo inequívocamente de acuerdo al DS 61 o el estado del arte debidamente justificado con estudios confiables.
- Adicionalmente, cuando se utilice el método ReMi se debe incluir una medición con una fuente activa de conocida ubicación.
- **Valor reportado de  $V_s$ .** El perfil de velocidades de ondas de corte que caracteriza el terreno corresponderá a aquel que resulte en el caso más desfavorable. No se permite estimar  $V_s$  a partir de ondas  $V_p$ .

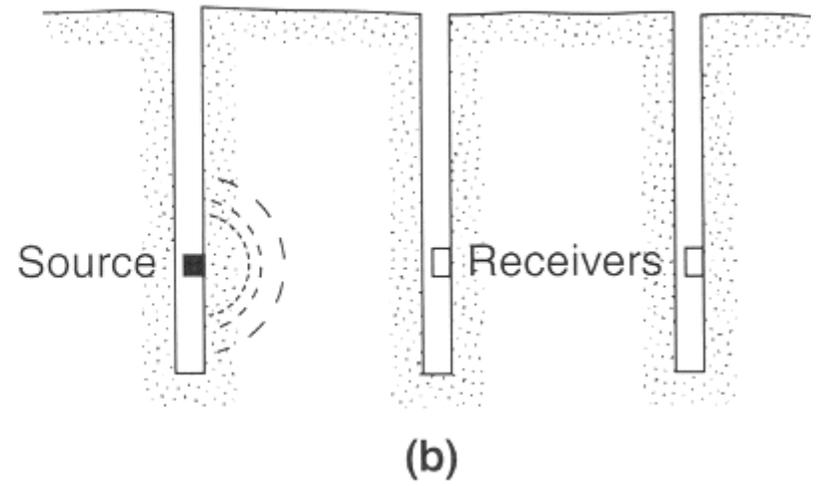
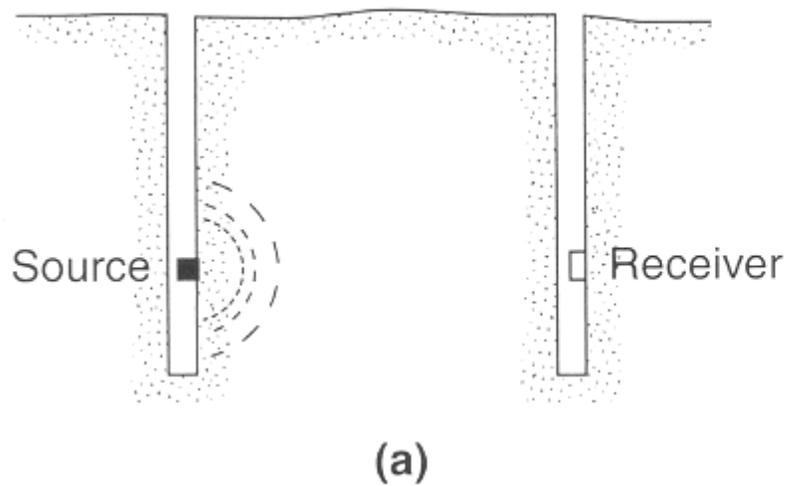
## Método Microtremores (Remi).

- Considerando las dificultades de medir la velocidad  $V_s$  en sectores urbanos es que se desarrolló una técnica sísmica conocida como ReMi específicamente para medir la velocidad  $V_s$  del subsuelo en áreas urbanas. En este método se utiliza la misma instrumentación sísmica del método de refracción pero como fuente de ondas se usa el “ruido ambiental”. Este ruido ambiental (o vibraciones ambientales) se conoce como microtremores.



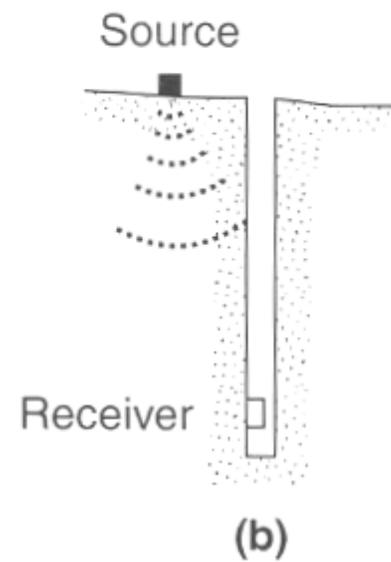
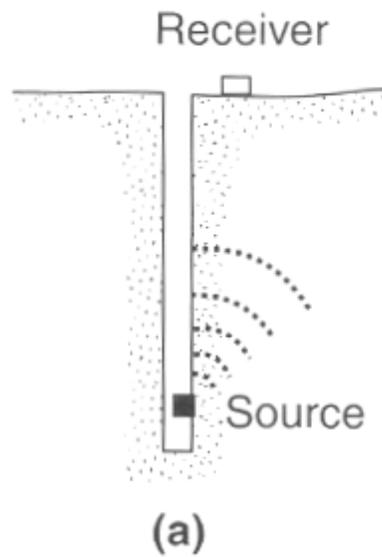
## Ensayo Cross Hole

- a. Cross Hole de dos Sondeos, medida directa.
- b. Cross Hole tres Sondeos.



# Ensayos UpHole y DownHole

- a. Up-Hole.
- b. Down Hole.



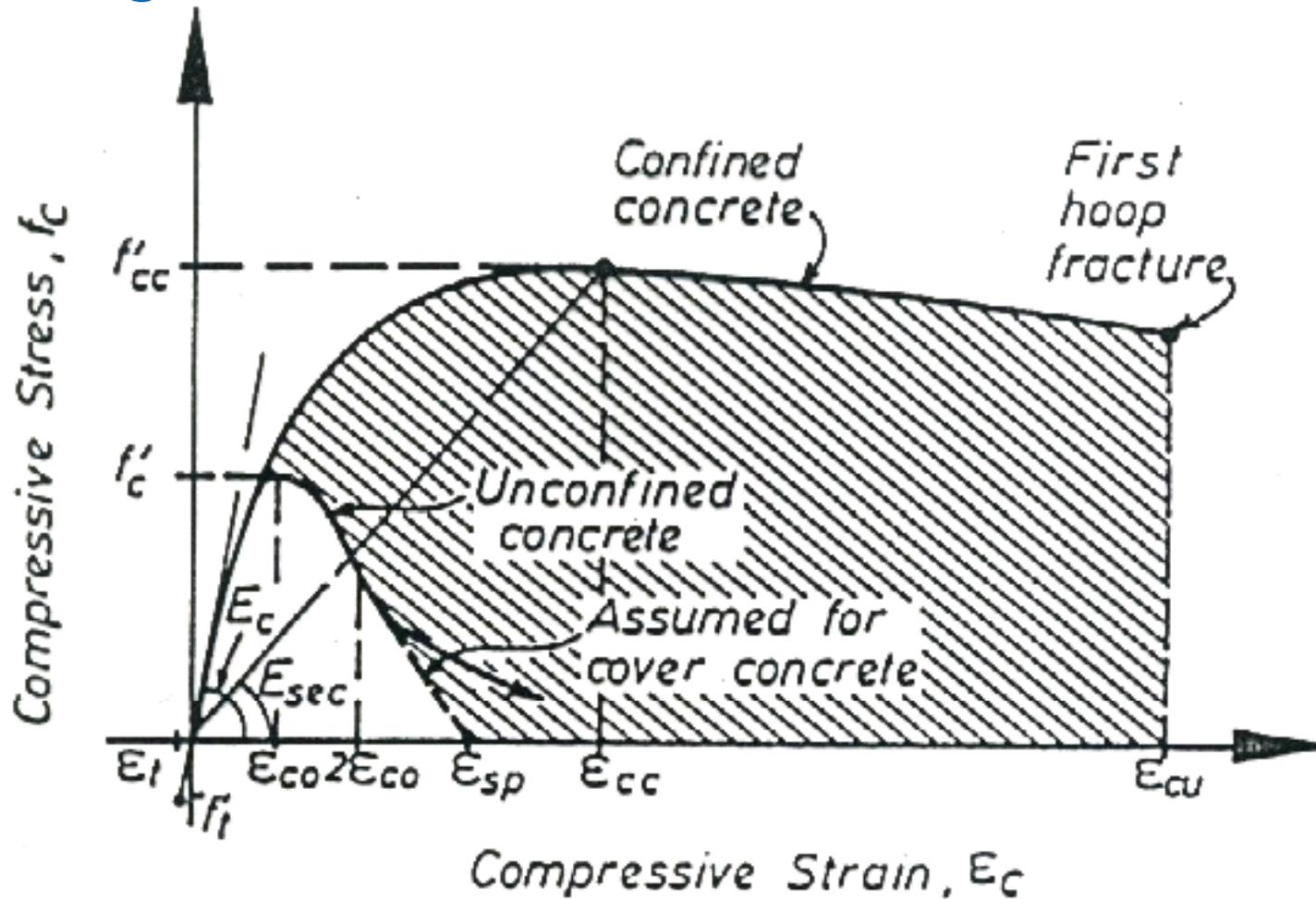
Fi  
(b)

- **2.- Estructuras que requieren obligatoriamente justificar la Clasificación de Suelos**
- Para conjuntos de viviendas en terrenos de más de 8.000 m<sup>2</sup> o estructuras de 5 o más pisos sobre la superficie del terreno natural o edificios categoría de III y IV, las propiedades que permiten clasificar el suelo de fundación deben ser evaluadas en los primeros 30 m bajo la superficie natural del terreno, o hasta la roca.
- **3.- Estructuras que no requieren justificar la clasificación de suelos**
- ***En el caso de estructuras clasificadas de acuerdo a su uso como III o IV, y que presentan un total menor a 500 m<sup>2</sup> construidos y además, no sean superior a 2 niveles y/o pisos y tampoco presenten una altura total mayor a 8 m, no es obligatorio justificar Vs30 con mediciones in-situ, ni tampoco es obligatorio justificar valores del Índice de Penetración, o resistencia no-drenada en una profundidad de 30 m.***
- Para los casos arriba indicados, el estudio de Mecánica de Suelos, realizado cumpliendo la **norma NCh1508.Of2008**, debe descartar que se está en presencia de suelo licuable, susceptible de densificación por vibración, colapsable, orgánico, y turba. Además, el terreno no debe estar afecto a amplificación topográfica.
- Las estructuras que no requieren establecer en profundidad los parámetros geotécnicos indicados en la Tabla de Clasificación Sísmica, deben ser diseñadas considerando la condición más desfavorable de tipo de suelo. Consecuentemente, el análisis sísmico se debe realizar mediante el método estático, utilizando el coeficiente sísmico máximo para el tipo de suelo más desfavorable, Suelo Tipo E.

# **DS 60 – ACI 318-08. Detallamiento de Armaduras y requerimientos de estructuras**

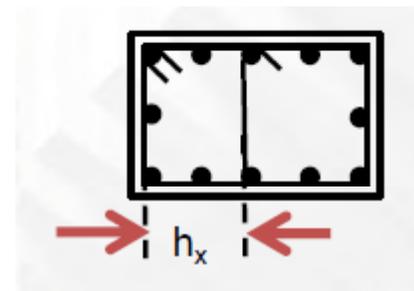
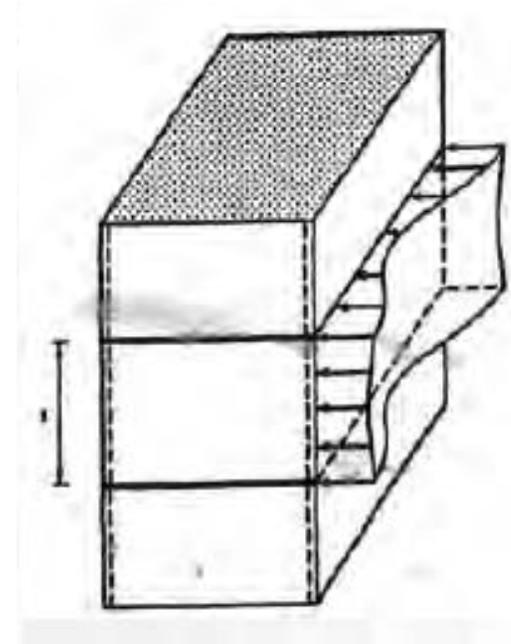
# Confinamiento en Elementos de Hormigón Armado

# Importancia de Confinar en elementos de Hormigón Armado.



# Confinamiento.

- Expansión por efecto de Poisson
- Confinamiento disminuye degradación por expansión
- Parámetros importantes a controlar:
  - Espaciamiento de barras longitudinales apoyadas por estribo
  - Espaciamiento de estribos
  - Fuerza de confinamiento

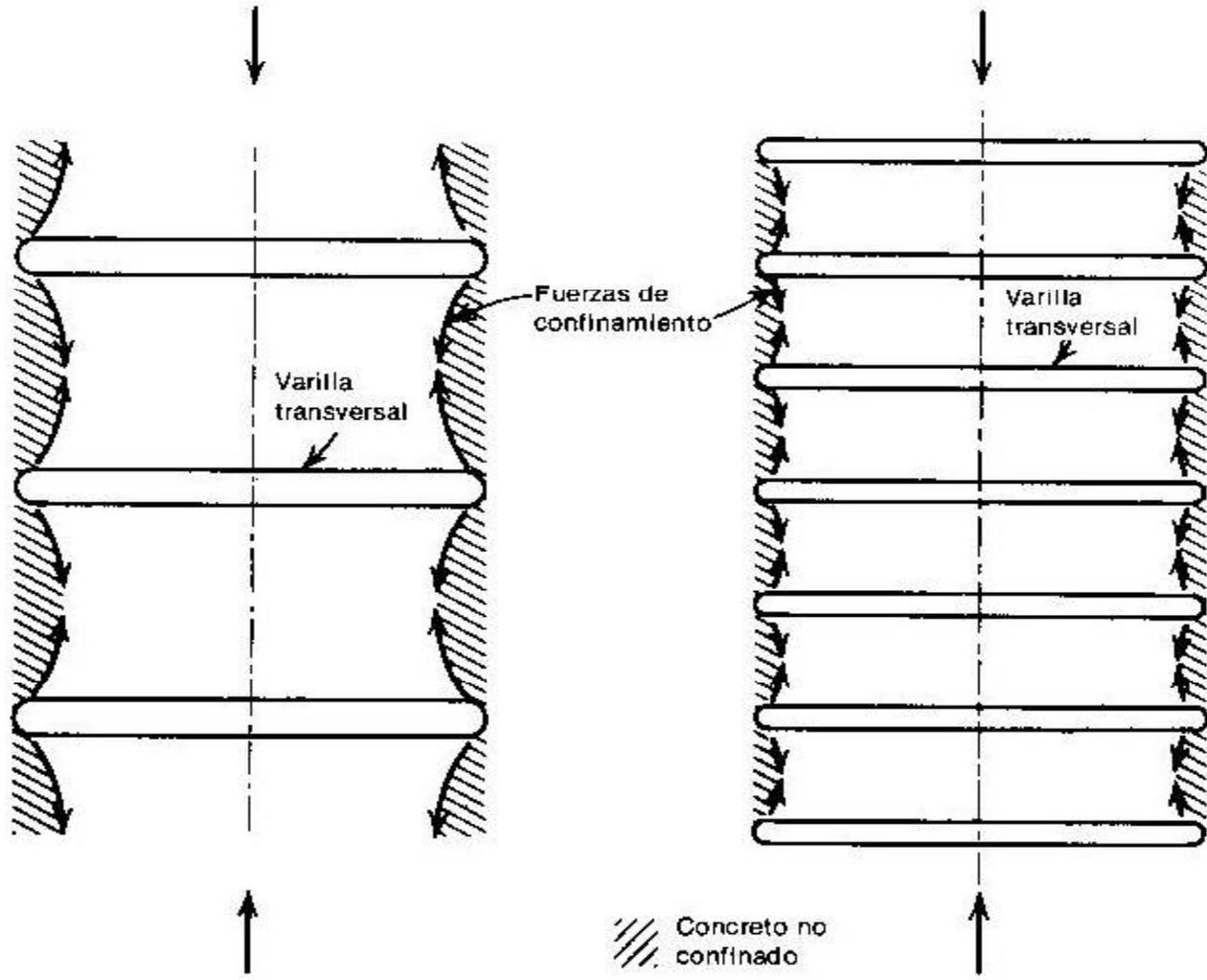


# Pandeo de barras y Confinamiento.



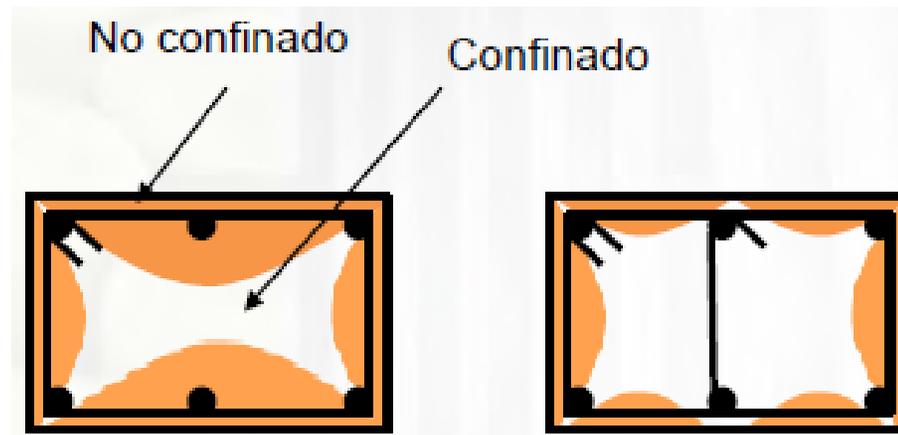
- El confinamiento aumenta la capacidad y ductilidad del HA.
- Pandeo de barras.  
Degradación de capacidad a compresión de barras longitudinales.
- Comportamiento acoplado.
- En este terremoto se observó que algunos muros de hormigón armado en edificios altos tomaron bastante compresión con el colapso del cabezal del muro, los que la norma llama muros especiales.

Efecto de estribos de confinamiento en columnas, por efecto de la compresión. Importancia del espaciamiento.



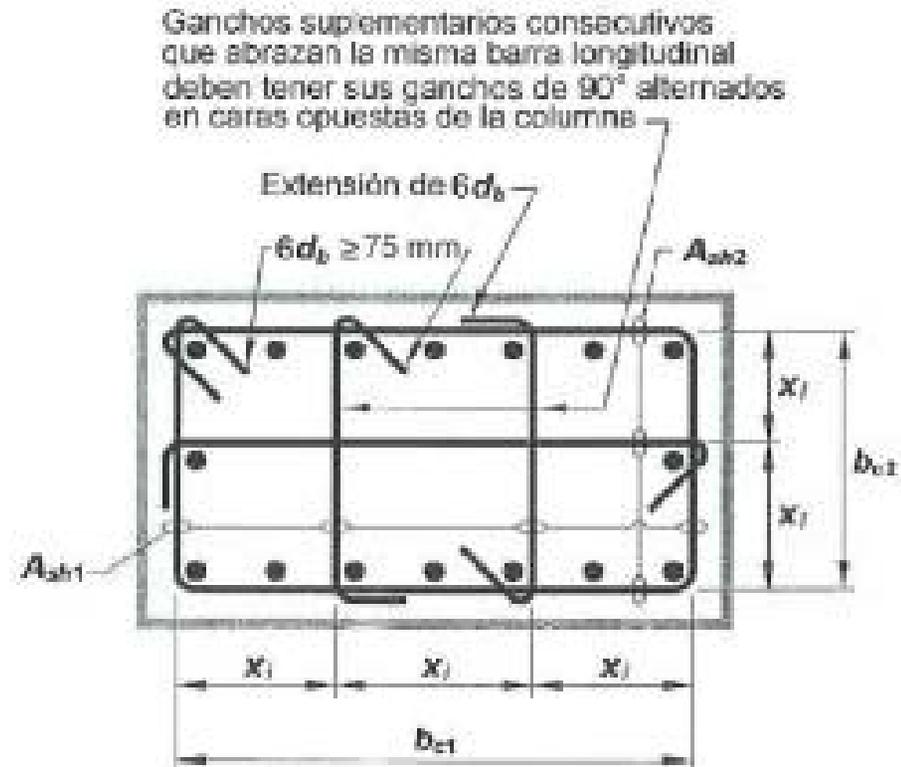
# Efecto de Trabas

- El efecto de confinar usando trabas en secciones grandes beneficia la estructura aumentando el área de sección transversal confinada.



# Ejemplo de Armadura de Columna

- El ACI 318 indica como ejemplo que:

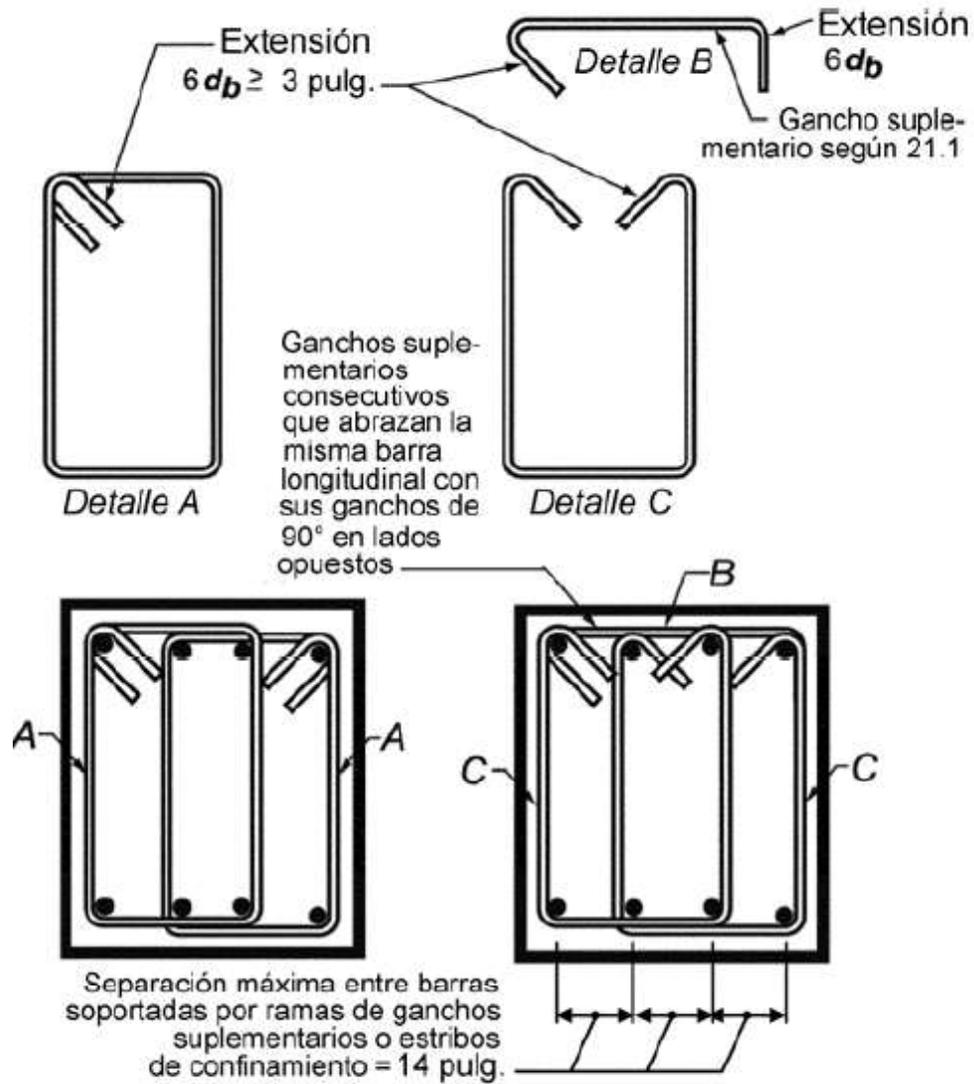


La dimensión  $x_f$  centro a centro entre las ramas de estribo no debe exceder 350 mm. El término  $h_x$  usado en la ecuación (21-2) se toma como el mayor valor de  $x_f$ .

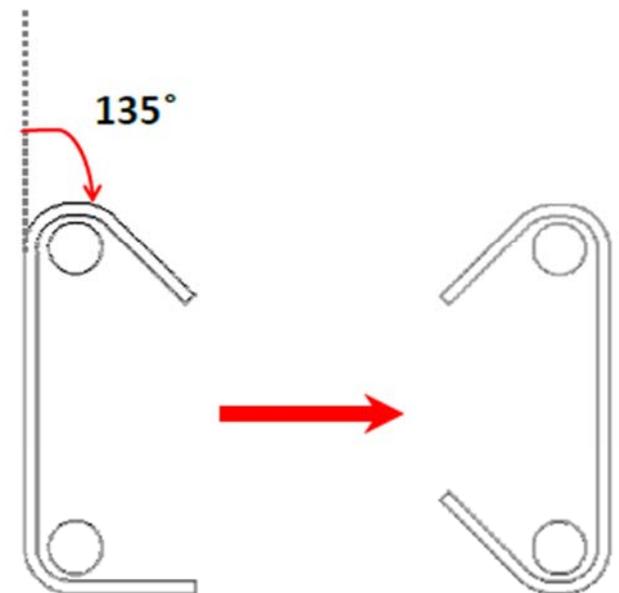
## Indicación Estribos DS 60

- **7.10.5 – Estribos**
- Reemplazar el texto de 7.10.5.1 por el siguiente:
- **7.10.5.1 – Todas las barras no preesforzadas deben estar confinadas por medio de estribos de diámetro igual o mayor que un tercio del diámetro del refuerzo longitudinal que sujeta. Para paquetes de barras, el estribo debe ser de 12mm de diámetro o mayor. Se permite el uso de alambre corrugado o refuerzo electro soldado de alambre con un área equivalente.**

# Detallamiento de Estribos



- **21.6.4 – Refuerzo transversal**
- **21.6.4.2 – Agregar al final del párrafo:**
- Los estribos y trabas suplementarias deben tener ambos extremos doblados en un ángulo mayor o igual que 135 grados.

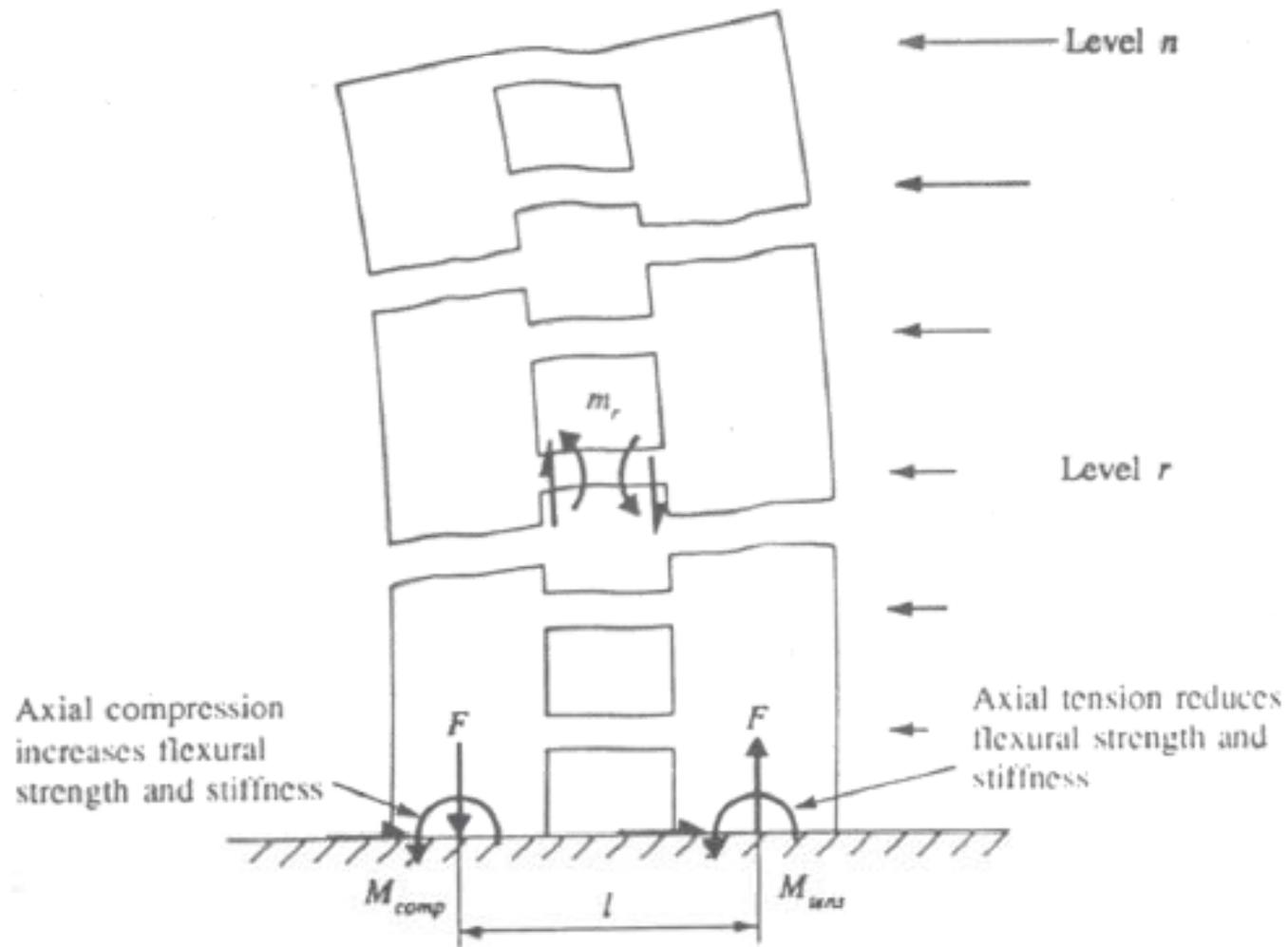


# Conclusiones Parte 1 HA

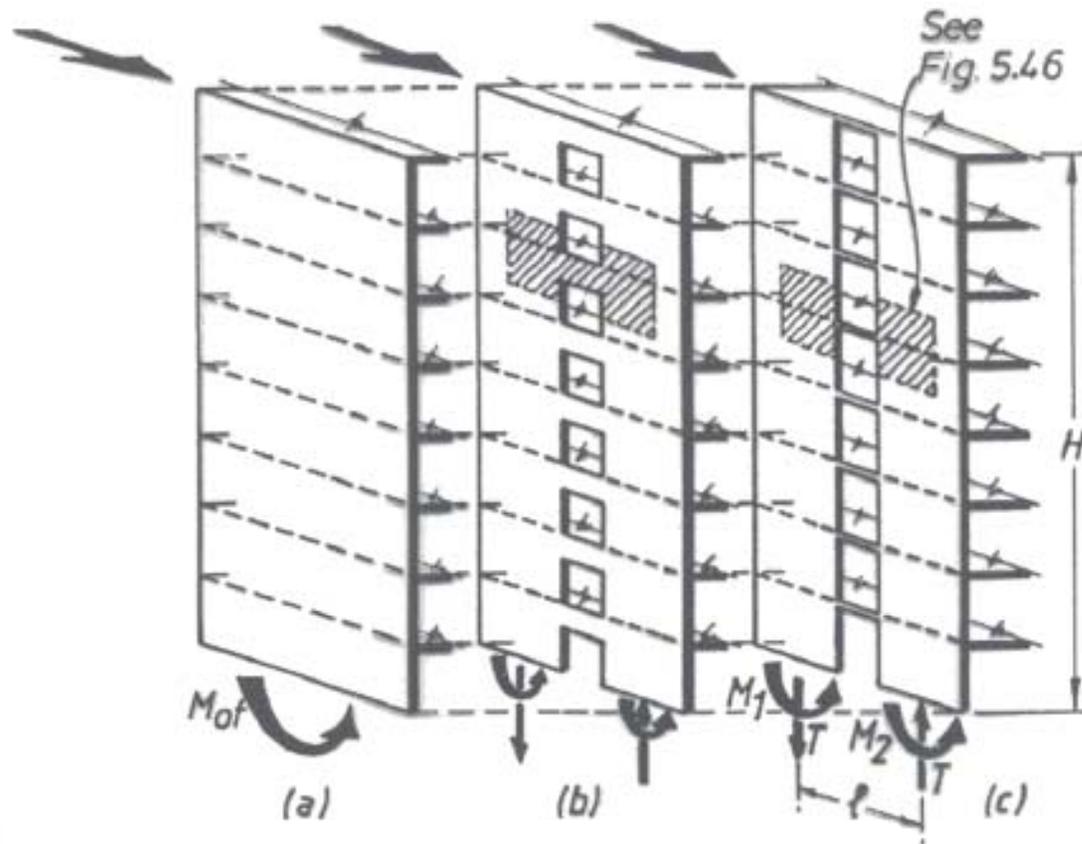
- Los estribos en elementos verticales tienen importancia en el confinamiento del núcleo de hormigón armado
- La longitud del gancho sísmico o pata del estribo no puede ser inferior a 7,5 cm para diámetros menores que 16 mm
- Para diámetros mayores o iguales a 16 mm es  $6 \cdot d_b$
- El espaciamiento de los estribos tiene relación directa con la longitud de pandeo de las armaduras axiales en elementos verticales sometidos a compresión o flexo-compresión.
- El uso de trabas en elementos verticales debiera estar detallado en planos y debe ser respetado en obra
- Es importante la longitud del gancho sísmico del estribo y su doblez, también debe usarse en trabas.

# Falla en Muros de Hormigón Armado

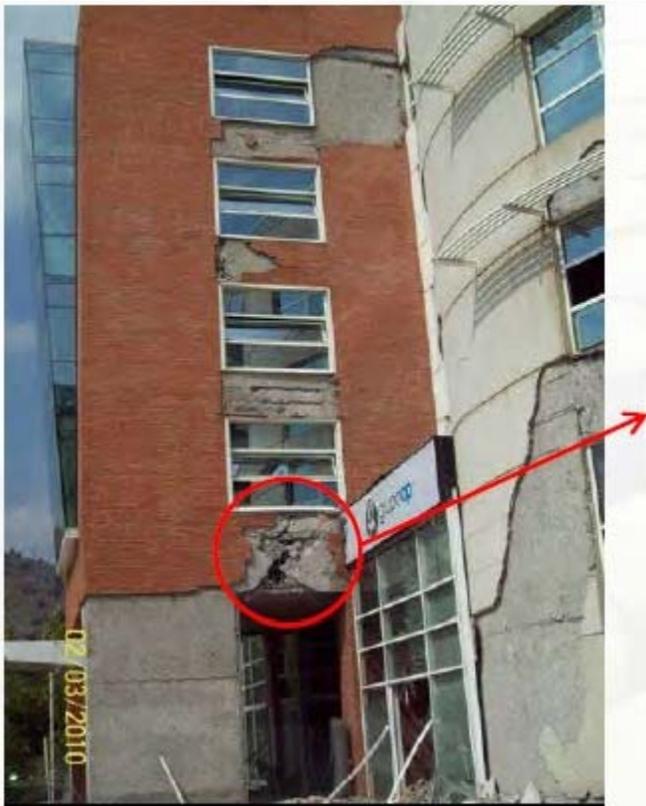
# Tensiones Típicas en Edificios por Sismos



# Tensiones Típicas en Edificios por Sismos. Cont.



# Falla en dinteles Armadura de Corte Insuficiente



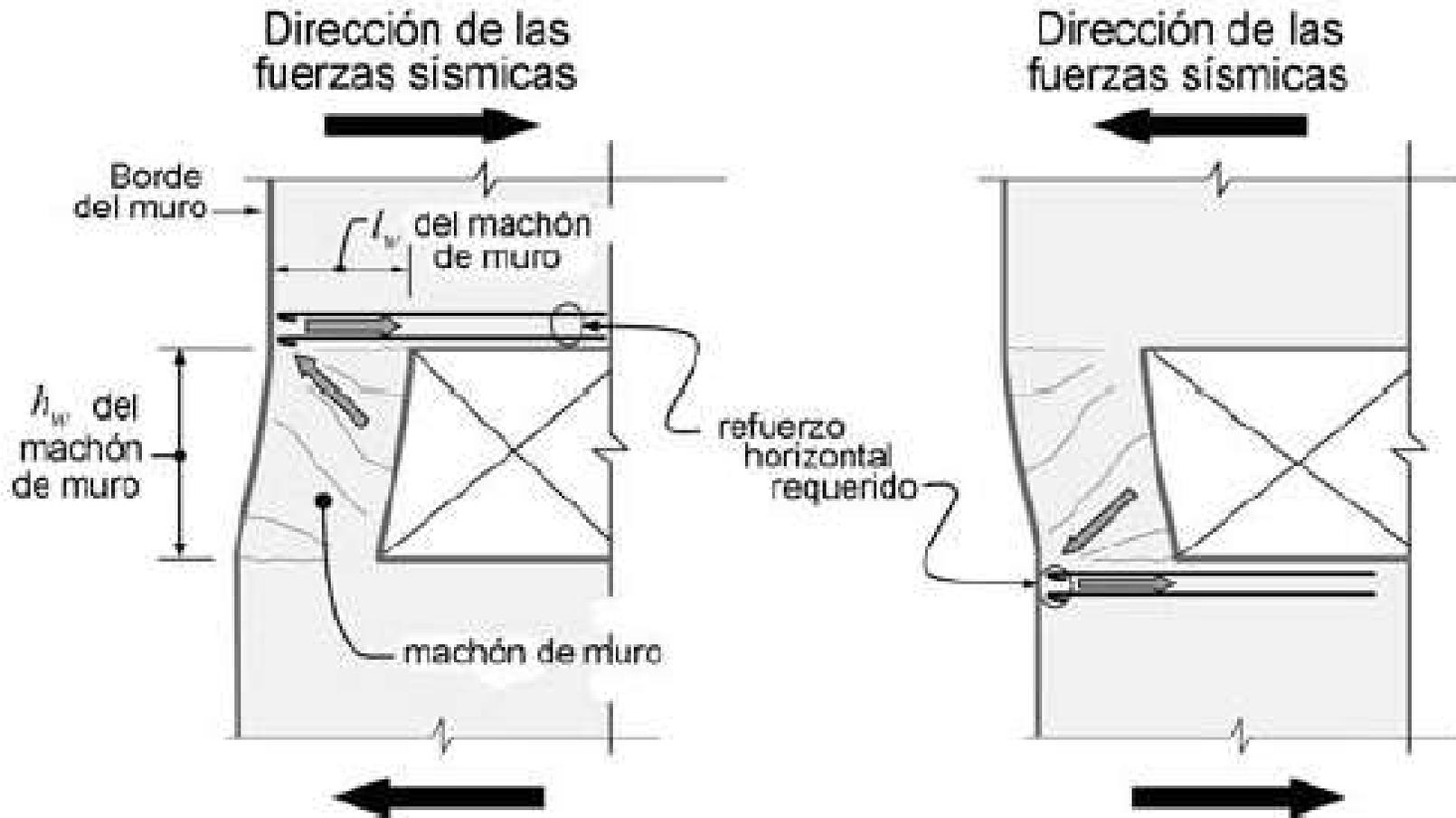
# Falla de Edificio Concepción



# Falla por Corte en Muros



# Falla de Columna Corta por Corte



# Falla por exceso de compresión



# Problemas de Confinamiento



# Problemas de Anclajes Deficientes

Problema de  
Especificación  
de Plano y/o  
Detallamiento



# Problemas de Anclajes Deficientes

Problema de  
Diseño.  
Imposible  
construir bien  
lo diseñado



# Muros especiales y espesor mínimo de muro.

- Muros con gran nivel de compresión
- Discontinuidad de Muros: Muros estructurales desaparecen en primer piso o en subterráneos
- Muros no confinados en bordes
- Espesores de muros muy delgados
- Formación de muros en T

# Falla en cabezal de Muro por Compresión y Flexión



# Muros especiales y espesor mínimo de muro.

- *1.1 Para el diseño de estructuras con muros de hormigón, se deben considerar las disposiciones para “muros estructurales especiales de hormigón”, definidas en la sección 21.1 de ACI 318-08. Se consideran como muros especiales a los muros incluidos en la tabla 5.1 de NCh433Of.1996Mod2009, que se analizan con un factor **R igual a 7 ó un factor R0 igual a 11.***
- .....
- ***3.2 La dimensión transversal de muros especiales debe ser mayor o igual a un dieciseisavo de la longitud sin soporte lateral de un elemento en compresión,  $l_u/16$ .***

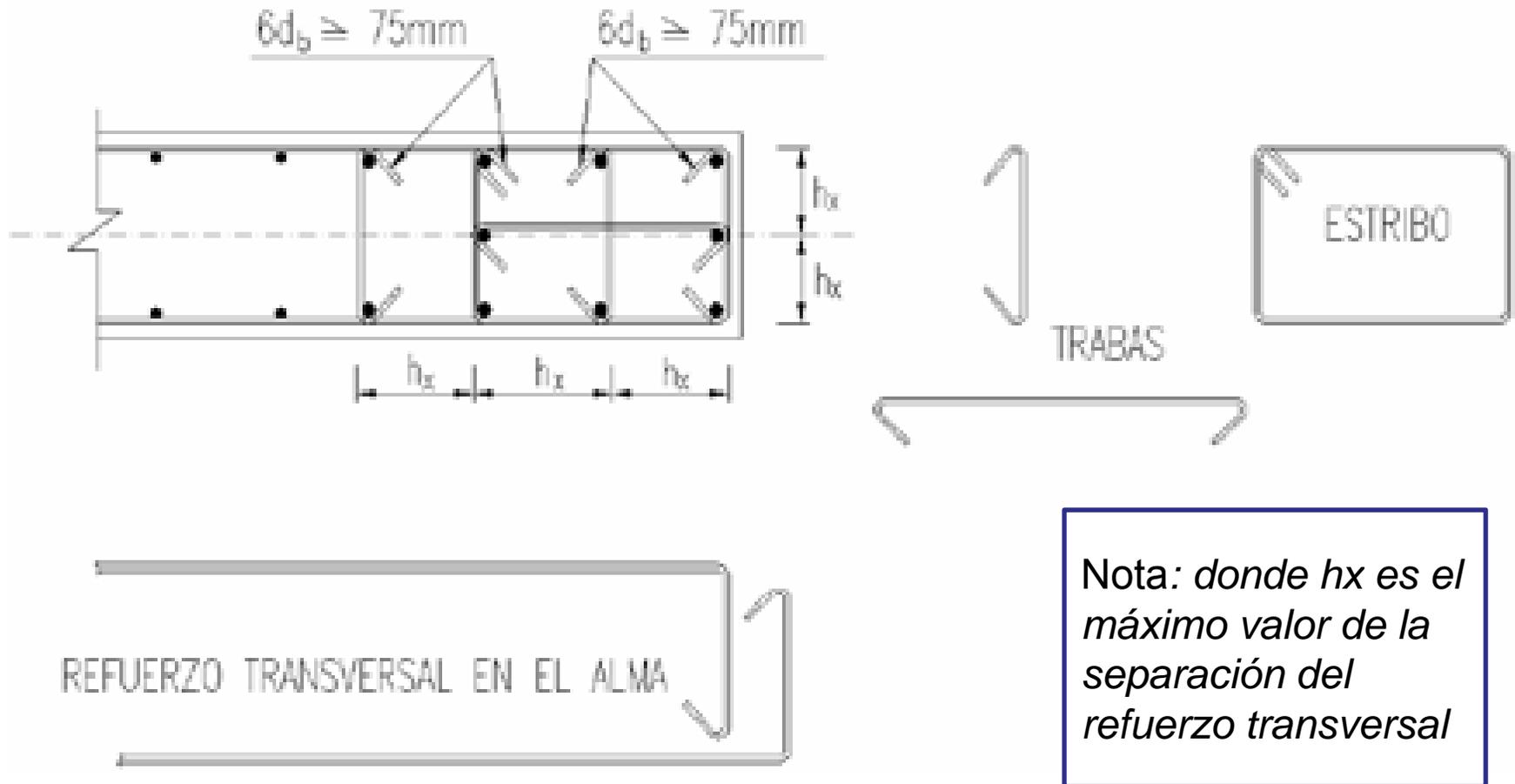
# Estribos de Confinamiento para cabezales de muros especiales.

- 21.9.6.4 – (c) ...y el límite de espaciamiento del refuerzo transversal de 21.6.4.3(a) debe ser de al menos un **tercio de la** dimensión menor del elemento de borde.

# Limite de Carga Axial

$$P_u \leq 0,35 \times f'_c \times A_g$$

# Ejemplo Refuerzo Transversal y Bordes en Muros

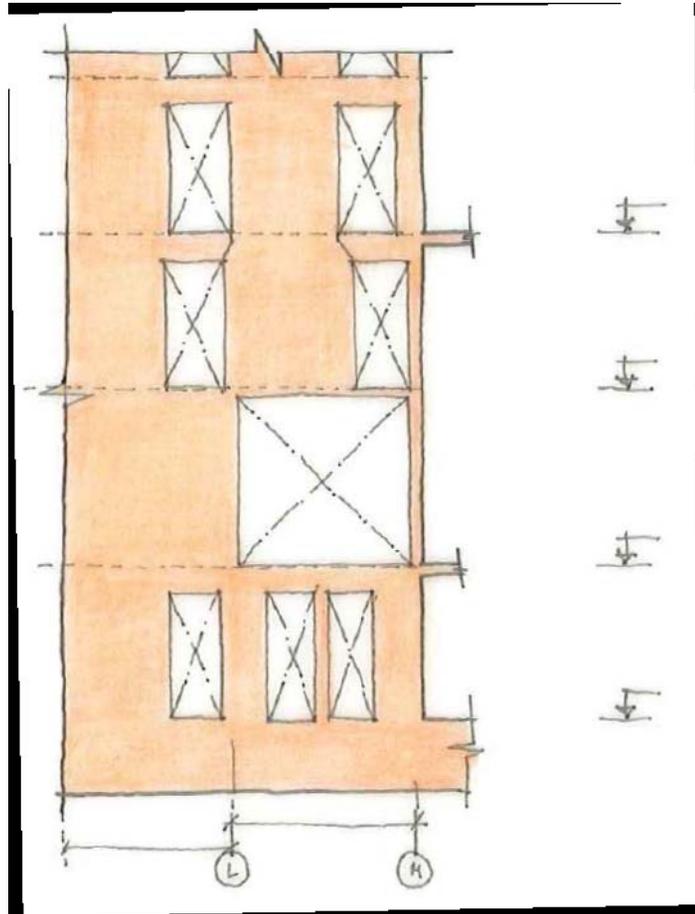
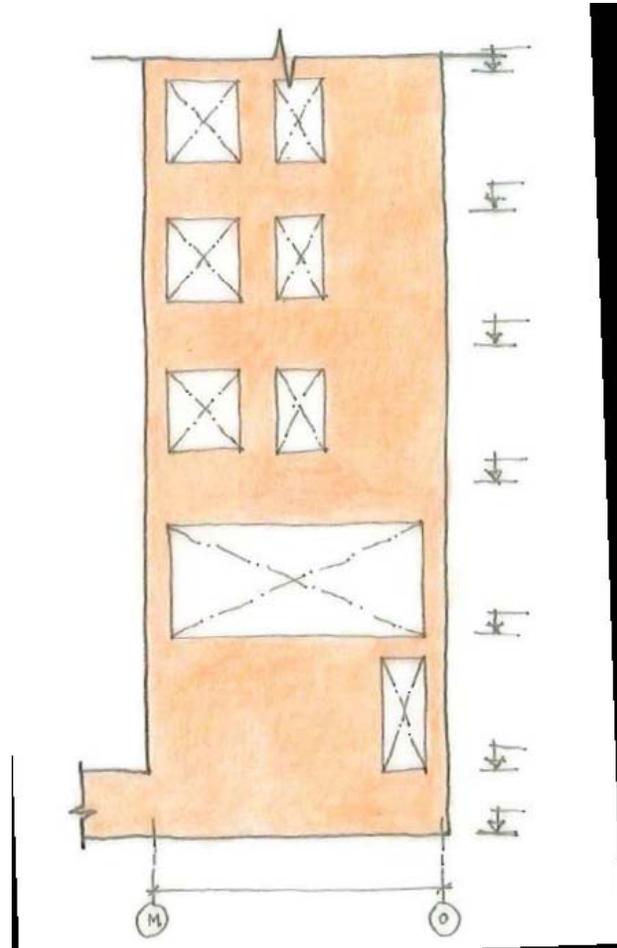




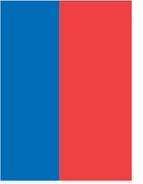
# Descarga de Fuerzas

- **4.6 Acciones Estructurales**
- ...se debe disponer de una trayectoria continua de las fuerzas para transmitir las a las fundaciones...

# Trayectoria Continua



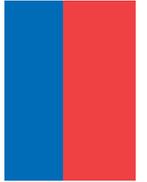
# NORMATIVA ACTUALIZADA



- NCh 433 Of 96 Mod 2009
- DS 61 Actualizacion Norma Sismica
- DS 60 HA
- ACI 318-08 HA
- NCh 1508 Of 2008 Estudios Mecánica Suelos
- NCh 1537 Of 2009 Cargas y Sobrecargas



# BIBLIOGRAFIA



- Ohnishi, Kazuyoshi. **Emergency Building Inspection after Earthquake**. En Japonés. Traducción al español de JICA. Seminario Emergency Response Plan y Recovery Plan (para MOP), Marzo de 2011, Japón.
- Kaminosono, Takashi, Kumazawa, Fumitoshi, Nakano Yoshiaki. **Manual de Inspección Rápida para Edificaciones de Hormigón Armado Dañadas por Terremotos. Nota Técnica, N° 40**. Instituto Nacional de Gestión de Terreno e Infraestructura. Ministerio de Terreno, Infraestructura y Transporte, Japón. Marzo 2002. En español.
- Seki, Matsutaro. **Postearthquake Quick Inspection of Damaged Buildings (Reinforced Concrete Building)**. Japan Building Disaster Prevention Association. Presentación del Seminario Formación de Capacidades para la Atención de Eventos Sísmicos y Tsunami, JICA y Ministerio de Obras Públicas Chile. Febrero 2011.
- Kato, Hiroto. **Seismic Evaluation and Seismic Rehabilitation of Existing Building**. Building Research Institute, Japan. Presentación del Seminario Formación de Capacidades para la Atención de Eventos Sísmicos y Tsunami. JICA y Ministerio de Obras Públicas Chile. Febrero 2011.



# BIBLIOGRAFIA (CONTINUACIÓN)



- Seki, Matsutaro. **Seismic Isolation Building**. Japan Building Disaster Prevention Association. Presentación del Seminario Formación de Capacidades para la Atención de Eventos Sísmicos y Tsunami. JICA y Ministerio de Obras Públicas Chile. Febrero 2011.
- Luders, Carl. **Reparación y Refuerzo de Daños Sísmico en Edificios de Hormigón Armado**. Curso MOP – JICA. 13.03.2012.
- Yáñez, Fernando. IDIEM. **Comité NCh 430**. Presentación Charla MOP DA Mayo de 2012.
- Masone, Leonardo. Universidad de Chile. **Impacto del Terremoto del 27 F en las Normas de Diseño y Cálculo Estructural Chilenas**. Presentación Seminario ICH sobre ACI 318s-11.



# GRACIAS



**Ministerio de  
Obras Públicas**

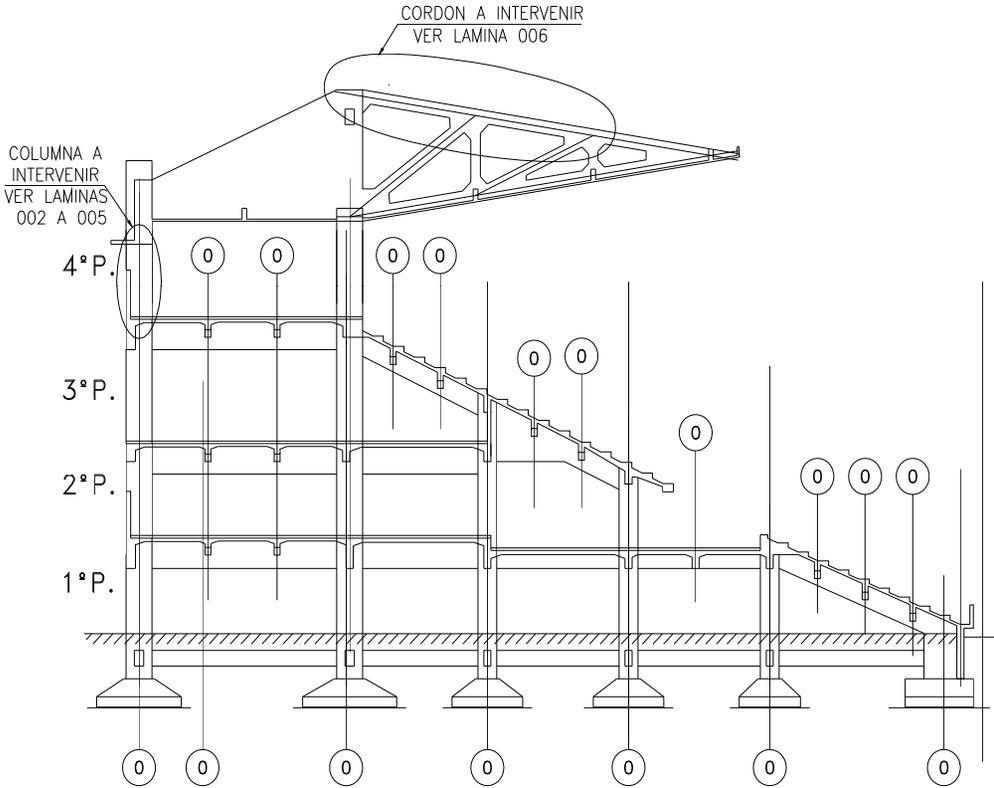
Eduardo Hurtado Gajardo

Ingeniero Civil

Jefe de Departamento de Ingeniería y  
Construcción

Dirección de Arquitectura MOP

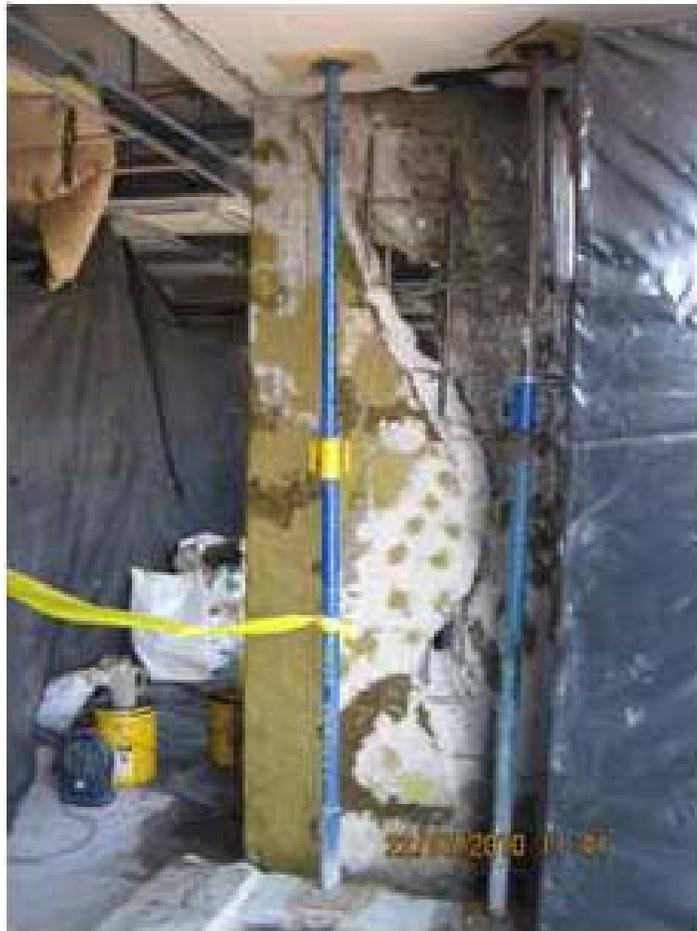
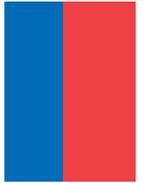
# Marquesina Estadio Nacional de Santiago



**ELEVACION MARCO TIPO 1**  
(PARA LOS EJES 109 AL 116)  
ESCALA 1:250



# Daños en Pilares de Marquesina Estadio Nacional



# Solución de Confinamiento con FRP



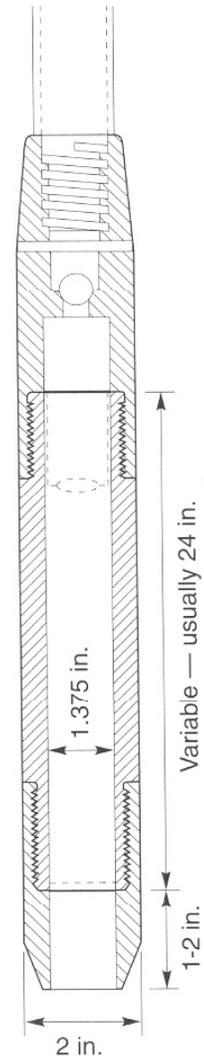
# **Aplicación y exigencia legal del cumplimiento normativo.**

## Cumplimiento Legal Normativa de Estructuras y Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

- La OGUC indica:
- **Artículo 1.1.3.** *Las solicitudes de aprobaciones o permisos presentadas ante las Direcciones de Obras Municipales **serán evaluadas y resueltas conforme a las normas vigentes en la fecha de su ingreso.***
- Por lo tanto, la validez de la normativa vigente se aplica a partir de la **fecha de ingreso a tramitación de la carpeta municipal**, según el artículo 1.1.3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, por ende si la fecha de tramitación de la carpeta municipal de un proyecto que va a obra es posterior al 13.12.2012 se aplica el DS 61 que afecta el análisis y diseño sísmico, y además la Mecánica de Suelos, y el DS 60 para diseño y cálculo en Hormigón Armado.

# Ensayo SPT

- Se cuentan el número de golpes necesarios para clavar la punta 60 mm pero cada 15 mm, es decir, se realizan cuatro medidas y se toman los 30 mm centrales. Este valor, conocido como NSPT , se toma como la resistencia del terreno.
- El valor N depende del tipo de suelo, la tensión de confinamiento y la densidad pero también se ve influido por el procedimiento de realización del ensayo y el equipo.
- El valor de resistencia N debe corregirse en función de la energía aplicada. La siguiente expresión corrige este valor al 60 % del ratio de energía



## Modificación de Trabas para H.A. DS 60

- El DS 60 indica que la disposición de trabas debe ser con ángulo de  $135^\circ$  en ambos extremos

