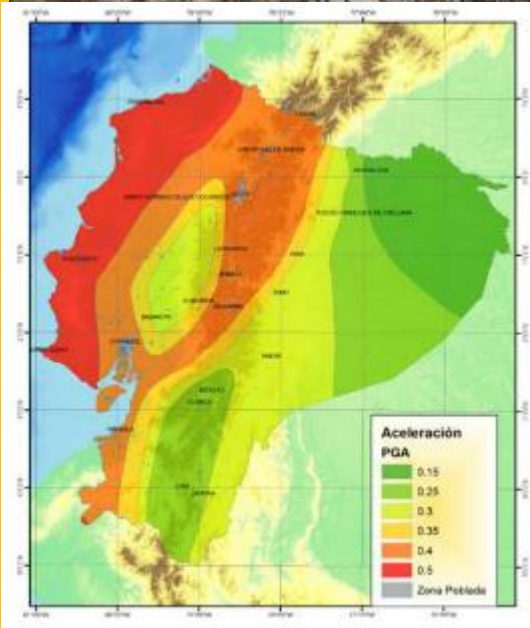


Conferencia

***PATOLOGÍA Y  
REHABILITACIÓN  
ESTRUCTURAL  
REFORZAMIENTO Y  
SISTEMAS DE  
PROTECCIÓN  
SÍSMICA***

Quito, Ecuador 2016





# PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL

## Contenido

1. Definición de acción sísmica.
2. Sismogénesis del Ecuador.
3. Normativa en el país
4. Terremoto de Muisne/Pedernales del 16A-2016.
5. Conceptos Generales de Patología.
6. Etapas en Patología Estructural.
7. Ensayos aplicables.
8. Evaluación Estructural.
9. Métodos de Análisis.
10. Vulnerabilidad Estructural.



# 1. Definición de acción sísmica.

- Las primeras culturas





## 1. Definición de acción sísmica.

- Las primeras culturas
- Aristóteles (330 aC)







## 1. Definición de acción sísmica.

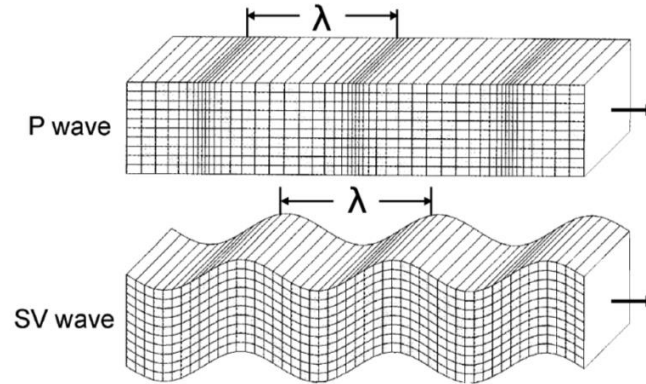
- Las primeras culturas
- Aristóteles (330 aC)
- Terremoto de Lisboa (1755)





# 1. Definición de acción sísmica.

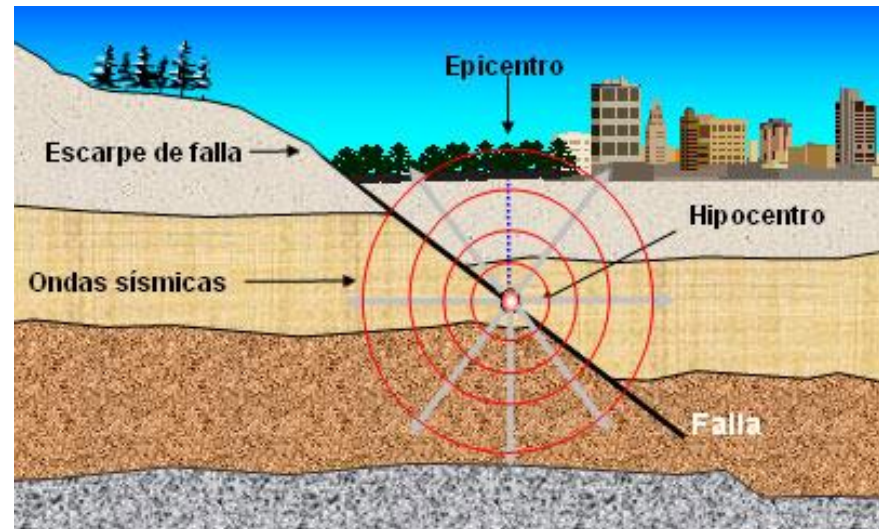
- Las primeras culturas
- Aristóteles (330 aC)
- Terremoto de Lisboa (1755)
- Siglo XIX a la actualidad
  - Cauchy, Poisson, etc
  - Mallet, Milne
  - Wiechert, Omori
  - Gutenberg, Richter





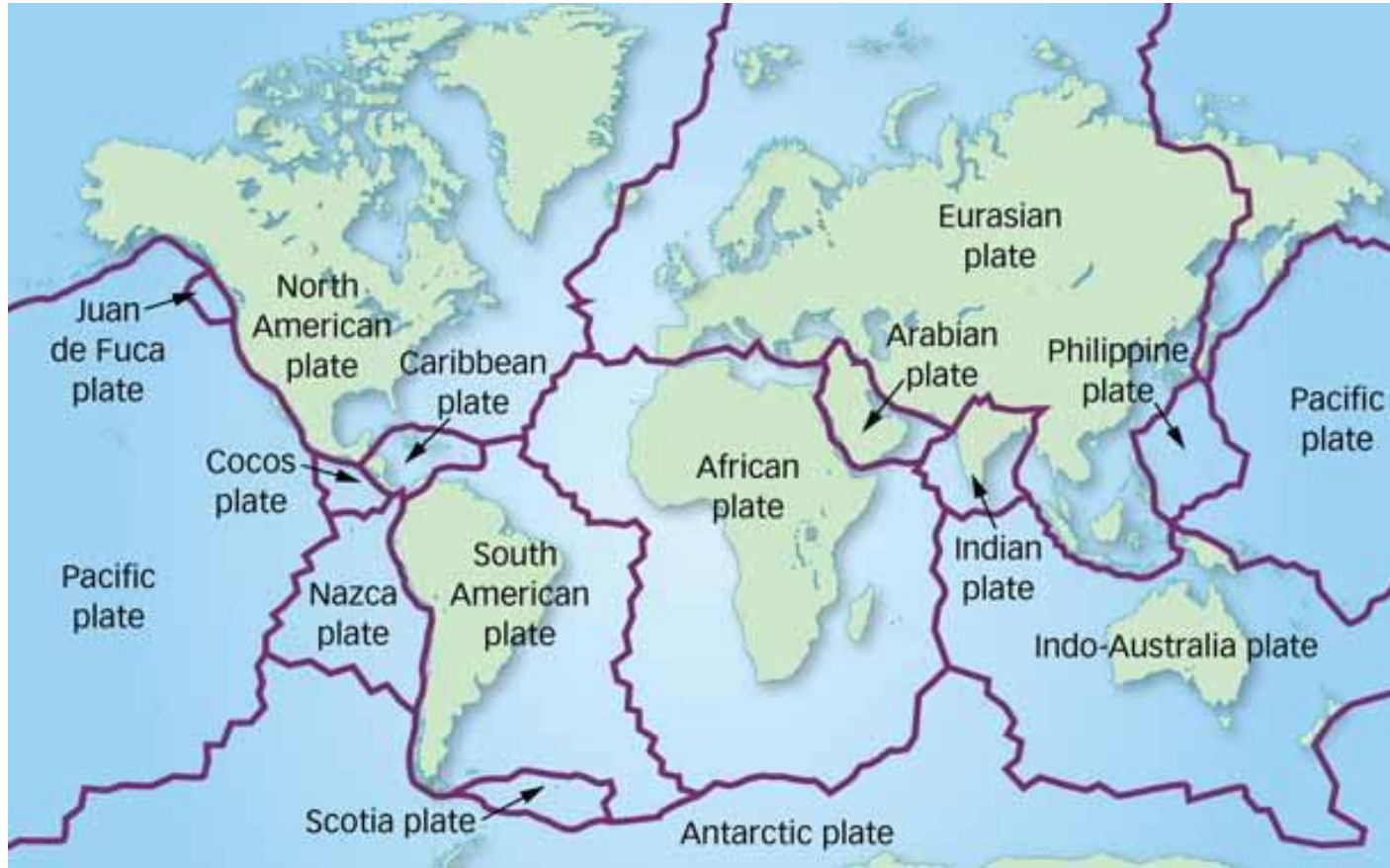
# 1. Definición de acción sísmica.

- Las primeras culturas
- Aristóteles (330 aC)
- Terremoto de Lisboa (1755)
- Siglo XIX a la actualidad
  - Cauchy, Poisson, etc
  - Mallet, Milne
  - Wiechert, Omori
  - Gutenberg, Richter





# 1. Definición de acción sísmica.

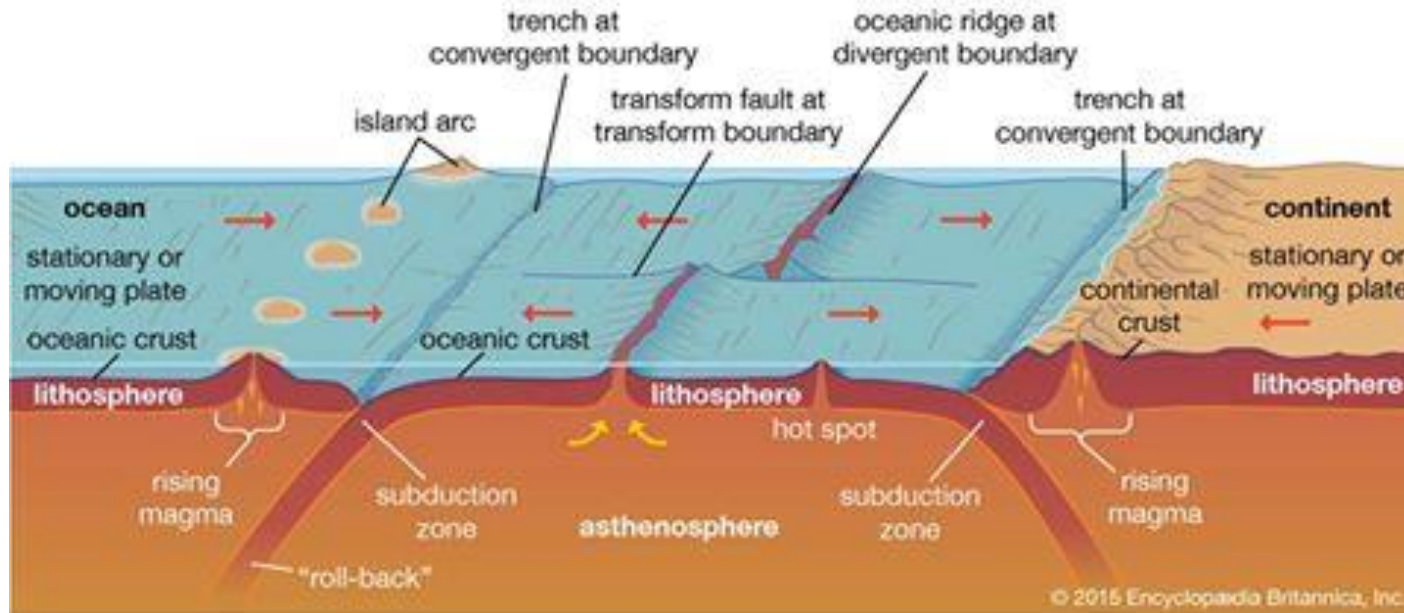


Fuente: <http://dingox.com/naturaleza/a-que-velocidad-se-mueven-las-placas-tectonicas.html>





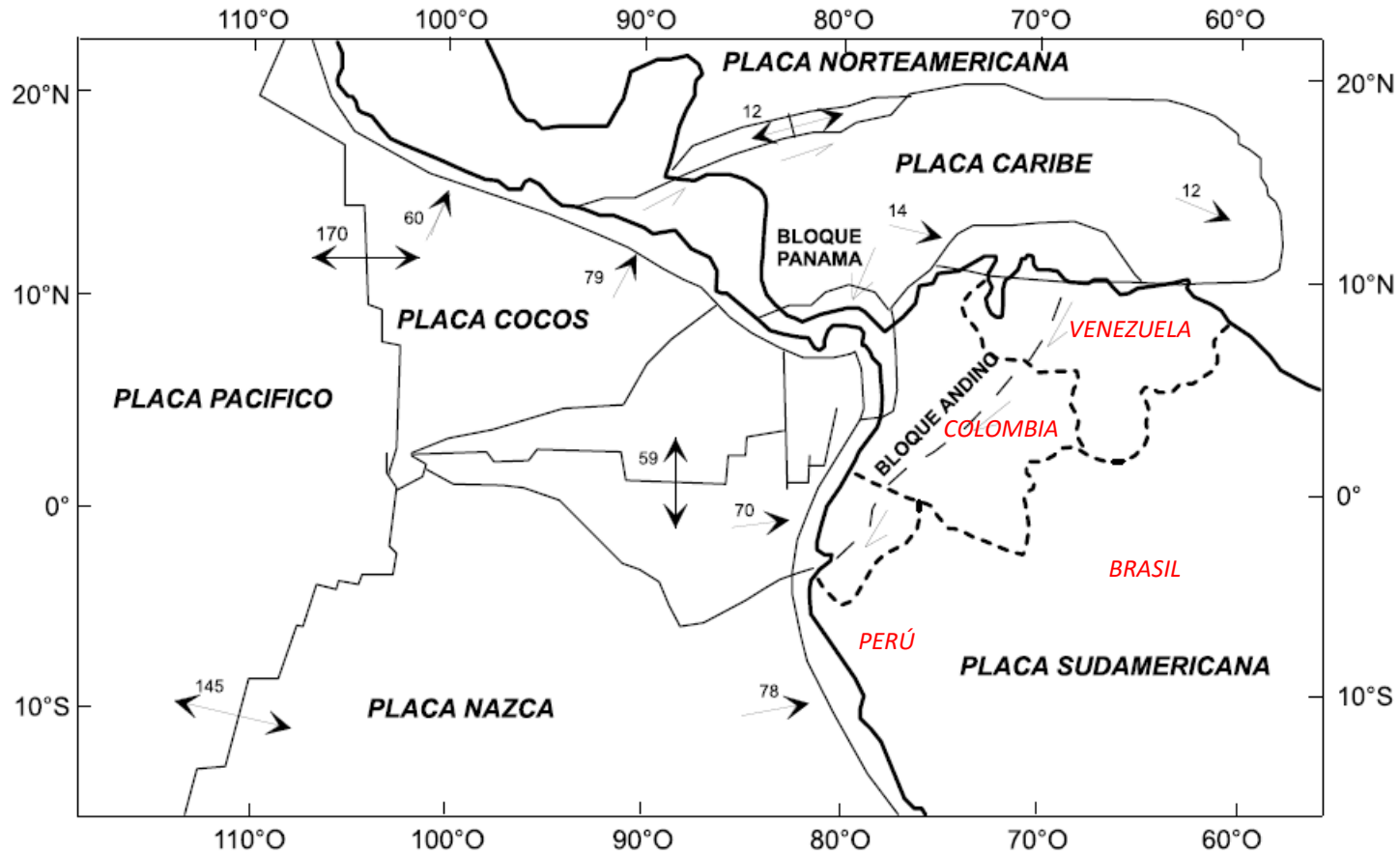
# 1. Definición de acción sísmica.



Fuente: Enciclopedia Británica, 2015.



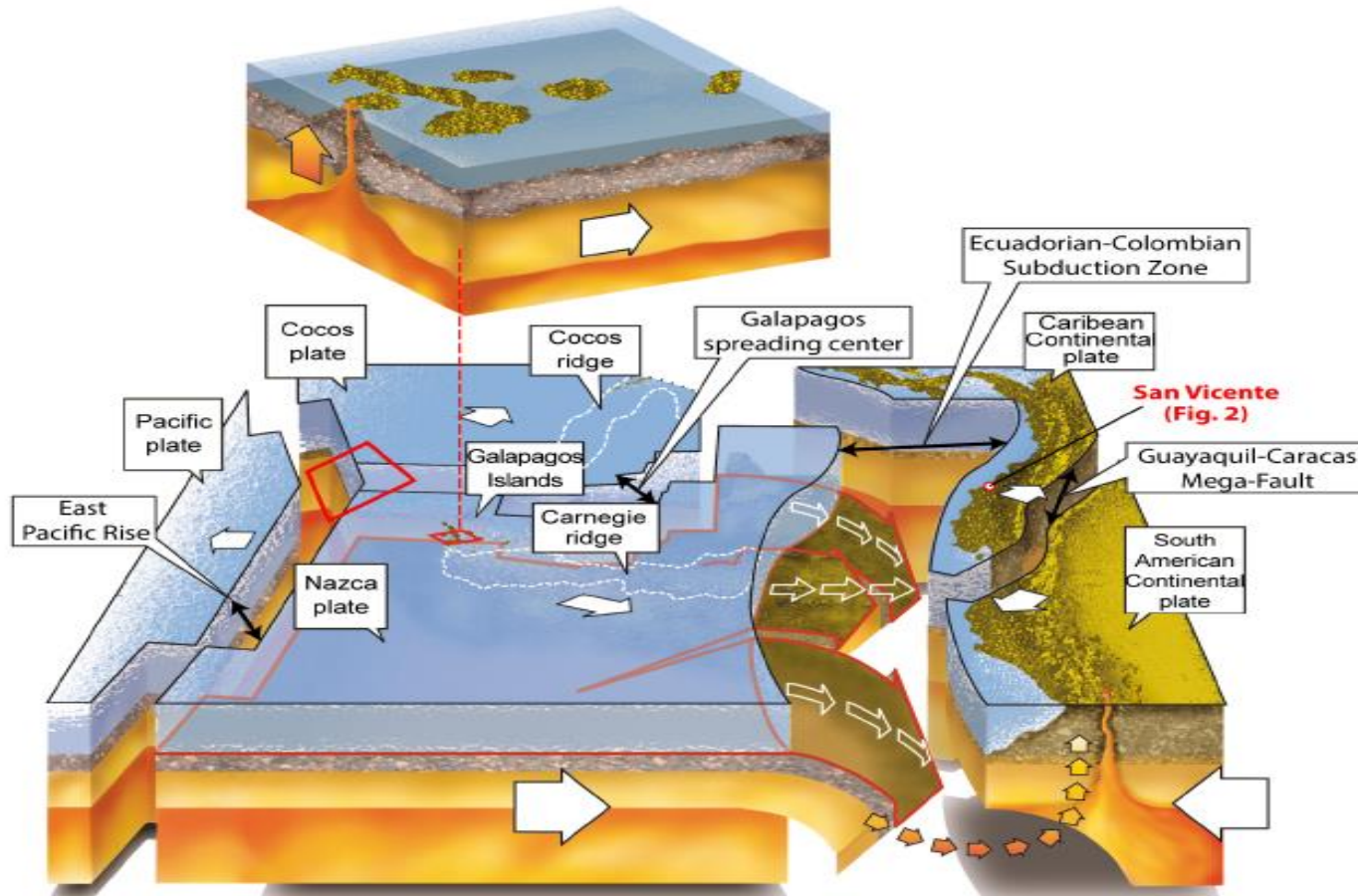
## 2. Sismogénesis del Ecuador.



Fuente: Breve análisis de la sismicidad y del campo de esfuerzos en el Ecuador, Segovia, 2009.



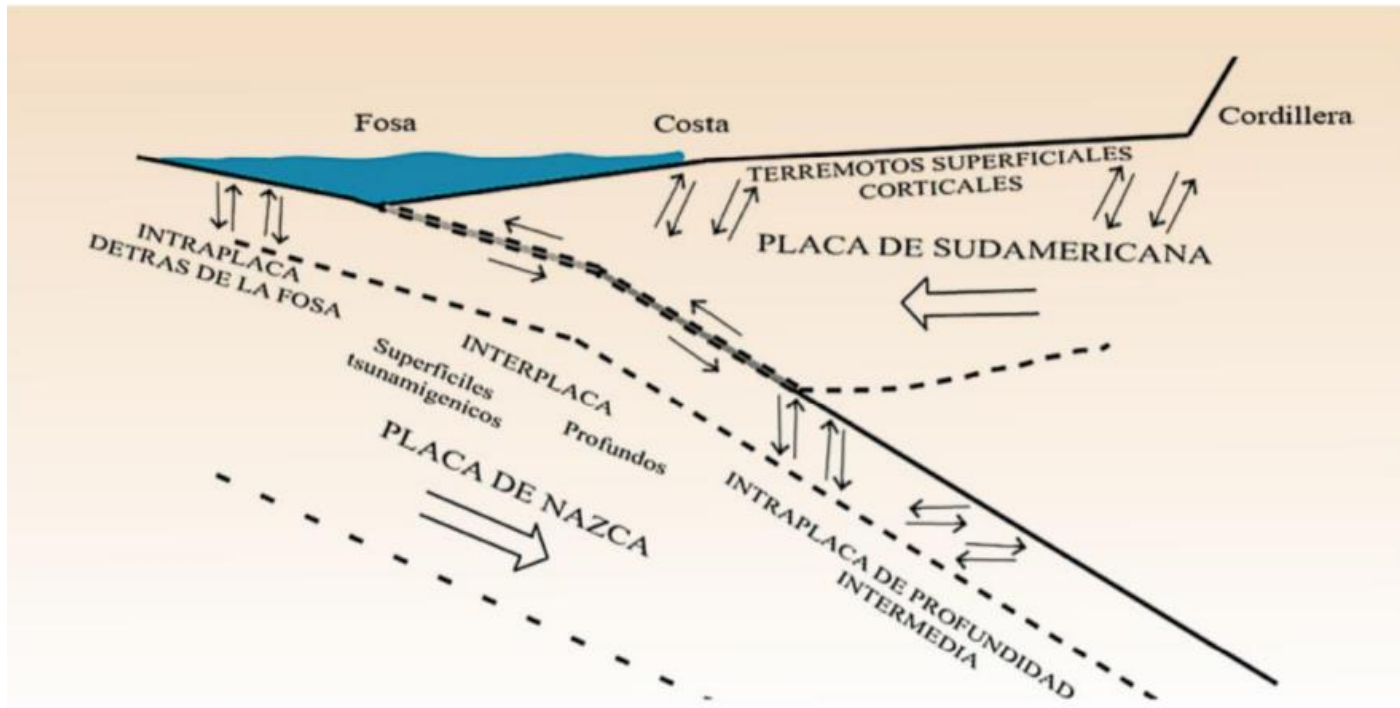
## 2. Sismogénesis del Ecuador.



Fuente: *The Economic Evaluation by a Potential Tsunami of a Coastal City In Ecuador*, Rodriguez, 2016.



## 2. Sismogénesis del Ecuador.

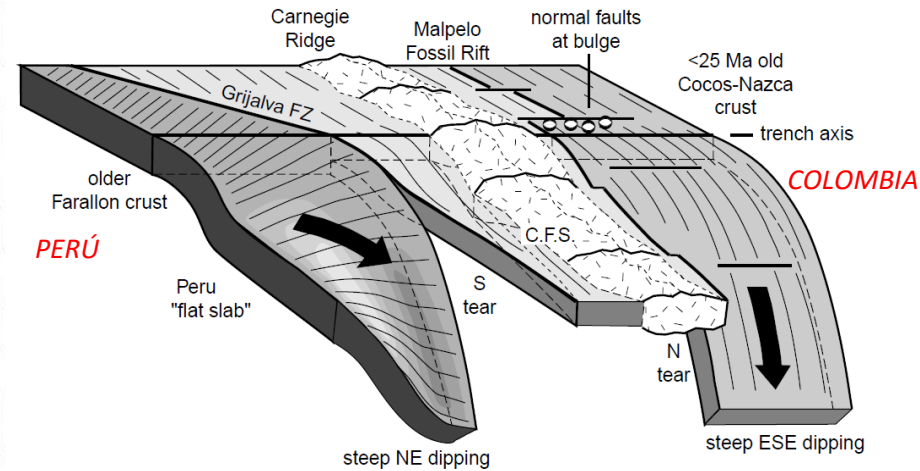
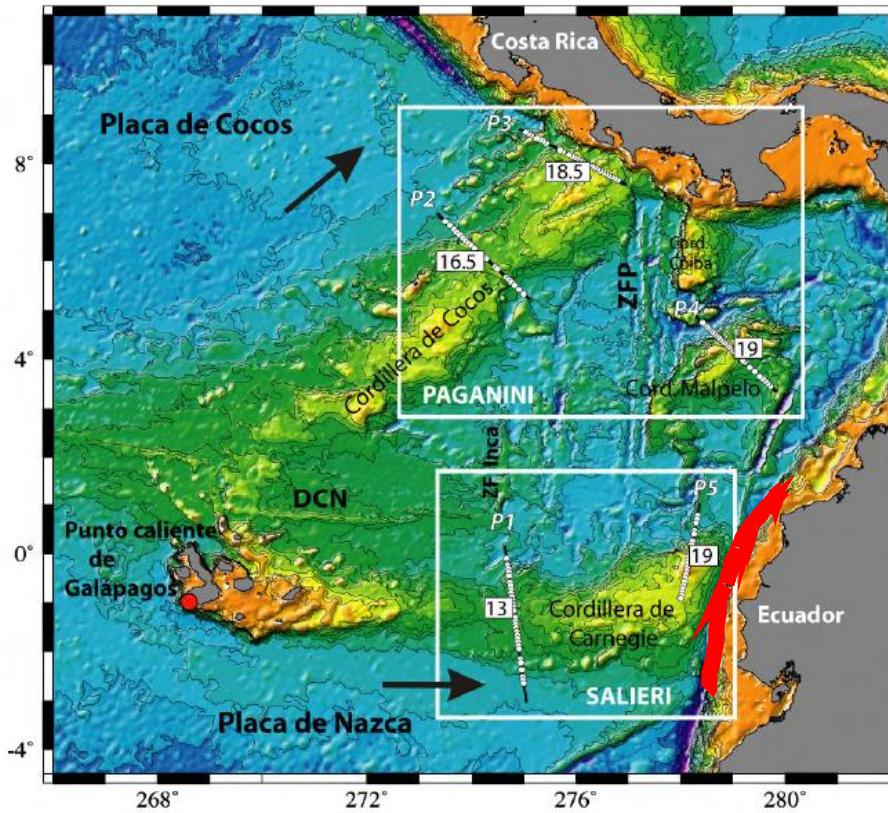


Fuente: Sismogénesis, proceso de ruptura y réplicas del mega terremoto del Maule 2010. Ruiz, 2012.





## 2. Sismogénesis del Ecuador.



Fuente: *Naturaleza y Formación de la Provincia Volcánica de Galápagos*, Sallarés, 2009.



### 3. Normativa en el país.

- CEC – 1977

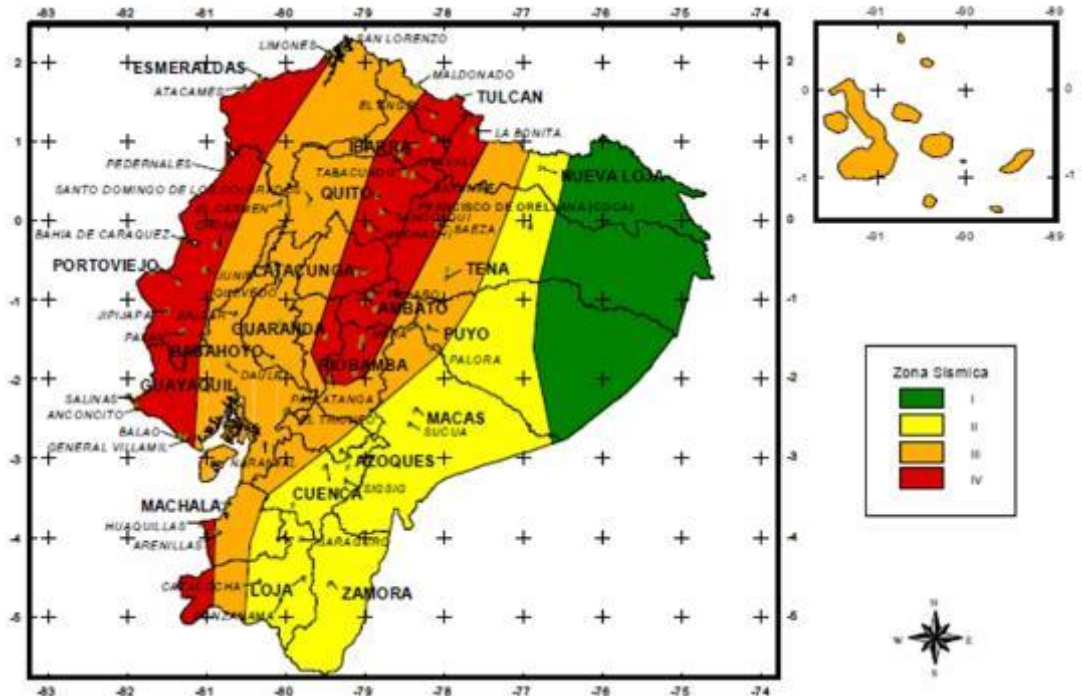
$$V = I K C S W$$



### 3. Normativa en el país.

- CEC – 1977
- CEC – 2001

$$V = \frac{Z \alpha C}{R \phi_p \phi_e} W$$





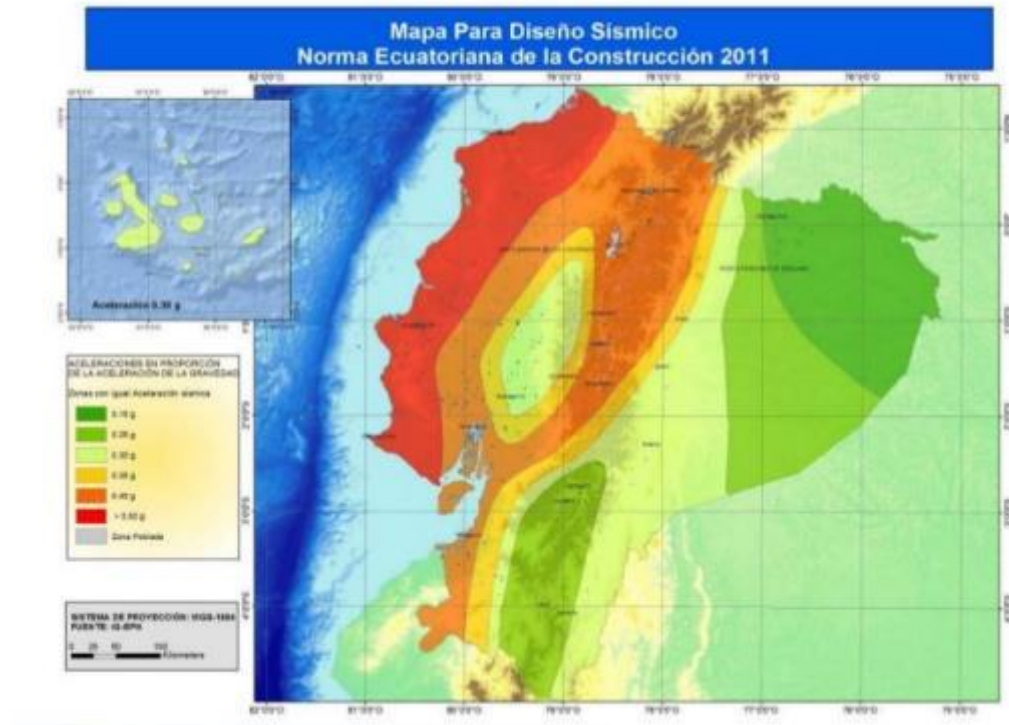
### 3. Normativa en el país.

- CEC – 1977
- CEC – 2001
- NEC – 2015

$$V = \frac{IS_a(T_a)}{R\phi_P\phi_E} W$$

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$







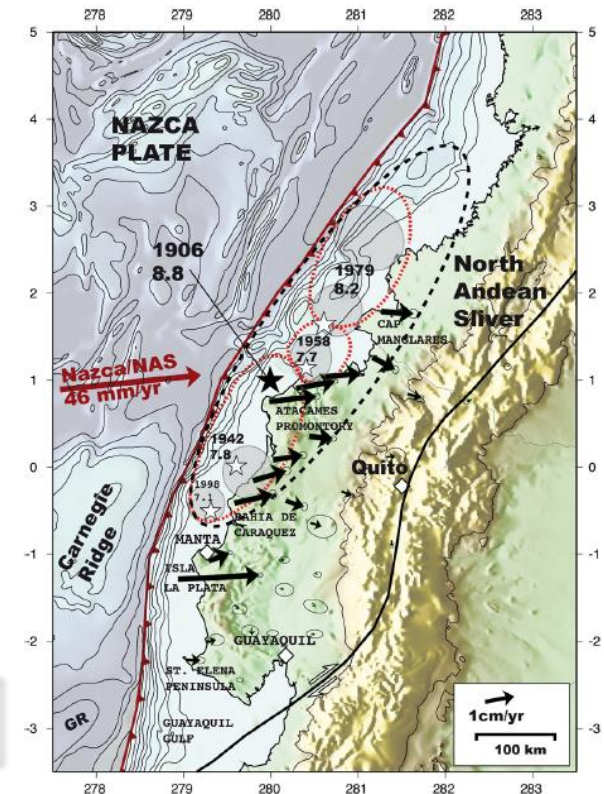
## 4. Terremoto de Muisne / Pedernales del 16A-2016.

- Terremotos subductivos históricos en Ecuador:

	AÑO	D-M	Lat.	Long.	Prof. (km)	MAGNITUD Mw
1	1896	03-may	0,51° S	80,45° W	-	7,0
2	1906	31-ene	1,00° N	81,50° W	-	8,8
3	1942	14-may	0,01° N	79,90° W	35	7,8
4	1958	19-ene	0,99° N	79,49° W	19	7,8
5	1979	12-dic	1,60° N	79,36° W	24	8,1
6	1998	04-ago	0,60° S	80,31° W	26	7,2
7	<b>2016</b>	<b>16-abr</b>	<b>0,37° N</b>	<b>79,94° W</b>	<b>19,2</b>	<b>7,8</b>

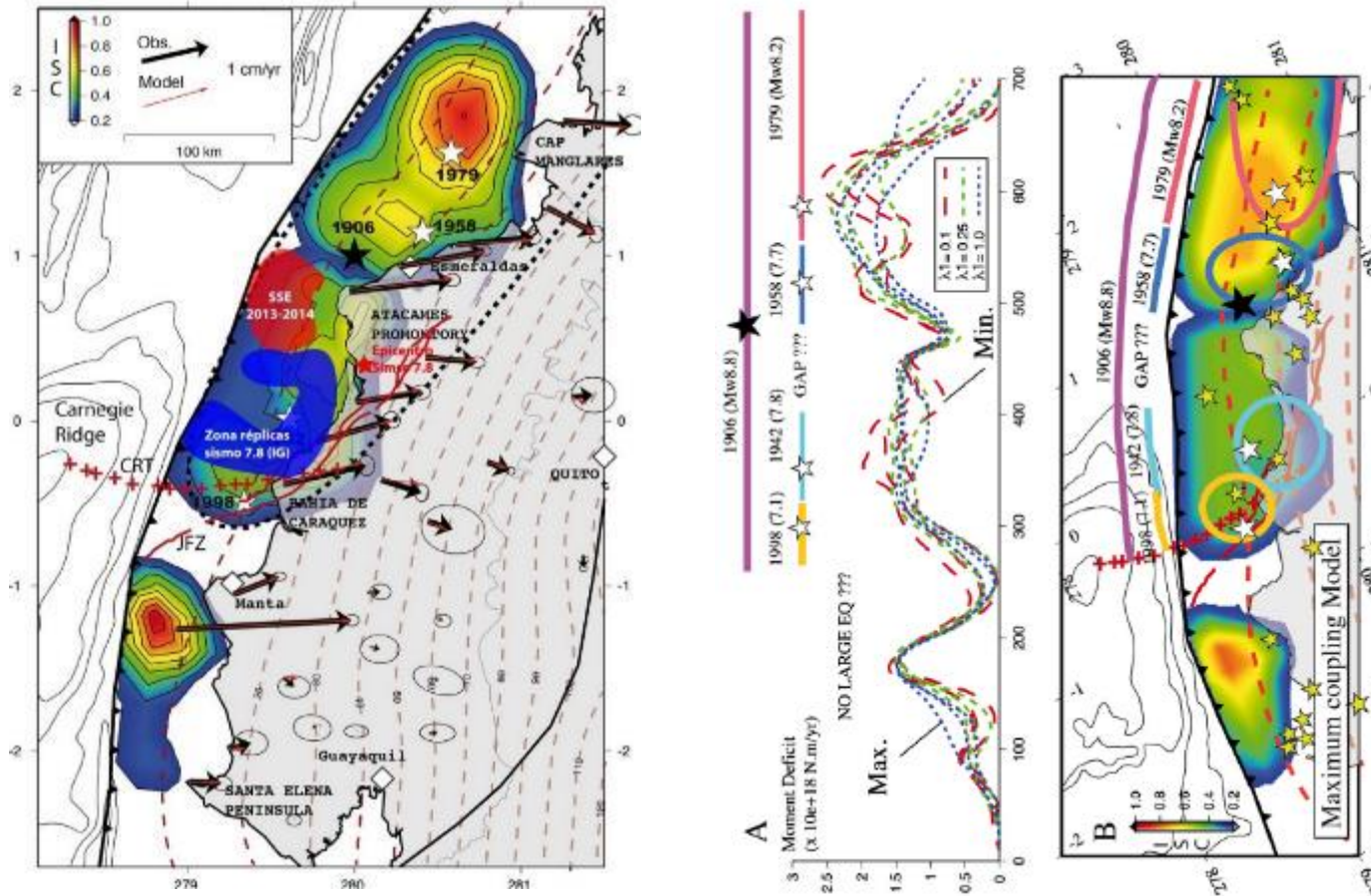
Fuente: USGS, IG-EPN, varias fuentes.

**Recurrencia ~ 20 años**





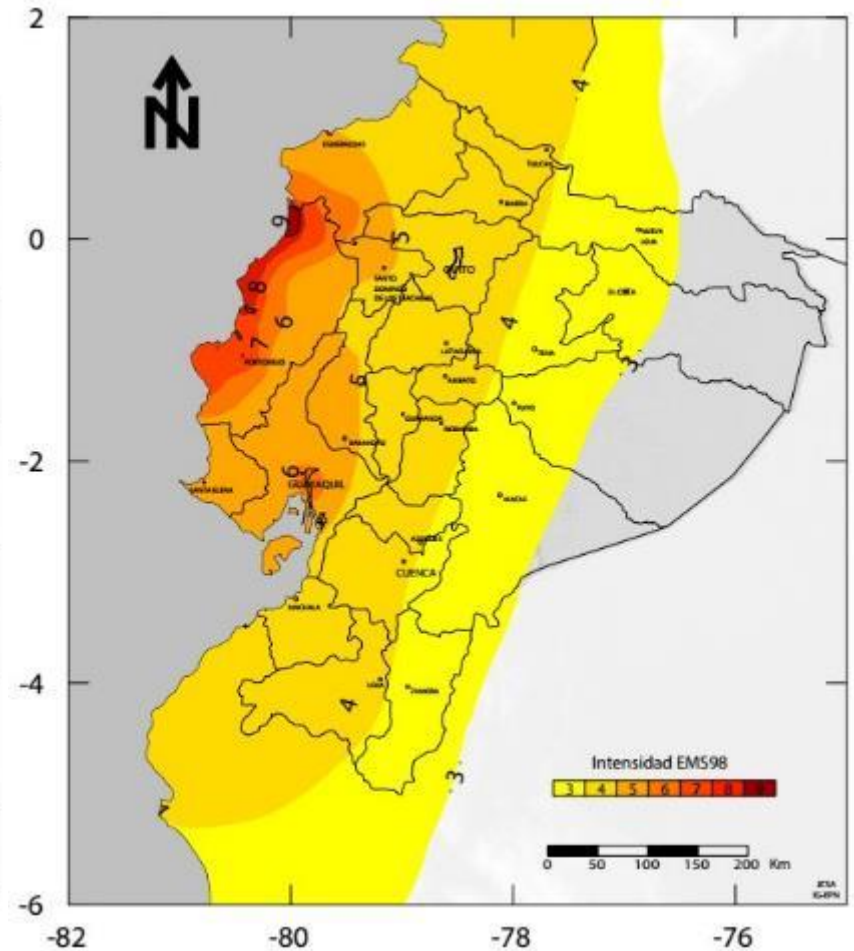
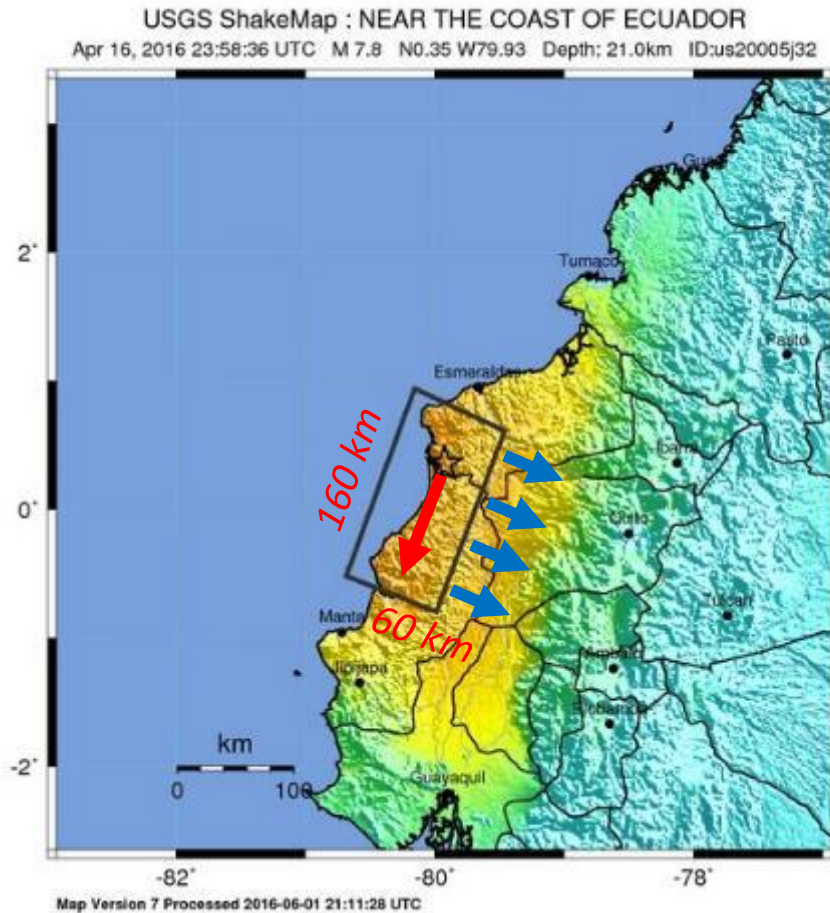
## 4. Terremoto de Muisne / Pedernales del 16A-2016.



Fuente: Distribution of discrete seismic asperities and aseismic slip along the Ecuadorian megathrust, Chlieh, 2014.



## 4. Terremoto de Muisne / Pedernales del 16A-2016.



Fuente: USGS, IG-EPN, 2016.





## 4. Terremoto de Muisne / Pedernales del 16A-2016.

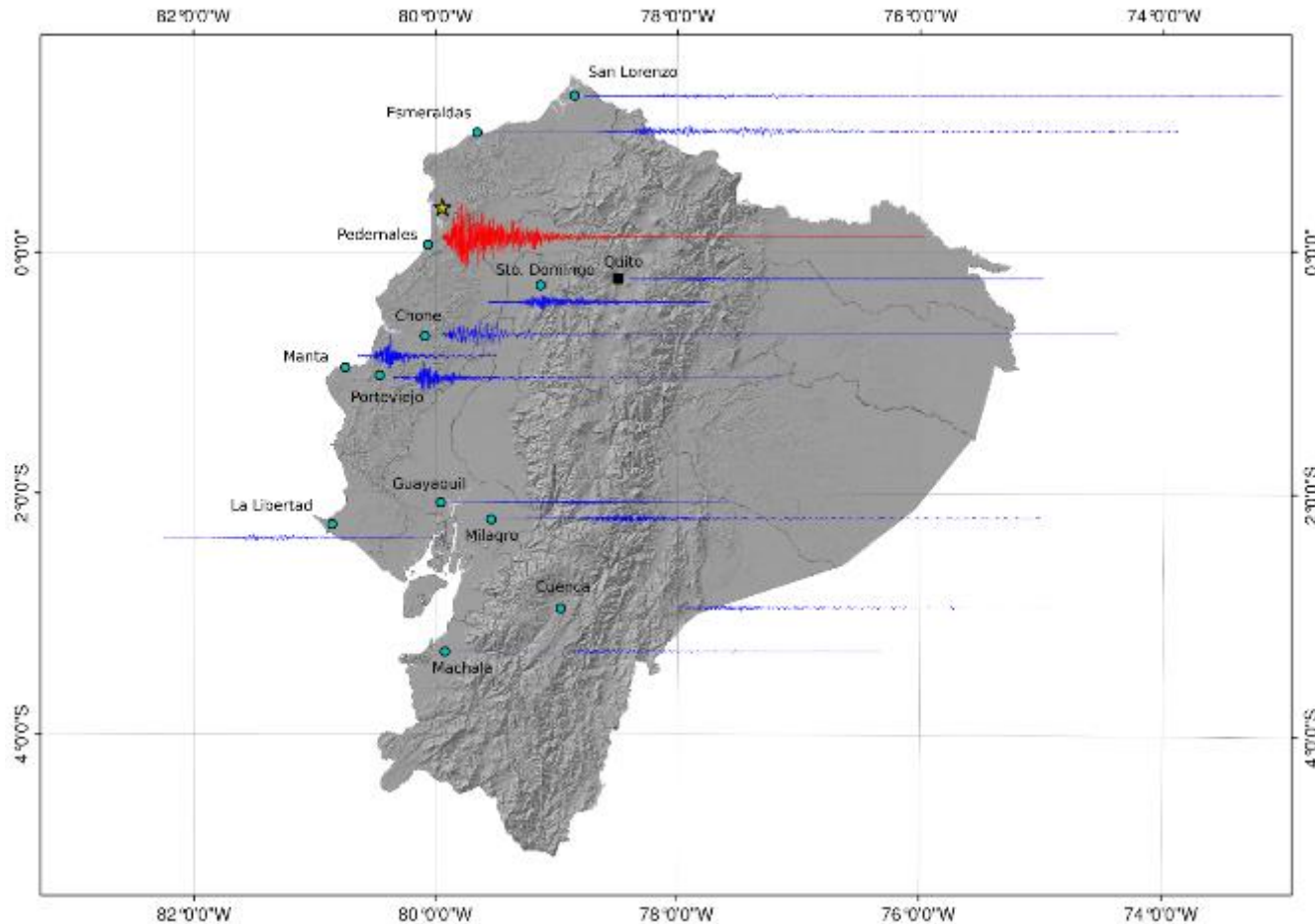
- Atenuación, Amplificación y Directividad:

<http://earthquake.usgs.gov/learn/animations/>





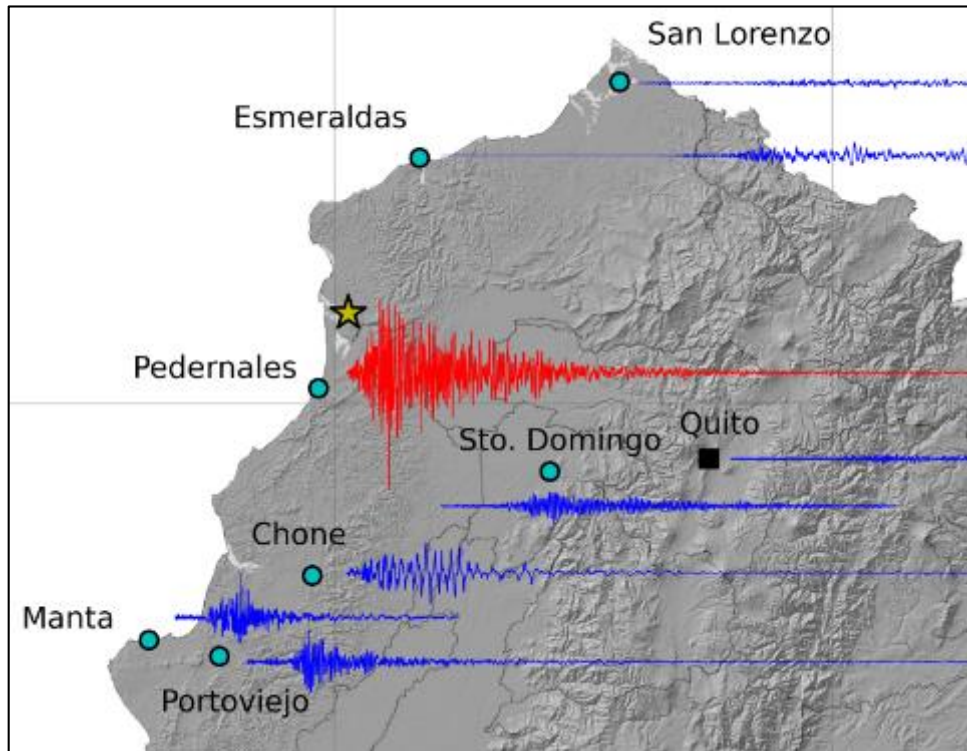
## 4. Terremoto de Muisne / Pedernales del 16A-2016.



Fuente: Datos acelerográficos de la RENAC, IG-EPN, 2016.



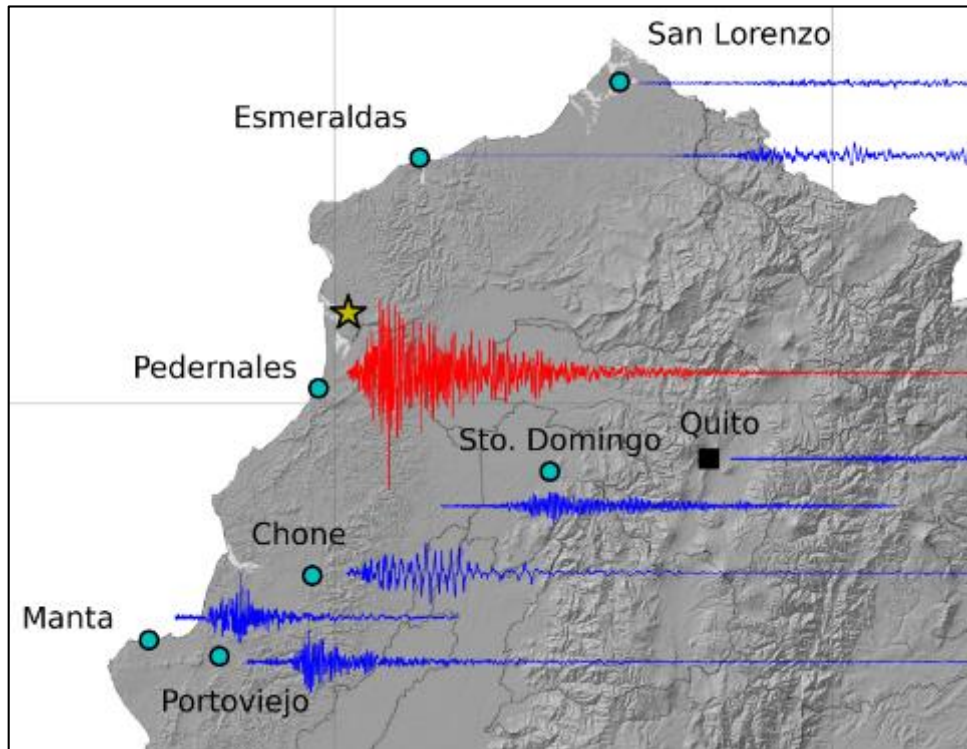
## 4. Terremoto de Muisne / Pedernales del 16A-2016.



Fuente: Datos acelerográficos de la RENAC, IG-EPN, 2016.



## 4. Terremoto de Muisne / Pedernales del 16A-2016.



Fuente: Datos acelerográficos de la RENAC, IG-EPN, 2016.



# **PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL**

## **Contenido**

1. Definición de acción sísmica.
2. Sismogénesis del Ecuador.
3. Normativa en el país
4. Terremoto de Muisne/Pedernales del 16A-2016.
5. **Conceptos Generales de Patología.**
6. Etapas en Patología Estructural.
7. Ensayos aplicables.
8. Evaluación Estructural.
9. Métodos de Análisis.
10. Vulnerabilidad Estructural.







**PATOLOGÍA:** etimológicamente: →

“pathos” = enfermedad  
+  
“logos” = estudio

***Parte de la medicina que estudia las enfermedades***

(es decir, patología sería el sustantivo para designar la ciencia, y por tanto el término ***patológico*** sería el adjetivo para calificar los procesos y estudios relativos al tema)

## **PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**

Se entiende por patología el estudio del comportamiento anómalo de las estructuras en construcción o en servicio, para determinar sus causas y su repercusión sobre la seguridad, así como también estimar la vida residual y decidir en su caso la reparación, refuerzo o demolición de las mismas.



## **DEFECTO.**

Una situación en la cual uno o más elementos no cumplen la función para la que han sido previstos.

## **FALLA.**

La finalización de la capacidad de un elemento para desempeñar la función requerida.

## **ANOMALÍA.**

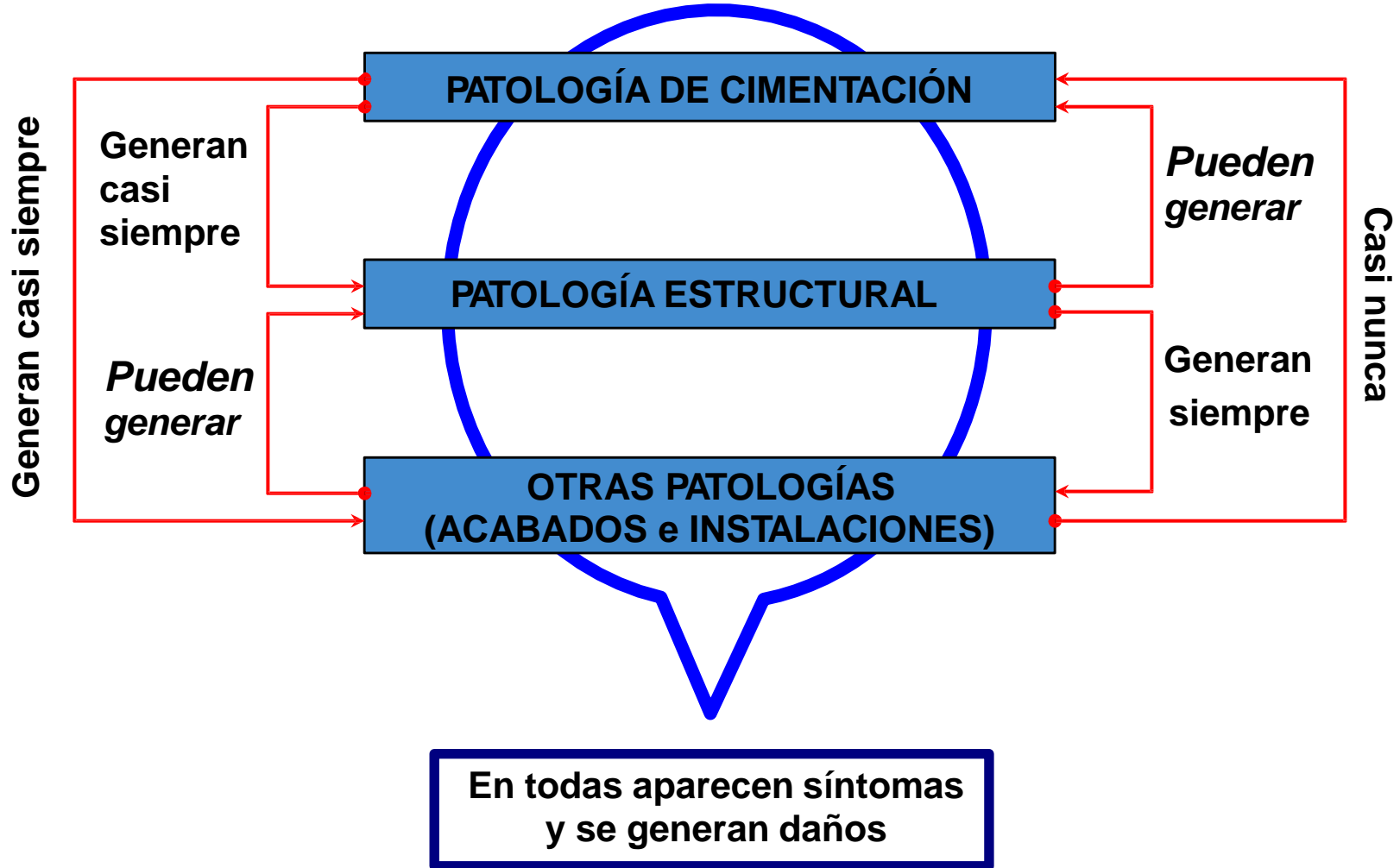
Indicación de una posible falla (desplazamientos excesivos, fisuras, etc).

## **REHABILITACIÓN O REPARACIÓN.**

Suministrar a los elementos dañados la capacidad que tenían antes de producirse el daño para cumplir su función.

## **REFUERZO.**

Incremento de la capacidad resistente original de los elementos. El refuerzo se puede realizar en elementos dañados o sin daño.







## OTRA FORMA DE VER LA PATOLOGIA



**PRESTACIONES < EXIGENCIAS**

**ENFERMEDAD DEL EDIFICIO**  
no estar en condiciones de cumplir las exigencias



# EXIGENCIAS A LA EDIFICACIÓN

- DE CARÁCTER ABSOLUTO → seguridad estructural
- DE CARÁCTER RELATIVO → condiciones de confort

## REQUISITOS BÁSICOS DE LA EDIFICACIÓN

- RELATIVOS A FUNCIONALIDAD
  - de utilización
  - de accesibilidad
  - acceso a s. telecomunicaciones
- RELATIVOS A SEGURIDAD
  - seguridad estructural
  - seguridad en caso de incendio
  - seguridad de utilización y accesibilidad
- RELATIVOS A HABITABILIDAD
  - higiene, salud y protección m.a.
  - protección contra ruido
  - ahorro de energía



## Código de Hammurabi

-Creado en el año 1728 A.C. por el rey de Babilonia Hammurabi-

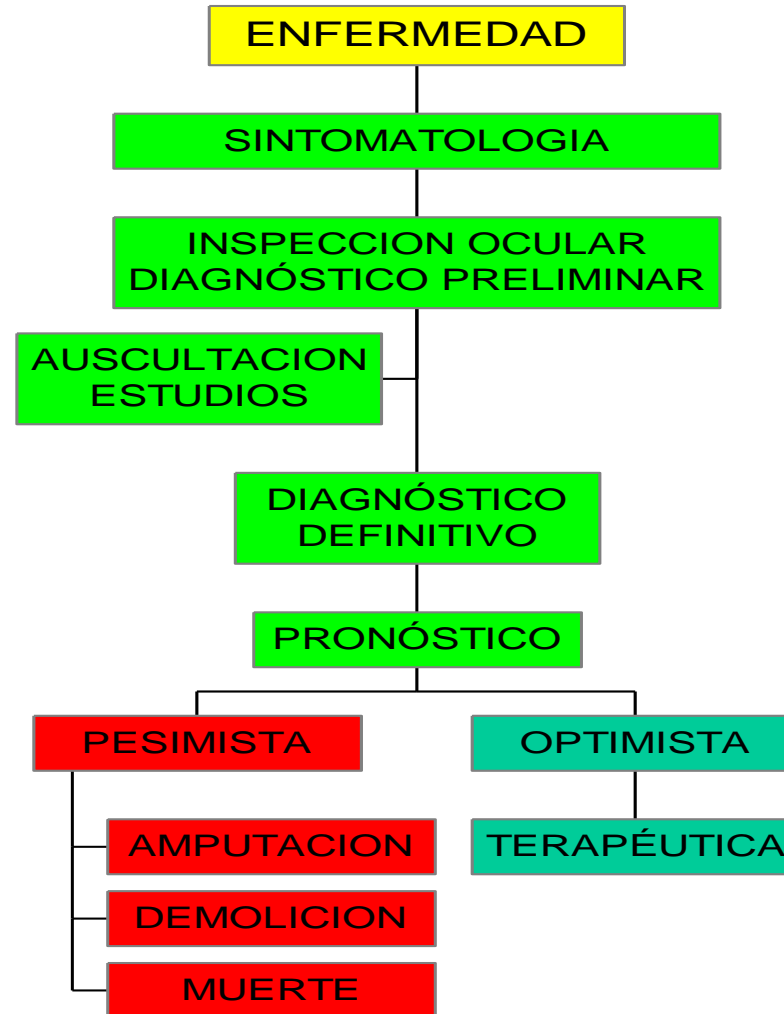


- art. 229.- Si un constructor edifica una casa para un hombre, y no hace su construcción sólida, y de resultas de ello la casa que ha construido se derrumba y produce la muerte del propietario, deberá ser muerto.
- art. 230.- Si causa la muerte del hijo del propietario de la casa, entonces un hijo del constructor deberá ser muerto.
- art. 231.- Si causa la muerte de un esclavo del propietario de la casa, entonces el constructor deberá dar al propietario de la casa un esclavo de igual valor.
- art. 232.- Si destruye alguna propiedad, el constructor deberá reponer lo destruido y, como quiera que no construyó la casa de manera sólida y se derrumbó, deberá reconstruirla a sus expensas.
- art. 233.- Si un constructor construye una casa para un hombre y no lo hace con los requisitos necesarios, y de resultas de ello una pared se derrumba, el constructor deberá reforzar dicha pared a sus expensas.





# ESQUEMA DE UN ESTUDIO DE PATOLOGIA







## CONDICIONES Y CAUSAS MAS PROBABLES DE DAÑO

1. Uso normal.
  - Envejecimiento.
2. Explotación inadecuada.
  - Sobre cargas.
3. Materiales.
  - Hormigón.
  - Acero.
  - Mampostería.
4. Errores de ejecución.
  - Desplazamiento de encofrados.
  - Desplazamiento de los refuerzos.
  - Vibraciones.
  - Segregación del concreto fresco.
  - Retracción del fraguado.
  - Desencofrado prematuro.
  - Calidad de las soldaduras (soldaduras en campo)
  - Colocación del sofito metálico.



5. Efectos reológicos.
  - Fluencia.
  - Retracción.
  - Temperatura.
6. Detallado.
  - Longitudes de solapes del acero de refuerzo.
  - Ganchos del acero de refuerzo.
  - Conexiones de estructuras metálicas.
7. Corrosión.
  - Del acero de refuerzo.
  - Del concreto.
  - Del acero estructural.
8. Modificación de las condiciones del suelo
  - Hundimientos del terreno.
  - Expansiones del terreno.
9. Reacciones Químicas.
  - Sulfatos.
  - Cloruros



## 10. Detalles constructivos.

- Detallado del nodo de concreto.
- Detalles de juntas.
- Detalles de acabados.

## 11. Acciones de tipo oscilatorio.

- Equipos mecánicos.
- Movimientos sísmicos.

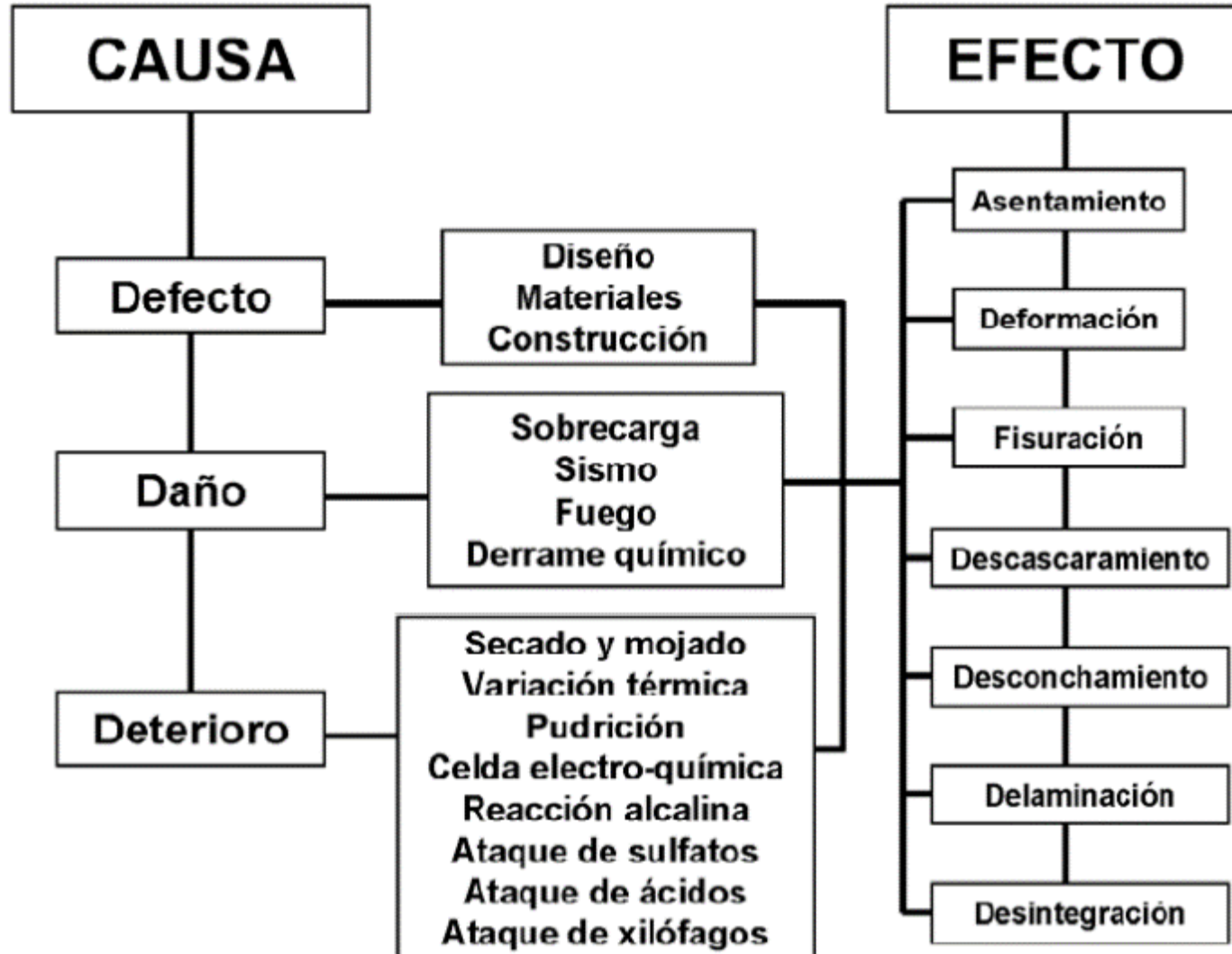
## 12. Acciones accidentales.

- Incendios.
- Explosiones.
- Choques.

## 13. Errores de proyecto.

- Estimaciones de acciones.
- Simplificaciones no previstas.

## 14. Causas inevitables.





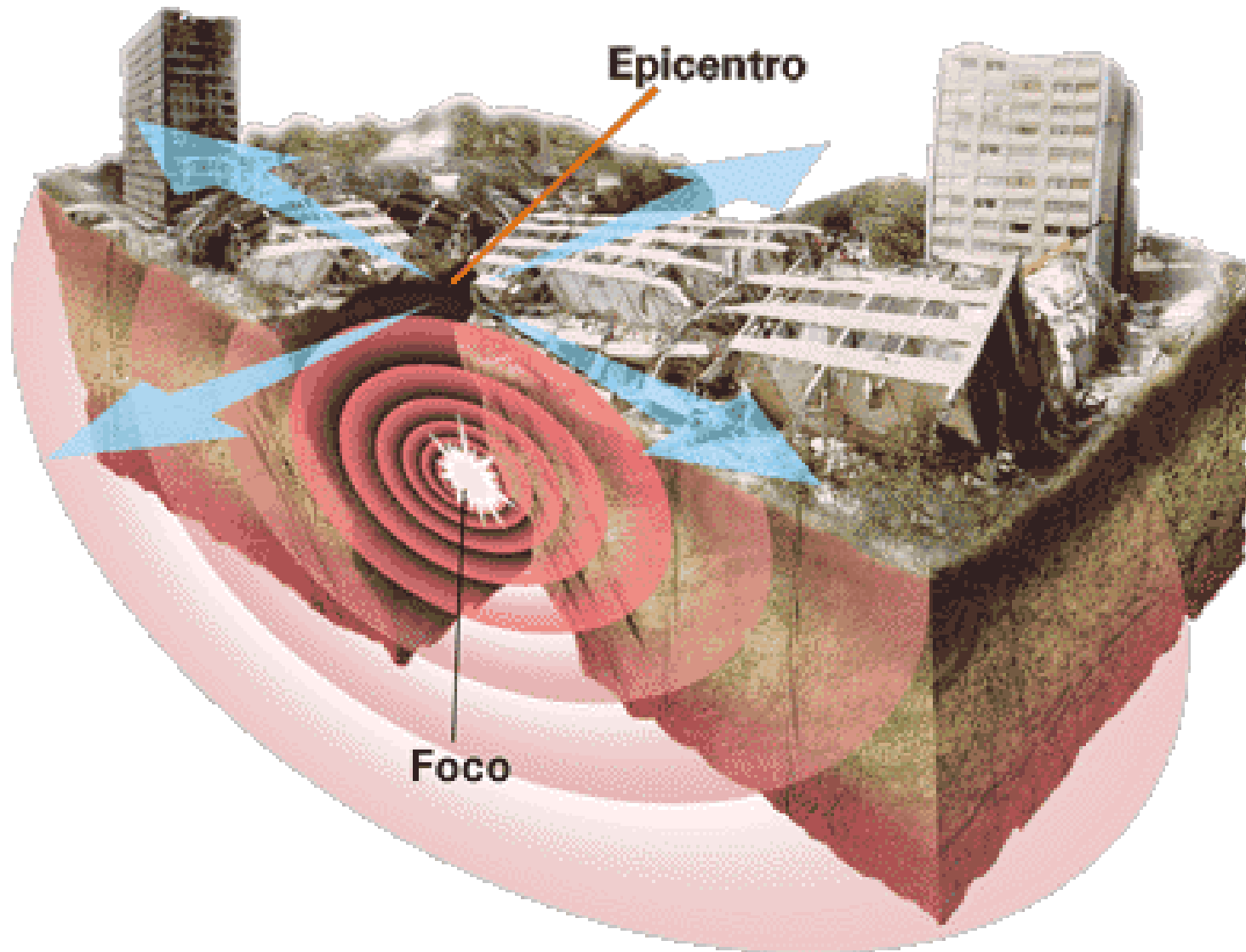


## RELACIÓN DE CAUSAS

Analizando las causas de fallos en estructuras de edificios se puede ver que la media se distribuye como sigue:

- Deficiencias en proyecto: 42 %
- Deficiencias en ejecución: 28 %
- A materiales: 15 %
- Fallos en servicio: 10 %
- Otras causas: 5 %









# **PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL**

## **Contenido**

1. Definición de acción sísmica.
2. Sismogénesis del Ecuador.
3. Normativa en el país
4. Terremoto de Muisne/Pedernales del 16A-2016.
5. Conceptos Generales de Patología.
6. Etapas en Patología Estructural.
7. Ensayos aplicables.
8. Evaluación Estructural.
9. Métodos de Análisis.
10. Vulnerabilidad Estructural.





## PROCESO SECUENCIAL

Los participantes principales en un programa de reparación son el propietario y el consultor quienes deciden en común las opciones técnicas y financieras en cada paso.

**CUALES SON LOS PASOS???**



# IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



**FALLA O ANOMALÍA???**

DEFLEXIONES





## IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



**DETERIORO???**





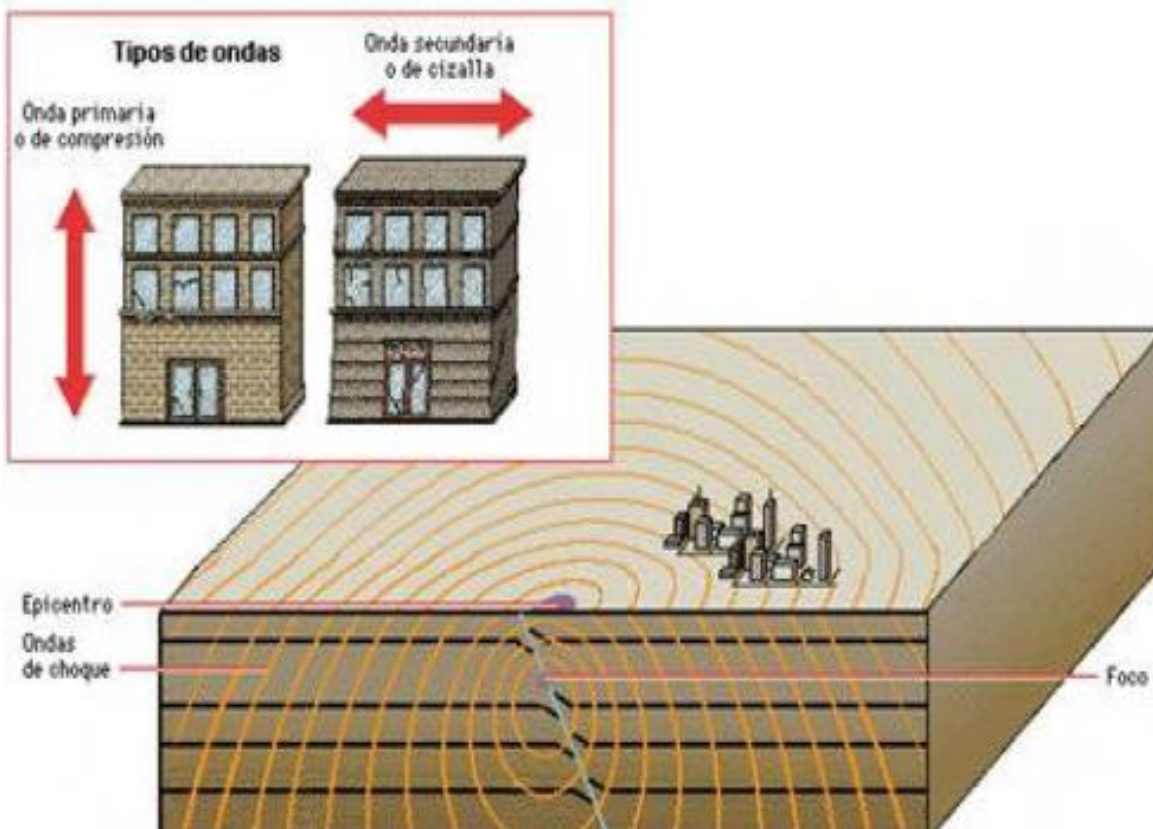
## IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



**CAMBIO DE USO???**



# IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



**EVALUACIÓN DE  
SEGURIDAD ACTUAL???**





# IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA



**AMPLIACIÓN???**



## DEFINICIÓN DE OBJETIVOS



**REPARAR???**



## DEFINICIÓN DE OBJETIVOS



**REFORZAR???**





# DEFINICIÓN DE OBJETIVOS



**REEMPLAZAR???**



## NO ES NECESARIO INTERVENIR:

- Si la alteración o modificación no afecta los elementos estructurales existentes.
- Si la alteración o modificación incrementa los esfuerzos en menos del 5% (ACI 437R, IBC).
- Siempre que no haya evidencia de anomalías.





## EN CASO CONTRARIO, OBTENER TODA LA INFORMACIÓN NECESARIA

- Estructural.
- Suelos, Geología.
- Hidráulica.
- Corrosión.
- Procesos dentro de la estructura.





# **PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL**

## **Contenido**

1. Definición de acción sísmica.
2. Sismogénesis del Ecuador.
3. Normativa en el país
4. Terremoto de Muisne/Pedernales del 16A-2016.
5. Conceptos Generales de Patología.
6. Etapas en Patología Estructural.
7. Ensayos aplicables.
8. Evaluación Estructural.
9. Métodos de Análisis.
10. Vulnerabilidad Estructural.



# TÉCNICAS PARA DIAGNÓSTICO DE ESTRUCTURAS

Tipo de ensayo	Propósito
<b>Localización de acero</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar su existencia</li> <li>• Facilitar la extracción de muestras del concreto</li> <li>• Confirmar el diseño</li> </ul>
<b>Medición del recubrimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar capacidad de resistencia</li> <li>• Determinar posición de estribos y refuerzo</li> <li>• Posibilidad de corrosión</li> <li>• Comparar con frentes de daño</li> </ul>
<b>Prueba de carbonatación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la profundidad del frente de disminución del pH</li> </ul>
<b>Materia orgánica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determina el contenido de materia orgánica</li> </ul>
<b>Prueba de humedad relativa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar la humedad en el 1 cm de los poros del concreto</li> </ul>
<b>Prueba de contenido de Cloruros</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la cantidad de cloruros solubles en el concreto</li> </ul>



<b>Extracción de núcleos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar el parámetro <math>f'c</math></li> <li>• Determinar el módulo de elasticidad</li> <li>• Profundidad de fisuras</li> <li>• Comparar con los frentes de daño</li> <li>• Medición de pH</li> </ul>
<b>Pistola de Windsor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la resistencia asociada a la dureza</li> </ul>
<b>Ultrasonido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la resistencia asociada a la velocidad de propagación de una onda de sonido</li> </ul>
<b>Esclerómetro Schmidt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la resistencia asociada al golpe de un martillo</li> </ul>
<b>Prueba de adherencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la capacidad de resistencia para la adherencia con un nuevo concreto</li> <li>• Resistencia a la tensión de la superficie</li> </ul>
<b>Nivelación de superficies</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar eventuales asentamientos</li> </ul>
<b>Plomo de muros o columnas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar eventuales asentamientos</li> </ul>
<b>Instalación de medidores de fisuras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar la actividad de las fisuras y grietas</li> </ul>
<b>Evaluación petrográfica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de la microestructura del concreto desde el punto de vista de la durabilidad</li> </ul>



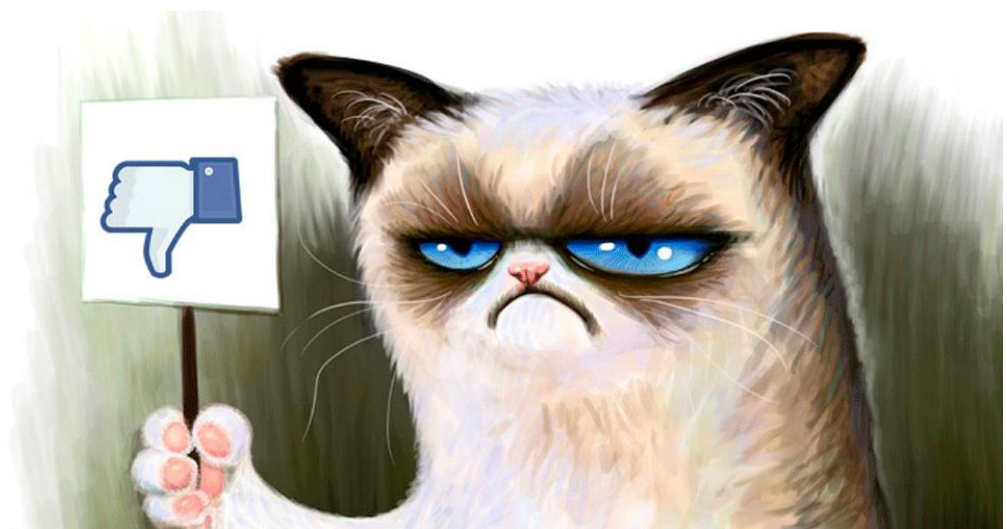
<p><b>Medidas de potencial</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un mapa de potenciales electroquímicos para determinar zonas de riesgo de corrosión</li> </ul>
<p><b>Porosidad</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medida de la compacidad de la masa de concreto</li> </ul>
<p><b>Velocidad de corrosión</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la velocidad de pérdida de sección de acero</li> </ul>
<p><b>Pruebas de carga</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la capacidad resistente de una estructura</li> </ul>





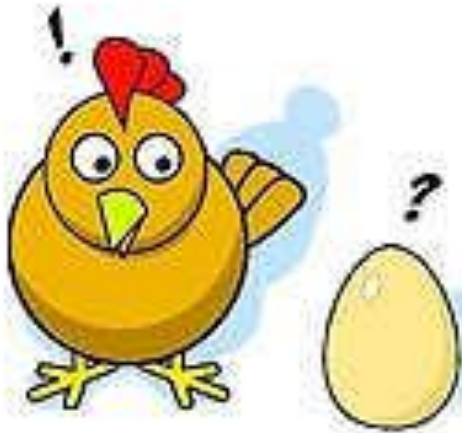
## QUÉ TERMINA SUCEDIENDO????

1. Se sacan una cantidad de núcleos que no representa el espacio muestral a evaluar.
2. Uso indiscriminado del Esclerómetro.
3. Se hacen corridas empleando métodos numéricos sin definir grado de incertidumbre.
4. Se entrega un proyecto de refuerzo que nadie entiende.



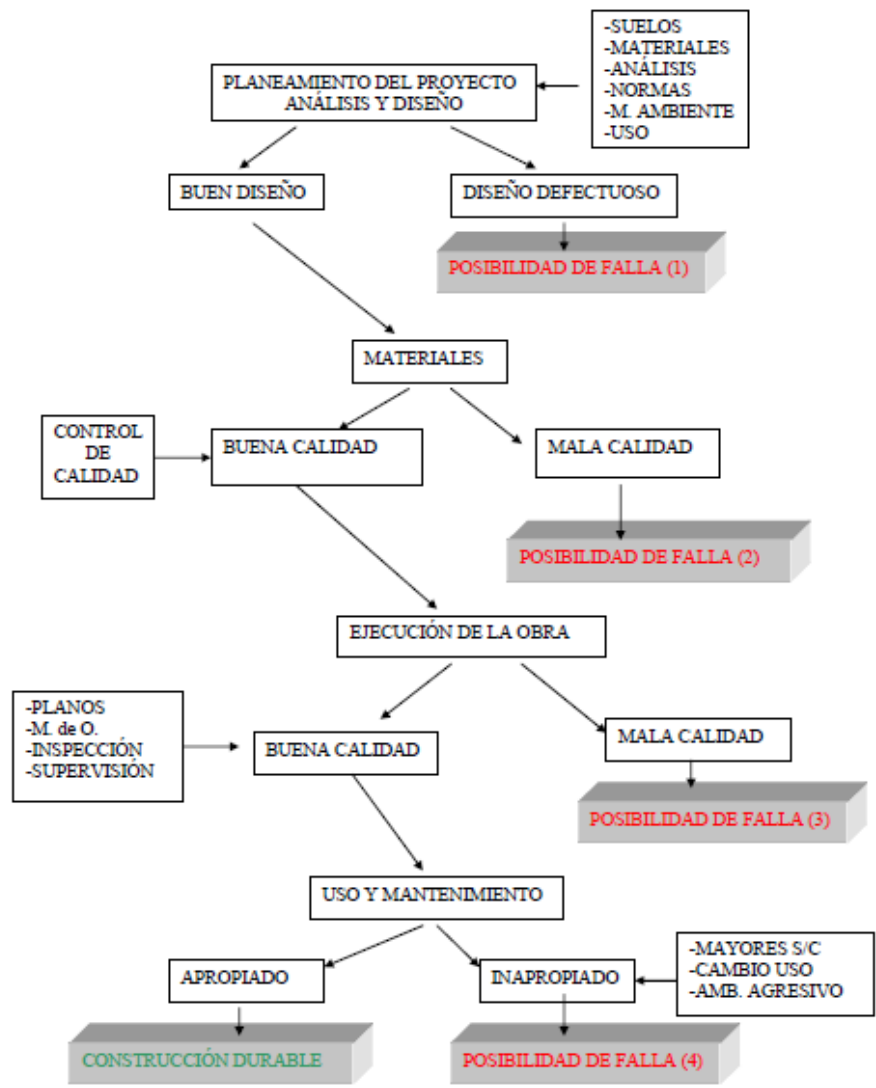


WHO CAME FIRST?





**ETAPAS EN LA VIDA DE UNA EDIFICACIÓN**





## **NORMAS APLICABLES**

1. ENSAYOS EN SITIO DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN, ESTADO FRESCO.
2. ENSAYOS DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN, ESTADO ENDURECIDO.
3. ENSAYOS PARA EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES.



## Problemas potenciales

- ✓ Aumento de la demanda de agua
- ✓ Pérdida acelerada de asentamiento
- ✓ Fraguado más rápido
- ✓ Mayor riesgo de grietas por retracción de secado
- ✓ Dificultad de control del aire incluido
- ✓ Aumento del potencial de fisuración térmica
- ✓ Menor resistencia y durabilidad
- ✓ Mayor potencial de corrosión del acero
- ✓ Mayor permeabilidad



**ESTADO FRESCO**





## ▪ ENSAYO DE ANSENTAMIENTO

El ensayo de asentamiento se realizará cumpliendo con los requisitos mínimos establecidos en la norma ASTM C143/ C143M-12: “Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete”.

La muestra de concreto a ensayar se tomará bajo las especificaciones de la norma ASTM C172/99.



**ESTADO FRESCO**



## ▪ ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO

Este ensayo se regirá bajo los requisitos de la norma ASTM C231-97: “Método estándar de ensayo para contenido de aire a una mezcla de concreto fresco por el método de presión”.

Este método de ensayo cubre la determinación del contenido de aire presente en la mezcla de concreto fresco, excluyendo de la misma cualquier burbuja de aire que pueda estar dentro de los vacíos presentes en la mezcla.



**ESTADO FRESCO**



## 4.2 — Exposición a congelamiento y deshielo

4.2.1 — El concreto de peso normal y de peso liviano expuesto a condiciones de congelamiento y deshielo o a productos químicos descongelantes, debe tener aire incorporado, con el contenido de aire indicado en la Tabla 4.2.1. La tolerancia en el contenido de aire incorporado debe ser de  $\pm 1.5\%$ . Para un  $f'_c$  mayor de 35 MPa, se puede reducir el aire incorporado indicado en la Tabla 4.2.1 en 1%.

**TABLA 4.2.1 — CONTENIDO TOTAL DE AIRE PARA CONCRETO RESISTENTE AL CONGELAMIENTO**

Tamaño máximo nominal del agregado*(mm)	Contenido de aire, porcentaje	
	Exposición severa	Exposición moderada
9.5	7.5	6
12.5	7	5.5
19.0	6	5
25.0	6	4.5
37.5	5.5	4.5
50 <sup>+</sup>	5	4
75 <sup>+</sup>	4.5	3.5

**ACI-318-11**

**ESTADO FRESCO**



## ▪ ENSAYO DE DENSIDAD

Este ensayo se realizará bajo las condiciones de la norma ASTM C138: “Método de ensayo estándar para densidad (Peso unitario), volumen y contenido de aire (Método Gravimétrico) en una mezcla de concreto.



**ESTADO FRESCO**



## ▪ ENSAYO DE TEMPERATURA

Este método se efectuará siguiendo los requerimientos mínimos de la norma ASTM C1064 -01: “Método de ensayo estándar para temperatura del concreto de cemento portland recién mezclado.”

Este método permite medir la temperatura de mezclas de hormigón recién mezclado, dosificado con cemento pórland. Puede usarse para verificar que el hormigón satisfaga requerimientos específicos de temperatura.



**ESTADO FRESCO**





## ACI-305-10

**Table 3.1(a)—Saturation water vapor pressure (kPa) over water (SI units)**

Air and concrete temperature, °C	Saturation pressure, kPa	Air and concrete temperature, °C	Saturation pressure, kPa
4	0.813	28	3.78
5	0.872	29	4.01
6	0.934	30	4.24
7	1.00	31	4.49
8	1.07	32	4.75
9	1.15	33	5.03
10	1.23	34	5.32
11	1.31	35	5.62
12	1.40	36	5.94
13	1.50	37	6.28
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			

Data source: CRC Handbook of Chemistry and Physics, 68th Edition, 1987, mathematically converted into kPa.

### 3.2—Maximum allowable concrete temperature

**3.2.1** Limit the maximum allowable fresh concrete temperature to 35 °C (95 °F), unless otherwise specified, or unless a higher allowable temperature is accepted by Architect/Engineer, based upon past field experience or preconstruction testing using a concrete mixture similar to one known to have been successfully used at a higher concrete temperature.

**3.1.3** Initiate accepted evaporation control measures when concrete and air temperatures, relative humidity of the air, and the wind velocity have the capacity to evaporate water from a free water surface at a rate that is equal to or greater than 1.0 kg/m<sup>2</sup>/h (0.2 lb/ft<sup>2</sup>/h), unless otherwise specified. Determine the evaporation rate of surface moisture by use of the Menzel Formula:

$$W = 0.315(e_o - e_a)(0.253 + 0.060V) \text{ [SI units]}$$

$$W = 0.44(e_o - e_a)(0.253 + 0.096V) \text{ [U.S. Customary units]}$$

where

$W$  = mass of water evaporated in kg (lb) per m<sup>2</sup> (ft<sup>2</sup>) of water-covered surface per hour;

$e_o$  = saturation vapor pressure in kPa (psi) in the air at the surface, at the concrete temperature of interest; and

$e_a$  = actual vapor pressure in kPa (psi) in the air at the surface, which may be the saturation vapor pressure of the air at the surface if the relative humidity of the air is 100% or if the air is saturated; and

$V$  = average wind speed in km/h (mph), measured at 0.5 m (20 in.) above the evaporating surface on the windward side and shielded from the sun's rays; and

$V$  = average wind speed in km/h (mph), measured at 0.5 m (20 in.) above the evaporating surface.



## ▪ ENSAYO DE ROTURA DE CILINDROS

El siguiente ensayo se llevará a cabo bajo los criterios exigidos por la norma ASTM C39/ C39M-14: “Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”

Este ensayo se realiza con la finalidad de obtener una medida de la capacidad que posee la mezcla de soportar esfuerzos a compresión.

El tamaño de los cilindros que serán sometidos al ensayo será de 100x200 mm (diámetro - altura).



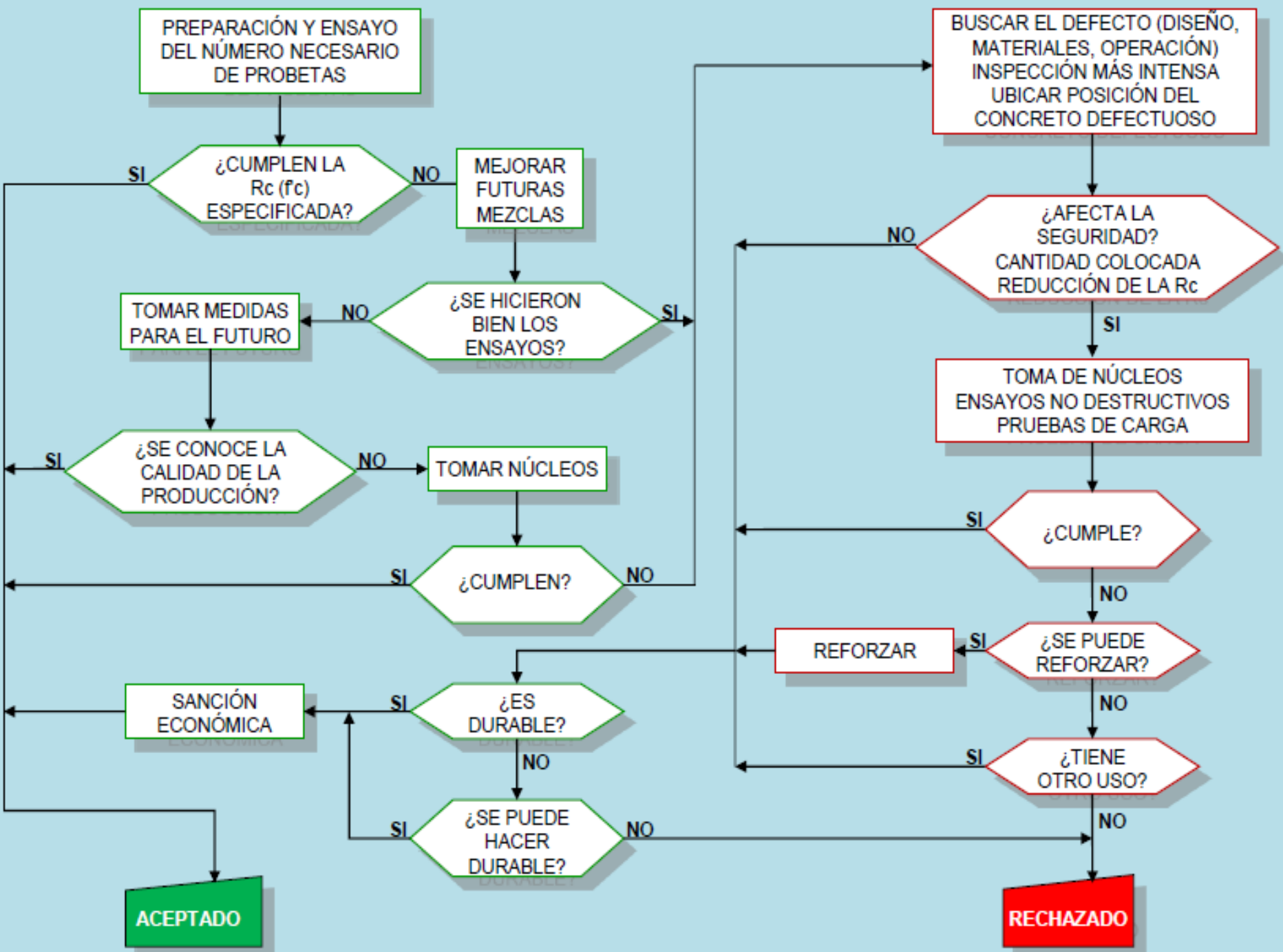
**ESTADO ENDURECIDO**



## ■ ENSAYO DE ROTURA DE CILINDROS

Ensayo Tipo	DOSIFICACIÓN (Kg/m <sup>3</sup> )	# Muestra	D1 (cm)	D2 (cm)	D3 (cm)	D (cm)	Altura(cm)	Peso(gr)	Lectura Ultrasonido	V(m/s)	Carga max (Kgf)	Esfuerzo (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Edad (días)	f <sub>c</sub> Prom.	DESV. ST	COEF. VAR.
C	0	1	10,06	10,01	9,99	10,02	19,90	3368	47,40	4198,31	18425	233,66	28	234,59	10,82	4,61
C		2	10,09	10,09	10,08	10,09	19,90	3375	50,30	3956,26	17725	221,82	28			
C		3	9,95	9,99	9,99	9,98	19,99	3411	47,90	4173,28	19409	248,28	28			
C	8	1	10,03	10,06	10,07	10,05	20,04	3332	51,60	3883,72	16377	206,31	28	225,88	15,26	6,76
C		2	10,04	10,00	10,00	10,01	19,98	3355	53,20	3755,64	17938	227,79	28			
C		3	9,93	10,00	10,06	10,00	19,94	3348	52,10	3827,26	19116	243,55	28			
C	7	1	9,99	9,97	10,00	9,99	20,10	3313	53,10	3785,31	18911	241,43	28	236,24	6,99	2,96
C		2	9,90	9,98	9,98	9,95	20,00	3313	54,00	3703,70	18747	240,94	28			
C		3	10,08	10,10	10,12	10,10	19,91	3331	51,80	3843,63	18135	226,35	28			
C	6	1	9,93	9,94	9,96	9,94	19,96	3378	50,30	3968,19	18451	237,61	28	236,24	13,00	5,50
C		2	9,91	9,91	9,93	9,92	19,90	3342	50,50	3940,59	16967	219,68	28			
C		3	10,00	10,02	10,04	10,02	19,90	3341	50,70	3925,05	19827	251,44	28			
C	5	1	10,00	9,96	9,98	9,98	20,00	3287	55,30	3616,64	18043	230,65	28	222,49	10,32	4,64
C		2	9,98	9,96	9,97	9,97	19,90	3327	52,80	3768,94	16233	207,93	28			
C		3	9,96	9,95	10,00	9,97	19,90	3326	51,40	3871,60	17869	228,89	28			
C	4	1	9,90	9,96	9,99	9,95	20,00	3356	54,10	3696,86	18458	237,38	28	236,87	6,84	2,89
C		2	9,94	10,00	10,00	9,98	20,04	3316	53,70	3731,84	19164	244,98	28			
C		3	10,00	10,00	10,00	10,00	19,80	3288	52,60	3764,26	17927	228,25	28			

**ESTADO ENDURECIDO**



PREPARACIÓN Y ENSAYO DEL NÚMERO NECESARIO DE PROBETAS

SI {¿CUMPLEN LA Rc (fc) ESPECIFICADA?} NO

MEJORAR FUTURAS MEZCLAS

TOMAR MEDIDAS PARA EL FUTURO

SI {¿SE HICIERON BIEN LOS ENSAYOS?} NO

SI {¿SE CONOCE LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN?} NO

TOMAR NÚCLEOS

SI {¿CUMPLEN?} NO

SANCIÓN ECONÓMICA

SI {¿ES DURABLE?} NO

SI {¿SE PUEDE HACER DURABLE?} NO

ACEPTADO

BUSCAR EL DEFECTO (DISEÑO, MATERIALES, OPERACIÓN) INSPECCIÓN MÁS INTENSA UBICAR POSICIÓN DEL CONCRETO DEFECTUOSO

NO {¿AFECTA LA SEGURIDAD? CANTIDAD COLOCADA REDUCCIÓN DE LA Rc} SI

TOMA DE NÚCLEOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBAS DE CARGA

SI {¿CUMPLE?} NO

SI {¿SE PUEDE REFORZAR?} NO

SI {¿TIENE OTRO USO?} NO

REFORZAR

RECHAZADO



- **EVALUACIÓN DEL CONCRETO A PARTIR DE LOS CILINDROS**

**Requisitos de Reglamento para  
Concreto Estructural (ACI 318S-05)  
y Comentario (ACI 318SR-05)**  
(Versión en español y en sistema métrico)  
Es un Estándar del ACI

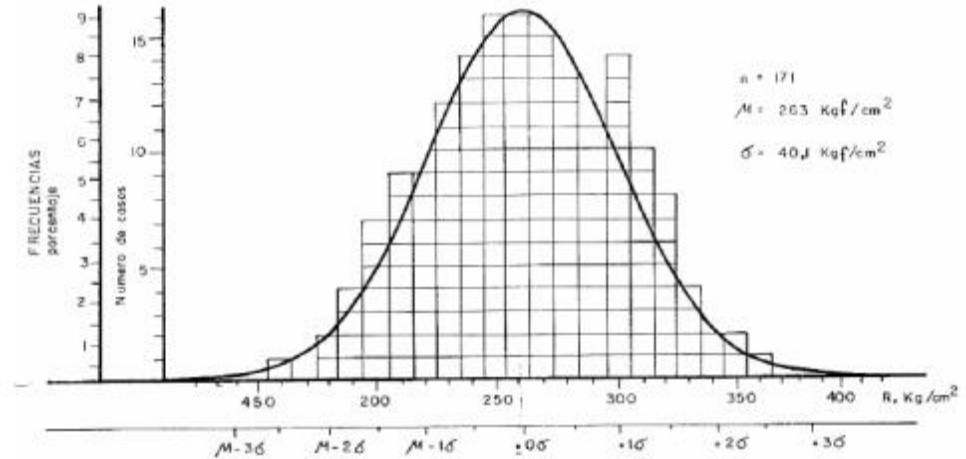
Producido por el Comité ACI 318





## PRINCIPIOS ESTADÍSTICOS

- Promedio.
- Desviación estándar.
- Coeficiente de Variación.
- Distribución normal.
- Probabilidad de ocurrencia.

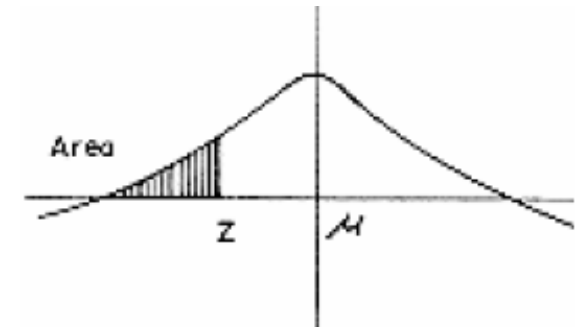


$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$Z = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$$

$$V = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 (\%)$$



$$f_{cr} \geq f'_c + ZS$$

**ESTADO ENDURECIDO**



## Cuantos Núcleos (core-drills)?

- ✓ Tres (3) por cada ensayo ( $X_i$ , pareja de cilindros) que no pasó el criterio de aceptación ( $X_i \geq f'c - 35 \text{ kgf/cm}^2$ )

## Son los mismos Criterios de Aceptación que los Cilindros?

### ACI 318

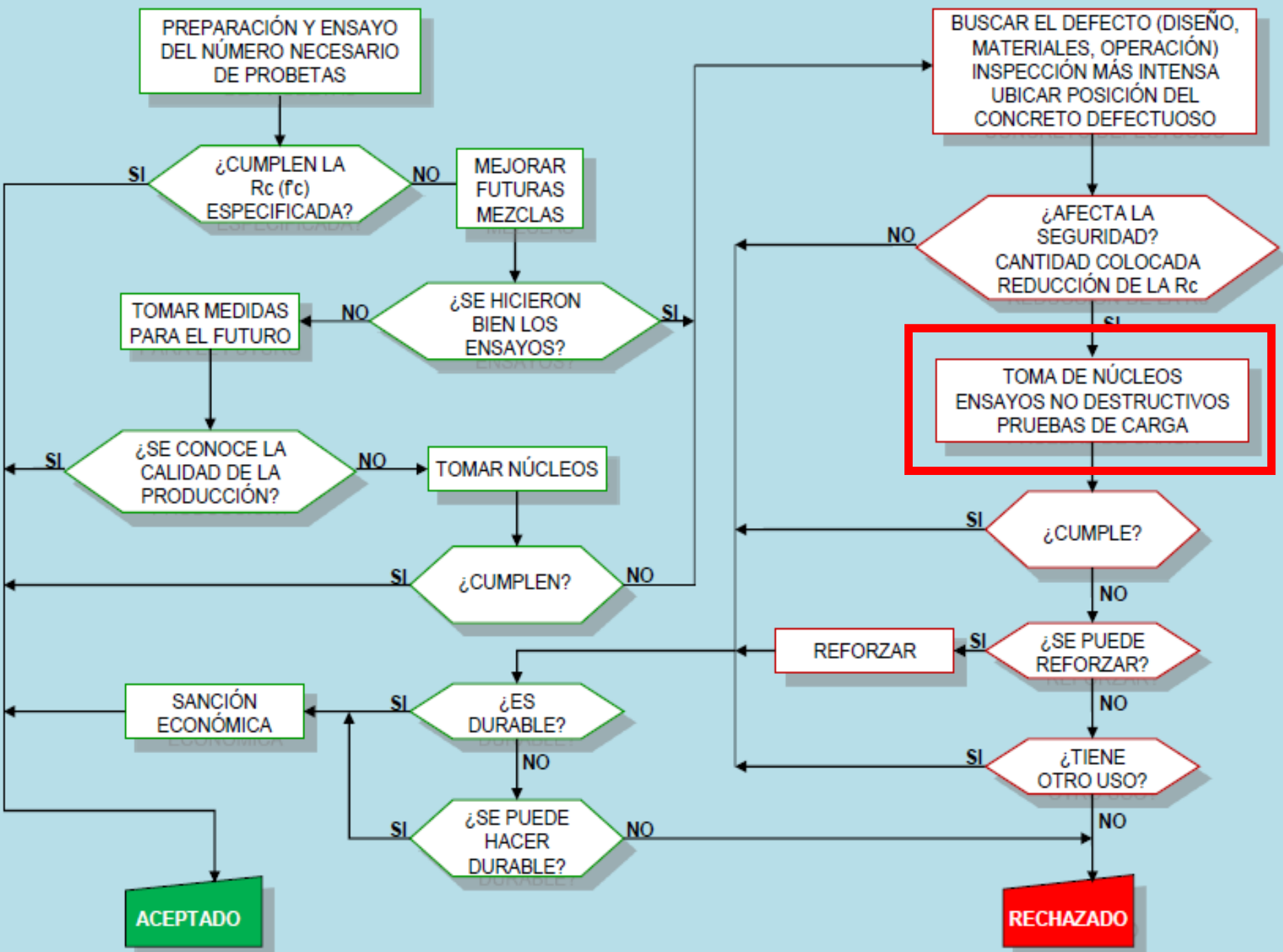
- ✓ No. No puede haber Media Móvil. También se debe cumplir 2 Criterios pero son diferentes:

a)  $N_i$  (cada núcleo)  $\geq 0,75 f'c$

b)  $N_{\text{promedio}} \geq 0,85 f'c$

## Donde se extraen los Núcleos?

De las zonas correspondientes a ensayos que no cumplen.



PREPARACIÓN Y ENSAYO DEL NÚMERO NECESARIO DE PROBETAS

SI {¿CUMPLEN LA R<sub>c</sub> (f<sub>c</sub>) ESPECIFICADA? NO

MEJORAR FUTURAS MEZCLAS

BUSCAR EL DEFECTO (DISEÑO, MATERIALES, OPERACIÓN) INSPECCIÓN MÁS INTENSA UBICAR POSICIÓN DEL CONCRETO DEFECTUOSO

{¿AFECTA LA SEGURIDAD? CANTIDAD COLOCADA REDUCCIÓN DE LA R<sub>c</sub>? NO SI

TOMA DE NÚCLEOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS PRUEBAS DE CARGA

TOMAR MEDIDAS PARA EL FUTURO

NO {¿SE HICIERON BIEN LOS ENSAYOS? SI

SI {¿SE CONOCE LA CALIDAD DE LA PRODUCCIÓN? NO

TOMAR NÚCLEOS

SI {¿CUMPLEN? NO

SANCIÓN ECONÓMICA

SI {¿ES DURABLE? NO

REFORZAR

SI {¿SE PUEDE REFORZAR? NO

SI {¿TIENE OTRO USO? NO

ACEPTADO

RECHAZADO

SI {¿SE PUEDE HACER DURABLE? NO



## 1.3 ENSAYOS PARA EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

- ACI 364.1 R-93. GUÍA PARA EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO ANTES DE SU REHABILITACIÓN.
- ACI 437R-03. EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.
- ACI 228. RESISTENCIA ESTIMADA DEL CONCRETO MEDIANTE MÉTODOS IN SITU.
- ACI 546R-04. GUIA PARA LA REPARACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO.



Table 6.1(a)-Evaluation of properties of concrete

EVALUATION PROCEDURE	CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES																
	ACOUSTIC IMPACT (Table 6.3)	AIR CONTENT TEST (ASTM C457)	CEMENT CONTENT TEST (ASTM C1084)	CHEMICAL TESTS	CORE TESTING (ASTM C42)	ELECTRICAL POTENTIAL MEASUREMENTS (Table 6.3)	ELECTRICAL RESISTANCE MEASUREMENTS (Table 6.3)	FLEXURAL TESTS (ASTM C42)	FREEZE-THAW TEST (ASTM C666)	GAMMA RADIOGRAPHY (Table 6.3)	NUCLEAR MOISTURE METER (Table 6.3)	PERMEABILITY TEST (CPD C48)	PETROGRAPHIC ANALYSIS (ASTM C856)	PULLOUT TESTING (ASTM C900)	REBOUND HAMMER (ASTM C806)	ULTRASONIC PULSE (ASTM C597)	WINDSOR PROBE (ASTM C805)
ACIDITY				●									●				
AIR CONTENT		●											●				
ALKALI-CARBONATE REACTION													●				
ALKALI-SILICA REACTION													●				
CEMENT CONTENT			●	●									●				
CHEMICAL COMPOSITION				●									●				
CHLORIDE CONTENT				●	●								●				
COMPRESSIVE STRENGTH					●								●	●	●	●	●
CONTAMINATED AGGREGATE				●									●				
CONTAMINATED MIXING WATER				●									●				
CORROSION ENVIRONMENT				●		●											
CREEP					●								●				
DENSITY					●					●							
ELONGATION					●												
FROZEN COMPONENTS													●				
MODULUS OF ELASTICITY					●											●	
MODULUS OF RUPTURE					●			●									
MOISTURE CONTENT					●	●					●						
PERMEABILITY											●	●					
PULL OUT STRENGTH													●				
QUALITY OF AGGREGATE													●				
RESISTANCE TO FREEZING AND THAWING					●				●				●				
SOUNDNESS					●					●			●				
SPLITTING TENSILE STRENGTH					●								●				
SULFATE RESISTANCE					●								●				
TENSILE STRENGTH					●			●									
UNIFORMITY	●												●	●		●	
WATER-CEMENT RATIO													●				

Table 6.1(b)-Evaluation of physical conditions of concrete

EVALUATION PROCEDURE	PHYSICAL CONDITION															
	ACOUSTIC EMISSIONS (Table 6.3)	ACOUSTIC IMPACT (Table 6.3)	CHEMICAL TESTS	CORE TESTING (ASTM C42)	FIBER OPTICS (Table 6.3)	GAMMA RADIOGRAPHY (Table 6.3)	INFRARED THERMOGRAPHY (Table 6.3)	LOAD TESTING (ACI 437R)	PETROGRAPHIC ANALYSIS (ASTM C856)	PHYSICAL MEASUREMENT	RADAR (Table 6.3)	REBOUND HAMMER (ASTM C806)	ULTRASONIC PULSE (ASTM C597)	ULTRASONIC PULSE-ECHO (Table 6.3)	VISUAL EXAMINATION (ACI 20.1R, ASTM C802)	WINDSOR PROBE (ASTM C805)
BLEEDING CHANNELS															●	
CHEMICAL DETERIORATION			●							●						●
CORROSION OF STEEL			●	●						●					●	●
CRACKING	●	●		●	●			●		●	●	●	●	●	●	●
CROSS SECT PROPERTIES AND THICKNESS				●		●				●				●		
DELAMINATION		●		●	●					●		●	●	●	●	●
DISCOLORATION			●							●						
DISINTEGRATION				●						●			●			
DISTORTION																
EFFLORESCENCE			●							●					●	
EROSION										●					●	
FREEZE-THAW DAMAGE										●					●	
HONEYCOMB				●	●	●	●			●			●		●	
POPOUTS										●					●	
SCALING										●					●	
SPALLING				●	●	●	●			●					●	
STRATIFICATION		●			●									●	●	
STRUCTURAL PERFORMANCE	●									●					●	
UNIFORMITY OF CONCRETE						●				●		●	●	●	●	





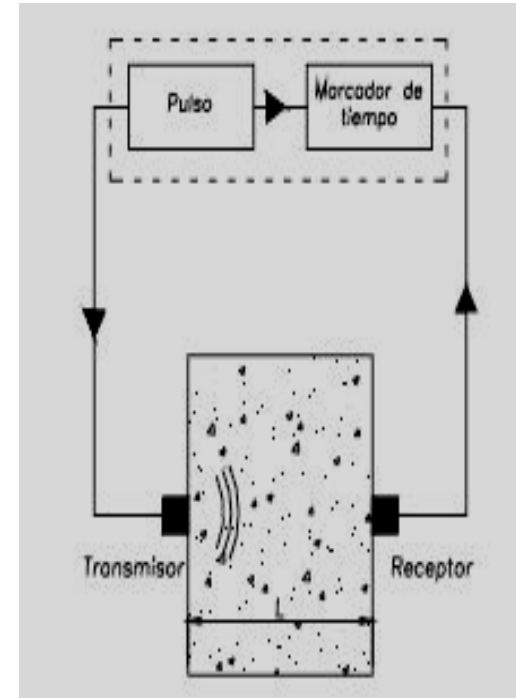
**ASTM-C805:** El esclerómetro o martillo de Schmidt es un aparato que mide la magnitud del rebote de cierta masa de acero que se hace golpear sobre la superficie del concreto. El ensayo esclerométrico puede ser considerado como un valioso auxiliar dentro de un plan general de mediciones, pero en sí mismo **no puede ser relacionado con la resistencia del concreto, por lo cual no se permitirá utilizar como único ensayo para evaluar cuantitativamente la calidad del concreto endurecido.**





## ASTM-C597:

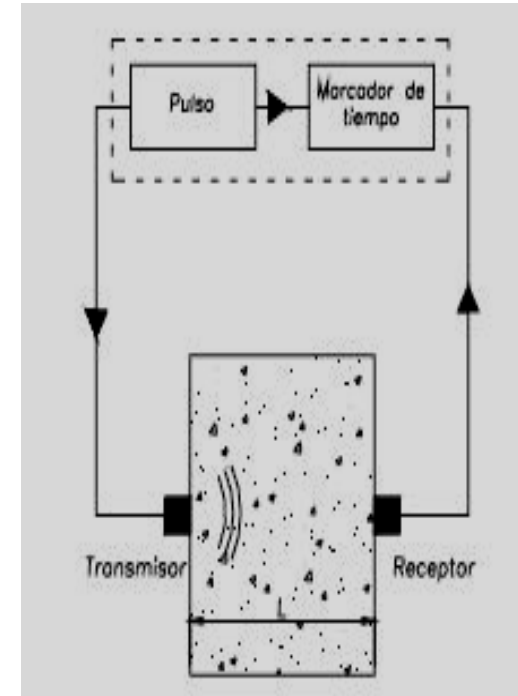
Un transductor envía una onda de corta-duración, señal de alto voltaje a un transductor de recepción, haciendo el transductor vibrar en su frecuencia resonante. En el comienzo del pulso eléctrico, se enciende con un temporizador electrónico. Las vibraciones del transductor se transfieren al concreto a través de un líquido viscoso como acoplador.





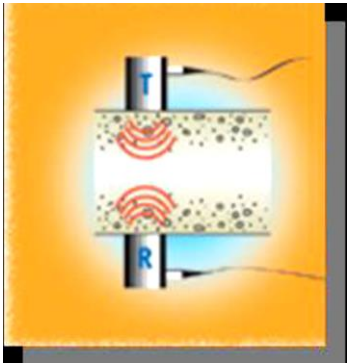
## ASTM-C597:

El factor común es la densidad del concreto: un cambio en la densidad del concreto da como resultado un cambio de la velocidad de pulso. De manera similar en una mezcla dada, la relación de la densidad real con la densidad potencial (bien compactada) y la resistencia resultante se relacionan estrechamente. Así pues un descenso en la densidad causado por un incremento en la relación agua cemento debe disminuir tanto la resistencia la compresión como la velocidad de un pulso a través de éste.

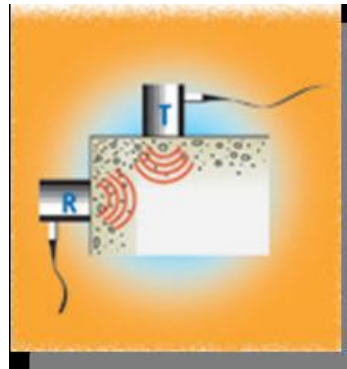




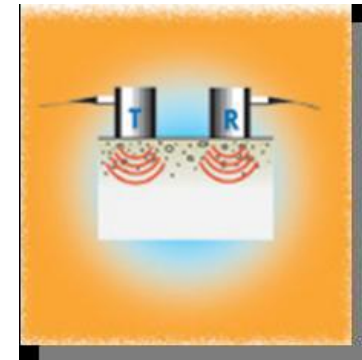
## ASTM-C597: Tipos de lecturas.



DIRECTA



SEMI  
DIRECTA



INDIRECTA



## ASTM-C597:

Tabla 3.1: Clasificación según Leslie y Cheesman

Clasificación De la calidad del hormigón por medio de la velocidad de onda	
Velocidad de la onda longitudinal m/seg.	Condición del hormigón
Más de 4570	Excelente
De 3050 a 4570	Buena
De 3050 a 3650	Regular a dudosa
De 2130 a 3050	Pobre
Menos de 2130	Muy pobre

Tabla 3.2: Clasificación según Agraval

Evaluación de la calidad mediante la velocidad de pulso	
Velocidad de pulso m/seg	Condición del hormigón
Más de 3000	Buena
De 2500 a 3000	Regular
Menos de 2130	Pobre





## CARBONATACIÓN:

La carbonatación es la reducción de la alcalinidad normal del hormigón por efecto del CO<sub>2</sub> que se difunde desde el ambiente que lo rodea. En presencia de humedad el CO<sub>2</sub> reacciona con los álcalis neutralizándolos para formar carbonatos disminuyendo el Ph por debajo de 10 afectando el acero de refuerzo.

$$T_1 = \left(\frac{C}{x}\right)^2 T$$

Siendo:

**T:** Edad del concreto en años

**T<sub>1</sub>:** Periodo de iniciación en años

**C:** Recubrimiento en mm

**x:** Profundidad actual de carbonatación en mm



## CARBONATACIÓN:





## Determinación de porcentaje Ión Cloruro en base de muestra ensayada en concreto endurecido según ASTM C1218.

Para la determinación de este ensayo, se hace uso de la norma ASTM C 1218, en donde se especifica el método operatorio a seguir con la finalidad de determinar el % de Cloruros contenidos en muestras de Concreto y morteros, mediante la precipitación del ion cloruro con nitrato de plata.



## Determinación de porcentaje Ión Cloruro en base de muestra ensayada en concreto endurecido según ASTM C1218.



Proceso de titulación  $\text{AgNO}_3$ , para la determinación de cloruros.



## Determinación de porcentaje Ión Cloruro en base de muestra ensayada en concreto endurecido según ASTM C1218.

**Table R4.3.1 — Chloride limits for new construction (adapted from Table 3.1 of ACI 222R<sup>4.7</sup>)**

Construction type and condition	Chloride limit, percent by mass		
	Test method		
	Acid soluble	Water soluble	
	ASTM C1152	ASTM C1218	Soxhlet <sup>*</sup>
Prestressed concrete	0.08	0.06	0.06
Reinforced concrete wet in service	0.10	0.08	0.08
Reinforced concrete dry in service	0.20	0.15	0.15

<sup>\*</sup>The Soxhlet test method is described in ACI 222.1.<sup>4.8</sup>





Designation: C 42/C 42M – 04

American Association State  
Highway and Transportation Officials Standard  
AASHTO No.: T24

## Standard Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete<sup>1</sup>





**7.2 Length**—The preferred length of the capped or ground specimen is between 1.9 and 2.1 times the diameter. If the ratio of the length to the diameter ( $L/D$ ) of the core exceeds 2.1, reduce the length of the core so that the ratio of the capped or ground specimen is between 1.9 and 2.1. Core specimens with length-diameter ratios equal to or less than 1.75 require corrections to the measured compressive strength (see 7.9.1). A strength correction factor is not required for  $L/D$  greater than 1.75. A core having a maximum length of less than 95 % of its diameter before capping or a length less than its diameter after capping or end grinding shall not be tested.

7.9.1 If the ratio of length to diameter ( $L/D$ ) of the specimen is 1.75 or less, correct the result obtained in 7.9 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table (see Note 6):

Ratio of Length to Diameter ( $L/D$ )	Strength Correction Factor
1.75	0.98
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Use interpolation to determine correction factors for  $L/D$  values not given in the table.

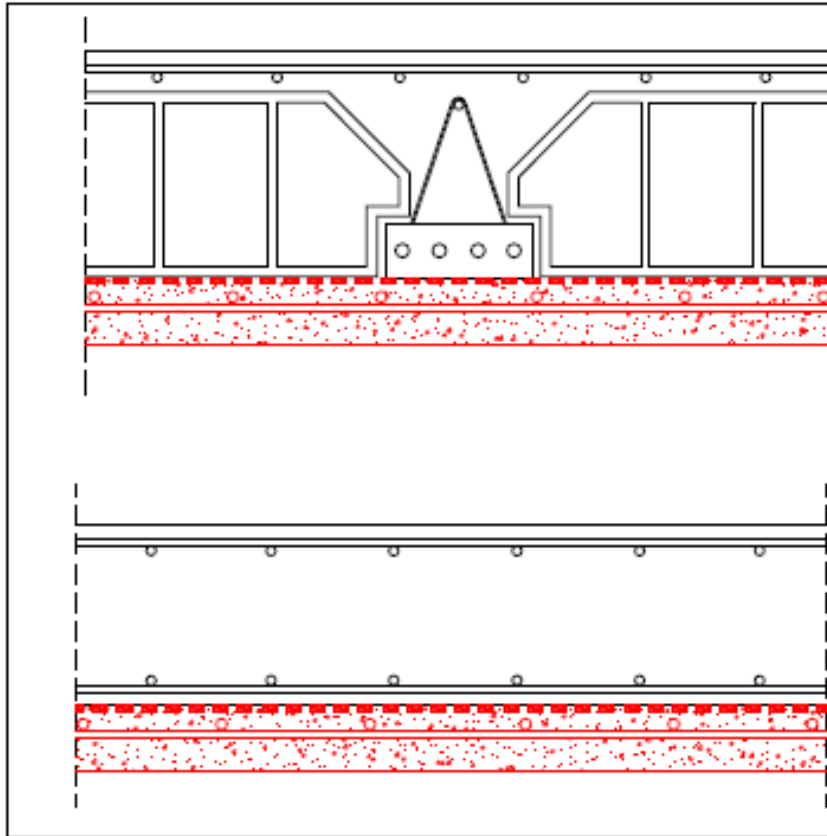


# TÉCNICAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL



- APLICABLE EN TRAMOS CONTINUOS DE FORJADOS Y LOSAS
- UTILIZAR HORMIGON CONVENCIONAL
- ESPESOR USUAL: DE 4 A 8 CM
- EVITAR CONCENTRAR ARMADURA
- TRATAMIENTO ADECUADO DE LA JUNTA (LIMPIEZA, HUMEDAD, ETC.)
- POSIBLE USO DE ADHESIVOS ("PUENTE DE ADHERENCIA")

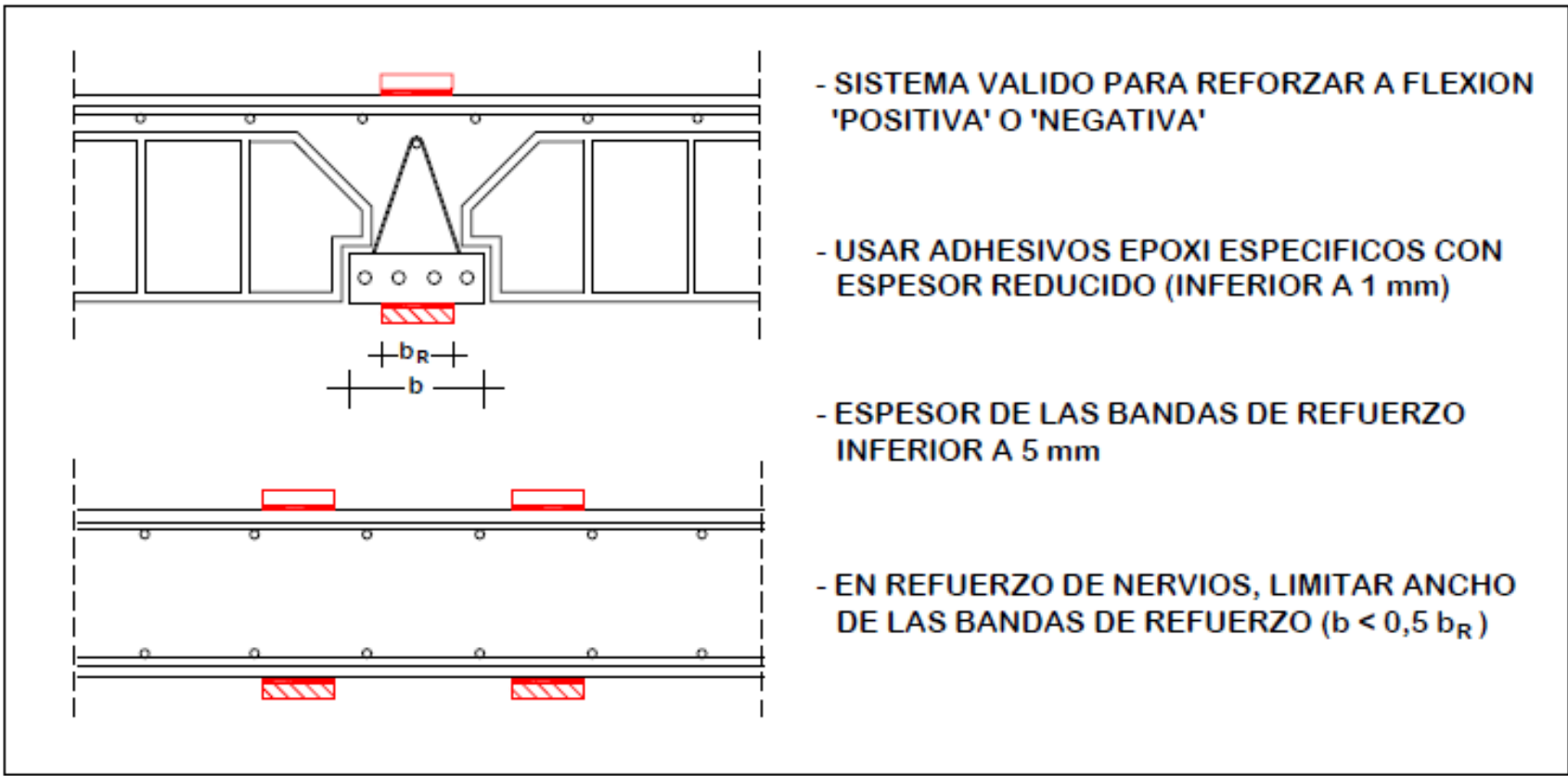
**Refuerzo de forjados y losas mediante recrecido superior**



- APLICABLE EN LOSAS Y FORJADOS CON BOVEDILLAS DE MORTERO
- RECRECIDO CON MORTERO ESPECIAL EXTENDIDO U HORMIGON PROYECTADO
- ESPESOR USUAL: DE 4 A 8 CM
- UTILIZAR DIAMETROS REDUCIDOS EN LA ARMADURA DE REFUERZO (6-8 MM)
- APLICAR ADHESIVO EN LA JUNTA (LATEX O RESINA EPOXI)

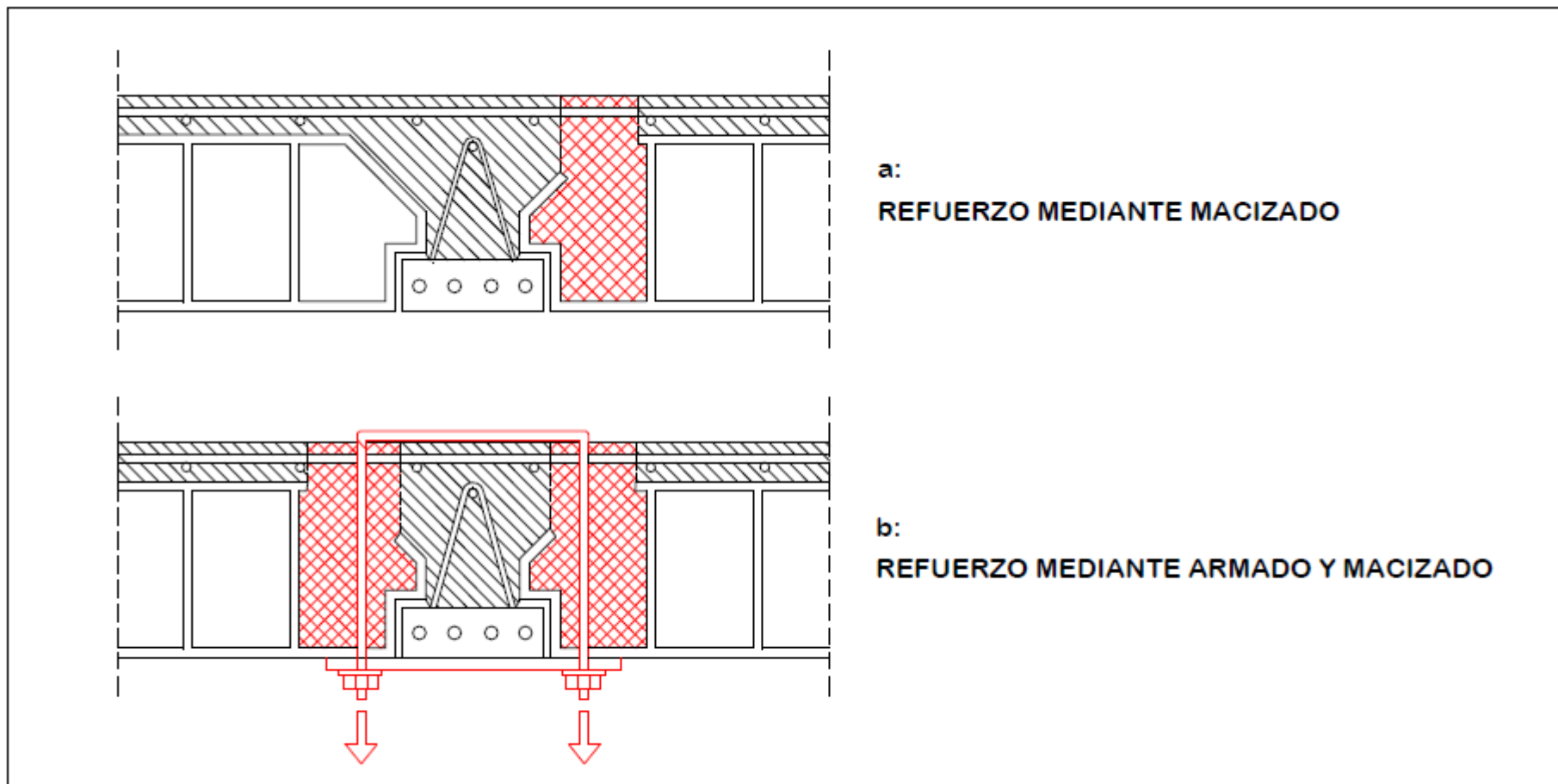
**Refuerzo de forjados y losas mediante recrecido inferior**





- SISTEMA VALIDO PARA REFORZAR A FLEXION 'POSITIVA' O 'NEGATIVA'
- USAR ADHESIVOS EPOXI ESPECIFICOS CON ESPESOR REDUCIDO (INFERIOR A 1 mm)
- ESPESOR DE LAS BANDAS DE REFUERZO INFERIOR A 5 mm
- EN REFUERZO DE NERVIOS, LIMITAR ANCHO DE LAS BANDAS DE REFUERZO ( $b < 0,5 b_R$ )

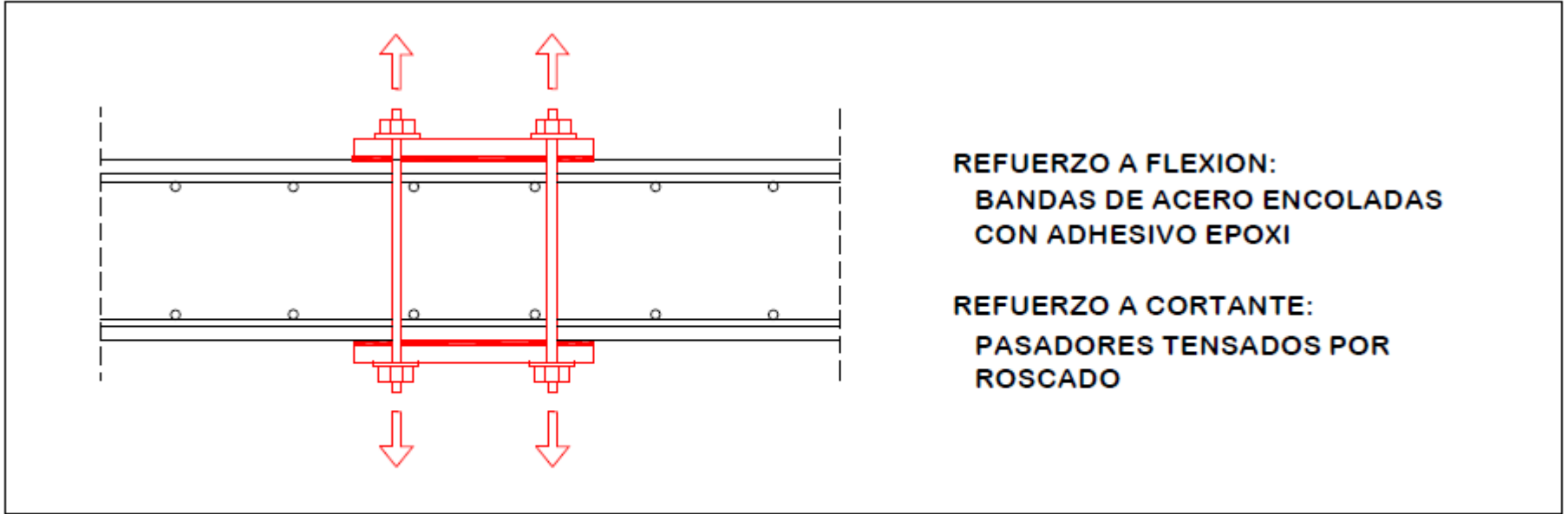
Refuerzo de forjados y losas mediante bandas de acero encoladas



**a:  
REFUERZO MEDIANTE MACIZADO**

**b:  
REFUERZO MEDIANTE ARMADO Y MACIZADO**

**Refuerzo de forjados a cortante**



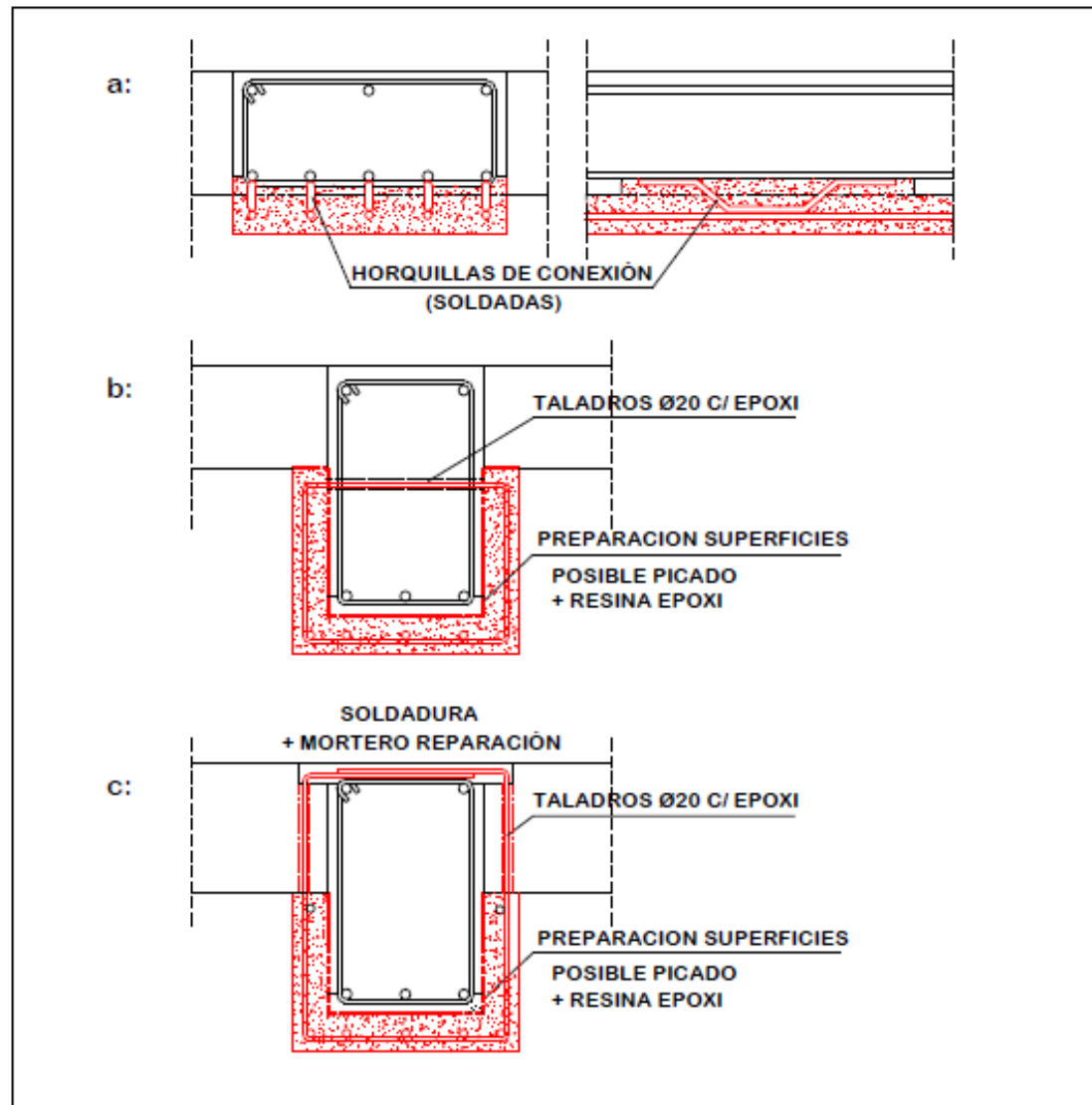
**Refuerzo local de una losa a flexión y cortante**



Refuerzo de forjados mediante laminados de fibra de carbono ( [www.sika.es](http://www.sika.es) )



Refuerzo de forjados mediante tejido de fibra de carbono (Sika – Freyssinet)



Refuerzo de vigas mediante recrecio con hormigón armado



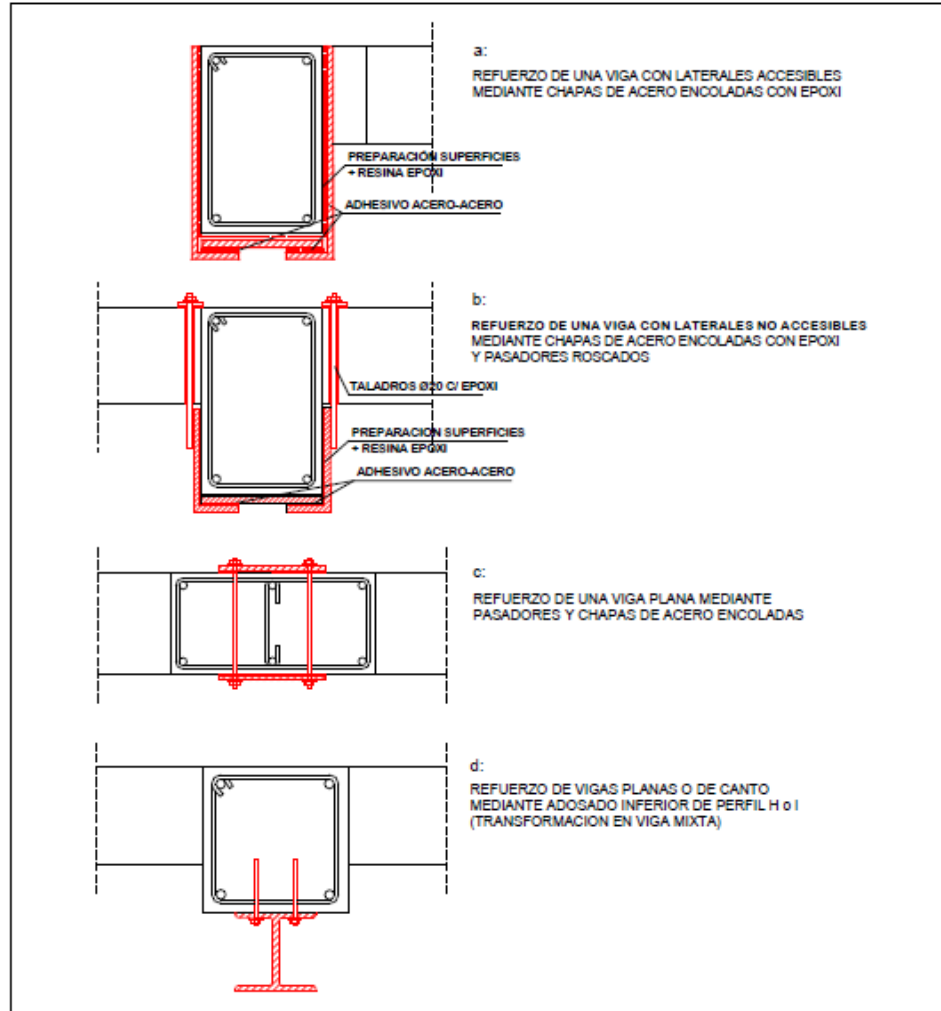


- INCREMENTOS DE CAPACIDAD FLECTORA MÁXIMOS RECOMENDABLES DEL 50-70%
- TRATAMIENTO DE JUNTA ADECUADO (PREFERIBLEMENTE CHORRO DE ARENA)
- USAR ADHESIVOS EPOXI ESPECÍFICOS CON ESPESOR REDUCIDO (MÁXIMO 1 mm)
- ESPESOR MÁXIMO DE LA BANDA DE ACERO DE REFUERZO 5-6 mm
- LIMITAR ANCHO MÁXIMO DE LA BANDA DE REFUERZO ( $b < 0,5 b_R$ )

**Refuerzo a flexión mediante bandas de acero encoladas**



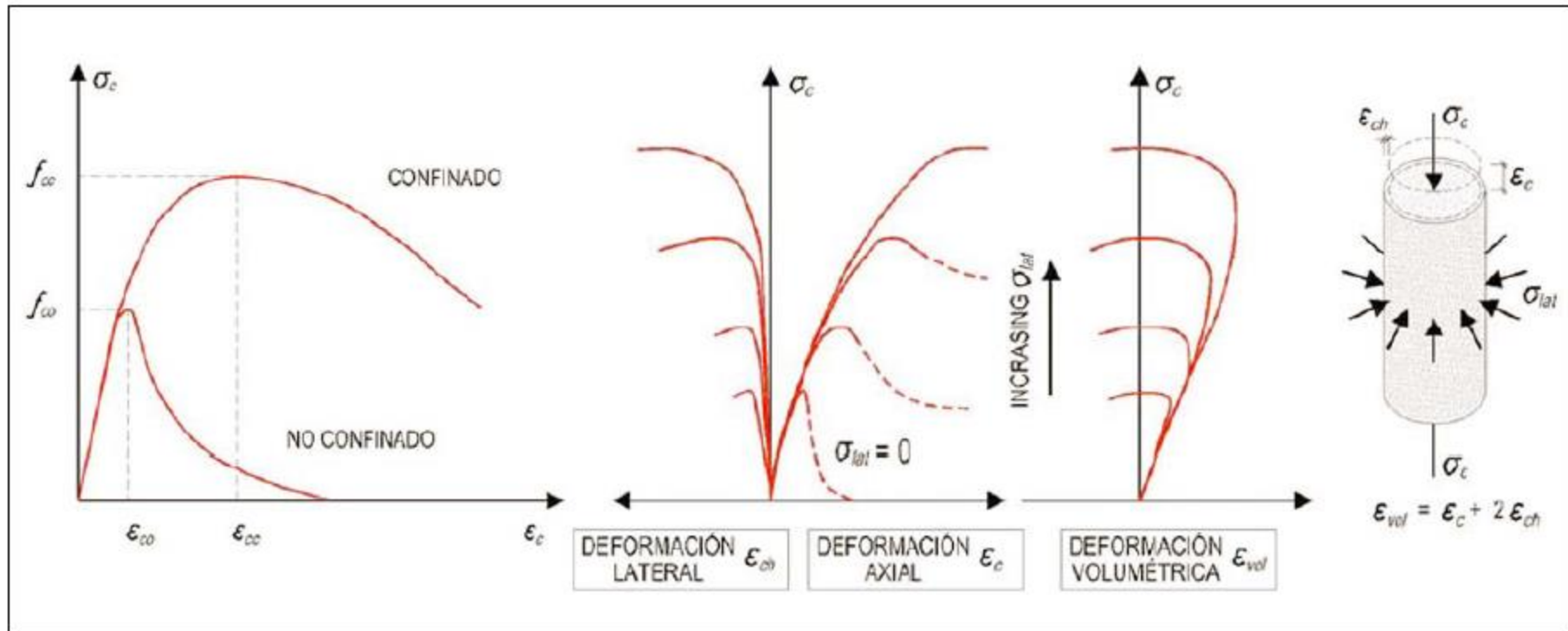
Ejemplos de vigas reforzadas mediante fibra de carbono ( [www.sika.es](http://www.sika.es) )



Refuerzo de vigas a cortante o flexión y cortante mediante chapas o perfiles metálicos



**Refuerzo de vigas a cortante mediante fibra de carbono**



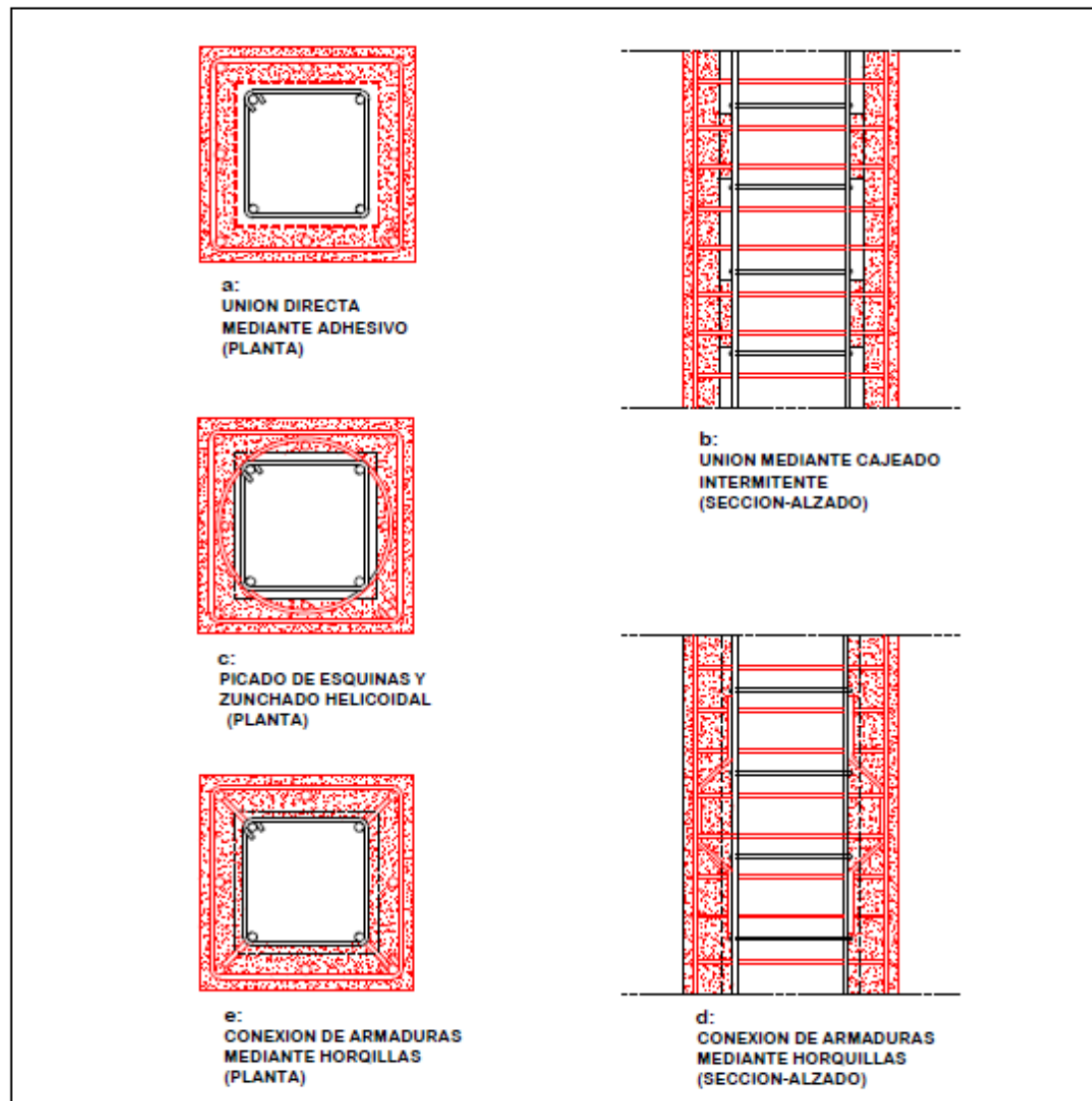
Relaciones tensión-deformación en hormigones confinados (E. Jiménez, Ref. 32)





**: Refuerzo de soportes con CFRC ( A. de Diego, A. Arteaga, Ref. 30 )**

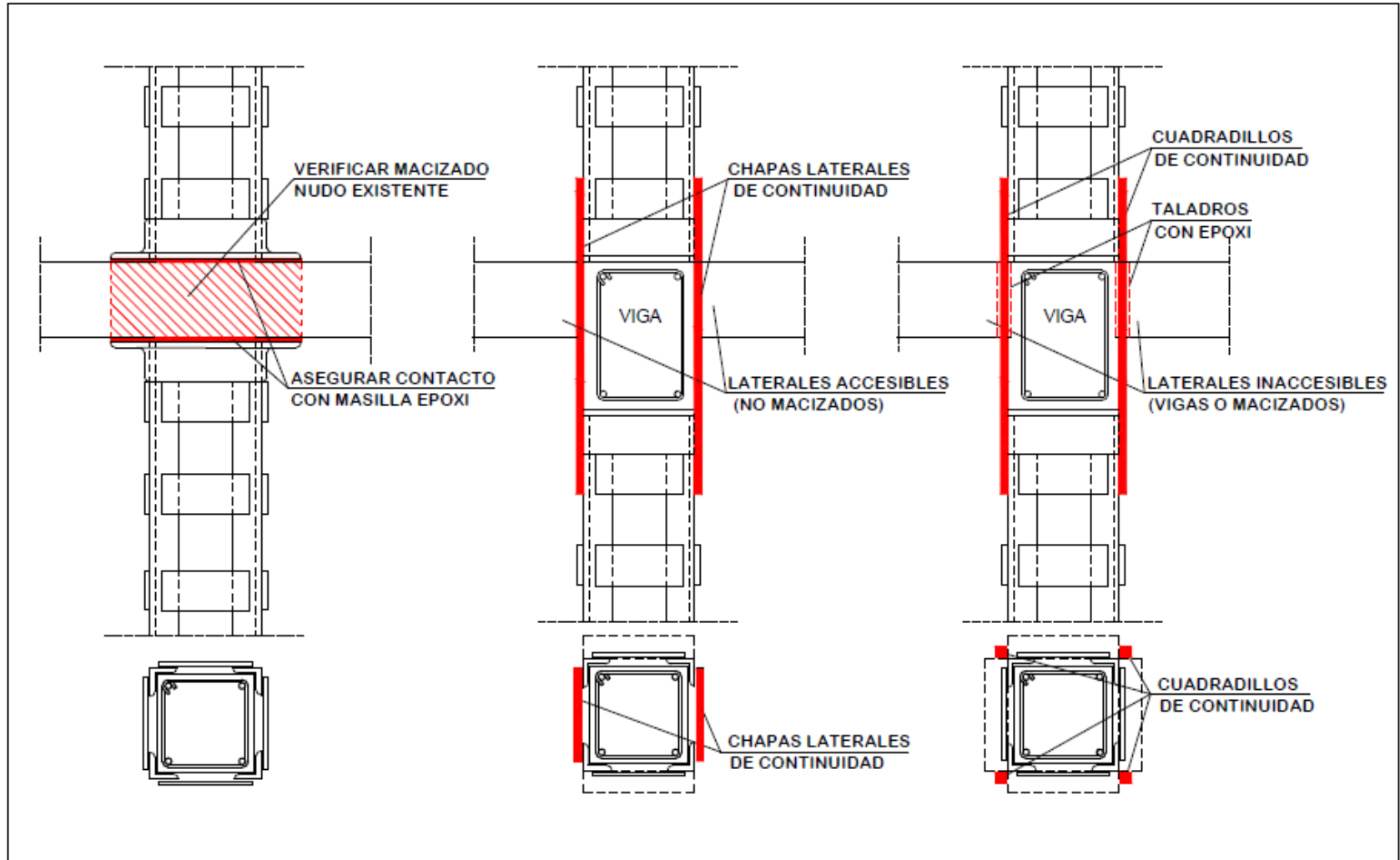




Refuerzo de soportes mediante recrecido con hormigón armado



**Refuerzo de soportes mediante recrecido de h.a. (F. Regalado, Ref.46)**



Continuidad del refuerzo a través del nudo



# Sistema Compuesto: Polímero Reforzado con Fibras (FRP)

Cortesía de BRS Ingenieros C. A.  
0212.7538423 y 0414.1291954

Tomado de:

IV CONPAT NACIONAL  
Barquisimeto, Venezuela - 2011

**USO DEL FRP PARA REPARACIONES Y REFUERZOS  
VENTAJAS Y LIMITACIONES**

**Isamar Cegarra M. y Alfredo J. Urich B.**  
B.R.S. Ingenieros, C.A.





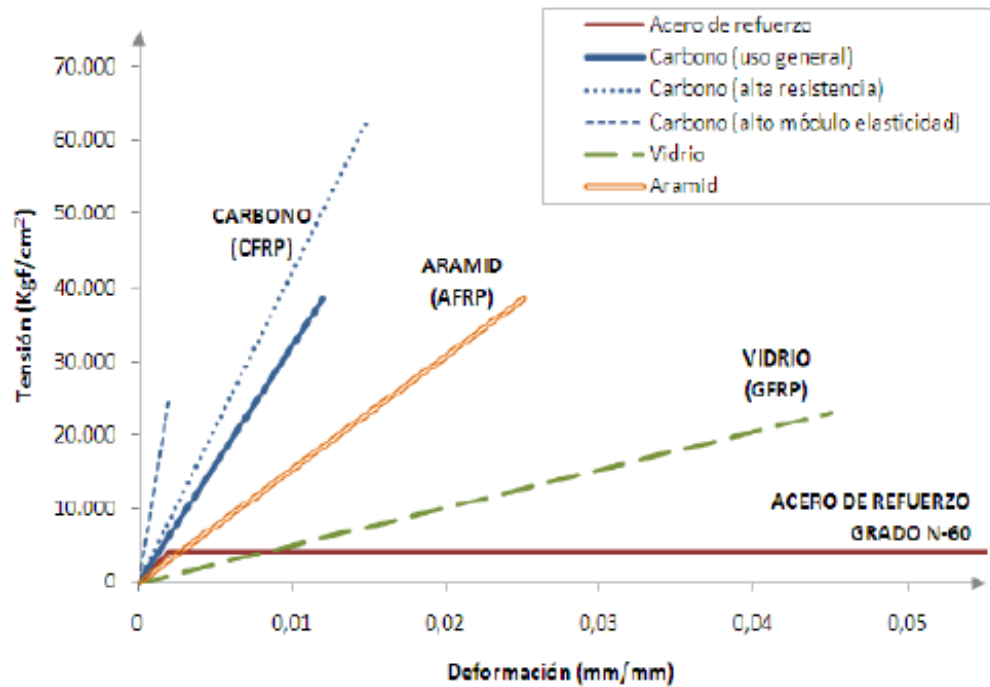


Figura 2 - Curva tensión-deformación de los Sistemas FRP

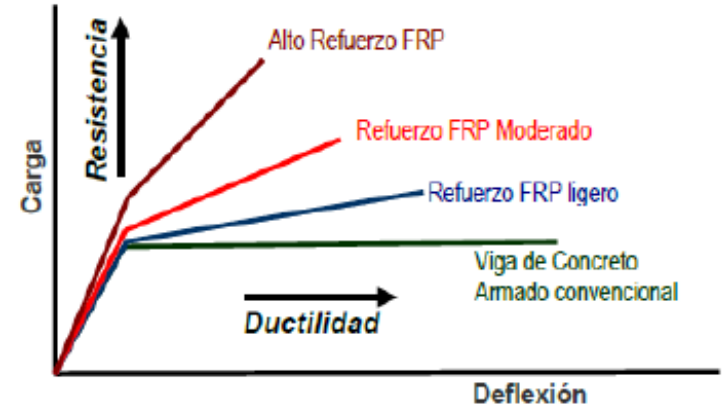
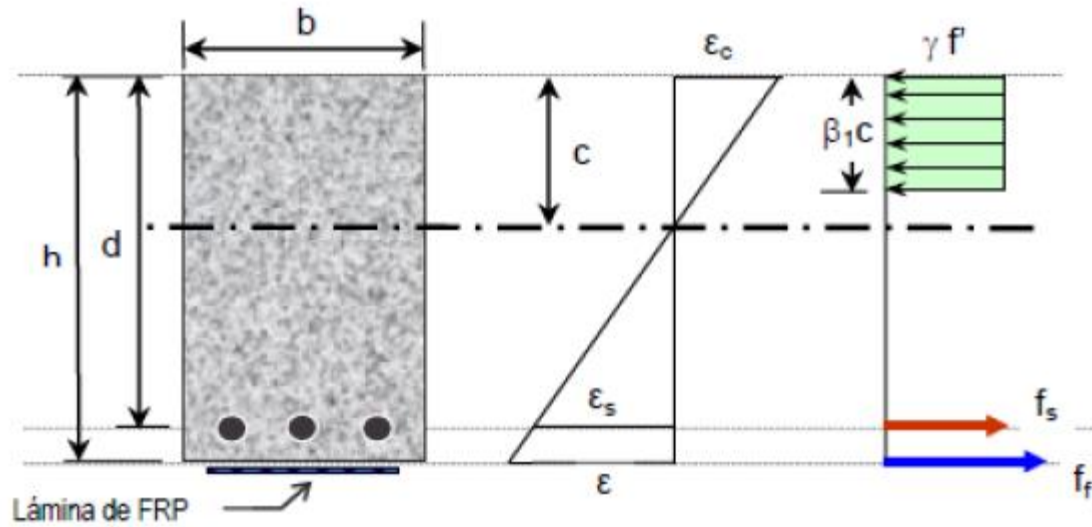


Figura 6 - Influencia del refuerzo a flexión en la ductilidad





$$M_n = A_s f_s \left( d - \frac{\beta_1 c}{2} \right) + A_f f_f \left( h - \frac{\beta_1 c}{2} \right)$$

Figura 5 – Esquema general del diseño a flexión







# **CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO**

## **ARMADO**

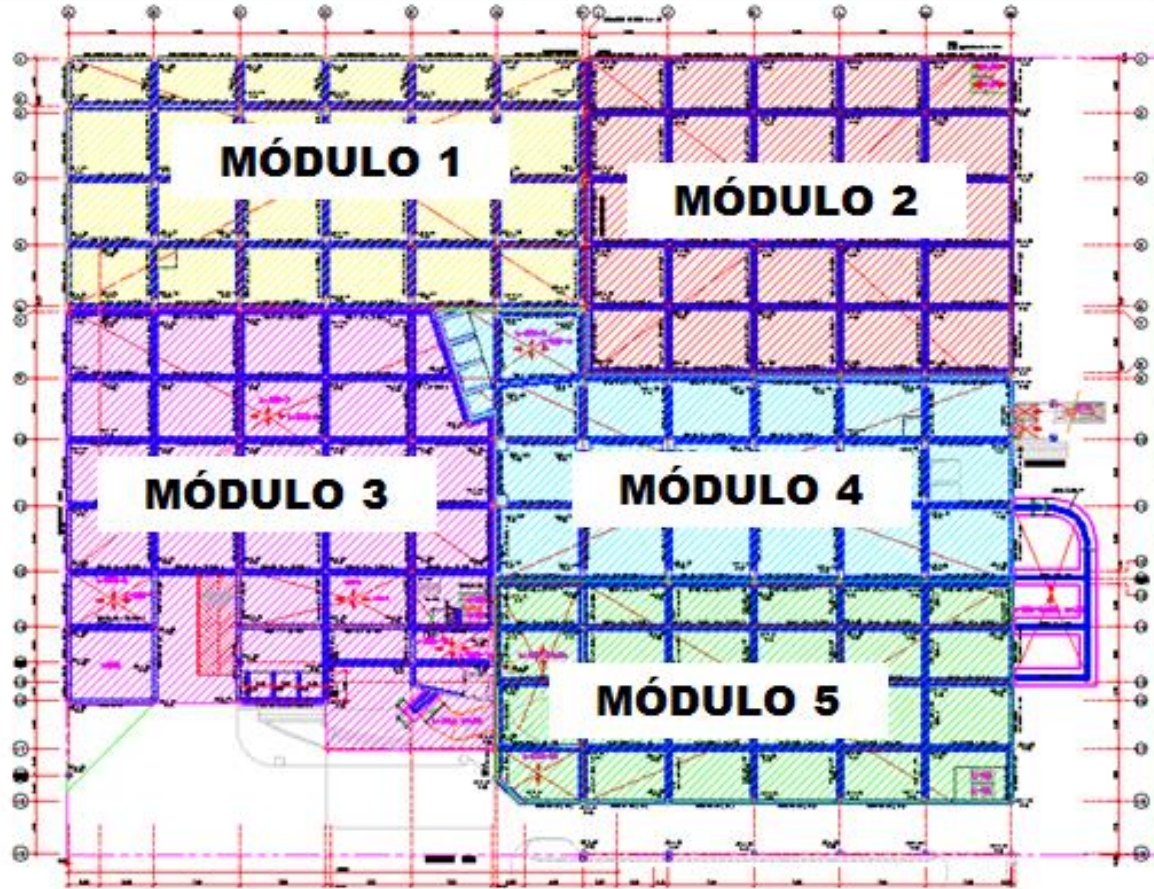






# CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

## ARMADO







# **CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO**

## **ARMADO**





# **CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO**

## **ARMADO**





## **CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO**

### **ARMADO**

El área en planta del piso típico es de 6.000 m<sup>2</sup> aprox. El edificio se diseñó en 1.998 y se construyó entre el año 1.999 y 2.004. La estructura de la edificación está conformada por pórticos en concreto armado dispuestos en ambas direcciones ortogonales principales de la misma. La geometría en planta de la estructura es irregular, motivo por el cual se presume se realizaron la distribución de juntas estructurales que dividen la edificación en 5 módulos estructurales independientes. Existen 2 módulos, el 1 y el 4 que llegan hasta los 14 niveles.

Existen dos sótanos (estacionamientos) y la altura total de la estructura desde la cimentación hasta la cubierta es de aproximadamente 56 m y las dimensiones en planta varían desde 90 m x 90 m aproximadamente.



# CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

## ARMADO





# **CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO**

## **ARMADO**

### **ESTUDIO DE MATERIALES**

Se realizaron las siguientes actividades:

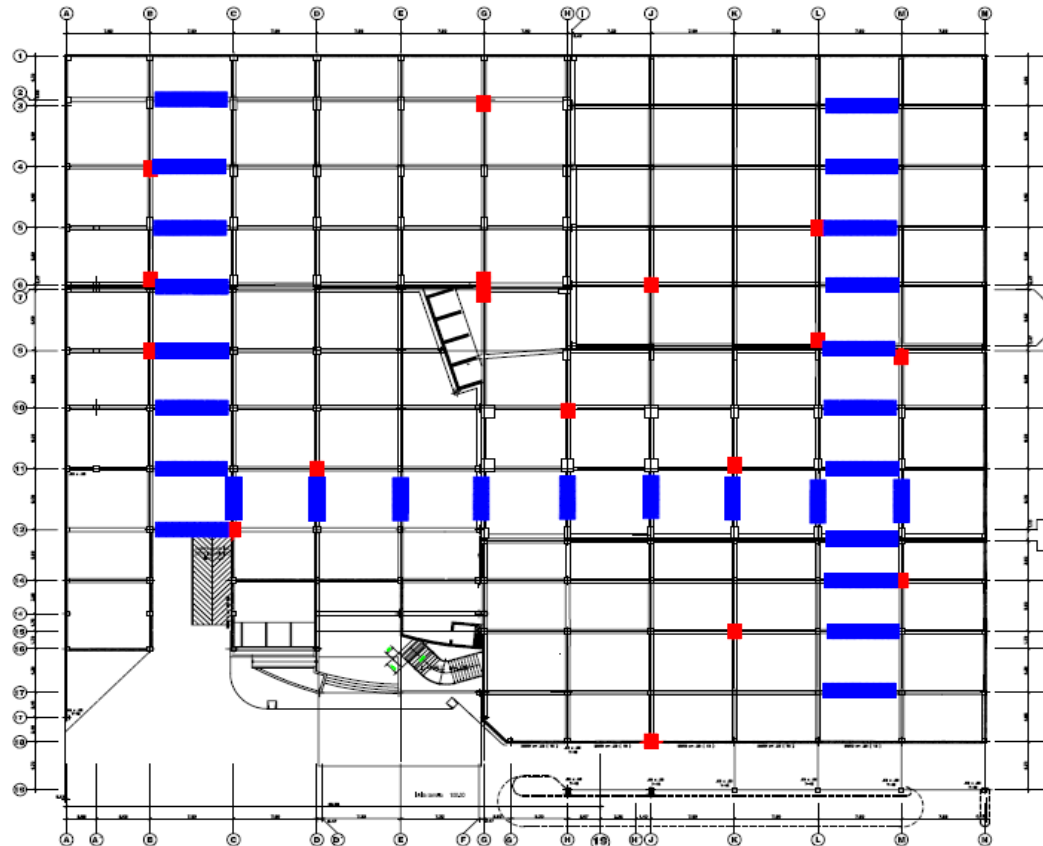
- Extracción de núcleos de concreto y ensayos de compresión simple sobre muestras de concreto recuperadas.
- Ensayo de ultrasonido.
- Ensayo de carbonatación.
- Exploratorias en elementos de concreto armado.
- Ferroskan.





# CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

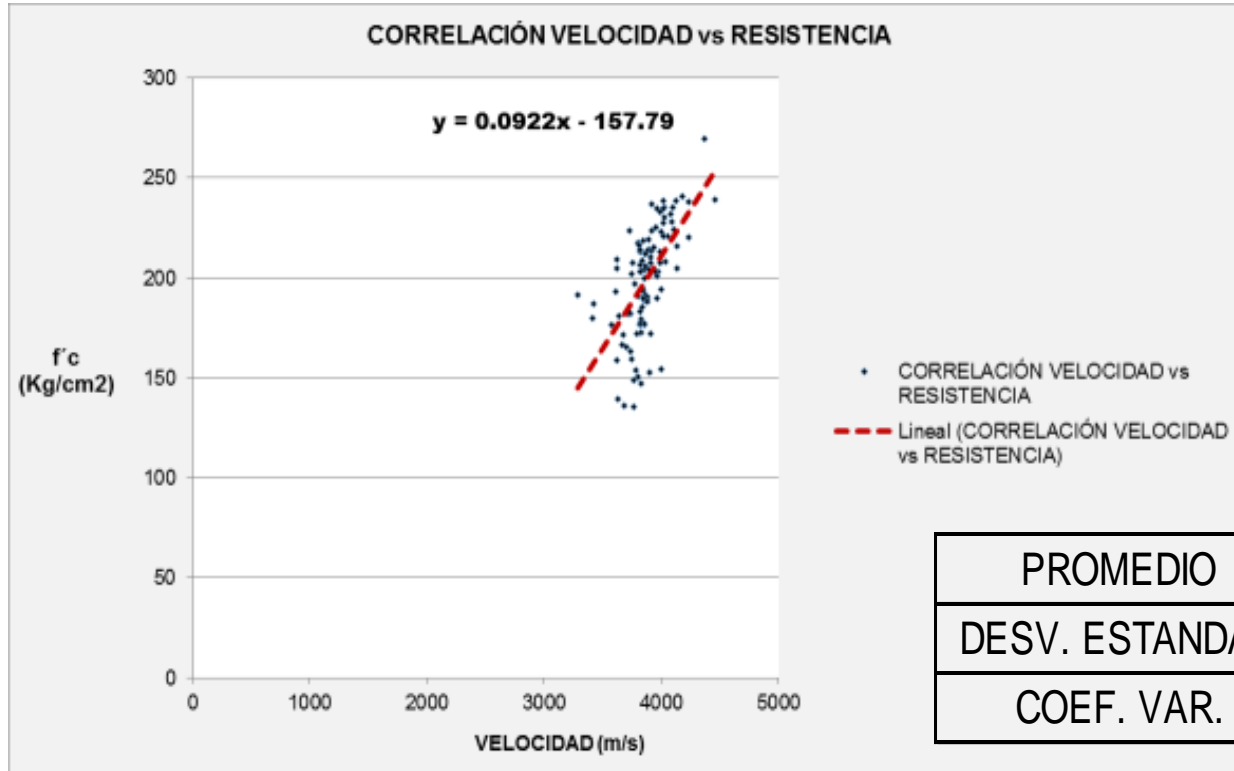
## ARMADO





# CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

## ARMADO





## CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

### ARMADO

**5.6.5.4** — El concreto de la zona representada por los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de tres núcleos es por lo menos igual al 85 por ciento de  $f'_c$ , y ningún núcleo tiene una resistencia menor del 75 por ciento de  $f'_c$ . Cuando los núcleos den valores erráticos, se debe permitir extraer núcleos adicionales de la misma zona.

**5.6.5.5** — Si los criterios de 5.6.5.4 no se cumplen, y si la seguridad estructural permanece en duda, la autoridad competente está facultada para ordenar pruebas de carga de acuerdo con el Capítulo 20 para la parte dudosa de la estructura, o para tomar otras medidas según las circunstancias.





## CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

### ARMADO

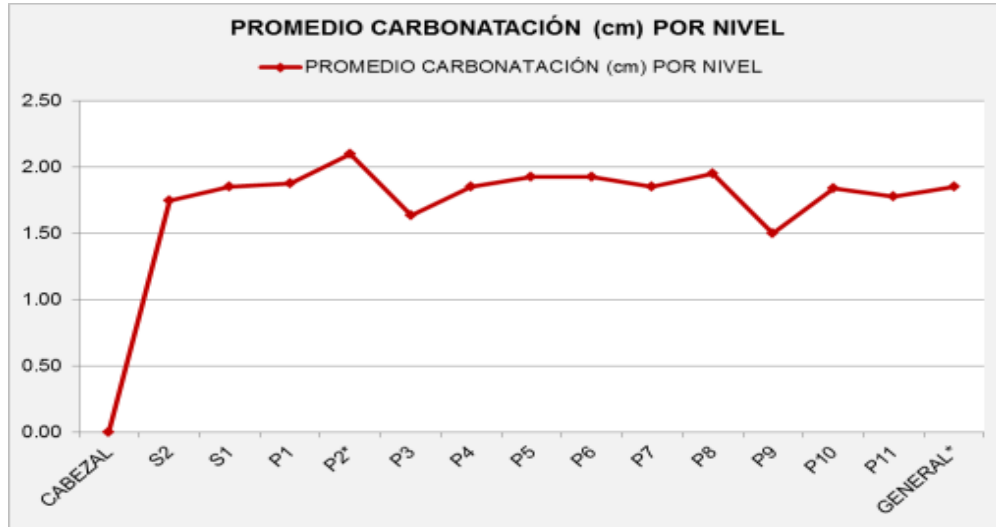
Aplicando el criterio 6.2.1 y 6.2.2 de la norma ACI-228-03 a las lecturas de ultrasonido en vigas de sótano 1 y sótano 2, se obtuvo un valor de ultrasonido estimado de 3515 m/s y una resistencia a compresión del concreto de 166 kg/cm<sup>2</sup>.

PROMEDIO	3755	188
DESVEST	154	14
COEFVAR	0.04	0.08



# CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

## ARMADO

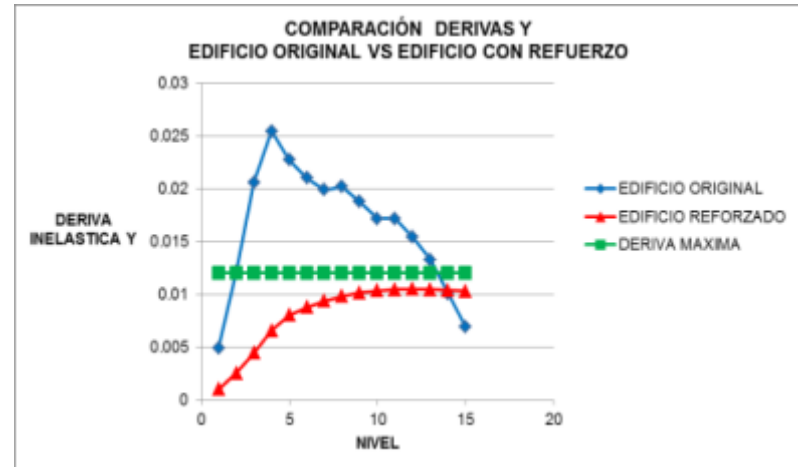
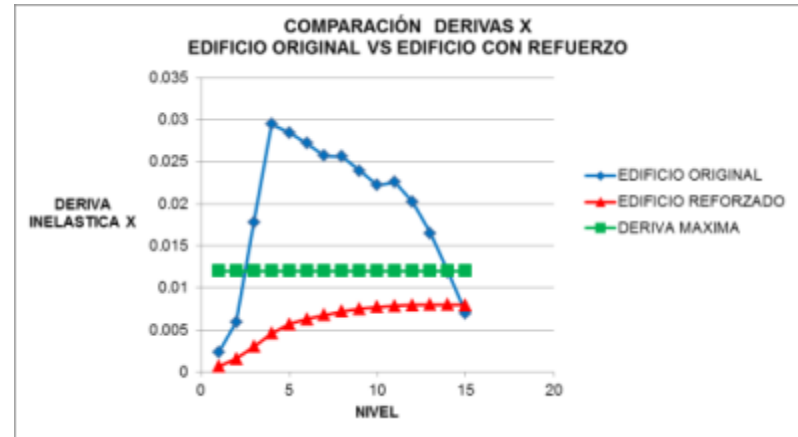
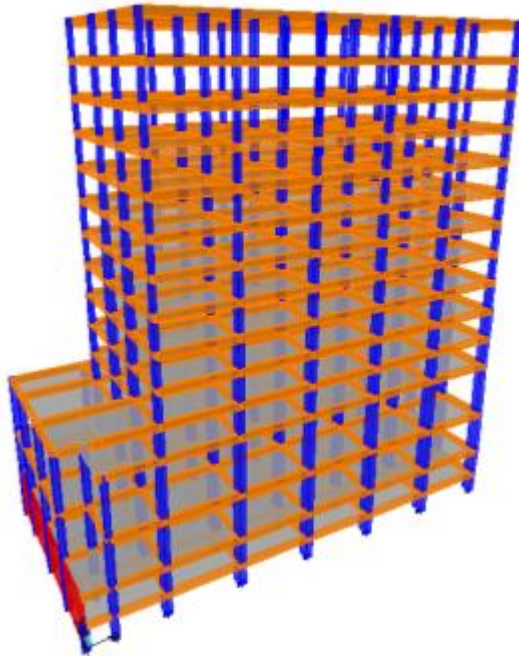






# CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

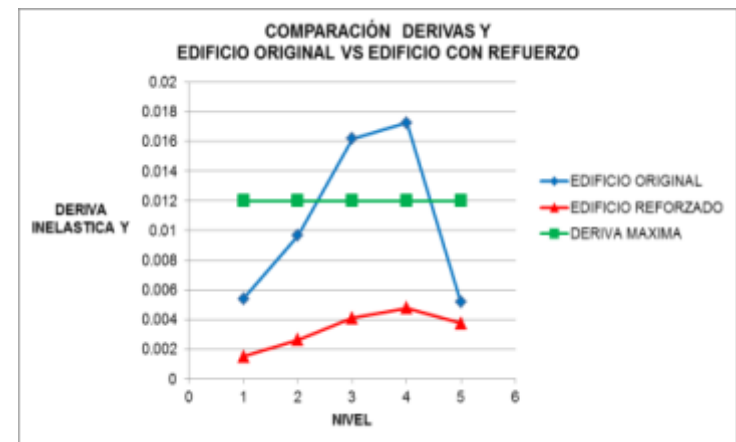
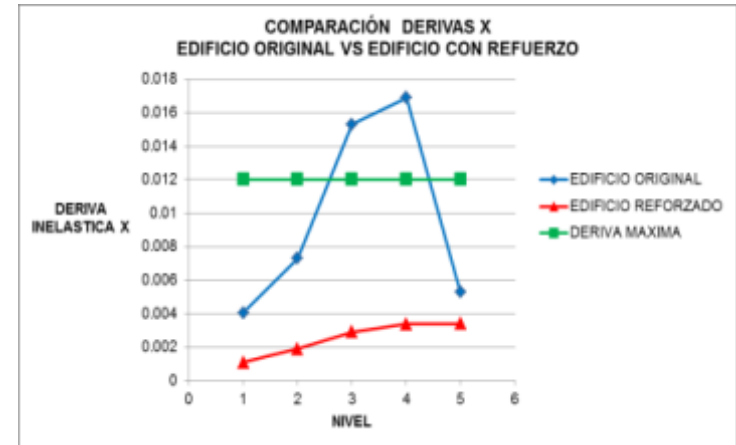
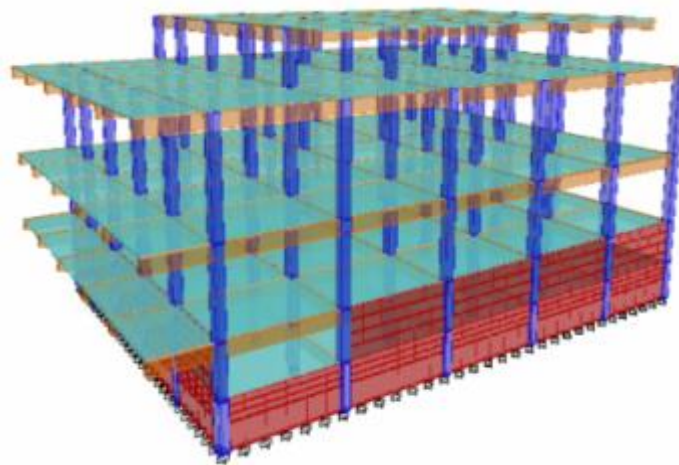
## ARMADO





# CASO 1: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 90 EN CONCRETO

## ARMADO





## **CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO**



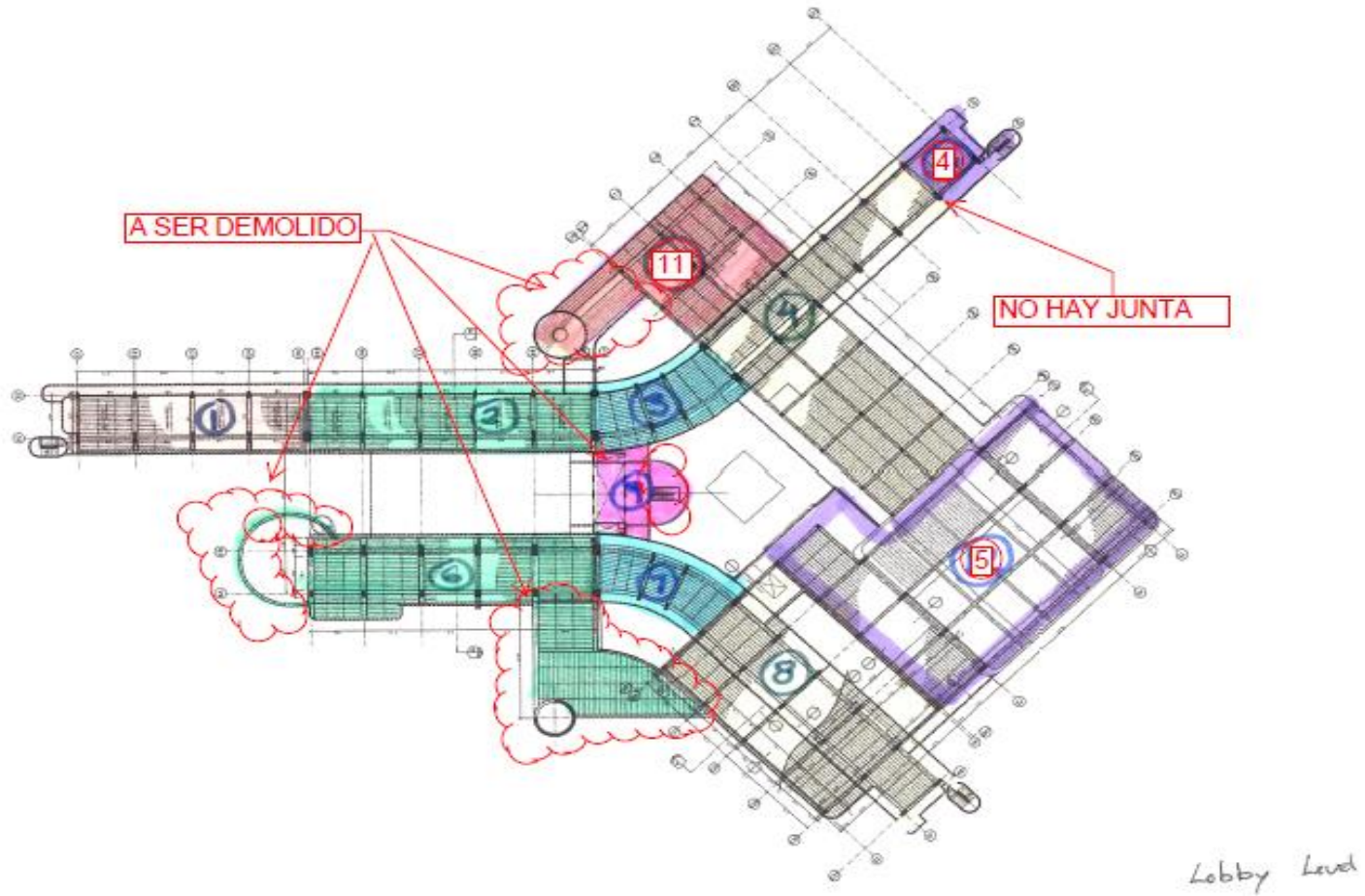


## **CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO**

No se tiene información disponible referida a cálculos estructurales, planos ni estudios geotécnicos. No se dispone de alguna otra información tal como planos de arquitectura e instalaciones. No fue posible la obtención de información acerca de la construcción de la estructura, como cuadernos de obra, ni registros de ensayos a los materiales del control asociado a la ejecución de la misma.



# CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO









## **CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO**

### **ESTUDIO DE MATERIALES**

Se realizaron las siguientes actividades:

- Extracción de núcleos de concreto y ensayos de compresión simple sobre muestras de concreto recuperadas.
- Ensayo de ultrasonido.
- Ensayo de contenido Ión Cloruro.
- Exploratorias en elementos de concreto armado.
- Ferroskan.











mm/inch

35.84 mm

OFF ON ZERO

0 10 20 30  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

110 120 130 140 150  
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

























5

TORRE C  
NIVEL 8  
CL-C-D16-2

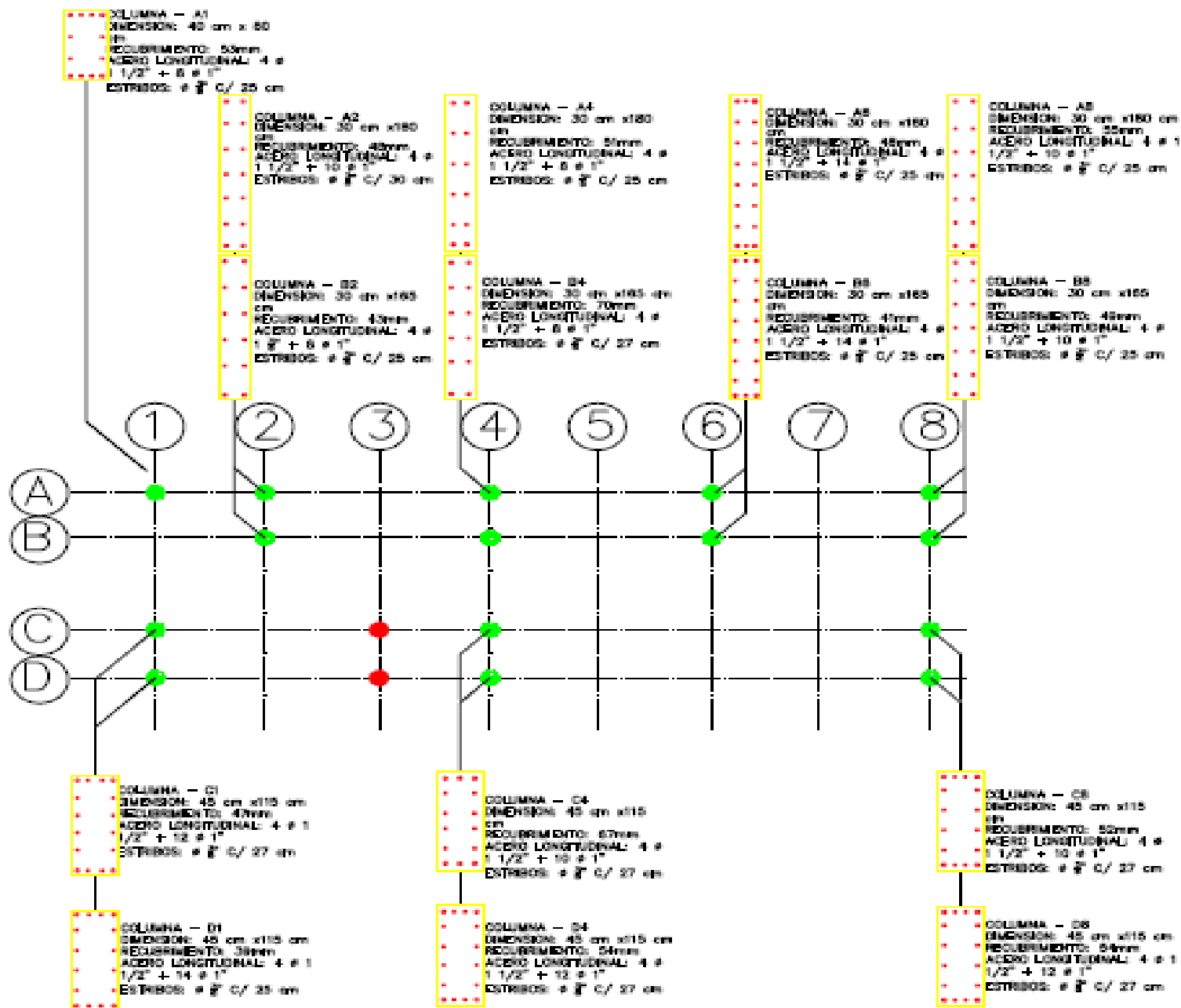
TORRE C / NIVEL 8

CL-C-D16-2

NIVEL 7

SCAN  
COLUMNAS  
EXPLORATORIA

SCAN  
MCA  
SCAN  
LOSA





COLUMNA - A1  
DIMENSION: 40 cm x 80  
cm  
RECUBRIMIENTO: 53mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$   
1 1/2" + 8  $\phi$  1"

ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 25 cm

COLUMNA - A2  
DIMENSION: 30 cm x180  
cm  
RECUBRIMIENTO: 48mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$   
1 1/2" + 10  $\phi$  1"  
ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 30 cm

COLUMNA - A4  
DIMENSION: 30 cm x180  
cm  
RECUBRIMIENTO: 51mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$   
1 1/2" + 8  $\phi$  1"  
ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 25 cm

COLUMNA - A6  
DIMENSION: 30 cm x180  
cm  
RECUBRIMIENTO: 48mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$   
1 1/2" + 14  $\phi$  1"  
ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 25 cm

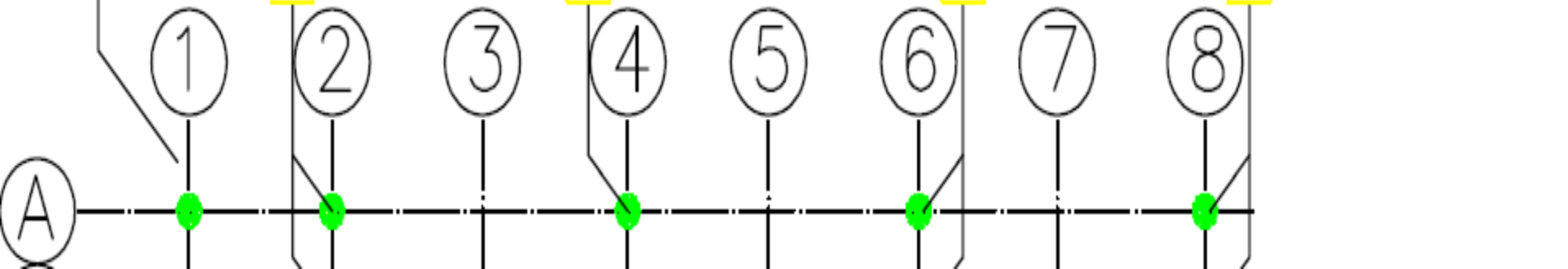
COLUMNA - A8  
DIMENSION: 30 cm x180 cm  
RECUBRIMIENTO: 55mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$  1  
1/2" + 10  $\phi$  1"  
ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 25 cm

COLUMNA - B2  
DIMENSION: 30 cm x165  
cm  
RECUBRIMIENTO: 43mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$   
1 3/8" + 8  $\phi$  1"  
ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 25 cm

COLUMNA - B4  
DIMENSION: 30 cm x165 cm  
RECUBRIMIENTO: 70mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$   
1 1/2" + 8  $\phi$  1"  
ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 27 cm

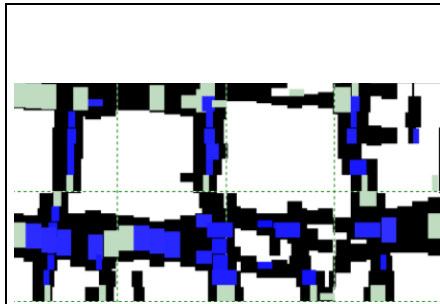
COLUMNA - B6  
DIMENSION: 30 cm x165  
cm  
RECUBRIMIENTO: 41mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$   
1 1/2" + 14  $\phi$  1"  
ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 25 cm

COLUMNA - B8  
DIMENSION: 30 cm x165  
cm  
RECUBRIMIENTO: 49mm  
ACERO LONGITUDINAL: 4  $\phi$   
1 1/2" + 10  $\phi$  1"  
ESTRIBOS:  $\phi$  3/8" C/ 25 cm





		<b>REPORTE LECTURAS FERROSCAN</b>
<b>CONTENIDO:</b>		DOCUMENTO Nº: ELABORADO POR: REVISADO POR: FECHA: 09-06-2014 AL 15-06-2014



FS-0018



FS-0018

**DESCRIPCIÓN:** Lectura tomada en el nivel 4 del módulo B, en la cara inferior de la zona media de la viga D(2-3).

**DETECTANDOSE:**

**RECUBRIMIENTO PROMEDIO:** 65 mm

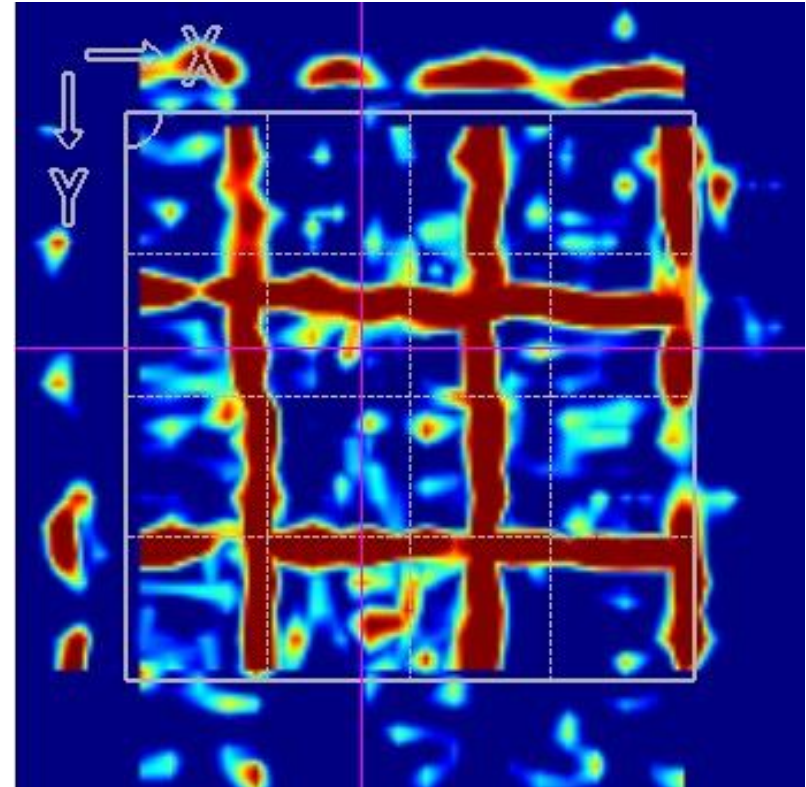
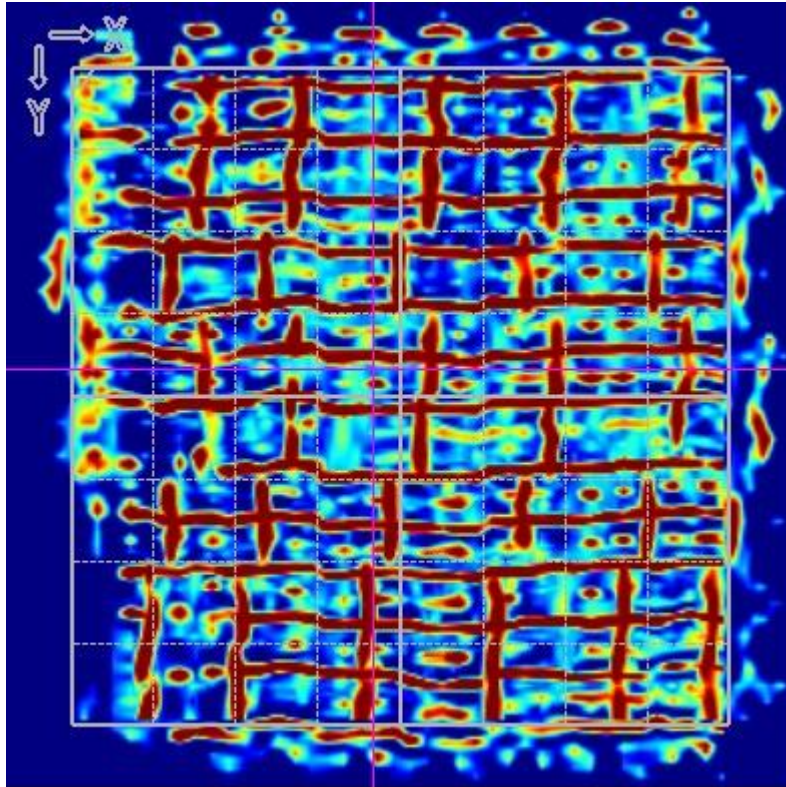
**ESPACIAMIENTO DE BARRAS LONGITUDINALES:** De 80 a 140 mm

**ESPACIAMIENTO DE BARRAS TRANSVERSALES:** De 250 a 300 mm

**DIAMETRO DE BARRAS LONGITUDINALES:** 1"

**DIAMETRO DE BARRAS TRANSVERSALES:** 3/8"





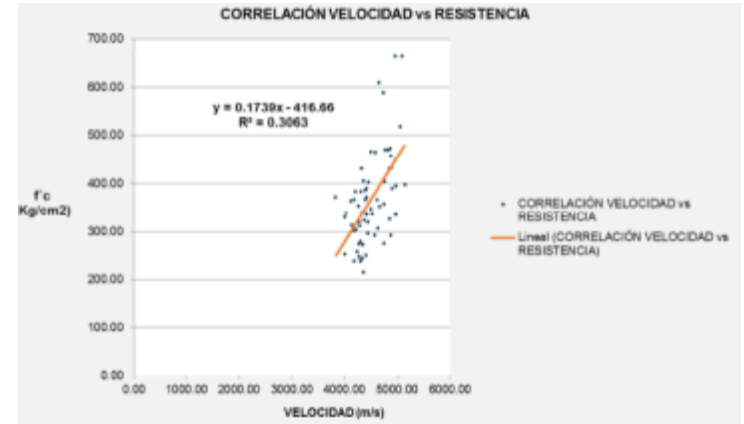


## CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO

Torre C: Nivel 8																
EJE	Elemento	Muestra	TE	Dimensiones			Area cm2	Carga Kgf	Densidad g/cm3	Velocidad (m/s)	L/D	f'c Kgf/(cm)2	f'c corregida Kgf/(cm)2	f'c/0.85 Kgf/(cm)2	f'c/0.75 Kgf/(cm)2	
				D1	D2	H										
C	C	C5	1	N	74.07	74.04	106.53	43.07	11230.00	2.39	4278.31	1.44	260.72	248.50	402.40	331.33
			2	N	73.96	74.16	133.45	43.08	13710.00	2.34	4291.00	1.80	318.26	313.00	402.40	417.33
			3	N	74.05	74.03	132.76	43.05	14860.00	2.37	4338.56	1.79	345.14	339.50	402.40	452.67
	V	(6-7)	1	N	74.11	74.16	132.39	43.17	17100.00	2.35	4427.76	1.79	396.15	389.50	402.40	519.33
			2	N	73.98	73.98	104.33	42.99	18220.00	2.40	4458.55	1.41	423.87	402.50	402.40	536.67
			3	N	73.97	74.06	107.37	43.03	20960.00	2.36	4588.46	1.45	487.15	465.00	402.40	620.00
8	V	(A-B)	1	N	74.14	74.08	115.22	43.14	11640.00	2.33	4251.66	1.55	269.84	260.00	402.40	346.67
			2	N	74.01	74.09	102.24	43.07	18470.00	2.34	4369.23	1.38	428.87	405.50	402.40	540.67
			3	N	74.08	74.10	93.13	43.11	12640.00	2.38	4351.87	1.26	293.18	273.00	402.40	364.00
D	C	D14	1(2)	N	74.14	74.04	89.04	43.11	18530.00	2.42	4974.30	1.20	429.80	394.50	402.40	526.00
			2	N	73.89	73.99	115.30	42.94	14270.00	2.46	4451.74	1.56	332.33	320.50	402.40	427.33
			3	N	74.01	74.10	139.93	43.07	12740.00	2.38	4572.88	1.89	295.78	293.00	402.40	390.67



## CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO



NIVEL	PROMEDIO	DESV. EST.	COEF. VAR.	F'C/0.85	F'C/0.75
NIVEL 8	342.04	68.60	0.20	402.40	331.33
NIVEL 5	339.29	35.54	0.10	399.17	339.33
NIVEL LOB	292.25	47.74	0.16	343.82	287.33
NIVEL PLAYA	347.53	61.46	0.18	408.86	326.67
NIVEL FUND.	491.87	96.75	0.20	578.67	476.00
TOTAL GENERAL	362.60	62.02	0.17	426.58	352.13



## CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO

promedio		112.2	4307	332
desv est		19	242	42
coef var		0.17	0.06	0.13

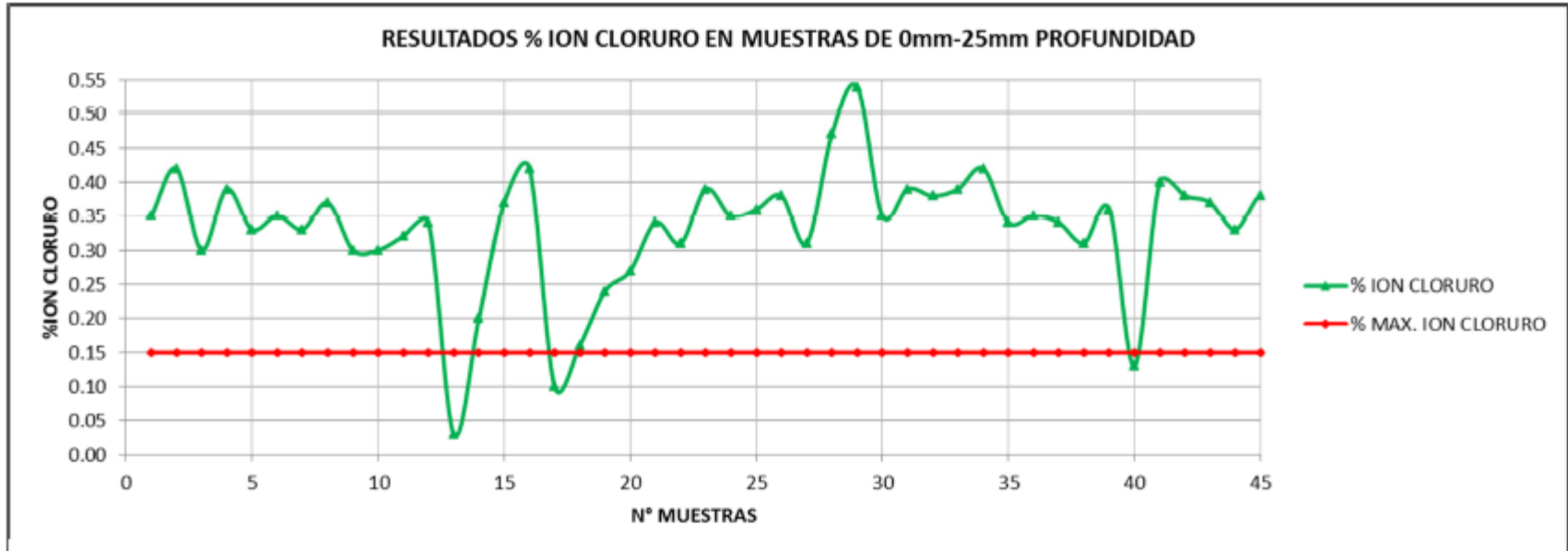
Aplicando el criterio 6.2.1 de la norma ACI-228-03 a las lecturas de ultrasonido, se obtuvo un valor de ultrasonido estimado promedio de 3929 m/s y una resistencia a compresión del concreto de 267 kg/cm<sup>2</sup>.







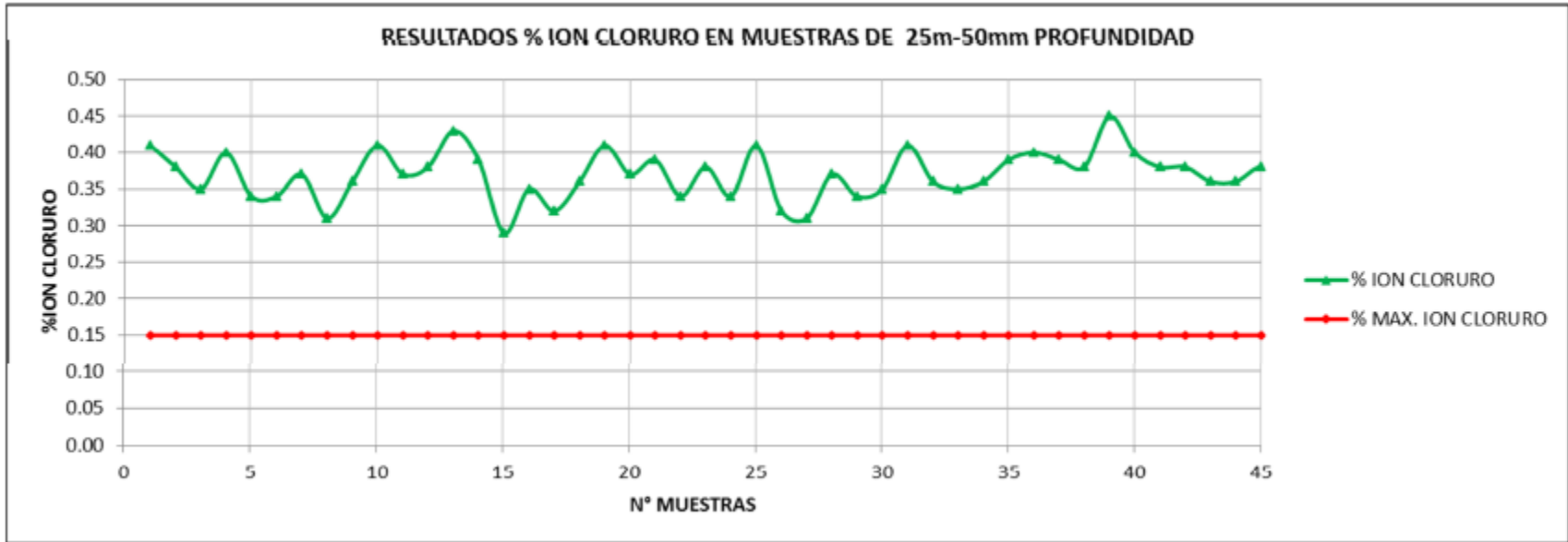
# CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO





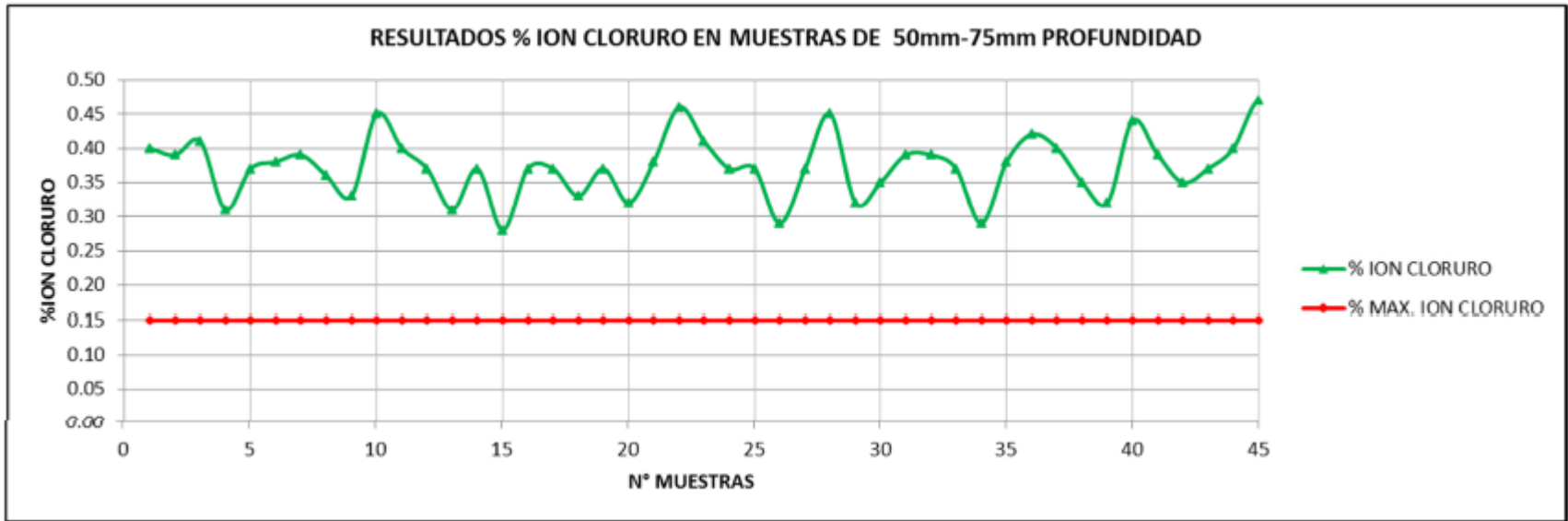


## CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO





# CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO





## **CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO**

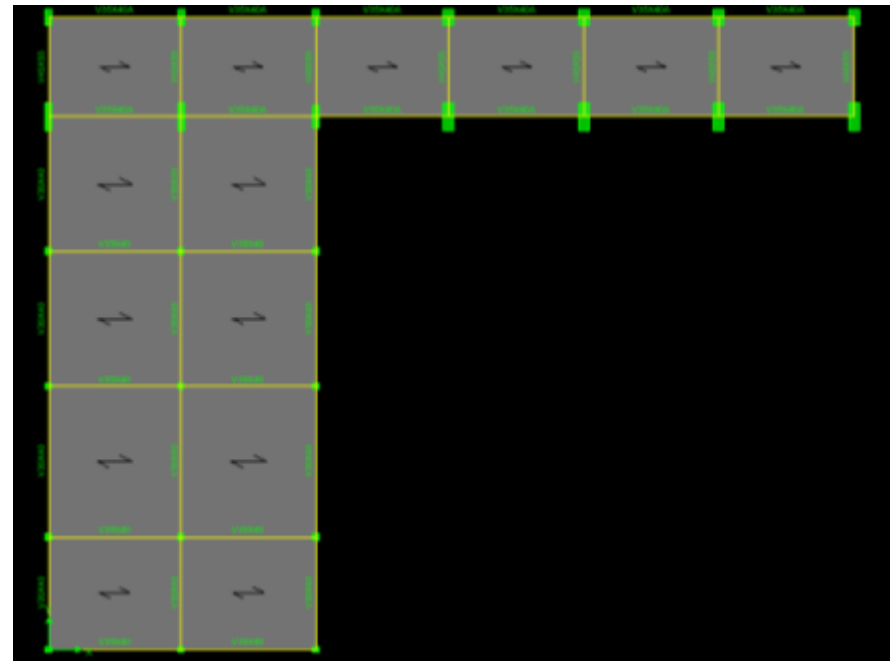
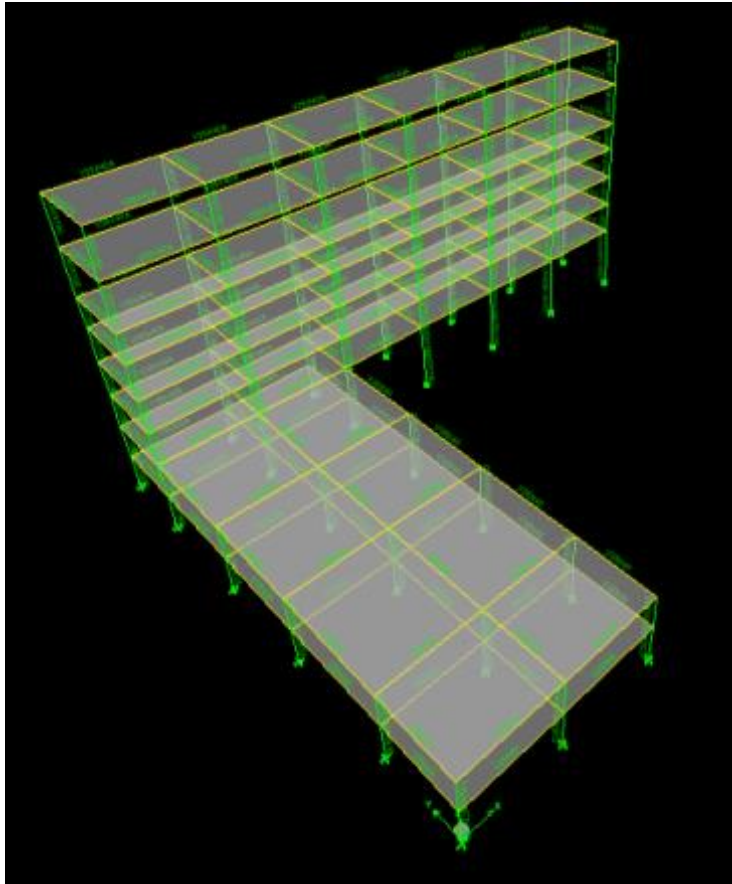
**Table R4.3.1 — Chloride limits for new construction  
(adapted from Table 3.1 of ACI 222R<sup>4,7</sup>)**

Construction type and condition	Chloride limit, percent by mass		
	Test method		
	Acid soluble	Water soluble	
	ASTM C1152	ASTM C1218	Soxhlet <sup>*</sup>
Prestressed concrete	0.08	0.06	0.06
Reinforced concrete wet in service	0.10	0.08	0.08
Reinforced concrete dry in service	0.20	0.15	0.15

<sup>\*</sup>The Soxhlet test method is described in ACI 222.1.<sup>4,8</sup>



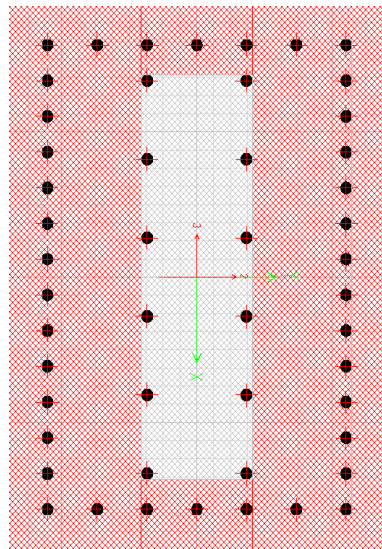
## CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO





## CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO

**COLUMNA: 1, 3, 6, 11, 12, 13, 14**



115

**Sección original**

**b:** 40

**h:** 100

**As:** 12 #8

**Sección reforzada**

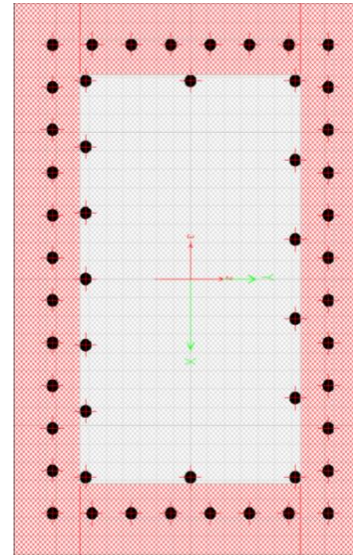
**b:** 85

**h:** 115

**As:** 38 #8

85

**COLUMNA: 11, 12, 13, 14**



115

**Sección original**

**b:** 65

**h:** 100

**As:** 16 #8

**Sección reforzada**

**b:** 80

**h:** 115

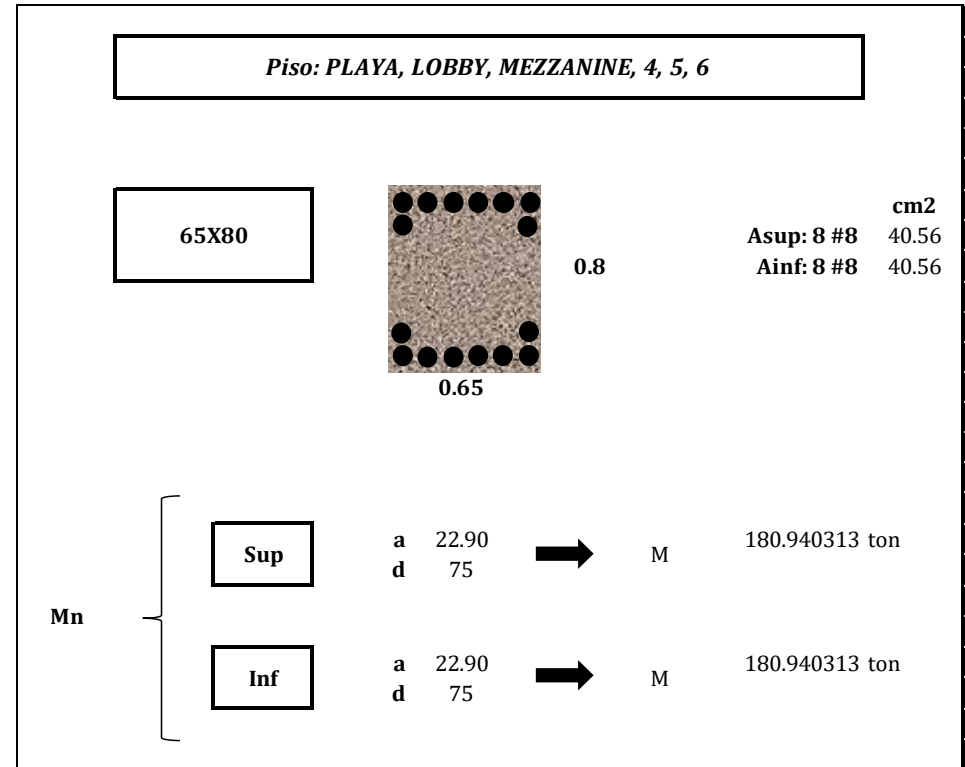
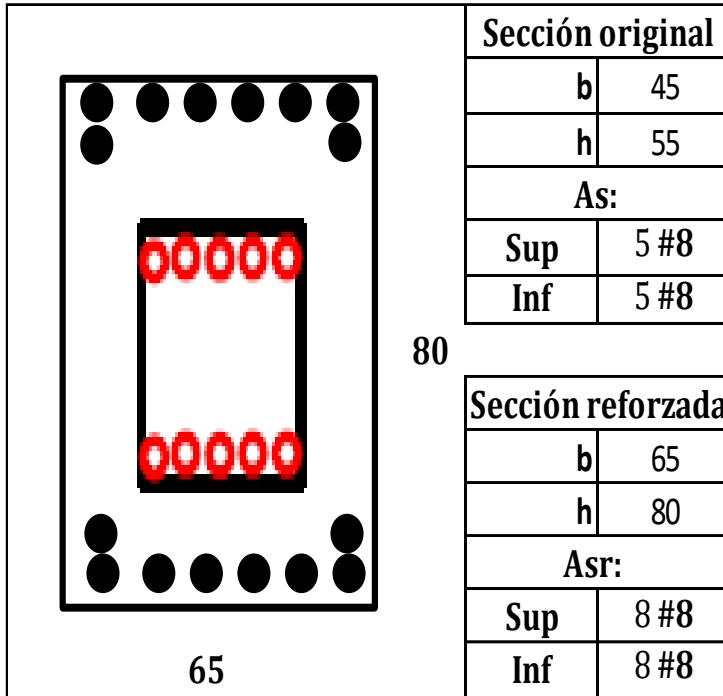
**As:** 36 #8

80





# CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO



# CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO



**Piso: 7, 8**

45X55

0.55

0.45

cm2

**Asup: 4 #8** 20.28

**Ainf: 4 #8** 20.28

**α** 1.25

Portico	<b>Mpr1</b>	49074.9	➔	<b>Mcp1</b>	49074.90	<b>Vcp1</b>	18519	<b>Vhip</b>	18518.8	
A, B, C, D,	<b>Mpr2</b>	49074.9						<b>Viso</b>	27000	
E, F, G	<b>Mpr3</b>	49074.9						<b>Vediseño</b>	<b>45519</b>	
	<b>Mpr4</b>	49074.9								

S: 5.40

**Piso: PLAYA, LOBBY, MEZZANINE, 4, 5, 6, 7, 8**

55x70

0.7

0.55

cm2

**Asup: 3 #8** 15.21

**Ainf: 3 #8** 15.21

**α** 1.25

<b>Tramo 1</b>	(7.11m)	<b>Mpr1</b> 53714.45	➔	<b>Mcp1</b> 53714.45	<b>Vcp1</b> 15110	<b>Vhip</b> 15110		<b>s:</b> 18.6
		<b>Mpr2</b> 53714.45				<b>Viso</b> 15000		
		<b>Mpr3</b> 53714.45				<b>Vediseño</b> <b>30110</b>		
		<b>Mpr4</b> 53714.45						
<b>Tramo 2</b>	(7.25m)	<b>Mpr1</b> 53714.45	➔	<b>Mcp1</b> 53714.45	<b>Vcp1</b> 14818	<b>Vhip</b> 14818		<b>s:</b> 18.8
		<b>Mpr2</b> 53714.45				<b>Viso</b> 15000		
		<b>Mpr3</b> 53714.45				<b>Vediseño</b> <b>29818</b>		
		<b>Mpr4</b> 53714.45						
<b>Tramo 3</b>	(7.155m)	<b>Mpr1</b> 53714.45	➔	<b>Mcp1</b> 53714.45	<b>Vcp1</b> 15015	<b>Vhip</b> 15015		<b>s:</b> 18.7
		<b>Mpr2</b> 53714.45				<b>Viso</b> 15000		
		<b>Mpr3</b> 53714.45				<b>Vediseño</b> <b>30015</b>		
		<b>Mpr4</b> 53714.45						
<b>Tramo 4</b>	(7.31m)	<b>Mpr1</b> 53714.45	➔	<b>Mcp1</b> 53714.45	<b>Vcp1</b> 14696	<b>Vhip</b> 14696		<b>s:</b> 18.9
		<b>Mpr2</b> 53714.45				<b>Viso</b> 15000		
		<b>Mpr3</b> 53714.45				<b>Vediseño</b> <b>29696</b>		
		<b>Mpr4</b> 53714.45						
<b>Tramo 5</b>	(7.31m)	<b>Mpr1</b> 53714.45	➔	<b>Mcp1</b> 53714.45	<b>Vcp1</b> 14696	<b>Vhip</b> 14696		<b>s:</b> 18.9
		<b>Mpr2</b> 53714.45				<b>Viso</b> 15000		
		<b>Mpr3</b> 53714.45				<b>Vediseño</b> <b>29696</b>		
		<b>Mpr4</b> 53714.45						
<b>Tramo 6</b>	(7.3m)	<b>Mpr1</b> 53714.45	➔	<b>Mcp1</b> 53714.45	<b>Vcp1</b> 14716	<b>Vhip</b> 14716		<b>s:</b> 18.8
		<b>Mpr2</b> 53714.45				<b>Viso</b> 15000		
		<b>Mpr3</b> 53714.45				<b>Vediseño</b> <b>29716</b>		
		<b>Mpr4</b> 53714.45						



## CASO 2: EDIFICACIÓN DE LOS AÑOS 70 EN CONCRETO ARMADO

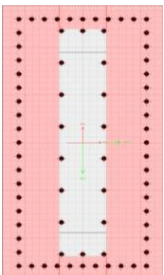
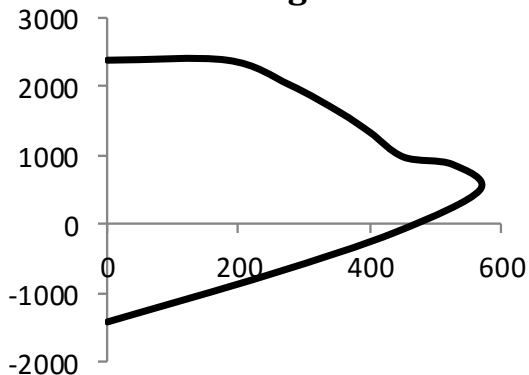
COLUMNA 5	NIVEL	Pu	$\phi P_n$	Vu	Vc	Vs	$\phi V_n$
 <p>Ag: 14875 d: 170.00 Landa: 1</p> <p>175</p> <p>85</p>	1	-557984	3101741	-62188.6	153537	271320	318643
	2	-503051	3101741	-64090.8	150343	271320	316247
	3	-421994	3101741	-54702.7	145629	542640	516202
	4	-344544	3101741	-50449	141126	406980	411079
	5	-264943	3101741	-43644	136497	406980	407608
	6	-185870	3101741	-34359	131899	406980	404159
	7	-107364	3101741	-29028.1	127334	406980	400736
	8	-49797.5	3101741	-24585.5	123987	406980	398225

Diagrama de interacción		NIVEL	Mn	Mu
 <p>— Diagrama de interacción</p>	1	567.77	-173.97	
	2	563.31	-109.89	
	3	557.29	-67.07	
	4	551.23	-59.30	
	5	545.27	-44.87	
	6	539.2	-31.50	
	7	532.85	-22.27	
	8	523.26	-13.03	





# **Y EN ACERO QUE HAY?????**





# Ensayos Destructivos vs NO Destructivos

## Características positivas de los ensayos Destructivos

- Proveen datos cuantitativos, precisos y confiables de la pieza ensayada
- Proveen datos muy útiles para diseño
- Permiten, en algunos casos, predecir la vida útil de la pieza

## Características negativas de los ensayos Destructivos

- Los resultados son solo aplicables al objeto ensayado
- En general la pieza ensayada no puede ser utilizada

## Características positivas de los ensayos NO Destructivos

- La pieza puede ser utilizada luego del ensayo
- Las condiciones superficiales e internas de cada ítem pueden ser examinadas
- Algunas partes pueden examinarse en servicio
- Algunos dispositivos de ensayo no destructivo son portables

## Características negativas de los ensayos NO Destructivos

- Son dependientes en mayor o menor medida del operador
- No proveen información cuantitativa
- La orientación y el tipo de discontinuidad debe ser considerado
- La evaluación de los resultados puede ser muy subjetiva

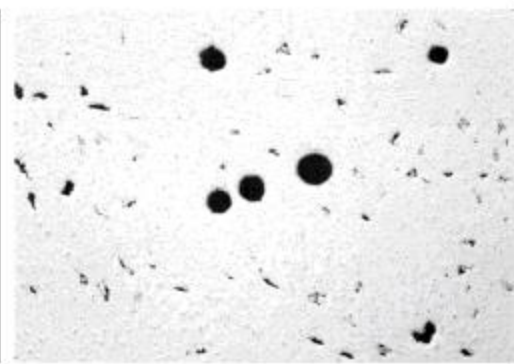


## Detección de discontinuidades en producción primaria de metales

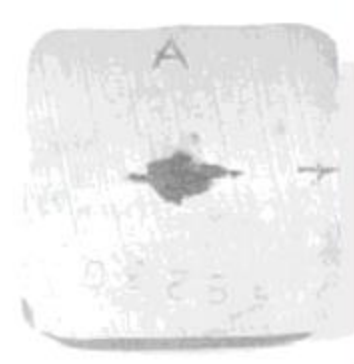
1. Detección de inclusiones
2. Detección de defectos de moldeo



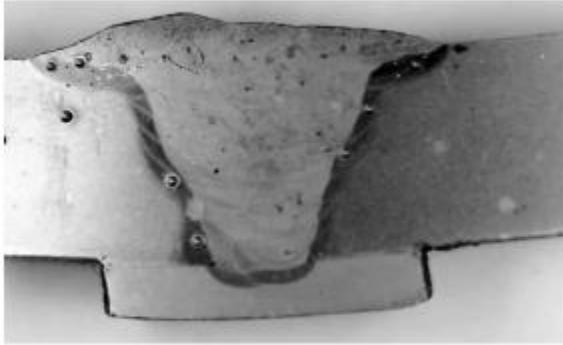
Inclusión de Silicato en una barra de acero



Inclusiones gaseosas en fundición de aluminio



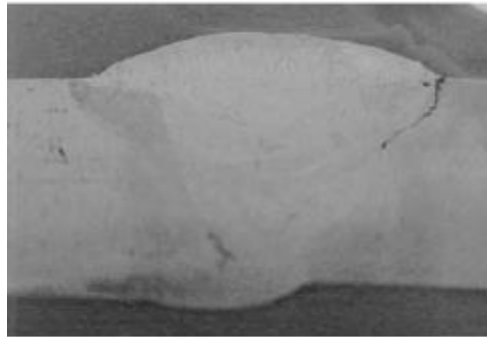
Discontinuidad en un lingote de acero producida durante el moldeo



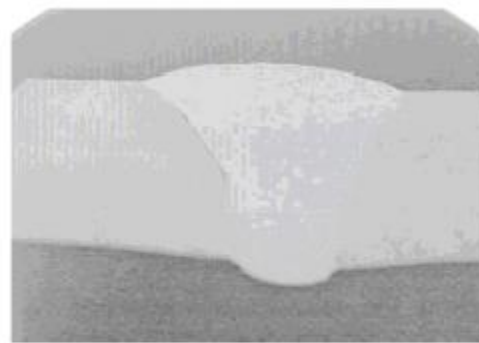
Zona HAZ en soldadura

## Inspección de soldaduras

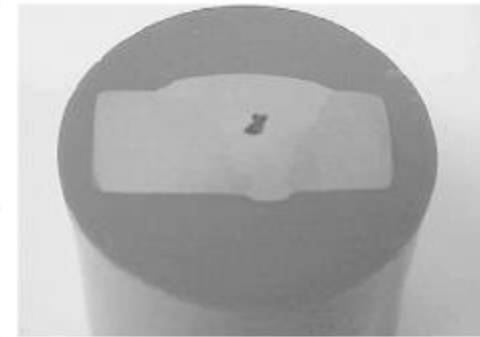
Detección de grietas, poros, falta de penetración, grietas por fragilización en la zona HAZ, etc



Fractura en soldadura



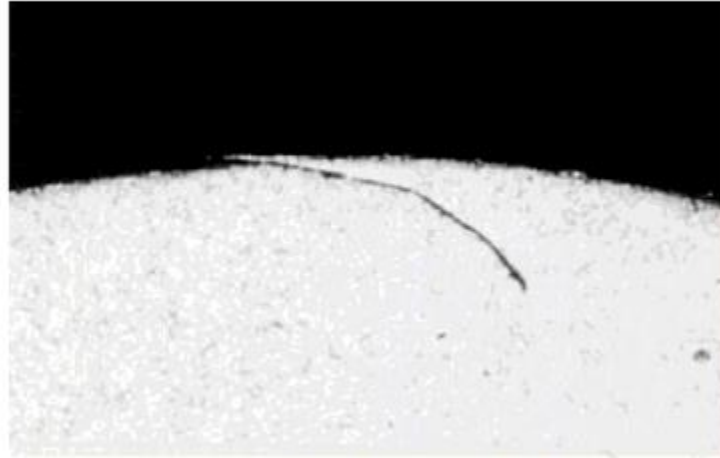
Falta de fusión



Inclusión de escoria en la sección de soldadura



## Detección de discontinuidades por deformaciones plásticas en piezas forjadas



Traslape de forja



Grietas de Forjado



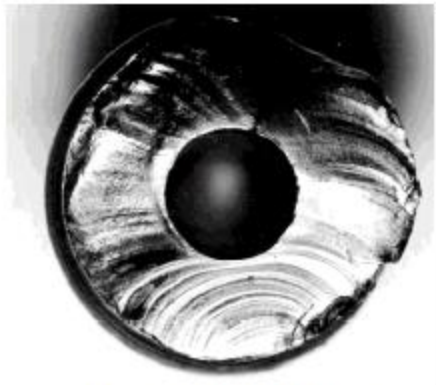
Bordes de laminación



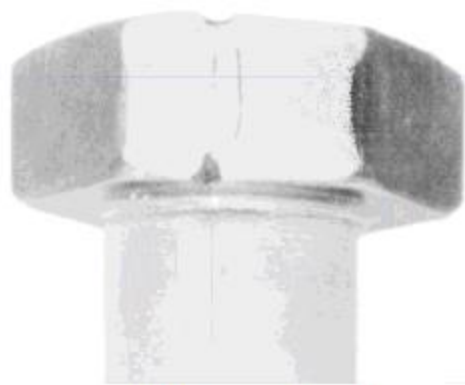
## Detección de discontinuidades en general



Fractura en bulón



Discontinuidades Inducidas por fatiga



Costura en bulón



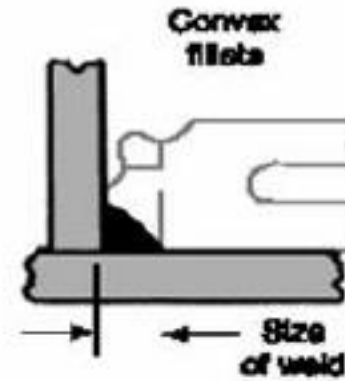
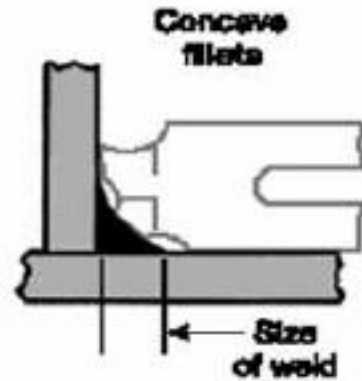
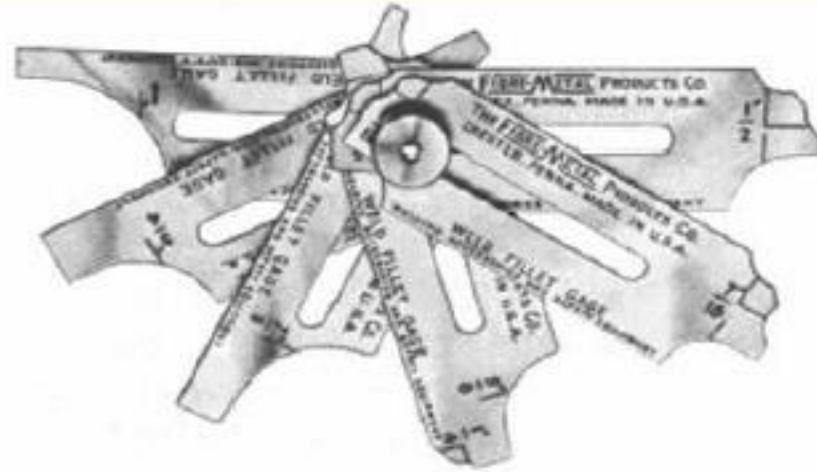
Discontinuidad en una barra





## Ensayos No destructivos

- Examen visual
- Ensayos penetrantes
- Exámenes radiográficos
- Métodos de análisis magnéticos
- Métodos de análisis eléctrico
- Análisis ultrasónico
- Otras técnicas





# Ensayos penetrantes

## Principios

Estos métodos se basan en el principio de la acción capilar de los líquidos y se emplean para detectar discontinuidades abiertas a la superficie en todo tipo de materiales NO POROSOS.

## Procedimiento

1. Se limpia y desengrasa perfectamente la superficie a examinar
2. Se cubre la pieza con el líquido penetrante y se deja un determinado tiempo para que este penetre (en general 10 a 15 min)
3. Se remueve el líquido de la superficie y se seca
4. Se aplica el revelador y se deja un cierto tiempo para que este extraiga el penetrante (en general 10 a 30 min)

La profundidad de las discontinuidades puede correlacionarse con la riqueza del color y la velocidad de exudación.

## Aplicaciones:

Se los emplea en materiales no porosos, metales ferrosos y no ferrosos, materiales no metálicos (cerámica, vidrio, plástico).



## Equipos portátiles



## Equipos de alta producción





# Ensayos penetrantes

## Inspección de soldaduras con productos comerciales



1. Aplicación del limpiador



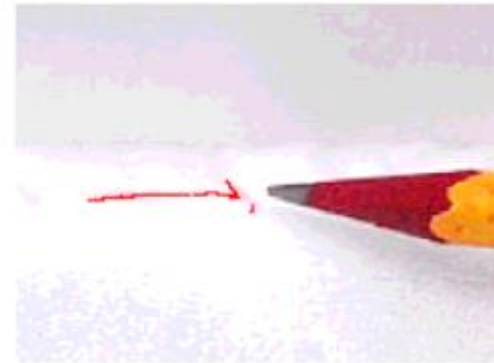
2. Aplicación del penetrante



3. Secado



4. Aplicación del revelador



5. Evaluación





# Ensayos penetrantes

## Ventajas :

- Portabilidad.
- Bajo costo.
- Sensibilidad.
- Versatilidad—en principio cualquier sólido no poroso puede ser inspeccionado.
- Efectividad para inspección en producción.

## Limitaciones :

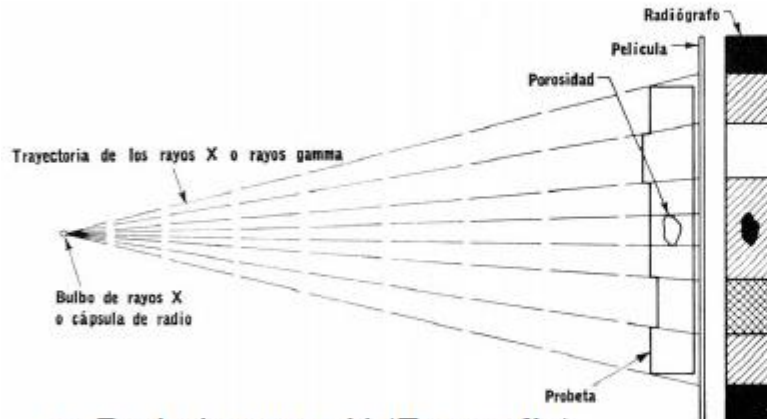
- Solo pueden ser detectadas las discontinuidades abiertas a la superficie.
- Requiere preparación cuidadosa de la superficie.
- Ciertas variables deben ser controladas:
  - Temperatura.
  - Condición de la superficie.
- El proceso es algo engorroso.



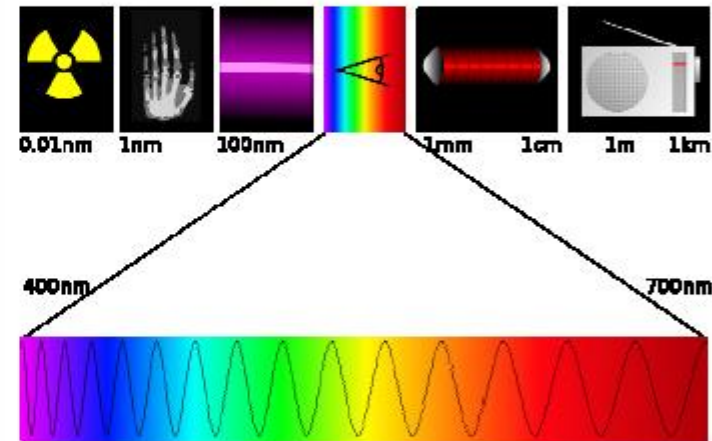
# Exámenes radiográficos

## Principios

Se utilizan los rayos X o los Gamma para atravesar el material. Si la estructura de este es no uniforme los rayos serán absorbidos en mayor o menor medida por el material.



- Rad. de rayos X (Exografía)
- Rad. de rayos Gamma (Gammagrafía)



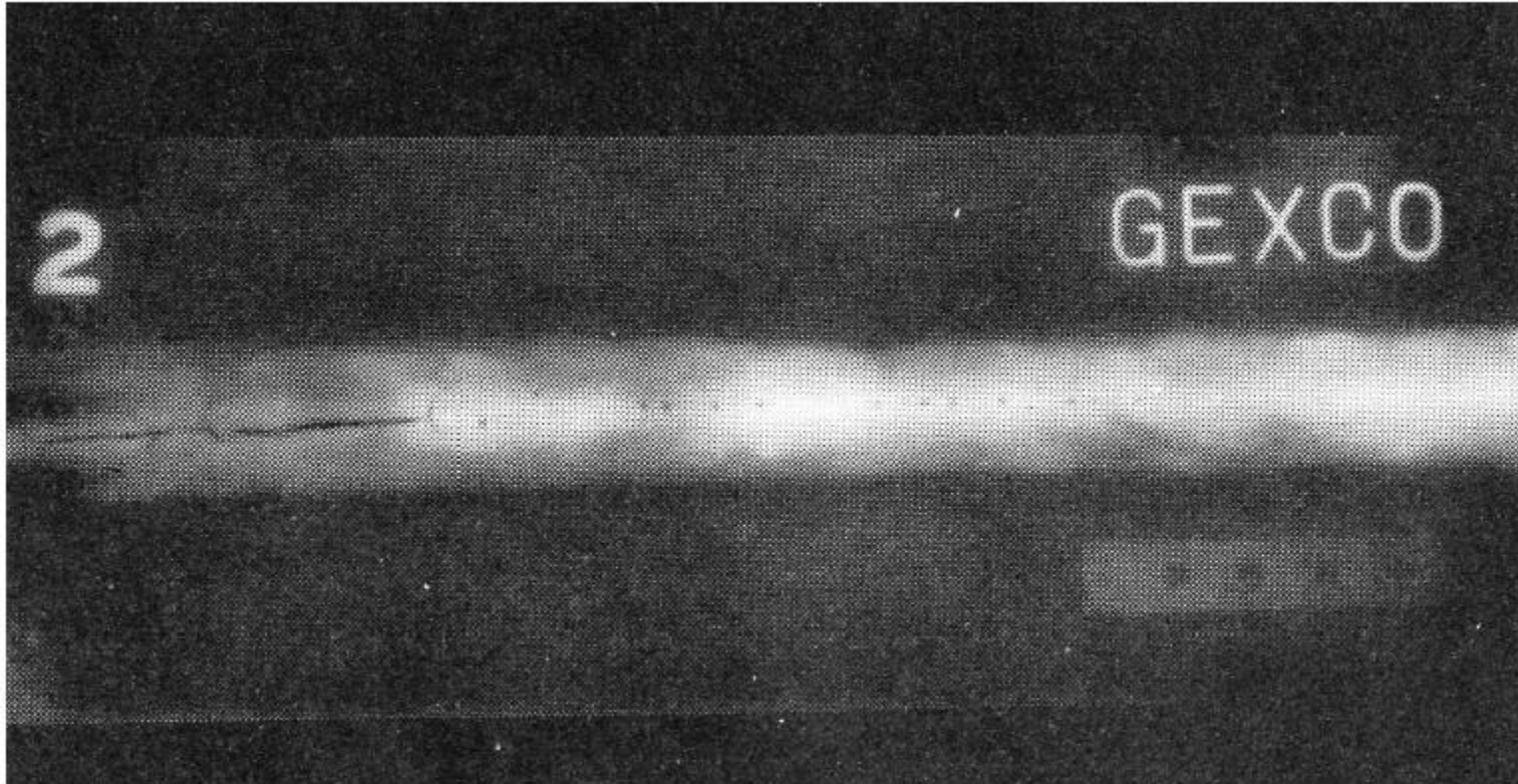
Espectro electromagnético

## Aplicaciones más comunes en la industria

- Inspección de soldaduras
- Examen de pieza fundidas



## Exámenes radiográficos



Radiografía de una soldadura de  $\frac{3}{4}$ " que revela una gran grieta (izquierda) y una profusión de poros a lo largo de la línea central. Además se ve la imagen del penetrámetro (derecha)





# Exámenes Radiográficos

## Ventajas :

1. Provee un registro permanente muy preciso.
2. Es muy versátil y puede ser utilizado en para inspeccionar todo tipo de formas.
3. Es bastante sensible si se considera que la discontinuidad produce una reducción razonable en el espesor de la pieza (1 a 2% en espesores de 6", con gammagrafía la sensibilidad puede caer al 5% en espesores de 1/2").
4. Permite la caracterización de la discontinuidad.
5. Es un método ampliamente usado y probado en el tiempo.

## Limitaciones :

1. Existen riesgos al manejar dispositivos radiactivos.
2. Tiene limitaciones de espesor según la energía utilizada y la densidad del material.
3. Puede requerir mucho tiempo (exposiciones largas).
4. El costo inicial del equipamiento y los materiales utilizados es muy alto.
5. Es muy dependiente de la orientación de la discontinuidad.
6. Requiere mucha experiencia y entrenamiento del operador.

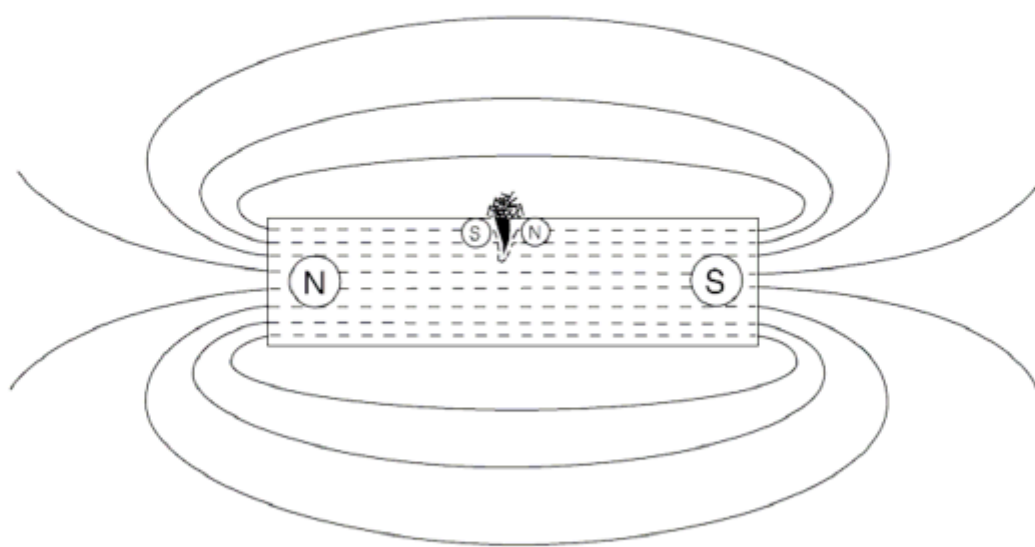


# Método de la partícula magnética

## Principios

Se basa en los cambios abruptos en el flujo magnético que corre por la pieza debido a irregularidades en el material, que resultan en una dispersión local del flujo.

Esta dispersión se detecta aplicando un fino polvo de material magnético que tiende a apilarse y saltar sobre tales discontinuidades



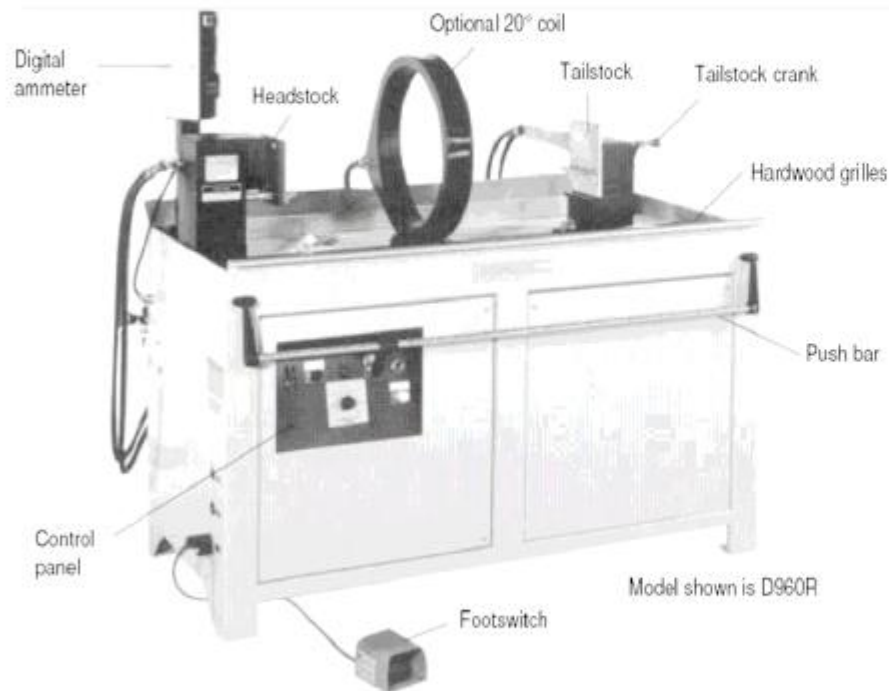
1. Se utiliza en materiales que se pueden magnetizar
2. Detección de defectos superficiales o muy cercanos a la superficie



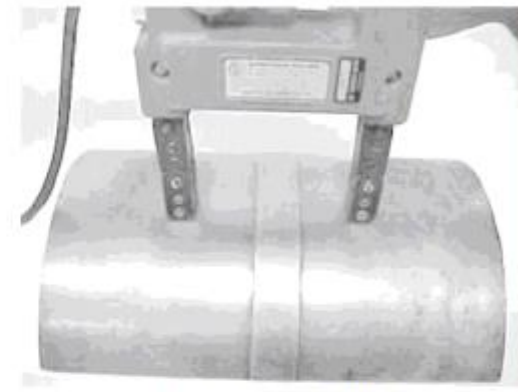


# Método de la partícula magnética

## Algunos dispositivos para magnetizar



Unidad horizontal para método húmedo



Electromagneto



Electromagneto a 90°



# Método de la partícula magnética

## Ventajas

1. Los resultados del ensayo son prácticamente instantáneos.
2. Las formaciones de partículas indican la forma y tipo de discontinuidad.
3. La experiencia y el entrenamiento previo requerido es significativamente menor que con métodos como ultrasonido, radiografías y corrientes de Eddy. El método es simple.
4. El equipamiento requerido es mucho más barato que el utilizado en otros métodos.
5. Prácticamente todo tipo de tamaños y formas pueden ser inspeccionados.
6. La preparación de la superficies a ensayar es menos crítica que en los ensayos penetrantes.
7. No hay riesgos para el personal asociados con el método.
8. Se pueden inspeccionar muchas partes en simultaneo si se utiliza la magnetización residual.

## Limitaciones

1. Solo es aplicable a materiales ferromagnéticos.
2. Solo se pueden detectar discontinuidades superficiales o muy cercanas a la superficie.
3. Puede ser necesaria la desmagnetización previa, durante y posterior al ensayo.
4. Las discontinuidades solo son detectadas cuando son perpendiculares a la dirección del campo.
5. Puede ser necesaria la remoción de pinturas y recubrimientos en forma localizada para facilitar buen contacto eléctrico, durante la magnetización o para evitar que las fallas queden muy alejadas de la superficie si el recubrimiento es de mucho espesor.
6. Variaciones locales en las propiedades del material, que producen cierta dispersión del campo, pero que no son relevantes, pueden hacer dificultosa la interpretación.



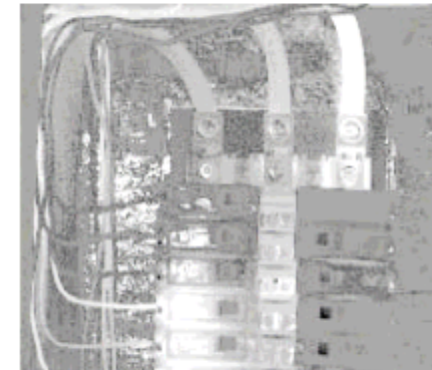
# Termografía Infrarroja

## Principios

Consiste en analizar el mapa de la emisión térmica infrarroja del sistema inspeccionado



Aplicaciones de la termografía infrarroja en sentido preventivo



Termografía infrarroja de un circuito PCB

Principales áreas de aplicación (en el sentido de E. No D. tradicional)

- Industria aeroespacial
- Industria electrónica



# Termografía Infrarroja

## Ventajas

- Los sistemas de imágenes térmicas pueden resolver diferencias de temperatura menores de  $0,1^{\circ}$ .
- El método es versátil y un termógrafo experimentado puede obtener una muy buena caracterización de la situación en forma casi inmediata.
- El método se está desarrollando y por ej. en la industria aeroespacial está reemplazando a otros métodos.

## Limitaciones

- Solo la superficie del cuerpo puede ser evaluada térmicamente.
- El patrón térmico es el resultado de la transferencia térmica subsuperficial o el calor reflejado por la superficie.
- Ciertas superficies muy reflexivas requieren cierta preparación.
- La interpretación de las imágenes térmicas requieren conocimiento, entrenamiento y experiencia en termografía.



## Resumen

### Métodos que permiten detección de fallas con salida a la superficie:

- Líquidos penetrantes
- Metodo de las partículas magnéticas
- Radiografía
- Métodos de análisis eléctricos

### Métodos que permiten detección de fallas internas:

- Metodo de las partículas magnéticas (si la falla está cerca de la superficie)
- Radiografía
- Métodos de análisis eléctricos (principalmente en materiales no ferromagnéticos)
- Análisis ultrasónico

### Métodos aplicables solo a materiales magnetizables

- Metodo de las partículas magnéticas





# **PATOLOGÍA Y REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL**

## **Contenido**

1. Definición de acción sísmica.
2. Sismogénesis del Ecuador.
3. Normativa en el país
4. Terremoto de Muisne/Pedernales del 16A-2016.
5. Conceptos Generales de Patología.
6. Etapas en Patología Estructural.
7. Ensayos aplicables.
8. Evaluación Estructural.
9. Métodos de Análisis.
10. Vulnerabilidad Estructural.



## PREDIMENSIONADO

### Materiales:

- Hormigón  $f'c=30\text{MPa}$  ( $\gamma = 2.5 \text{ T/m}^3$ ).
- Acero A630-420H.

### Altura de Piso:

Piso 1	5.5 m
Piso 2-5	4.0 m

### Cargas:

Piso	CM [T/m]	L [T/m]
1 a N-1	0,15	0,25
N	0,05	0,10

### Modelo Estructural:

- Análisis en el plano.
- Unión Viga Columna Infinitamente Rígida.
- Momentos de Inercia sección bruta.
- Columna empotrada en la base.

### Combinación de Cargas:

U1	1.2D + 1.6L
U2	1.2D + 1.0L +/- 1.4E
U3	0.9D +/- 1.4E

### Factores de Reducción de Resistencia:

$\phi$	0.75 (corte)
$\phi$	0.9 (flexión)
$\phi$	0.9 a 0.65 (flexión y esfuerzo axial)



## PREDIMENSIONADO

### Criterio predimensionado de vigas:

Viga apoyada-apoyada  $\rightarrow h \geq L/10$

Viga empotrada-empotrada  $\rightarrow h \geq L/15$

Viga en voladizo  $\rightarrow h \geq L/5$

L: Longitud, h: peralte de viga.

Se considera viga apoyada-apoyada, a pesar que estas están empotradas para incorporar los efectos sísmicos y evitar cuantía excesiva.

$$h \geq \frac{L}{10} = \frac{750}{10} = 75cm$$

**Fuente: ACI 318-08**

**Inicialmente se propuso: Sección 40x75 cm**

**NO CUMPLÍA CON DERIVAS**

**Finalmente: Sección 50x80 cm**



## PREDIMENSIONADO

Criterio Predimensionado de columnas:

$$A_g = \frac{2(Pu)_{max}}{f'_c}$$

$$(Pu)_{max} = 1.2D + 1.6L$$

D = carga permanente

L = carga viva

**Fuente: ACI 314-314R-11**

Inicialmente se propuso: Sección 70x70 cm

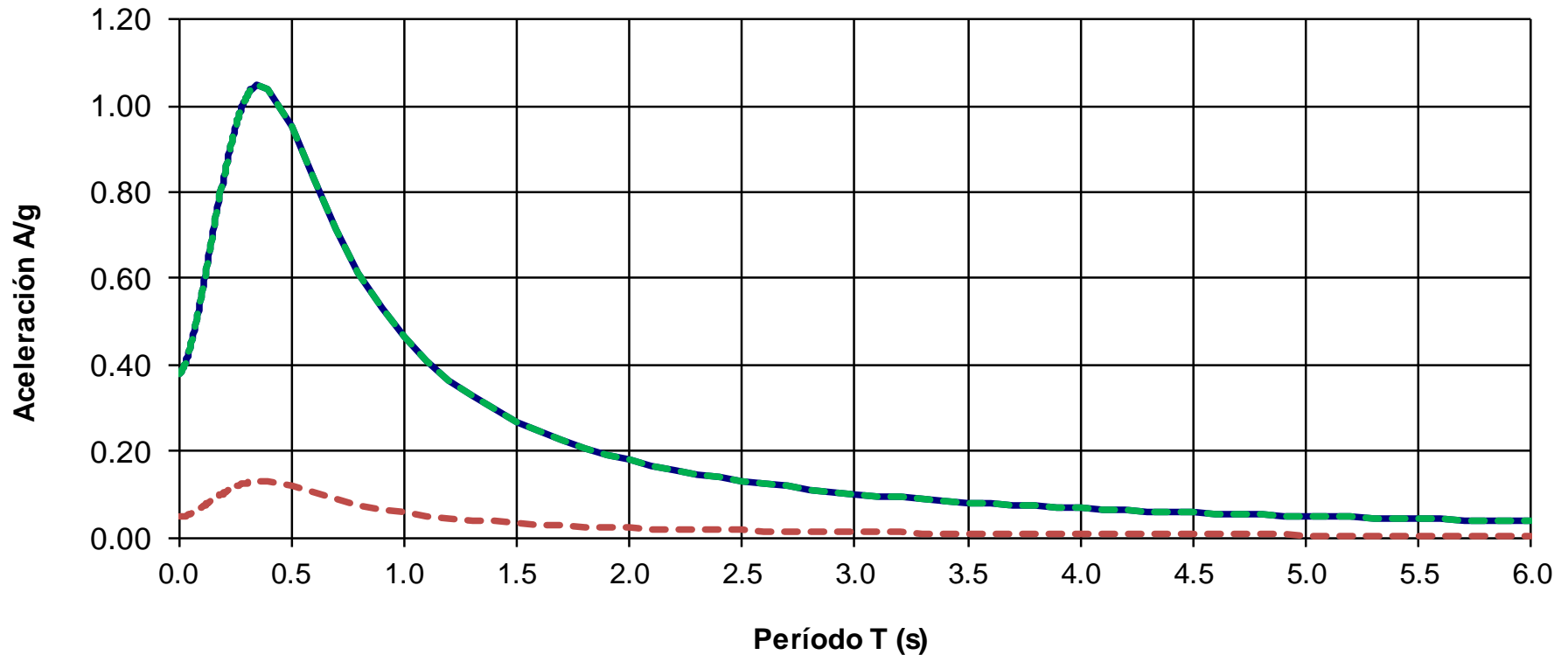
**NO CUMPLÍA CON DERIVAS**

Finalmente: Sección 80x80 cm



# APLICACIÓN DE LA NCH-433.

ESPECTRO DE DISEÑO  
PARA LA COMPONENTE SISMICA HORIZONTAL



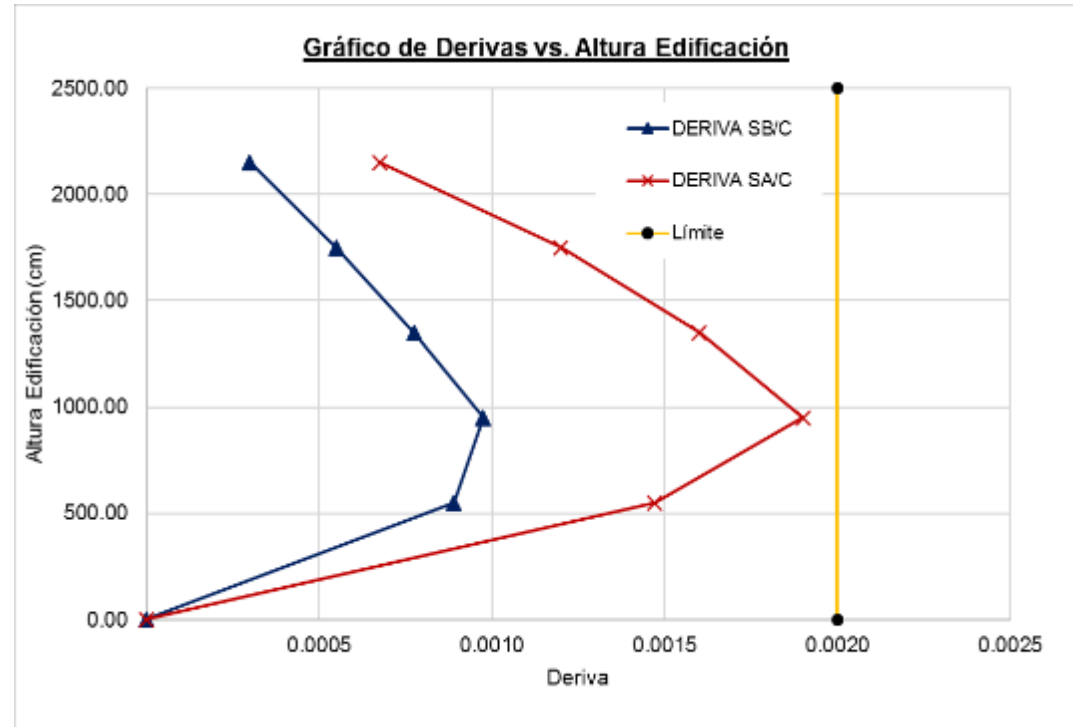




# APLICACIÓN DE LA NCH-433.

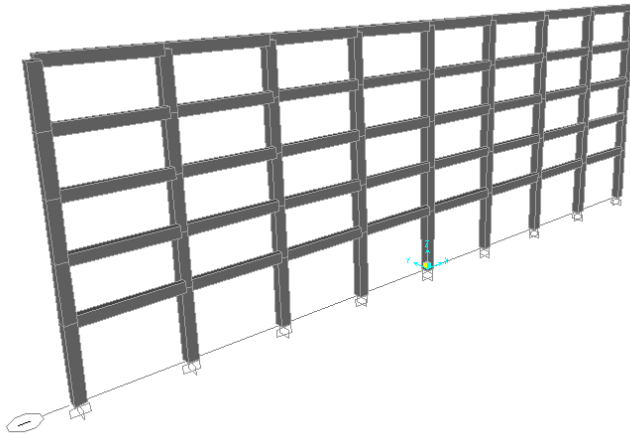
SECCIÓN BRUTA/CON CORRECCIÓN BASAL				
NIVEL	Hacum(m)	H(cm)	U(cm)	DERIVA
N5	2150.00	400	1.53	0.0003
N4	1750.00	400	1.41	0.0006
N3	1350.00	400	1.19	0.0008
N2	950.00	400	0.88	0.0010
N1	550.00	550	0.49	0.0009
BASE	0	0	0	0.0000

SECCIÓN AGRIETADA/CON CORRECCIÓN BASAL				
NIVEL	Hacum(m)	H(cm)	U(cm)	DERIVA
N5	2150.00	400	2.96	0.0007
N4	1750.00	400	2.69	0.0012
N3	1350.00	400	2.21	0.0016
N2	950.00	400	1.57	0.0019
N1	550.00	550	0.81	0.0015
BASE	0	0	0	0.0000





# PARÁMETROS DINÁMICOS DE LA ESTRUCTURA



**TABLE: Modal Periods And Frequencies**

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.83	1.20	7.55	56.99
MODAL	Mode	2	0.26	3.88	24.37	593.91
MODAL	Mode	3	0.14	7.19	45.18	2041.01
MODAL	Mode	4	0.09	11.04	69.34	4807.82
MODAL	Mode	5	0.09	11.59	72.83	5303.50

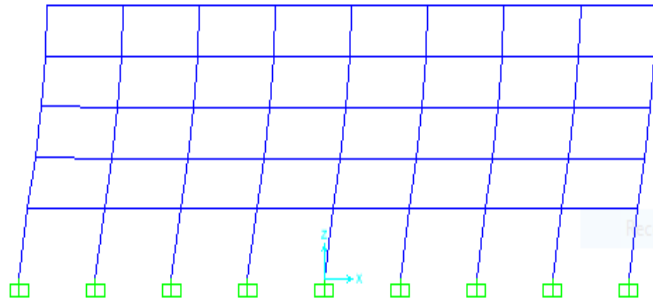
**Edificación para uso hospitalario ubicada en zona sísmica 2 y clasificación de suelo tipo “C”.**

**TABLE: Modal Participating Mass Ratios**

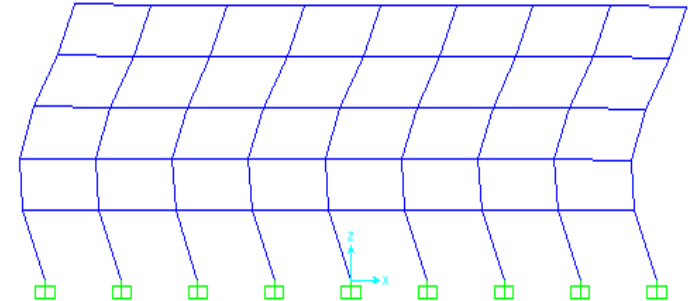
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	SumUX
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.83	0.89	0.89
MODAL	Mode	2	0.26	0.08	0.97
MODAL	Mode	3	0.14	0.02	0.99
MODAL	Mode	4	0.09	0.01	1.00
MODAL	Mode	5	0.09	0.00	1.00



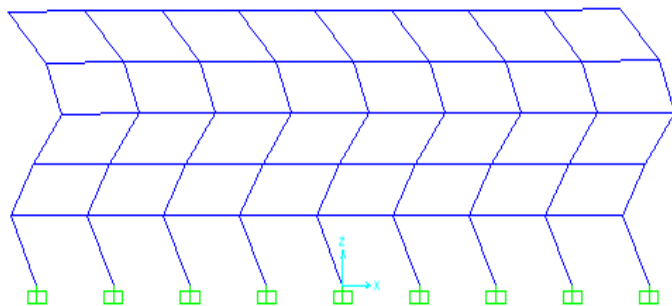
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 0.83231; f = 1.20147



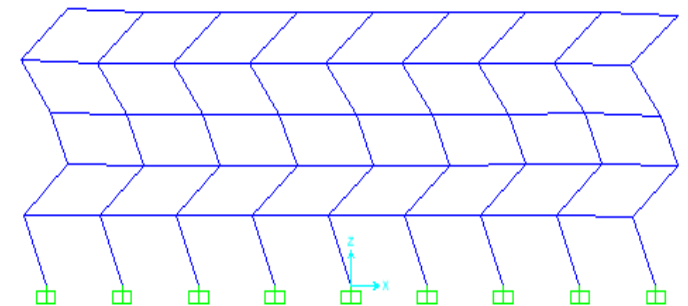
Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 0.25782; f = 3.87864



Deformed Shape (MODAL) - Mode 3; T = 0.13908; f = 7.19024

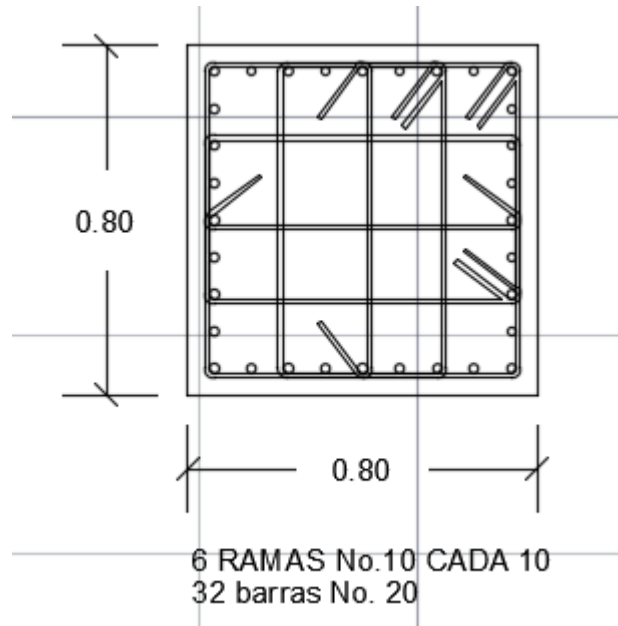


Deformed Shape (MODAL) - Mode 4; T = 0.09062; f = 11.03555



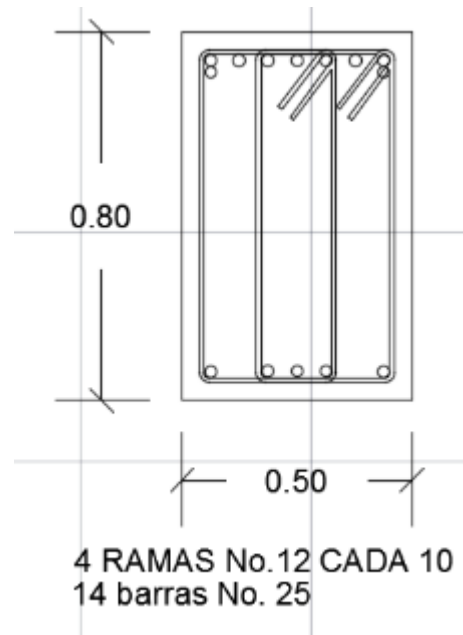


## DETALLADO DE VIGAS Y COLUMNAS

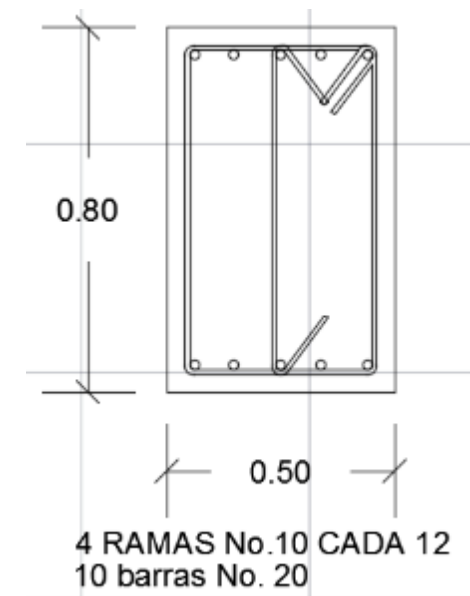


**COLUMNAS**

**VIGAS DE ENTREPISO**



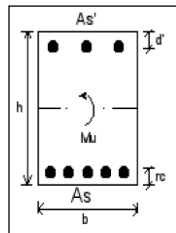
**VIGAS DE TECHO**





# MOMENTO-CURVATURA

## 1. Datos de entrada.



### DATOS GEOMETRICOS

b(cm)=	50
h(cm)=	80
d'(cm)=	4
d(cm)=	76

### CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES

f'c(kg/cm2)=	400
fy(kg/cm2)=	4200
Es(kg/cm2)=	2100000
β1=	0.764285714

$$0.65 \leq \beta_1 \leq (1.05 - f'c/1400)$$

### DATOS PARTICULARES

ecu(rad)=	0.003
As(cm2)=	44.17
ey(rad)=	0.0020
β1=	1
As'(cm2)=	24.54

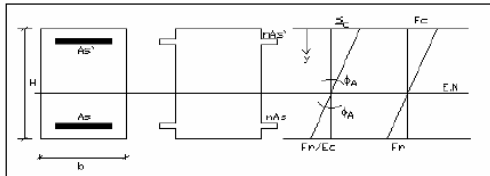
Ec(kg/cm2)=	302000
n=	6.95
Asmin(cm2)=	12.67
1.05·f'c/1400	0.76
	0.76

## 2. Verificación si la sección está sub-reforzada.

Asb= 95 cm<sup>2</sup>

OK, SECCION SUB-REFORZADA

## 3. AGRIETAMIENTO . Momento y Curvatura de Agrietamiento.



### AREA SECCION EQUIVALENTE

Ase= 4409.07 cm<sup>2</sup>

### MODULO DE ROTURA

Fr = 40.00 kg/cm<sup>2</sup>

### PROF. EJE NEUTRO

C= 40.95 cm

### INERCIA SECCION EQUIVALENTE

Ise= 2659479.44 cm<sup>4</sup>

Ma= 2724474.57 kg·cm

Φa= 3.4E-06 rad/cm

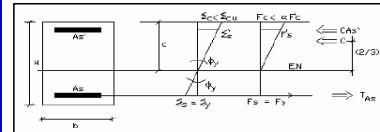
## HIPÓTESIS 2: Eje neutro entre As y As'

Comportamiento lineal elástico del concreto

El As esta cediendo o ya cedió

El Concreto no se ha agotado y As' esta a compresión

El As' no está cediendo



## 4.3. Determinación del EJE NEUTRO.

$$(E_c \cdot \epsilon_y \cdot b/2) c^2 + F_y (A_s + A_{s'}) c - (A_s d + A_{s'} d') F_y = 0$$

Prof. Del eje neutro c= 22.88 cm

## 4.4. Verificación de hipótesis.

εc=	0.000862	rad/cm	ok
ε's=	0.000711	rad/cm	ok
Fc=	260.22	kg/cm <sup>2</sup>	ok
0.85·F'c=	340.00	kg/cm <sup>2</sup>	
C=Cc+CA <sub>s'</sub> =	185514	kg	

## Aplica Hipótesis 2

TAs = Cc + CA<sub>s'</sub> = 185514 kg

c<sup>2</sup>= 15100

c= 288582

t.i.= -14511336

ok

M<sub>y</sub>= 12816909

Cc= 148871

Φ<sub>y</sub>= 3.77E-05

CA<sub>s'</sub>= 36643



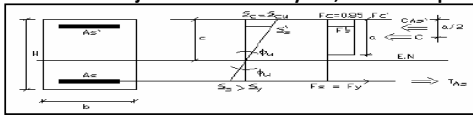


# MOMENTO-CURVATURA

HIPÓTESIS 2: As' no ha cedido

Comportamiento elástico perfectamente plástico del acero  
 As esta en cedencia y el Concreto no ha agotado  
 Eje neutro entre As y As'; As' en compresión

Aplica Hipótesis 2



$TAs = Cc + CAs' =$   kg

5.2. Determinación del EJE NEUTRO.

$$(0.85f'c\beta 1b) c^2 + (As'Esecu - As'Fy) c - As'd'Esecu = 0$$

$c^2 =$	12992.85714
$c =$	-30912
$t.i. =$	-618408

Prof. Del eje neutro  $c =$   cm **ok**

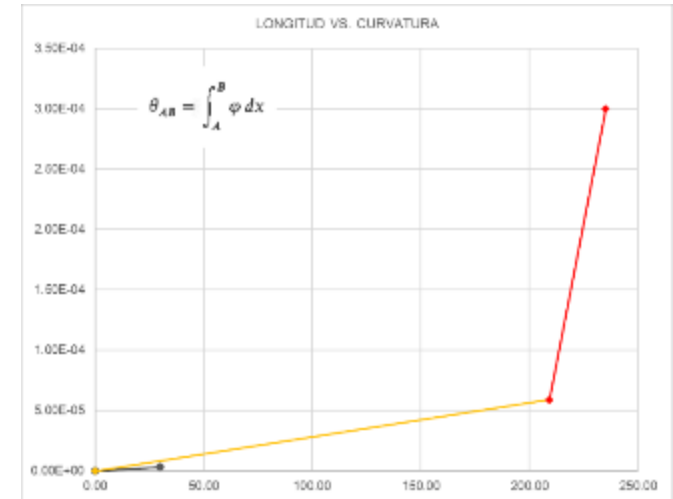
$e's =$   rad/cm **ok**

$Mu =$   kg.cm

$Cc =$   kg

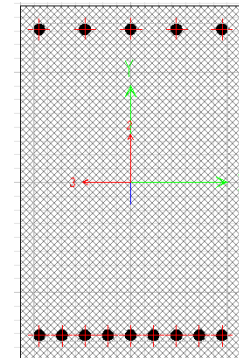
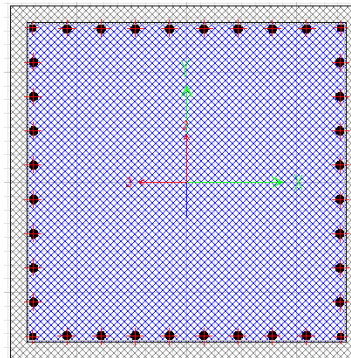
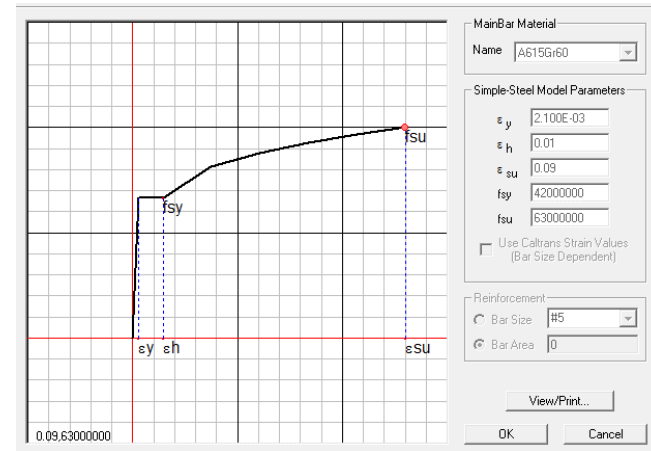
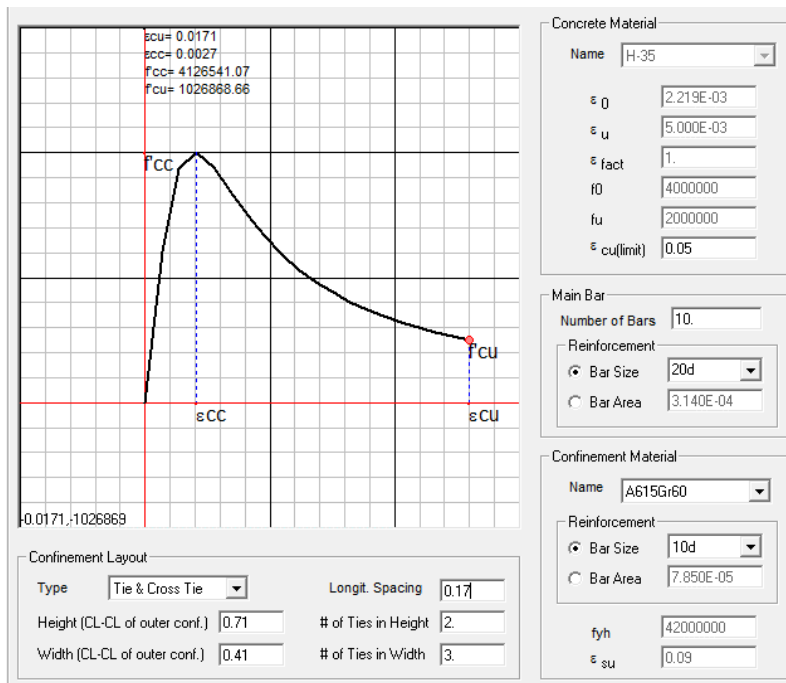
$\Phi u =$   rad/cm

$CAs' =$   kg



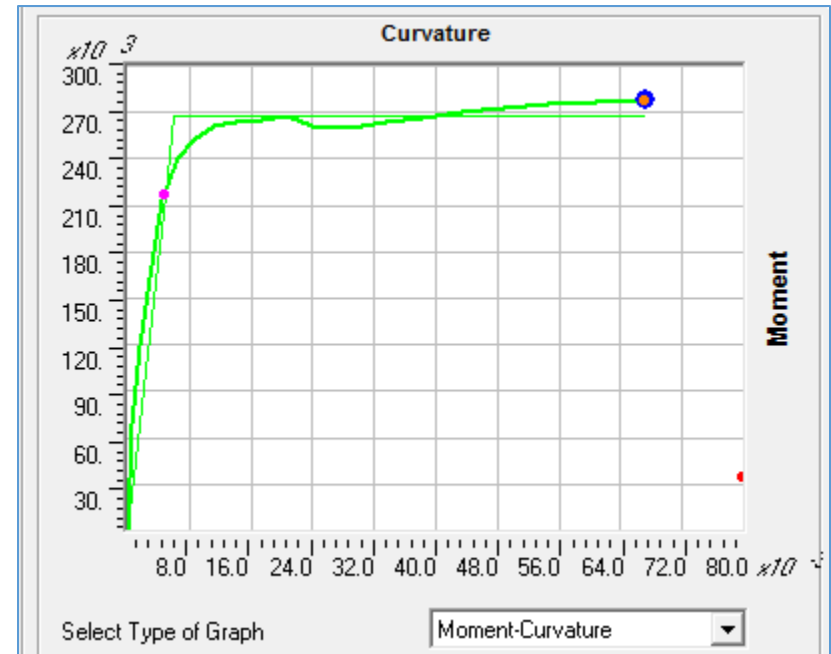
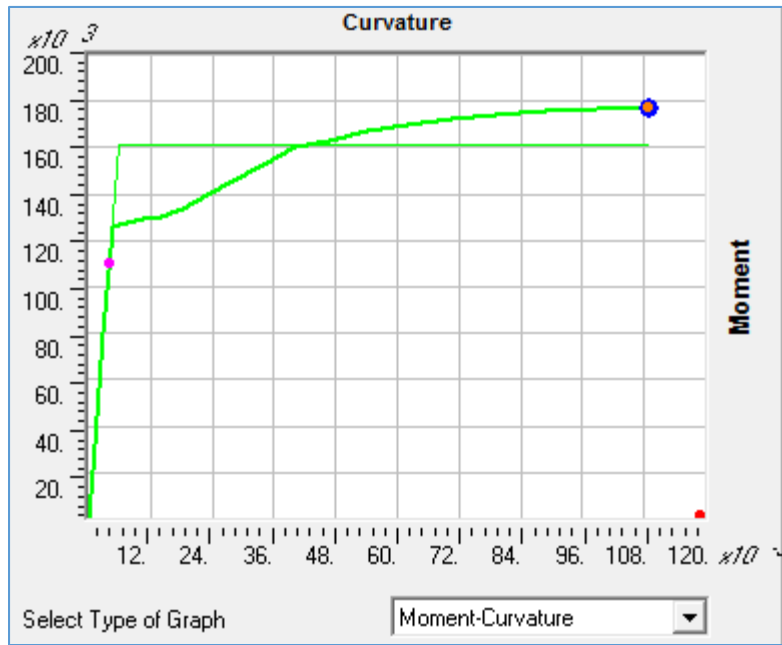


# MOMENTO-CURVATURA





# MOMENTO-CURVATURA





# PARÁMETROS FINALES SEGÚN ASCE-SEI-41-13

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.05
D-	-0.2	-0.025
C-	-1.05	-0.025
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.03	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05

Symmetric

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.05
D-	-0.2	-0.025
C-	-1.04	-0.025
B-	-1	0
A	0	0
B	1.	0.
C	1.04	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05

Symmetric

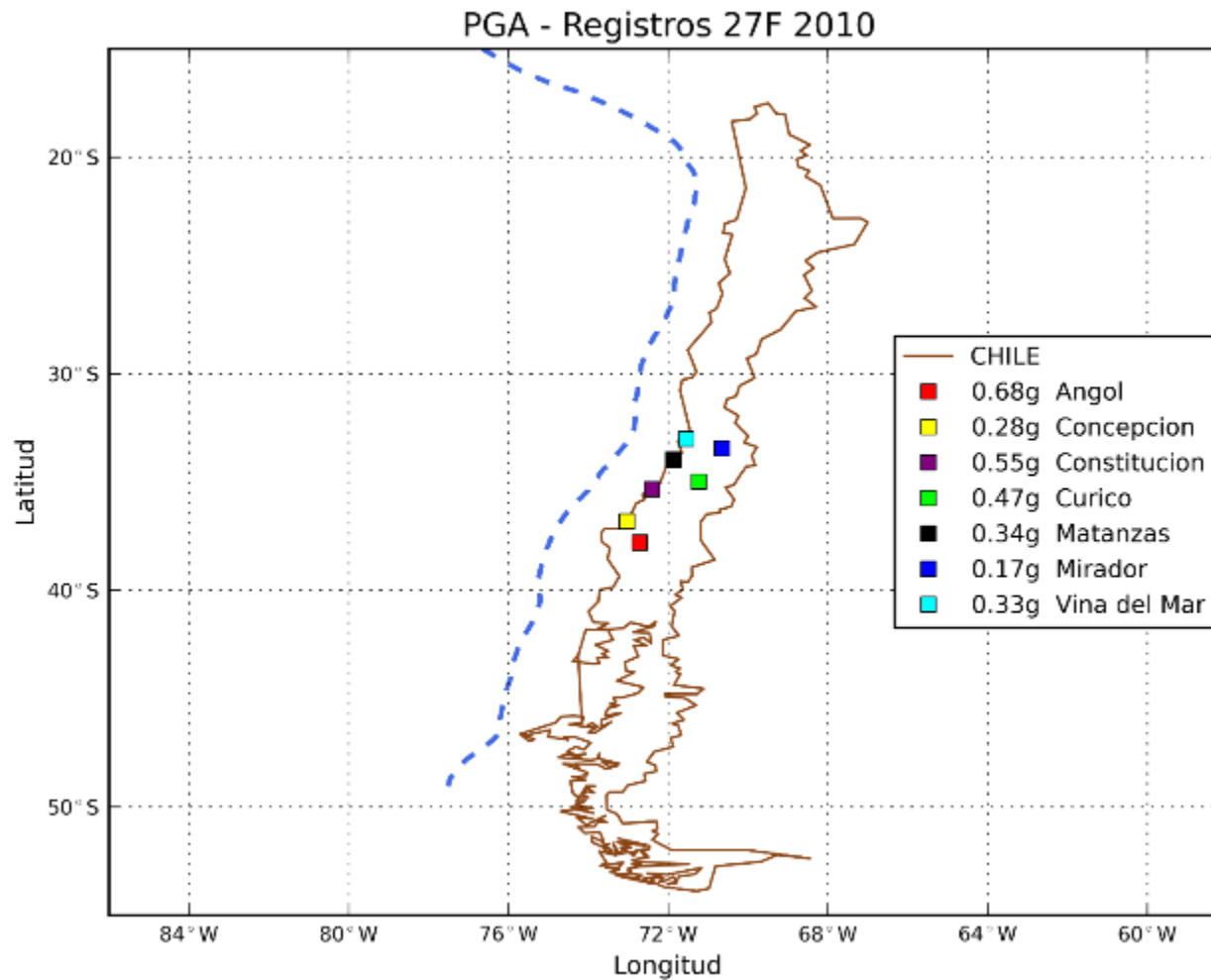
Moment Rotation Data for Selected Curve

Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.12	0.035
D	0.2	0.035
E	0.2	0.06

Note: Yield moment is defined by interaction curve



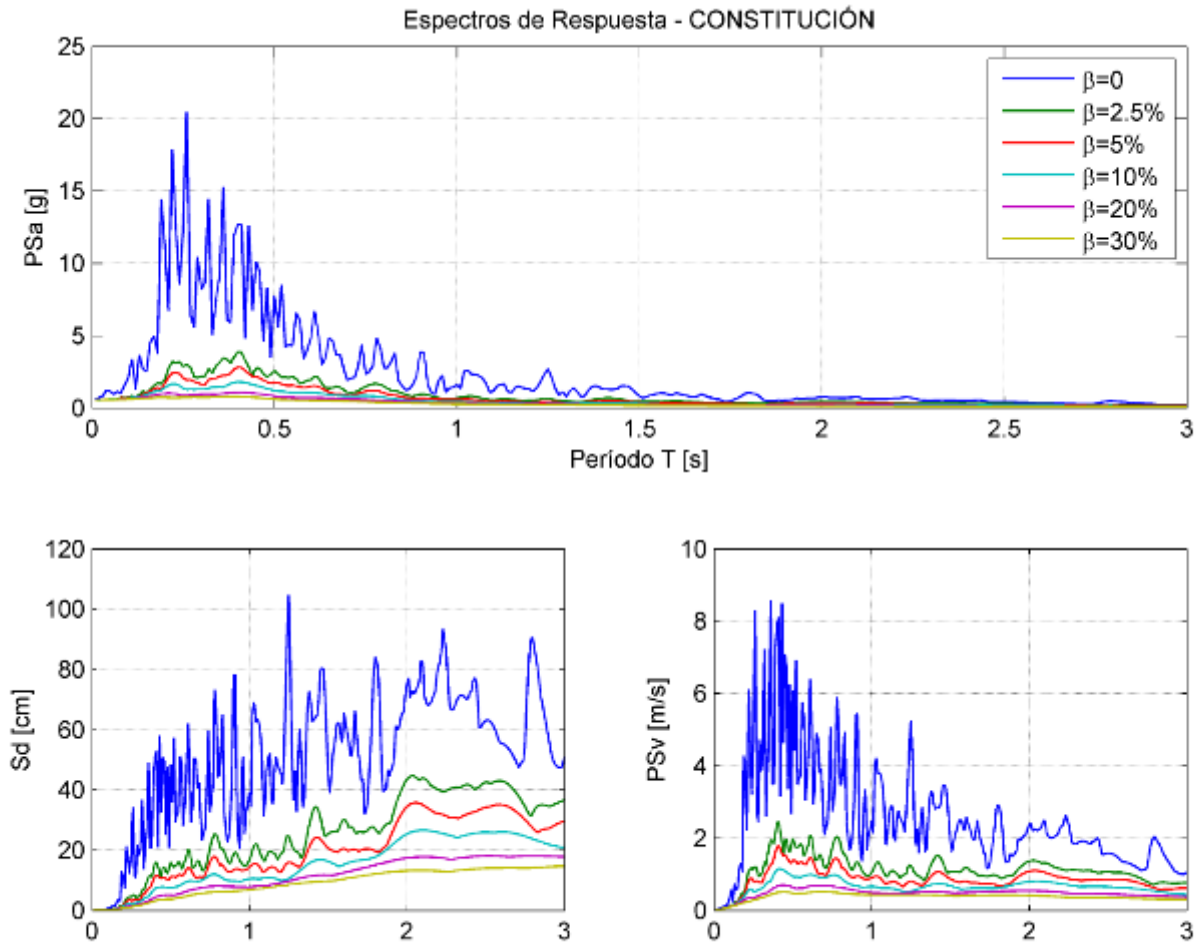
## “PEAK GROUND ACCELERATION” DE CADA REGISTRO





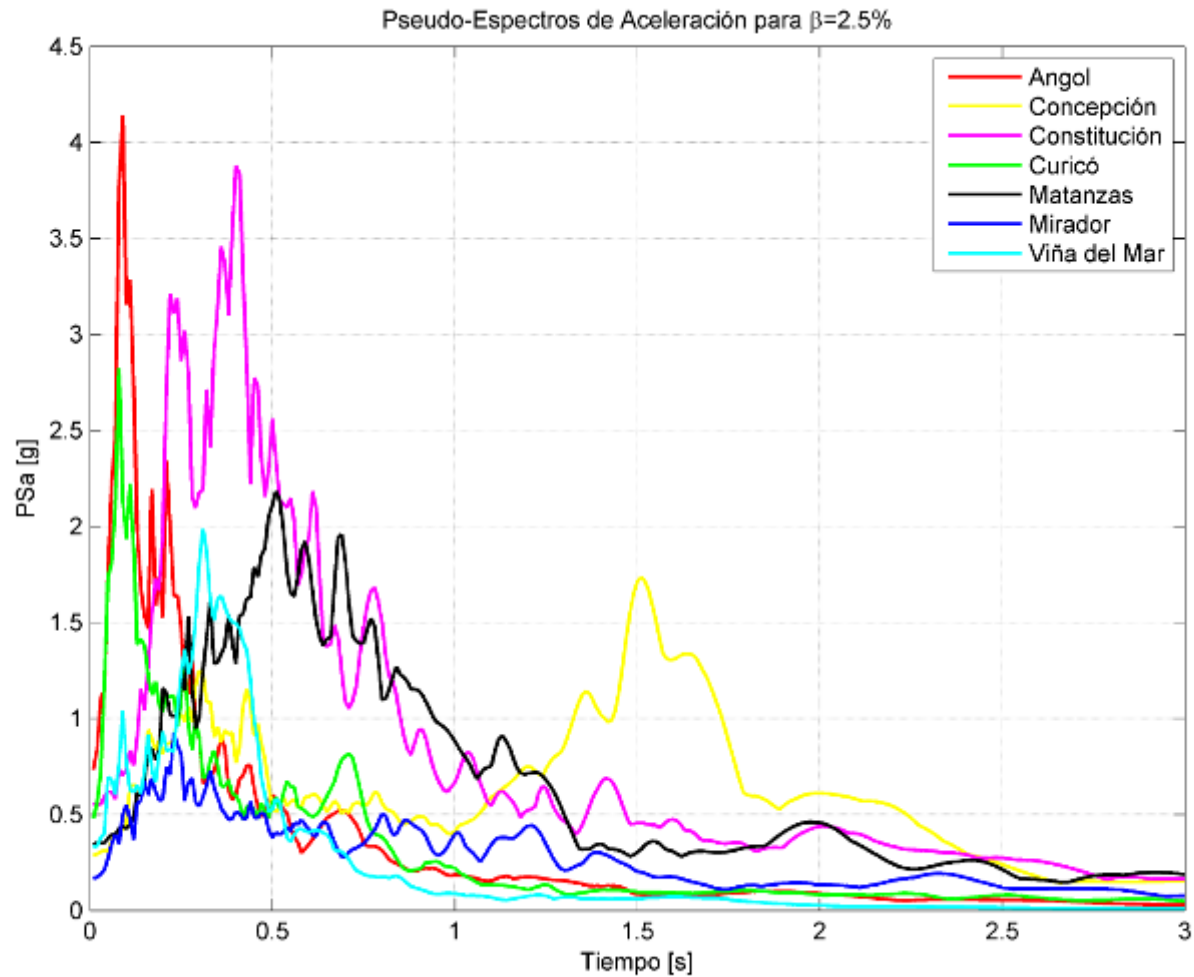


## ESPECTROS DE RESPUESTA POR REGISTRO



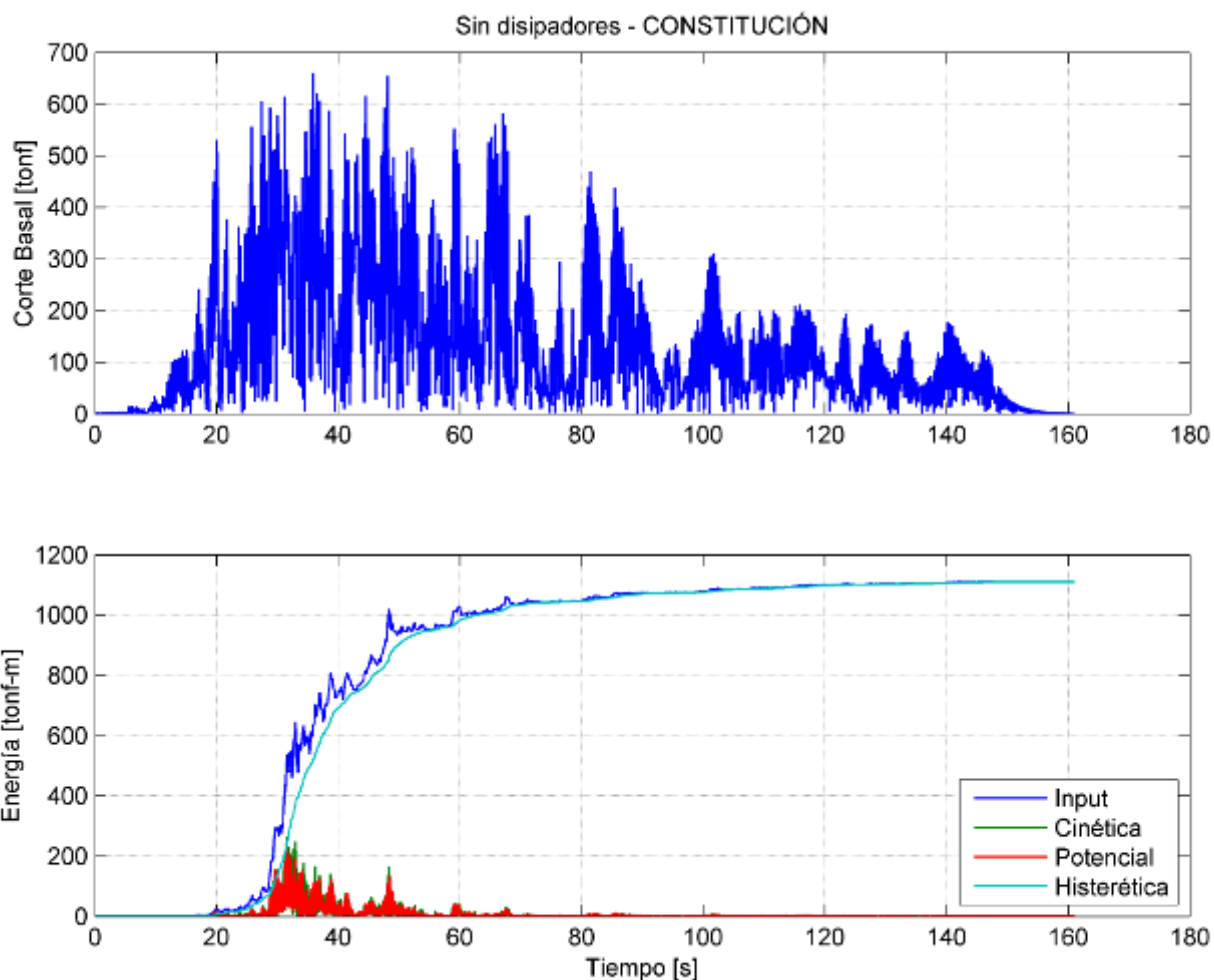


# ESPECTROS DE ACELERACIÓN $\beta = 2,5\%$



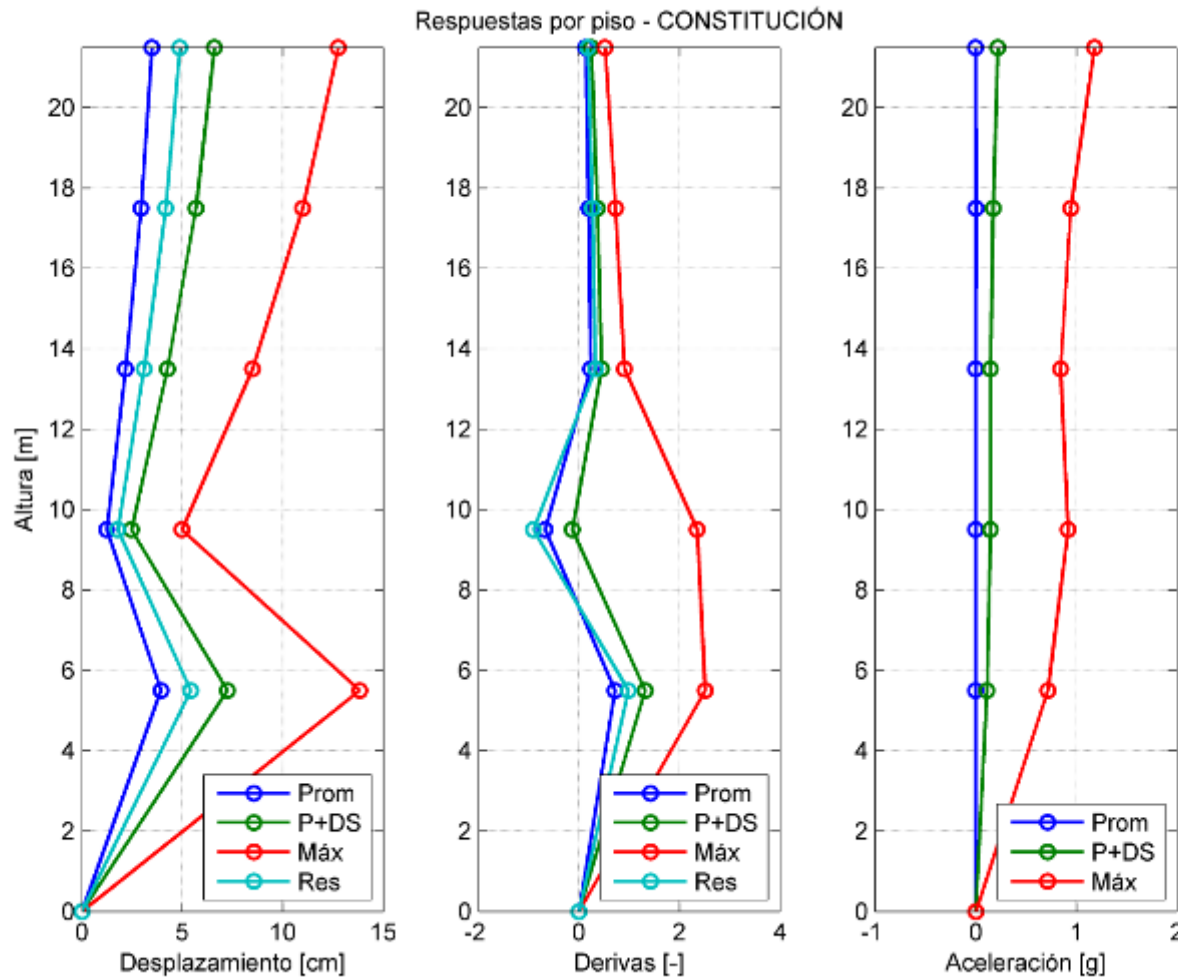


## CORTANTE BASAL Y ENERGÍA EN ESTRUCTURA POR REGISTRO





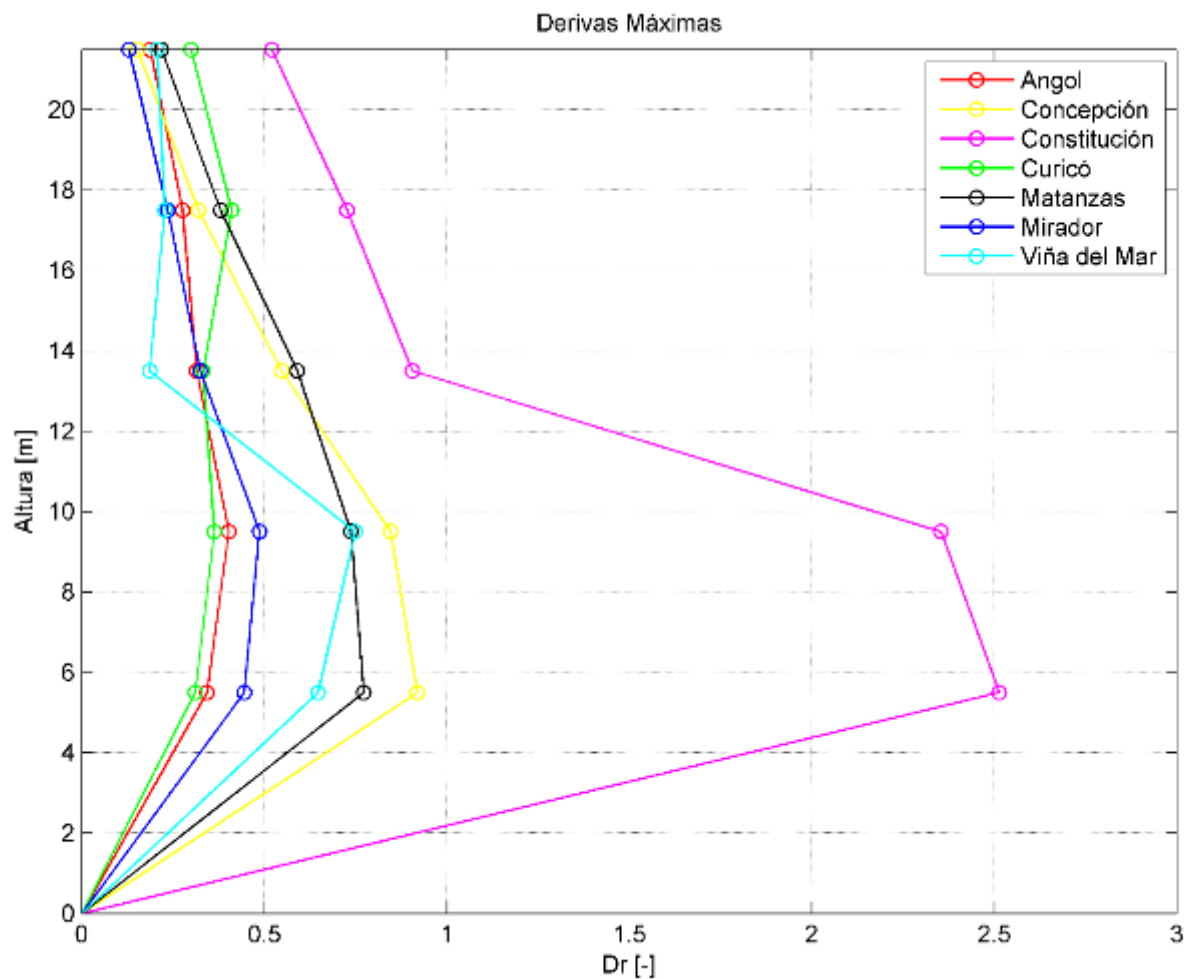
# DESPLAZAMIENTO – DERIVA – ACELERACIÓN POR NIVEL







# DERIVAS MÁXIMAS



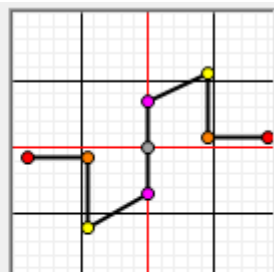


# GRADO DE INCURSIÓN INELÁSTICA

Nivel de daño		FEMA-NBIS-2009	FEMA-356	ASCE/SEI 41-13	
				VIGAS	COLUMNAS
IO	Moderado	0.007	0.01	0.010	0.005
LS	Extensivo	0.020	0.02	0.025	0.045
CP	Completo	0.053	0.04	0.050	0.060

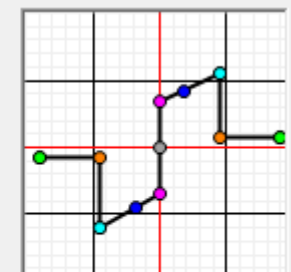
- Immediate Occupancy
- Life Safety
- Collapse Prevention

Point	Moment/SF	Rotation/SF
D-	-0.2	-0.025
C-	-1.74	-0.025
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.58	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05

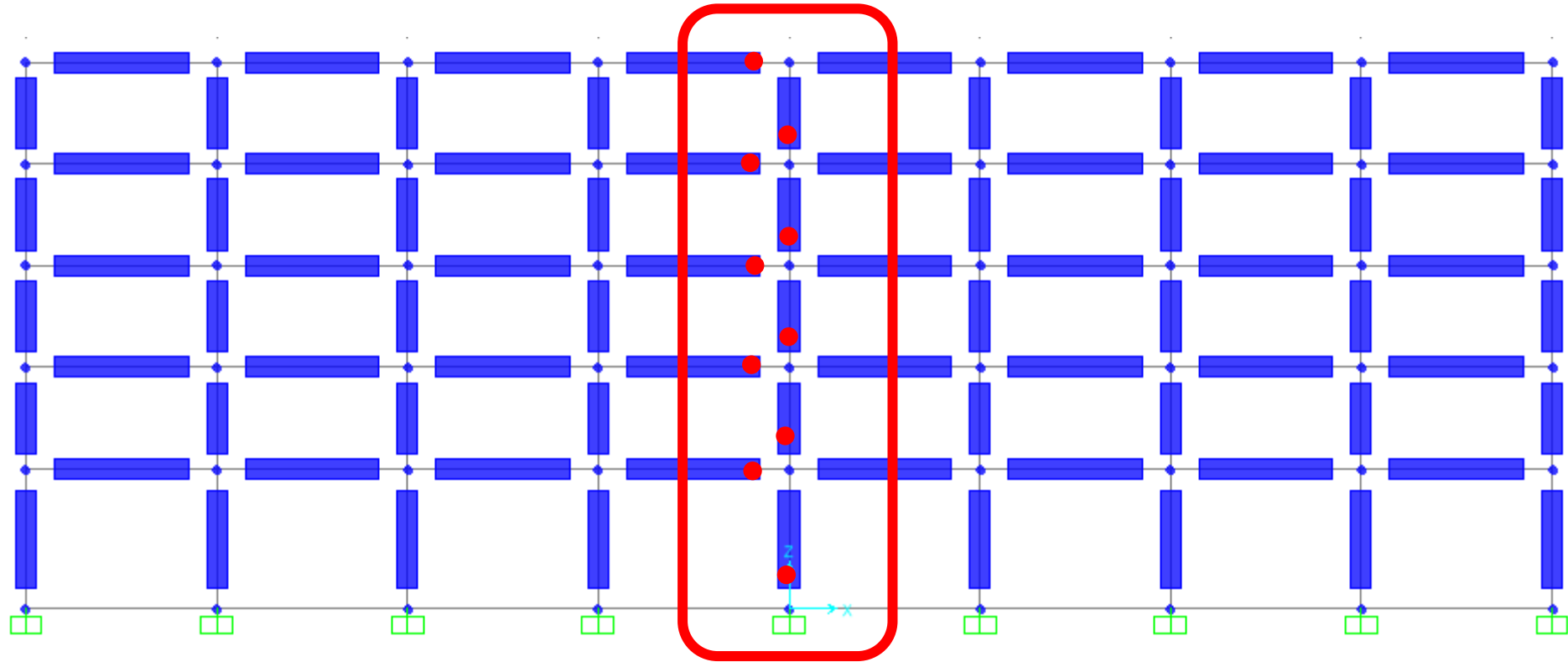


Symmetric

Point	Moment/SF	Rotation/SF
D-	-0.2	-0.025
C-	-1.74	-0.025
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.58	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05



Symmetric

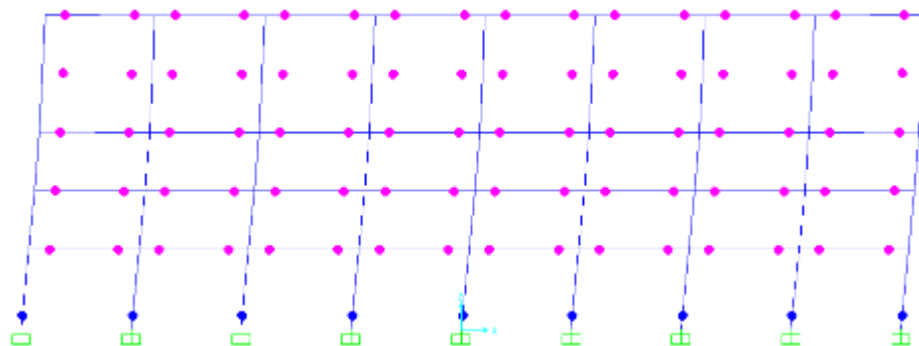
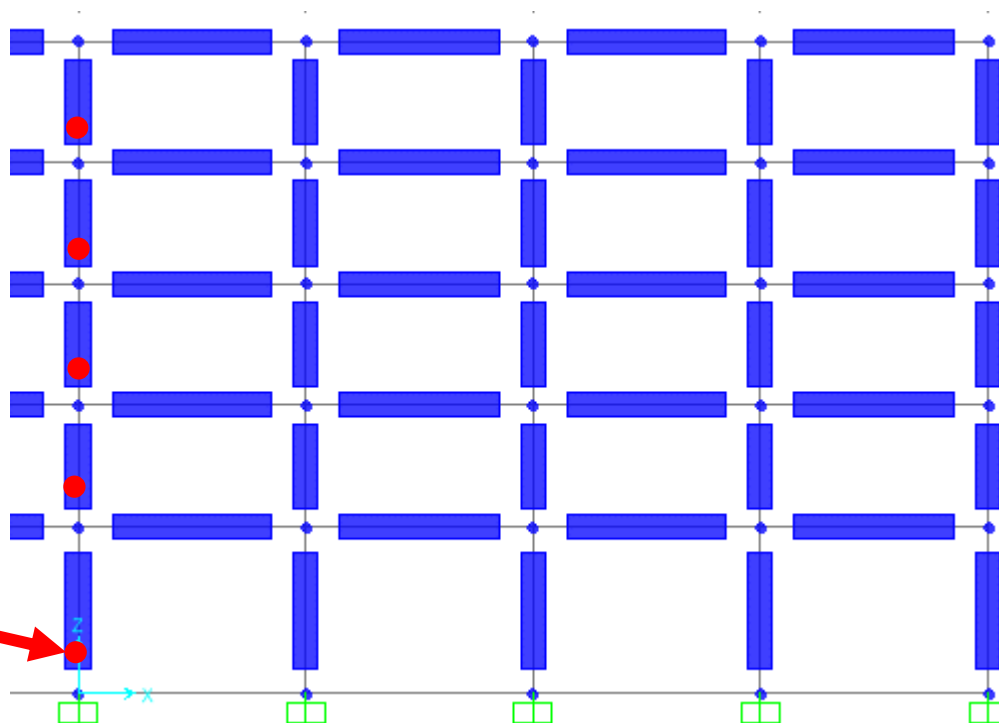
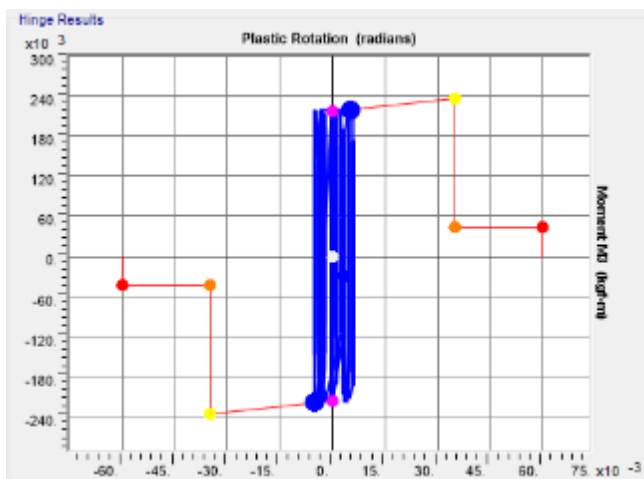




# MOMENTO-ROTACIÓN EN COLUMNAS



# CONSTITUCIÓN



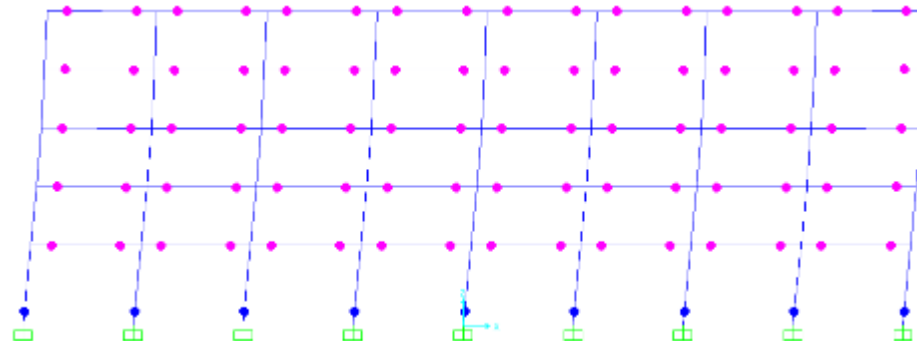
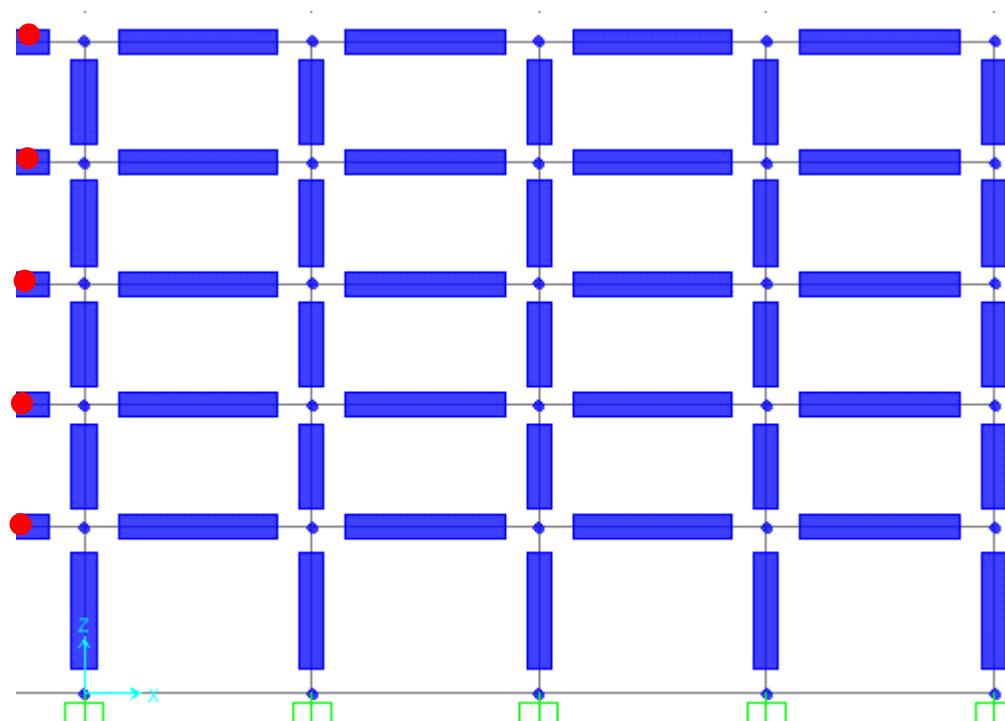
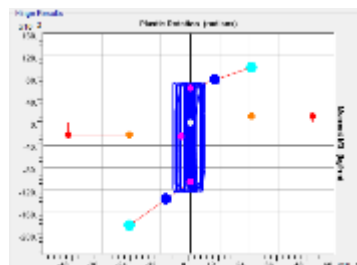
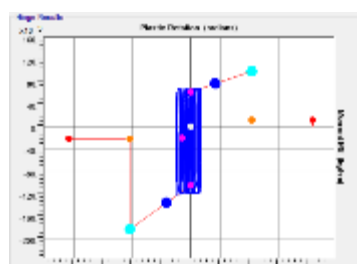
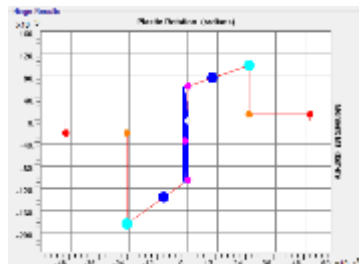
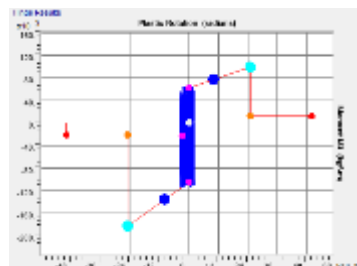
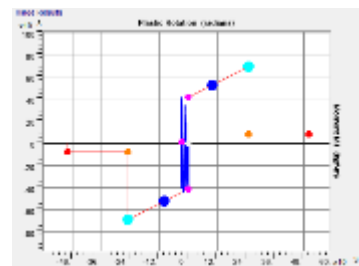




# MOMENTO-ROTACIÓN EN VIGAS



# CONSTITUCIÓN





# GRADO DE INCURSIÓN INELÁSTICA

Nivel de daño		ASCE/SEI 41-13	REGISTROS SÍSMICOS						
			BASE DE COLUMNAS	ANGOL	CONCEPCIÓN	CONSTITUCIÓN	CURICÓ	MATANZAS	MIRADOR
	<i>Fluencia</i>								
<i>IO</i>	<i>Moderado</i>	0.005							
<i>LS</i>	<i>Extensivo</i>	0.045							
<i>CP</i>	<i>Completo</i>	0.060							

Nivel de daño		ASCE/SEI 41-13	REGISTROS SÍSMICOS						
			VIGAS	ANGOL	CONCEPCIÓN	CONSTITUCIÓN	CURICÓ	MATANZAS	MIRADOR
	<i>Fluencia</i>								
<i>IO</i>	<i>Moderado</i>	0.010							
<i>LS</i>	<i>Extensivo</i>	0.025							
<i>CP</i>	<i>Completo</i>	0.050							



**Table C2-4. Structural Performance Levels and Illustrative Damage**

Seismic-Force-Resisting System	Type	Structural Performance Levels		
		Collapse Prevention (S-5)	Life Safety (S-3)	Immediate Occupancy (S-1)
Concrete frames	Primary elements	Extensive cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.	Extensive damage to beams. Spalling of cover and shear cracking in ductile columns. Minor spalling in nonductile columns. Joint cracks.	Minor cracking. Limited yielding possible at a few locations. Minor spalling of concrete cover.
	Secondary elements	Extensive spalling in columns and beams. Limited column shortening. Severe joint damage. Some reinforcing buckled.	Major cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.	Minor spalling in a few places in ductile columns and beams. Flexural cracking in beams and columns. Shear cracking in joints.



# PEDERNALES



## PREDIMENSIONADO

### Materiales:

- Hormigón  $f'c=25\text{MPa}$  ( $\gamma = 2.5 \text{ T/m}^3$ ).
- Acero A630-420H.

### Altura de Piso:

Piso 1	5.5 m
Piso 2-5	4.0 m

### Cargas:

Piso	CM [T/m]	L [T/m]
1 a N-1	0,15	0,25
N	0,05	0,10

### Modelo Estructural:

- Análisis en el plano.
- Unión Viga Columna Infinitamente Rígida.
- Momentos de Inercia sección bruta.
- Columna empotrada en la base.

### Combinación de Cargas:

U1	1.2D + 1.6L
U2	1.2D + 1.0L +/- 1.4E
U3	0.9D +/- 1.4E

### Factores de Reducción de Resistencia:

$\phi$	0.75 (corte)
$\phi$	0.9 (flexión)
$\phi$	0.9 a 0.65 (flexión y esfuerzo axial)





## PREDIMENSIONADO

### Criterio predimensionado de vigas:

Viga apoyada-apoyada  $\rightarrow h \geq L/10$

Viga empotrada-empotrada  $\rightarrow h \geq L/15$

Viga en voladizo  $\rightarrow h \geq L/5$

L: Longitud, h: peralte de viga.

Se considera viga apoyada-apoyada, a pesar que estas están empotradas para incorporar los efectos sísmicos y evitar cuantía excesiva.

$$h \geq \frac{L}{10} = \frac{750}{10} = 75cm$$

**Fuente: ACI 318-08**

**Inicialmente se propuso: Sección 40x70 cm**



## PREDIMENSIONADO

**Criterio Predimensionado de columnas:**

$$A_g = \frac{2(Pu)_{max}}{f'_c}$$

**Inicialmente se propuso: Sección 70x70 cm**

$$(Pu)_{max} = 1.2D + 1.6L$$

D = carga permanente

L = carga viva

**Fuente: ACI 314-314R-11**



# APLICACIÓN DE LA NEC-2015.

Response Spectrum Function Definition - Ecuador Norma NEC-SE-DS 2015

Function Name:  Function Damping Ratio:

**Parameters**

Zone Coefficient, Z:   
 $\eta$  Coefficient:   
 Site Factor, Fa:   
 Site Factor, Fd:   
 Soil Type:   
 Inelastic Behavior Fctor of Subsurface, Fs:   
 Importance Factor, I:   
 Response Modification Factor, R:

**Define Function**

Period	Acceleration
0	0.2232
0.1	0.2232
0.2	0.2232
0.3	0.2232
0.4	0.2232
0.5	0.2232

**Plot Options**

Linear X - Linear Y  
 Linear X - Log Y  
 Log X - Linear Y  
 Log X - Log Y

**Function Graph**



#### 4.2.2. Límites permisibles de las derivas de los pisos

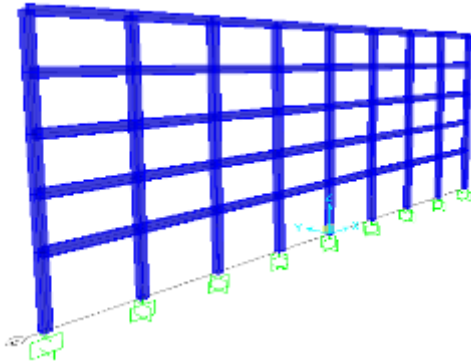
La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso:

Estructuras de:	$\Delta_M$ máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Tabla 7 : Valores de  $\Delta_M$  máximos, expresados como fracción de la altura de piso



# PARÁMETROS DINÁMICOS DE LA ESTRUCTURA



**TABLE: Modal Periods And Frequencies**

OutputCase	StepType	StepNum	Period	Frequency	CircFreq	Eigenvalue
Text	Text	Unitless	Sec	Cyc/sec	rad/sec	rad2/sec2
MODAL	Mode	1	1.15	0.87	5.47	29.90
MODAL	Mode	2	0.35	2.82	17.70	313.44
MODAL	Mode	3	0.19	5.27	33.13	1097.85
MODAL	Mode	4	0.12	8.24	51.76	2679.12
MODAL	Mode	5	0.10	9.78	61.44	3775.03

**Edificación para uso hospitalario ubicada en Pedernales.**

**Participating Mass Ratios**

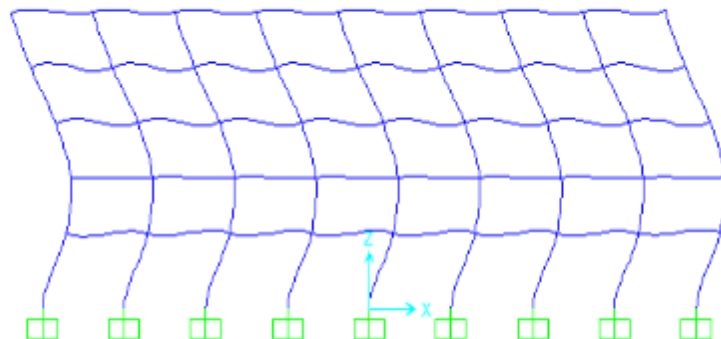
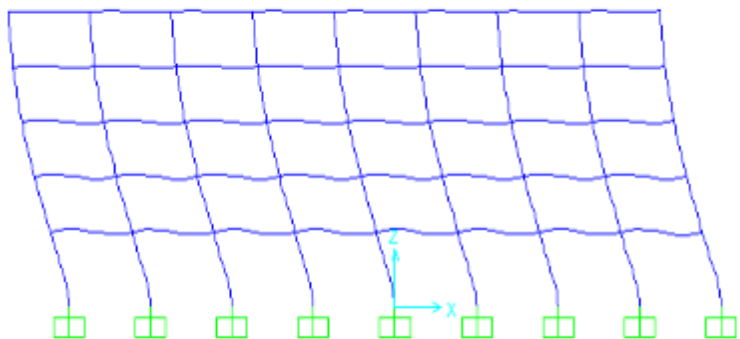
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.149	0.89	0	0	0.89
MODAL	Mode	2	0.3549	0.09	0	0	0.97
MODAL	Mode	3	0.18963	0.02	0	0	0.99
MODAL	Mode	4	0.12139	0.01	0	0	1
MODAL	Mode	5	0.10226	0	0	0.72	1





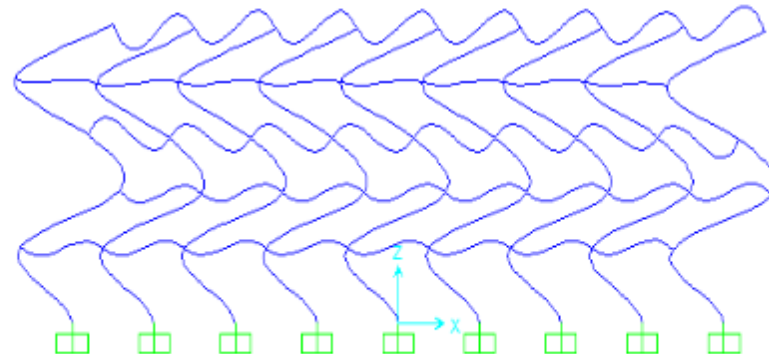
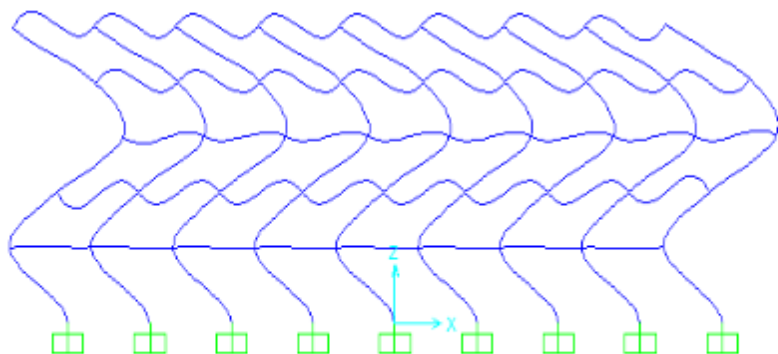
Deformed Shape (MODAL) - Mode 1; T = 1.149; f = 0.87033

Deformed Shape (MODAL) - Mode 2; T = 0.3549; f = 2.81771



Deformed Shape (MODAL) - Mode 3; T = 0.18963; f = 5.27342

Deformed Shape (MODAL) - Mode 4; T = 0.12139; f = 8.23789





## DETALLADO DE VIGAS Y COLUMNAS

**Reinforcement Configuration**

Rectangular  
 Circular

**Confinement Bars**

Ties  
 Spiral

**Longitudinal Bars - Rectangular Configuration**

Clear Cover for Confinement Bars:

Number of Longit Bars Along 3-dir Face:

Number of Longit Bars Along 2-dir Face:

Longitudinal Bar Size:

**Confinement Bars**

Confinement Bar Size:

Longitudinal Spacing of Confinement Bars:

Number of Confinement Bars in 3-dir:

Number of Confinement Bars in 2-dir:

**Section**

**Properties**



## DETALLADO DE VIGAS Y COLUMNAS

**Design Type**

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

---

**Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center**

Top:

Bottom:

**Reinforcement Overrides for Ductile Beams**

	Left	Right
Top	<input type="text" value="38."/>	<input type="text" value="38."/>
Bottom	<input type="text" value="19."/>	<input type="text" value="19."/>

**Section**

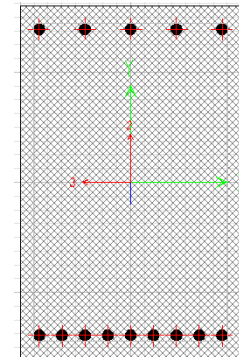
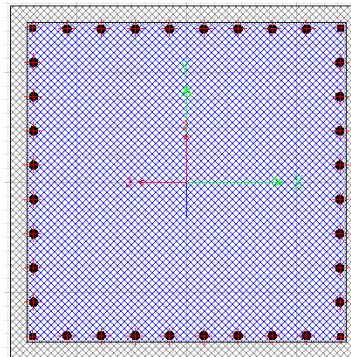
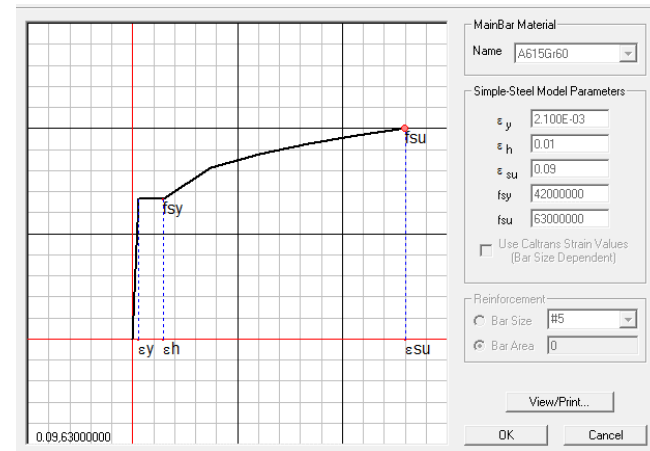
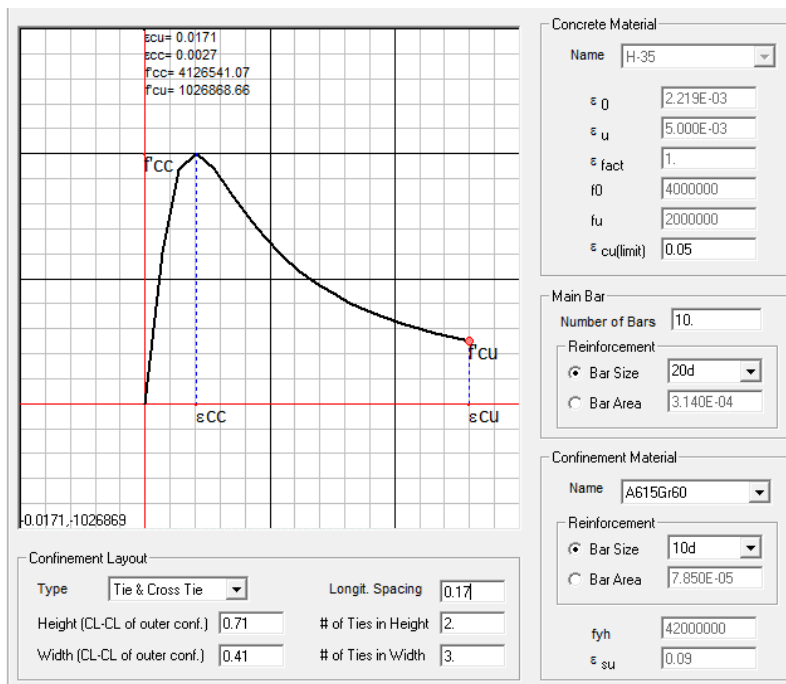
**Properties**

[Section Properties...](#)

[Time Dependent Properties...](#)



# MOMENTO-CURVATURA





# PARÁMETROS FINALES SEGÚN ASCE-SEI-41-13

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.05
D-	-0.2	-0.025
C-	-1.05	-0.025
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.03	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05

Symmetric

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.05
D-	-0.2	-0.025
C-	-1.04	-0.025
B-	-1	0
A	0	0
B	1.	0.
C	1.04	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05

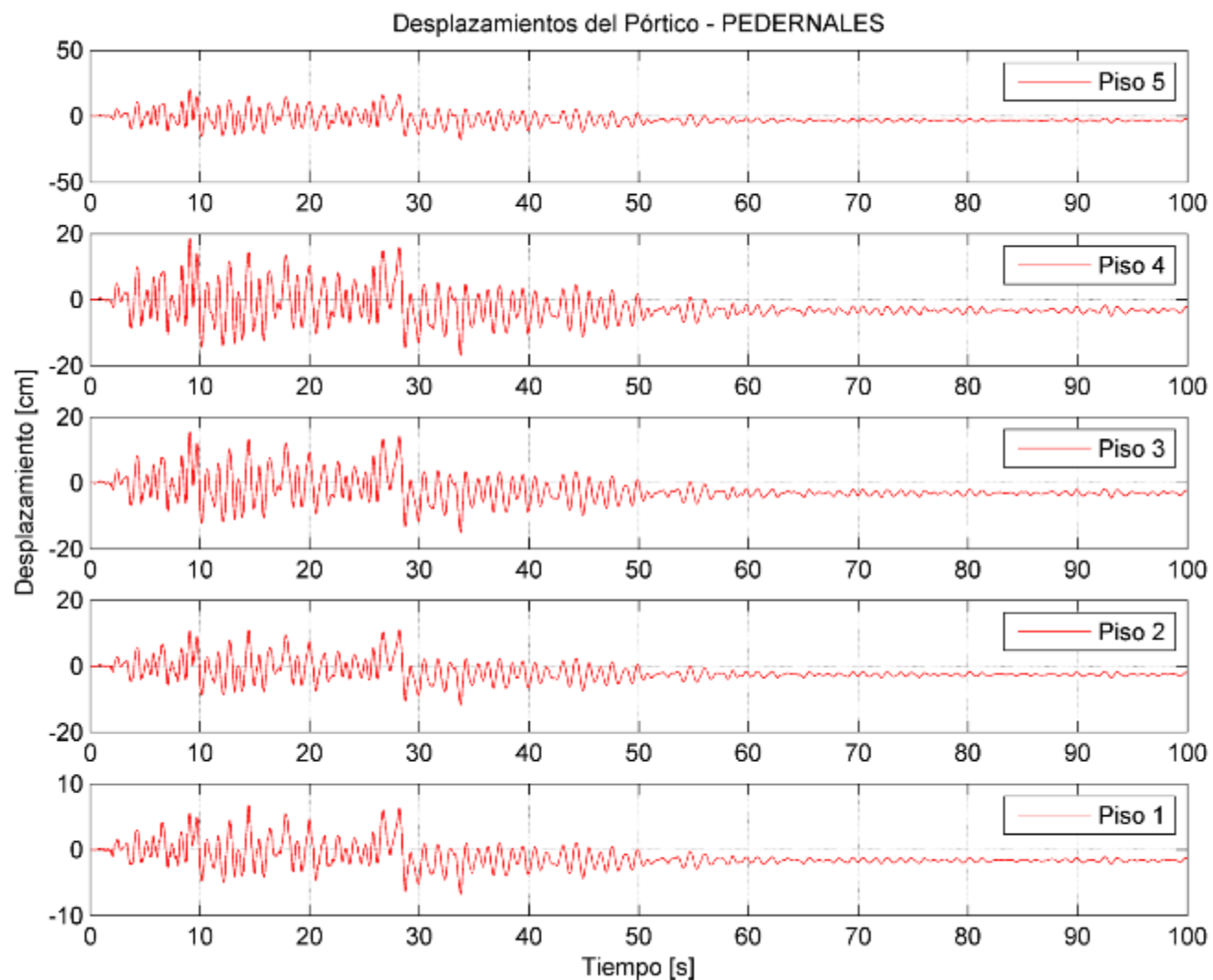
Symmetric

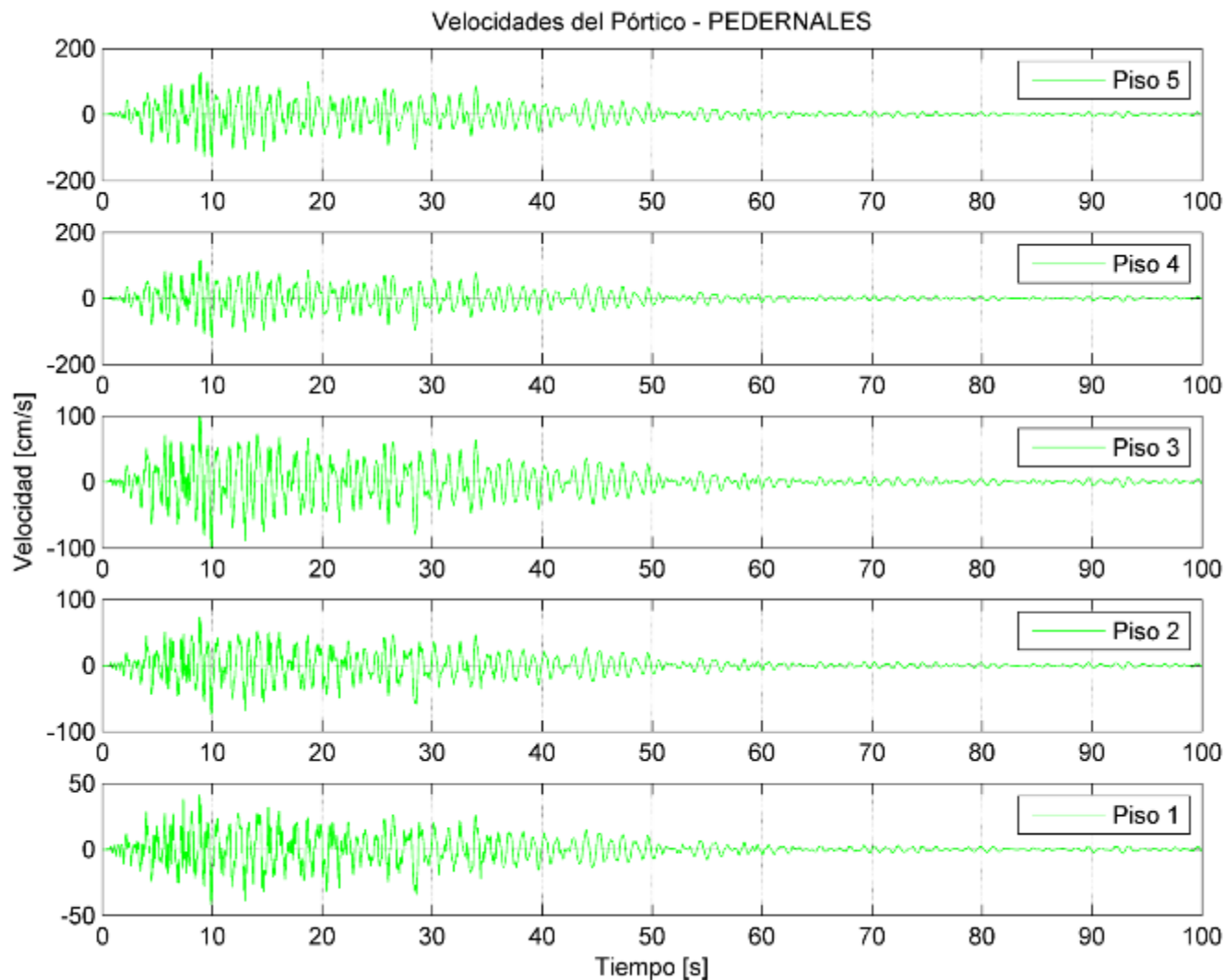
Moment Rotation Data for Selected Curve

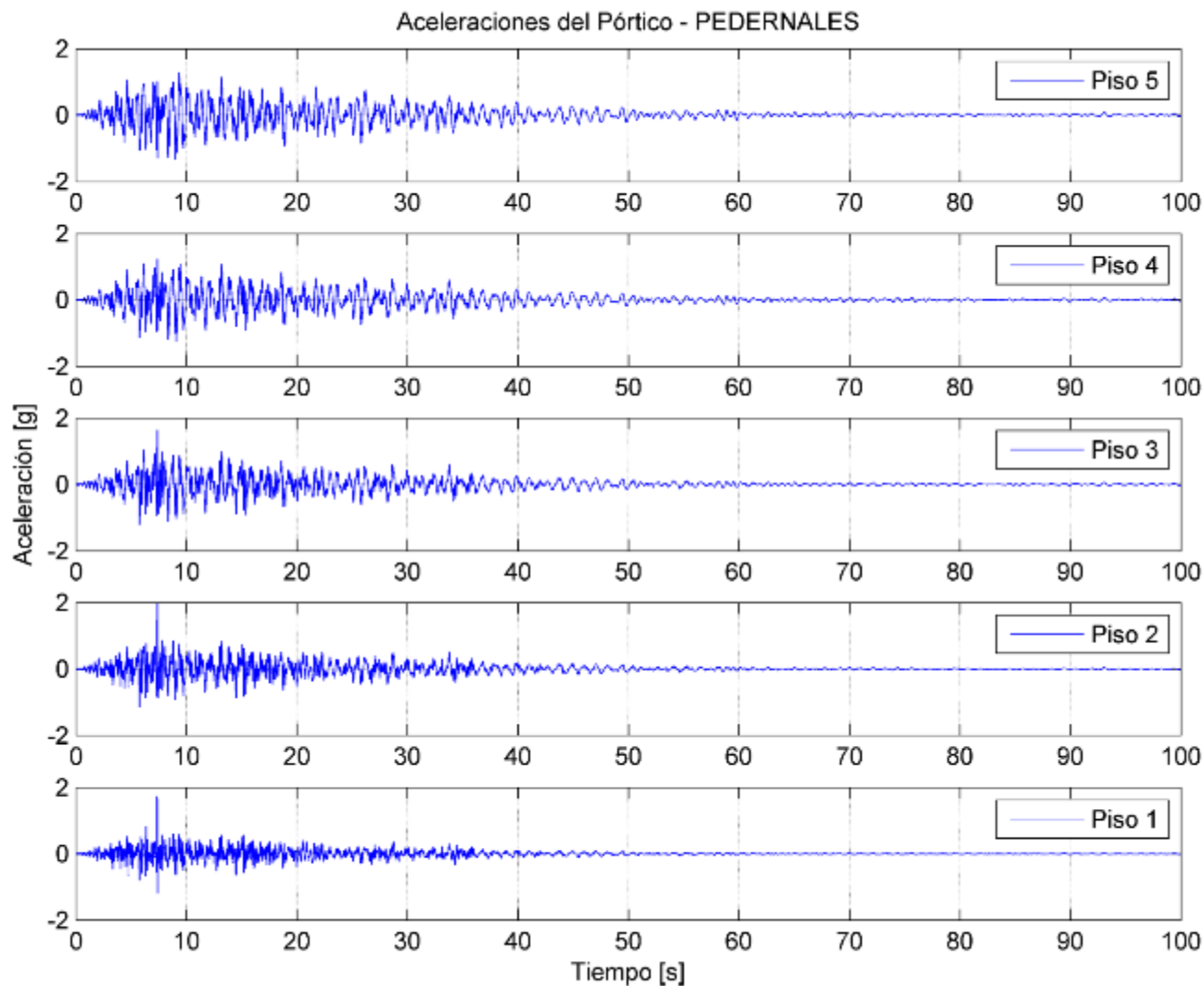
Point	Moment/Yield Mom	Rotation/SF
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.12	0.035
D	0.2	0.035
E	0.2	0.06

Note: Yield moment is defined by interaction curve



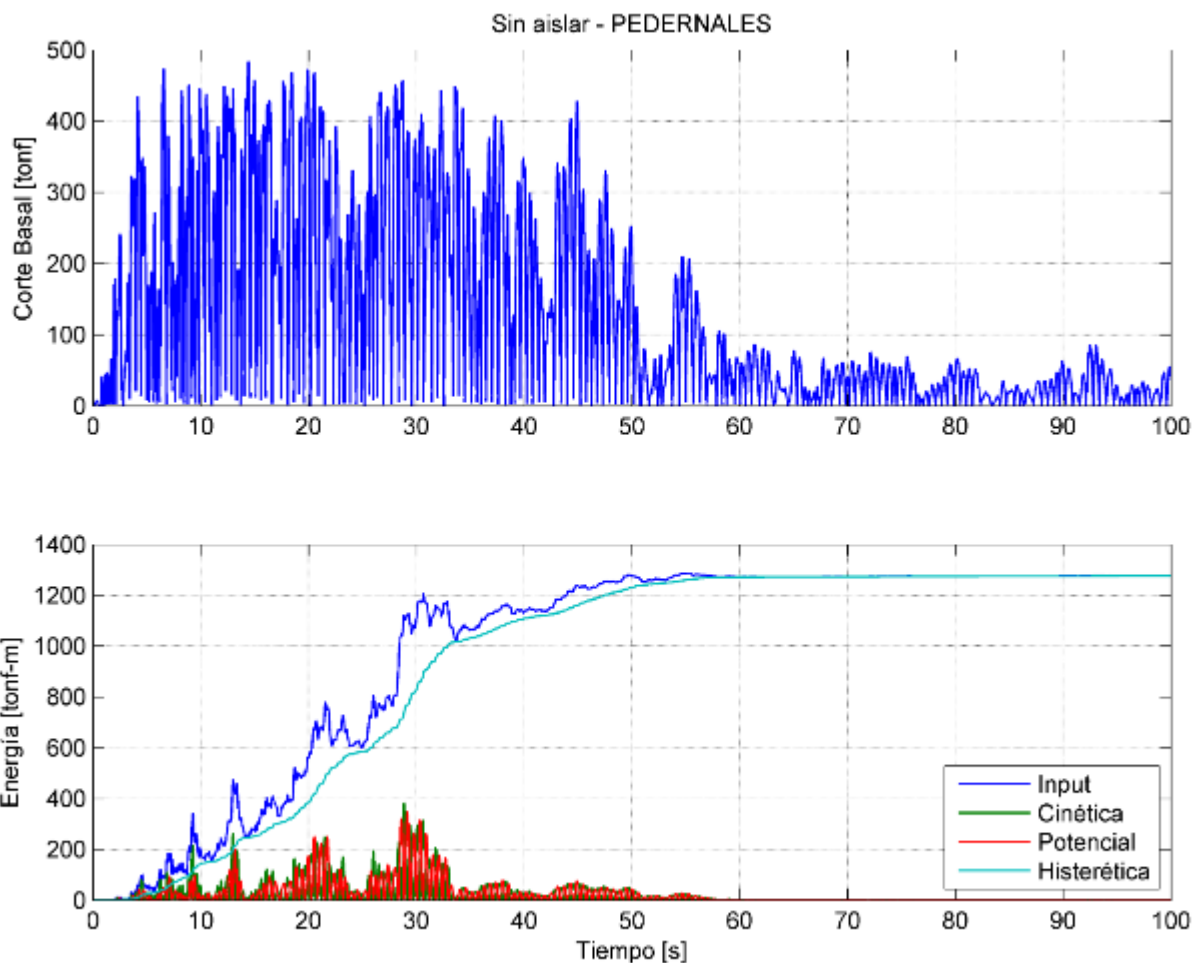






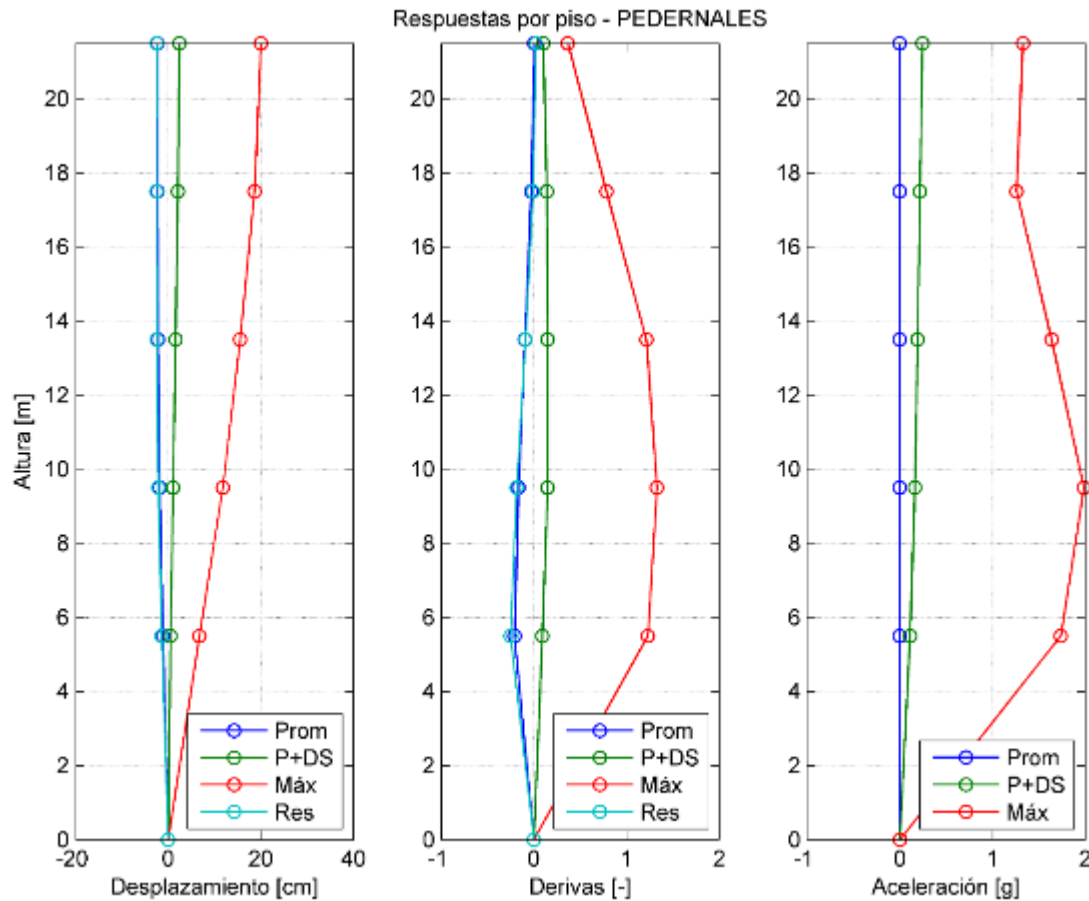


## CORTANTE BASAL Y ENERGÍA EN ESTRUCTURA





# DESPLAZAMIENTO – DERIVA – ACELERACIÓN POR NIVEL





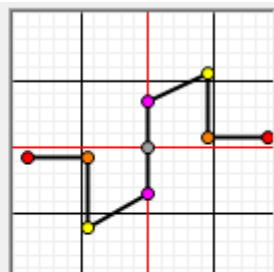


# GRADO DE INCURSIÓN INELÁSTICA

Nivel de daño		FEMA-NBIS-2009	FEMA-356	ASCE/SEI 41-13	
				VIGAS	COLUMNAS
<i>IO</i>	<i>Moderado</i>	0.007	0.01	0.010	0.005
<i>LS</i>	<i>Extensivo</i>	0.020	0.02	0.025	0.045
<i>CP</i>	<i>Completo</i>	0.053	0.04	0.050	0.060

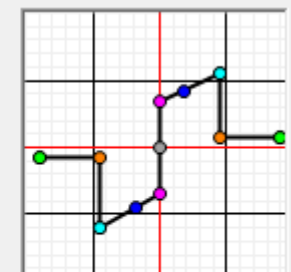
- Immediate Occupancy
- Life Safety
- Collapse Prevention

Point	Moment/SF	Rotation/SF
D-	-0.2	-0.025
C-	-1.74	-0.025
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.58	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05

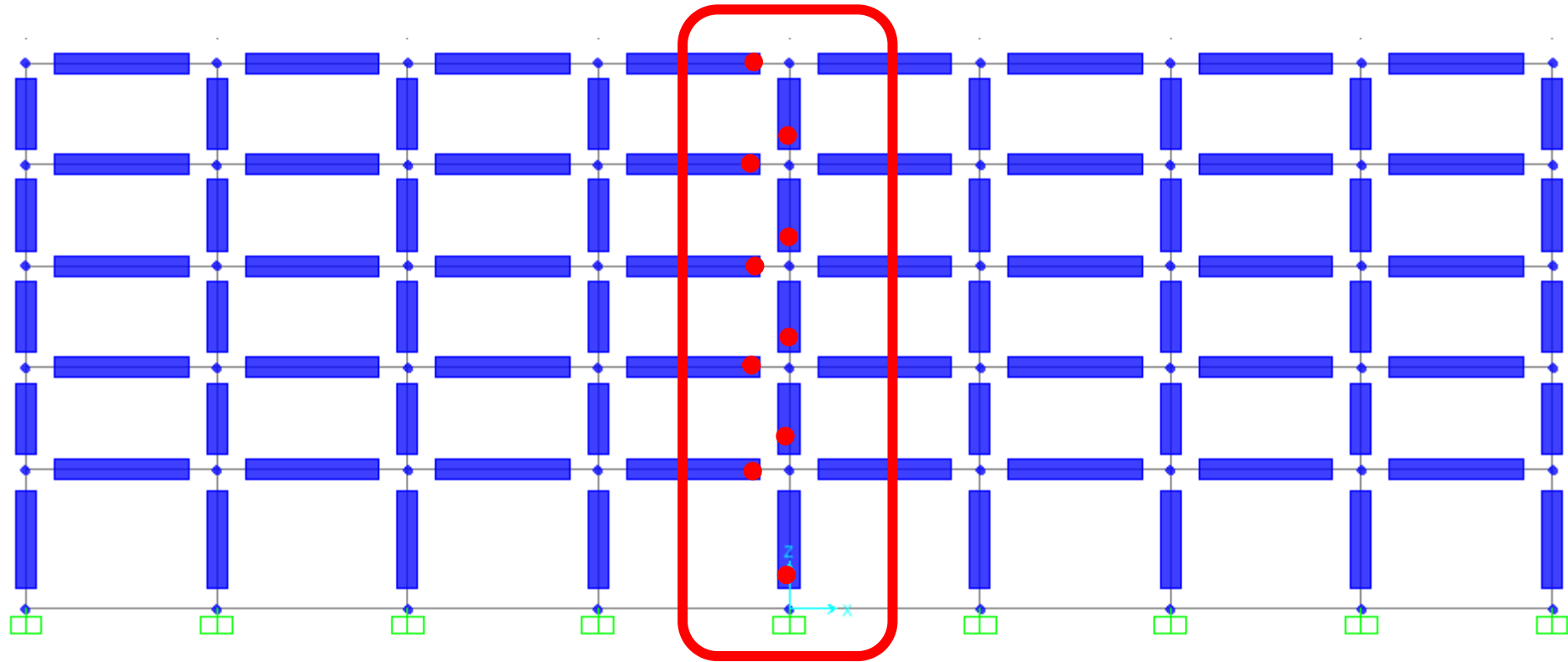


Symmetric

Point	Moment/SF	Rotation/SF
D-	-0.2	-0.025
C-	-1.74	-0.025
B-	-1.	0.
A	0.	0.
B	1.	0.
C	1.58	0.025
D	0.2	0.025
E	0.2	0.05



Symmetric

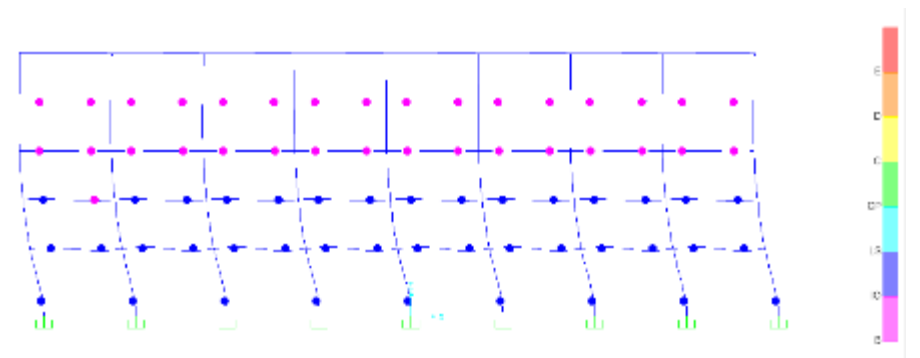
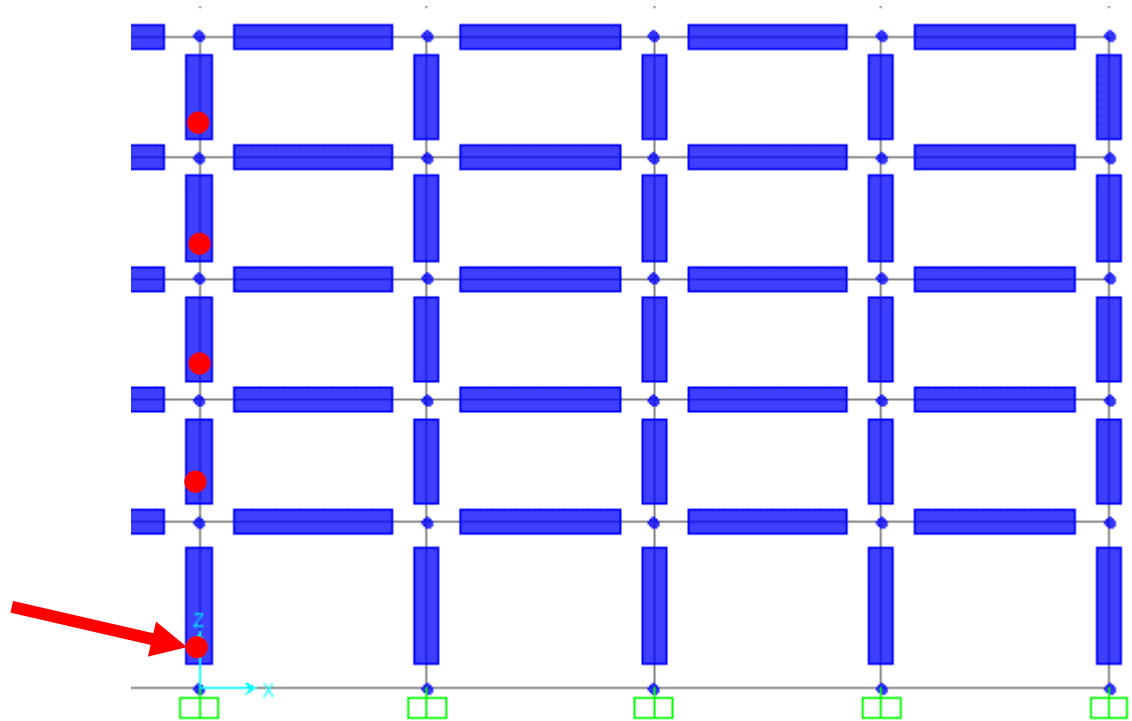
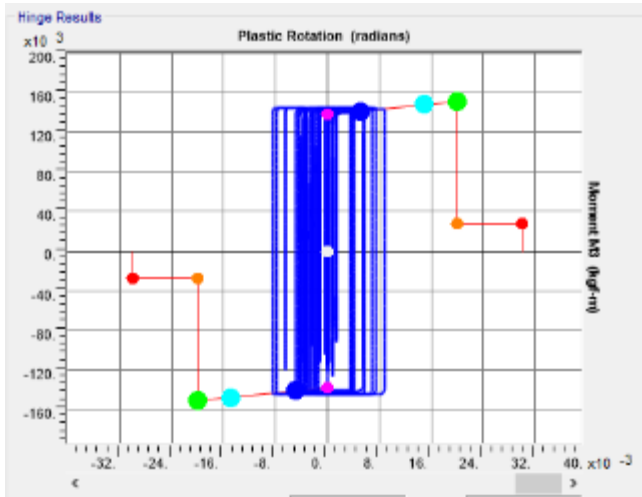




# MOMENTO-ROTACIÓN EN COLUMNAS



# PEDERNALES



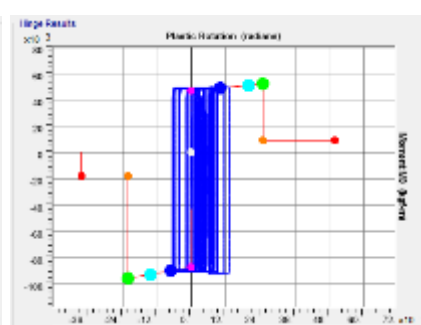
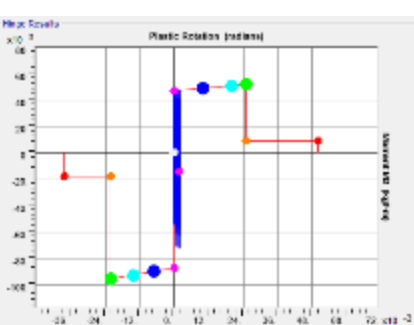
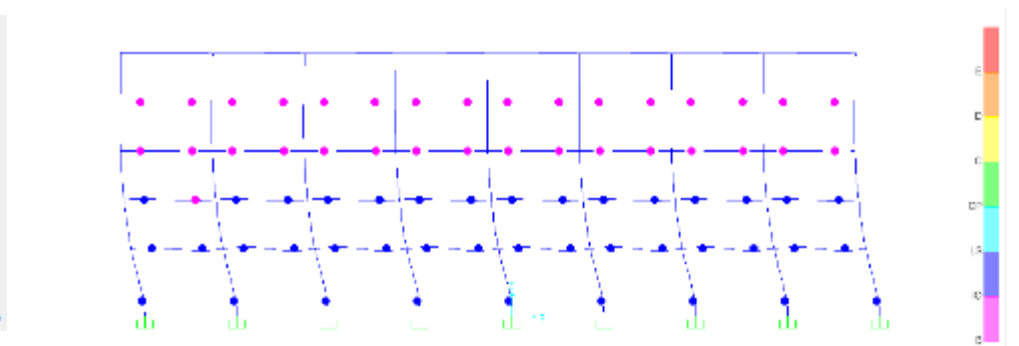
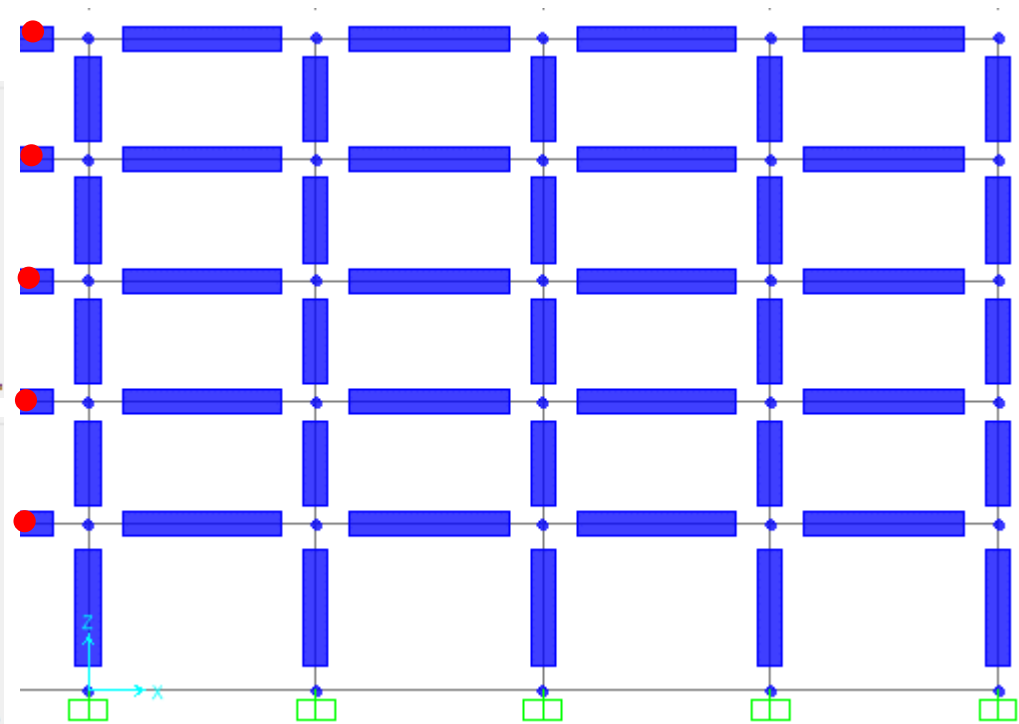
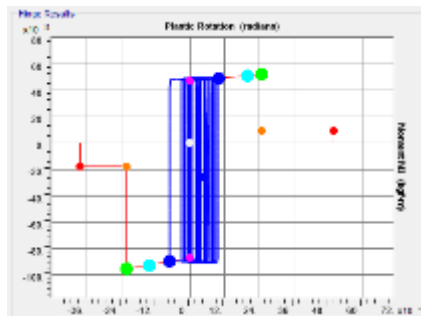
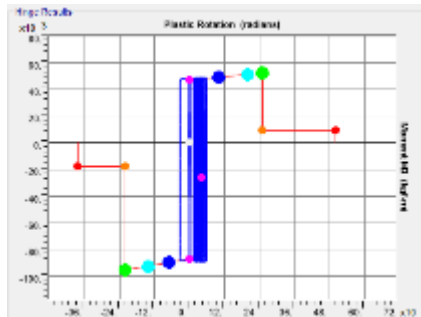


# MOMENTO-ROTACIÓN EN VIGAS





# PEDERNALES





# GRADO DE INCURSIÓN INELÁSTICA

Nivel de daño		ASCE/SEI 41-13	REGISTROS SÍSMICOS
		VIGAS	PEDERNALES
	<i>Fluencia</i>		
<b>IO</b>	<i>Moderado</i>	0.010	
<b>LS</b>	<i>Extensivo</i>	0.025	
<b>CP</b>	<i>Completo</i>	0.050	

Nivel de daño		ASCE/SEI 41-13	REGISTROS SÍSMICOS
		BASE DE COLUMNAS	PEDERNALES
	<i>Fluencia</i>		
<b>IO</b>	<i>Moderado</i>	0.005	
<b>LS</b>	<i>Extensivo</i>	0.045	
<b>CP</b>	<i>Completo</i>	0.060	

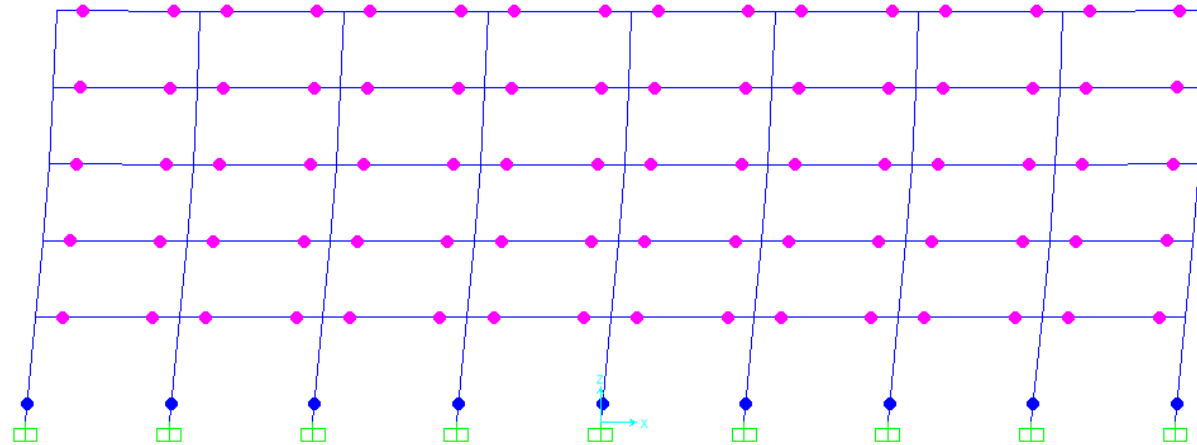


**Table C2-4. Structural Performance Levels and Illustrative Damage**

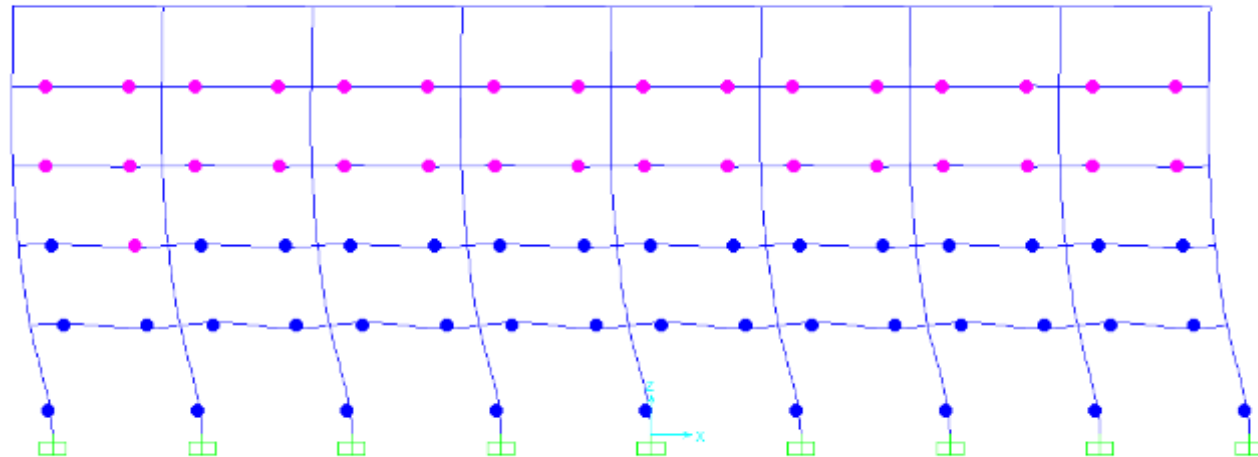
Seismic-Force-Resisting System	Type	Structural Performance Levels		
		Collapse Prevention (S-5)	Life Safety (S-3)	Immediate Occupancy (S-1)
Concrete frames	Primary elements	Extensive cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.	Extensive damage to beams. Spalling of cover and shear cracking in ductile columns. Minor spalling in nonductile columns. Joint cracks.	Minor cracking. Limited yielding possible at a few locations. Minor spalling of concrete cover.
	Secondary elements	Extensive spalling in columns and beams. Limited column shortening. Severe joint damage. Some reinforcing buckled.	Major cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.	Minor spalling in a few places in ductile columns and beams. Flexural cracking in beams and columns. Shear cracking in joints.



# CONSTITUCIÓN

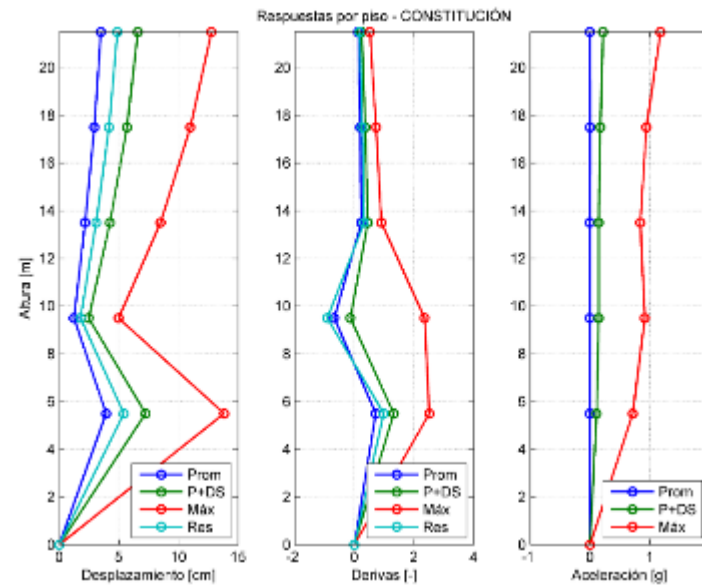


# PEDERNALES

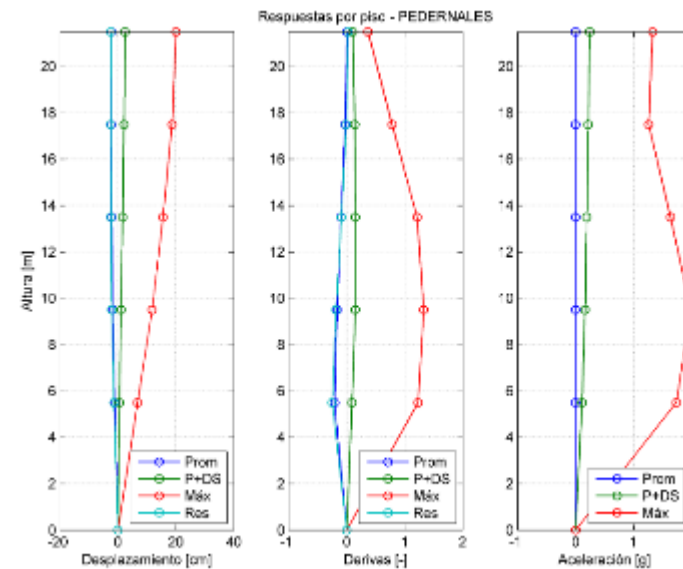


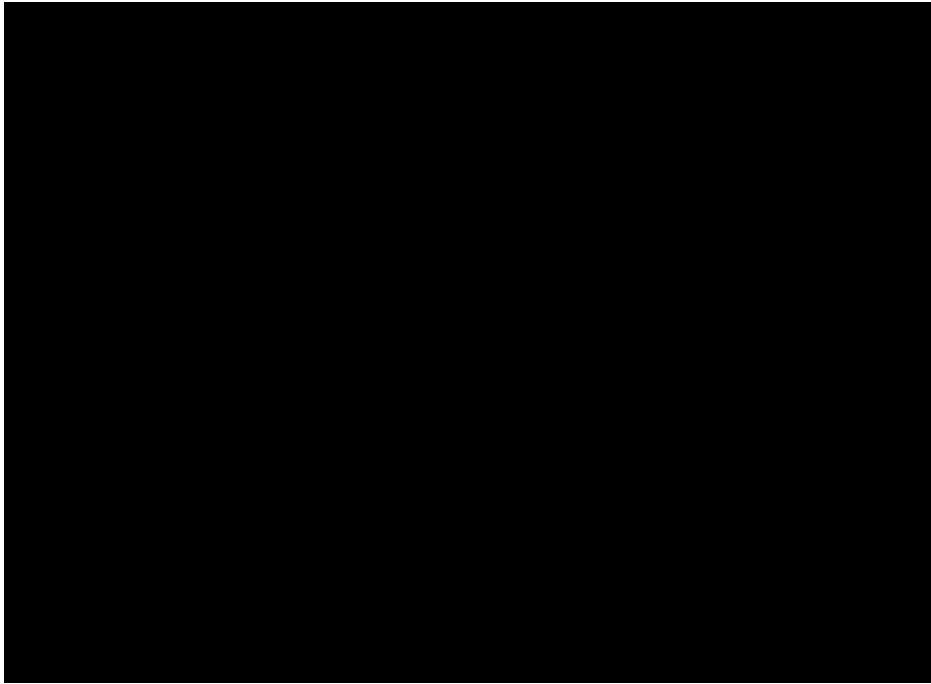


# CONSTITUCIÓN

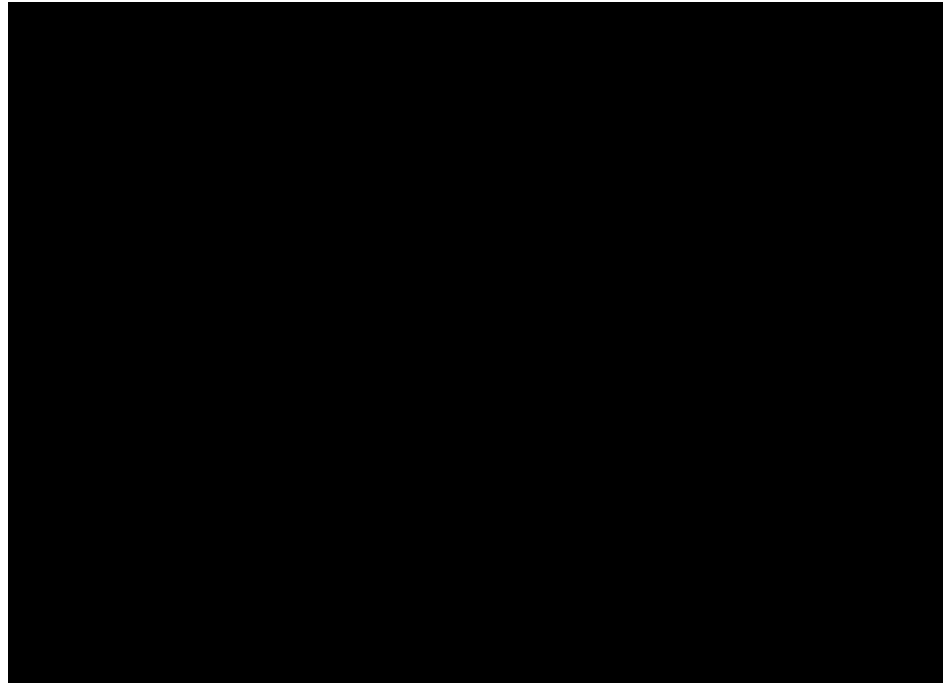


# PEDERNALES





## CONSTITUCIÓN



## PEDERNALES





## COMENTARIOS FINALES

1. La ciencia depende de la capacidad de entendimiento la sociedad a través de investigadores respecto a los fenómenos físicos. Aprendemos de los errores.
2. La Patología Estructural, no es exacta... la Ingeniería Estructural tampoco.
3. Con qué grado de certidumbre afronta Ud. sus proyectos de Ingeniería?
4. Por qué la Ingeniería Japonesa y Chilena ha mostrado buenos resultados ante eventos sísmicos de Magnitud considerable y recurrencia elevada?
5. Que ocurrió en Sismo de Ecuador 2016?
6. Por qué fallaron tantas edificaciones?
7. Se pueden tomar acciones correctivas ante dicha situación?
- 8.Cuál es el mejor método de análisis estructural?
9. Es posible disminuir el Riesgo Sísmico?, Cómo?
10. Que es ductilidad y como debo verificarla?, para qué nos sirve?



**Gracias!!!**