



San Bartolomé

Investigaciones Experimentales en Placas Delgadas de Concreto Armado con Ductilidad Limitada

Blog: <http://blog.pucp.edu.pe/concretoarmado>

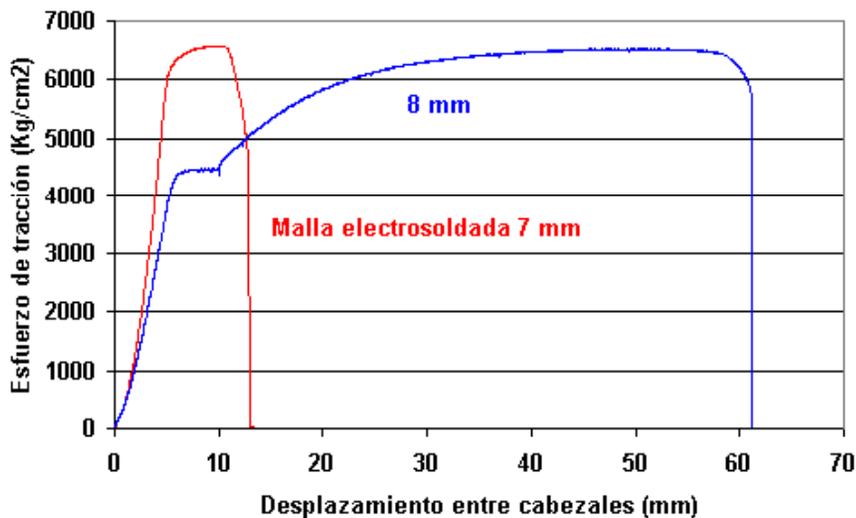
Apoyo: Ing. Alejandro Muñoz y:



Desde el 2001 hasta el 2006, se utilizaba en los muros de todos los pisos malla electrosoldada en la zona central y refuerzo vertical dúctil en los extremos. A partir del 2006 se prohibió el uso de malla electrosoldada en los primeros pisos.



Ensayo de Tracción de Varillas



Estas mallas tienen ductilidad reducida en comparación con las varillas convencionales.

Puesto que los muros son de 10cm de espesor, sus bordes no pueden confinarse con estribos y tampoco puede colocarse doble malla, por esa razón a estas edificaciones se les denomina:

SISTEMAS DE DUCTILIDAD LIMITADA



Construcción



Encofrados Metálicos

ENCOFRADOS FORSA

Encofrado para Muros



Encofrado para Techos



Elementos del encofrado FORSA para muros

Tableros



Desmoldante



**Tableros coplanares
conectados con pernos
ranurados ajustados
con chiletas**



Conectores de tableros paralelos (corbatas en la unión de 2 tableros)



Alineadores y puntales



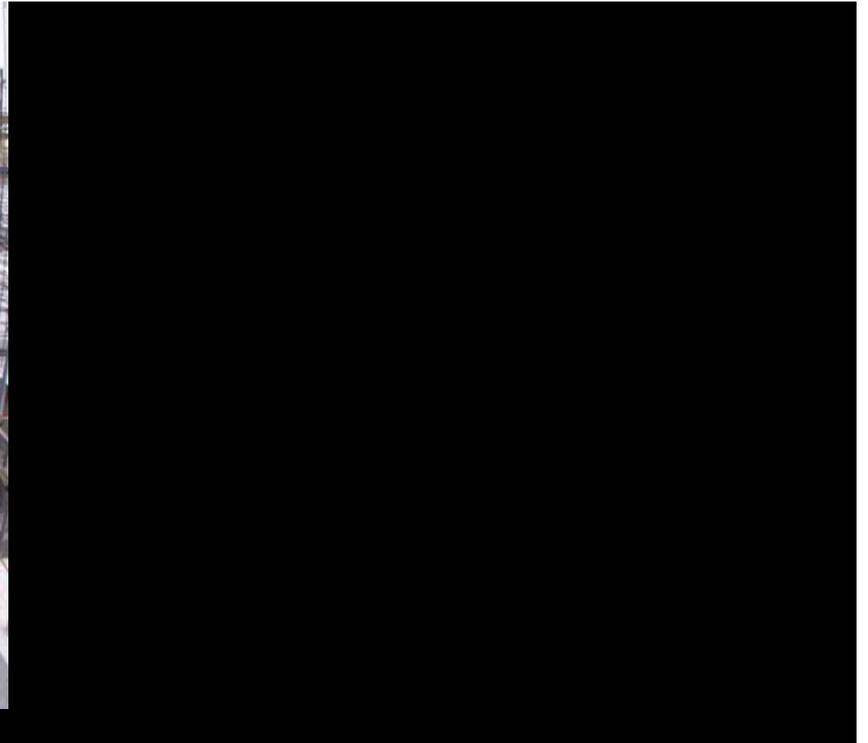
Extractor de corbatas





Encofrado FORSA para Techo





Las losas y muros se vacían al mismo tiempo





Encofrados EFCO para muros





Encofrado EFCO para techos



En la segunda etapa se vacía el techo





El concreto que se utiliza es premezclado rheoplástico, con slump = 10" y baja relación a/c $f'c$ (mín) = 175 kg/cm² preparado en Mixer y vaciado con Bomba



Visitas de Reconocimiento a Obras en Construcción





VENTAJAS:

- Rapidez constructiva
- Economía

DESVENTAJAS:

- Poca acústica
- Baja termicidad
- Fisuras

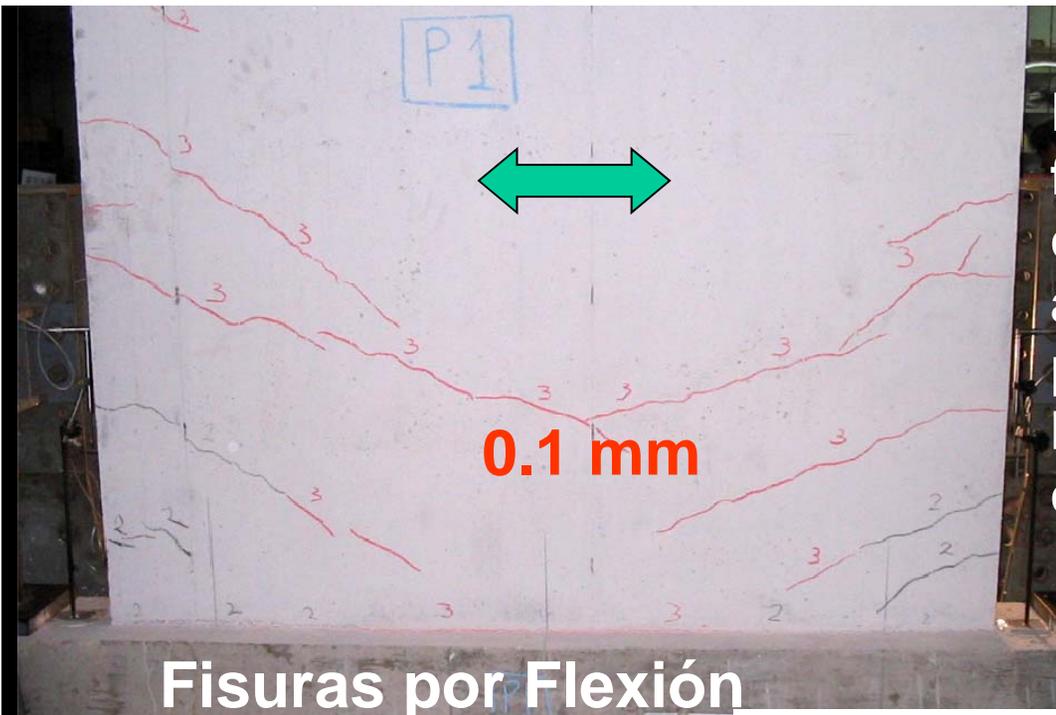
1) Fisuración por Contracción de Secado



Al secar el concreto trata de contraerse, pero, al encontrarse restringido en sus bordes, se generan tracciones que originan fisuras, principalmente en zonas débiles, por ejemplo, donde existen tuberías. Estas fisuras pueden dar lugar a:

- Corrosión del refuerzo a largo plazo si no se sellan las fisuras impermeabilizándolas
- Plano potencial de falla, cuando ocurran sismos, se pierde "Vc"

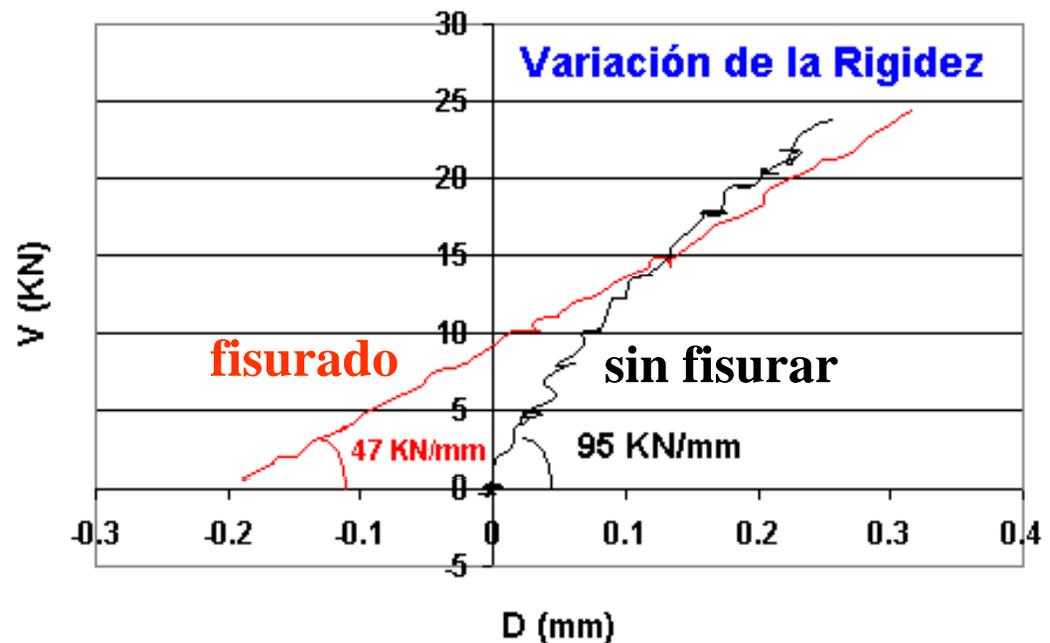




Los efectos que causa la fisuración por contracción de secado aún no han sido analizados experimentalmente, pero, fisuras finas por flexión han generado gran pérdida de rigidez lateral.

Fisuras por Flexión

Al disminuir la rigidez lateral, se genera una redistribución de los esfuerzos sísmicos, variando los resultados del análisis elástico.



CAUSAS QUE INCREMENTAN LA CONTRACCIÓN DE SECADO

- Excesiva cantidad de polvo en los agregados.
- Excesiva cantidad de agua o de cemento en la mezcla.
- Técnica inadecuada de curado. Antes los encofrados se retiraban a los 7 días, ahora se retiran al día siguiente del vaciado y se usan curadores químicos en los muros.



En ciertos casos ha podido observarse que el uso de cemento puzolánico atenúa la fisuración por secado. Esto aún no ha sido investigado en los edificios de ductilidad limitada.

PARA ATENUAR LA CONTRACCION
SE PROPONE USAR:

Fibra de
Polipropileno
Fibermesh



Juntas
de
control



fibra metálica

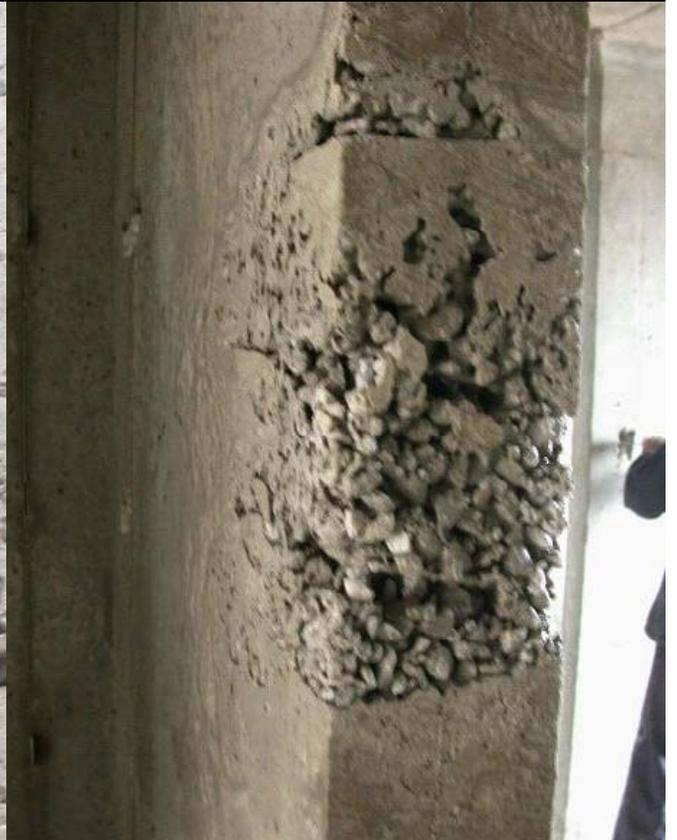
Losa con fierro
Convencional

Losa con
Dramix
antes después

Pero, usualmente
sellan las fisuras con
pintura polivinílica



2) Cangrejas





•Congestión de tuberías



SE PRODUCEN POR:



•Congestión de refuerzo



- Mala compactación del concreto.
- Agregado grueso muy grande.
- Concreto de poca fluidez.



El concreto rheoplástico debe ser preparado en mixer, vaciado con bomba y compactado con vibradora de aguja o golpeando al encofrado externamente.





El concreto queda debilitado en una zona crítica, sujeta a flexión y cizalle.

3) Segregación del concreto en la base de muros



$f'_c = ???$



CAUSAS DE LA SEGREGACIÓN:

- Altura de vaciado mayor que 1.2m



- Filtración de lechada en encofrados no herméticos





Por lo general resanan externamente la zona segregada empastándola, pero internamente siguen presentes.

4) Junta de construcción lisa

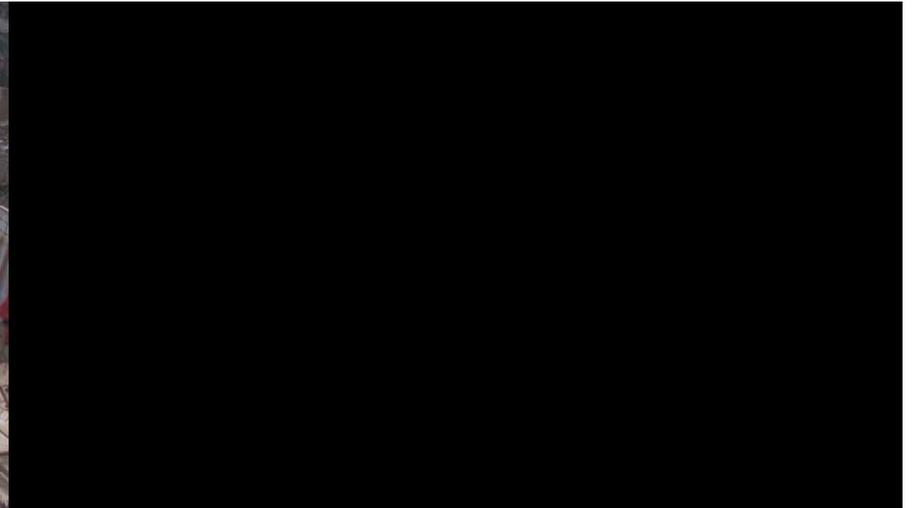


Estas juntas deberían ser rayada, limpias de lechadas y de partículas sueltas.



5) Traslapes a la misma altura





En el primer piso el refuerzo vertical debería ser continuo, porque allí se formará la rótula plástica cuando ocurran terremotos.



Tubería Continua

6) Barras verticales grifadas



Una barra doblada no trabaja hasta que se enderezca





7) Tuberías en Muros

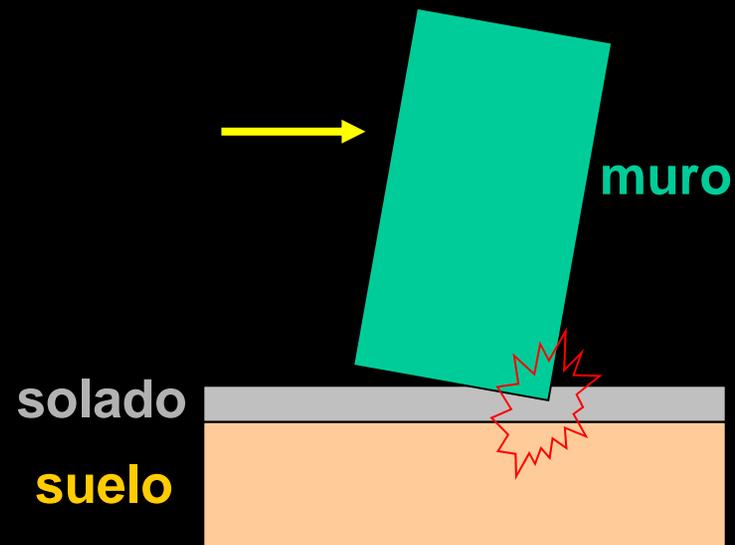
**Talón
flexocomprimido,
→ trituración
→ corto circuito
→ incendio**



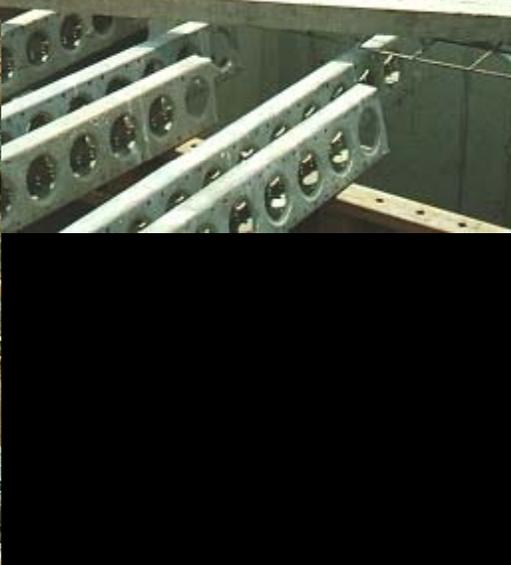
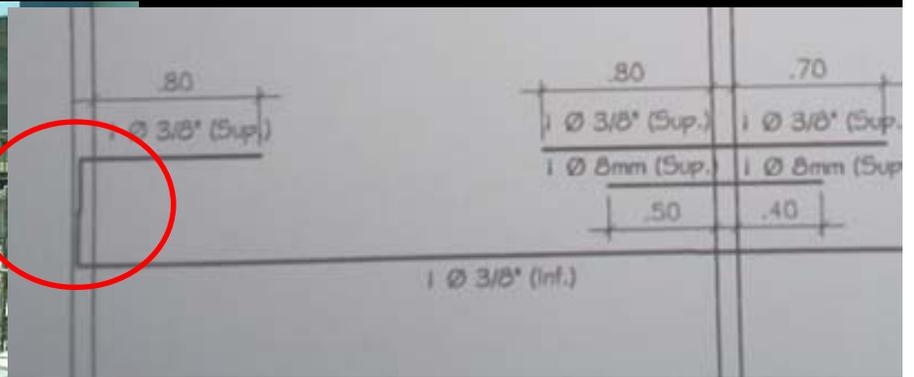
**Pérdida de sección
→ baja resistencia
a flexión, corte
y a compresión.**



8. Escaso recubrimiento → corrosión



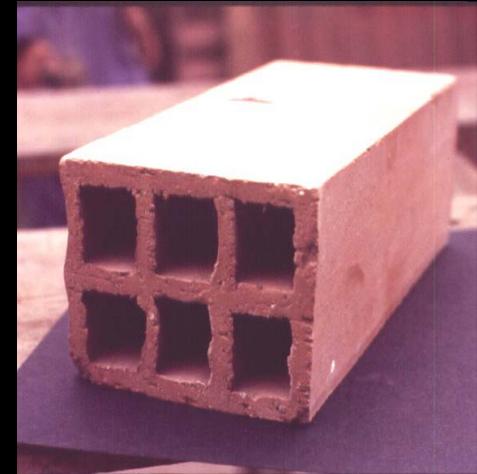
9. Anclaje



9) Baja densidad de muros en una dirección

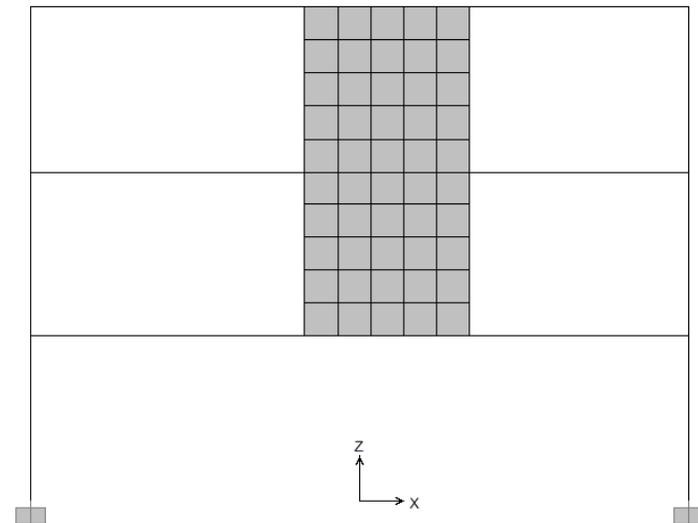
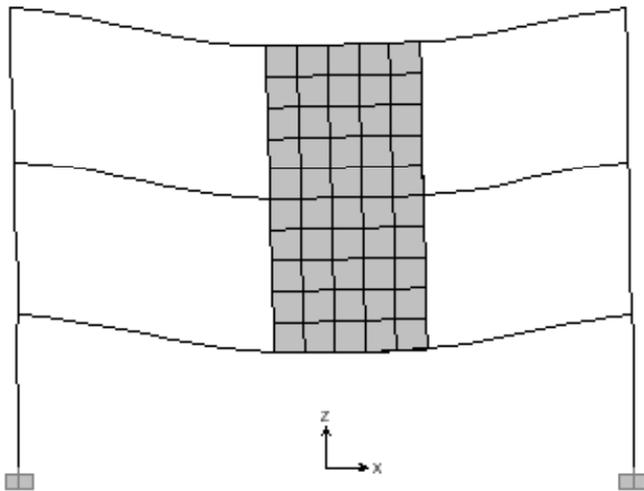


Edificio semejante a un ladrillo pandereta



10) Emparrillados de Transferencia

Usualmente se obvian las aceleraciones verticales en el análisis estructural → punzonamiento del techo



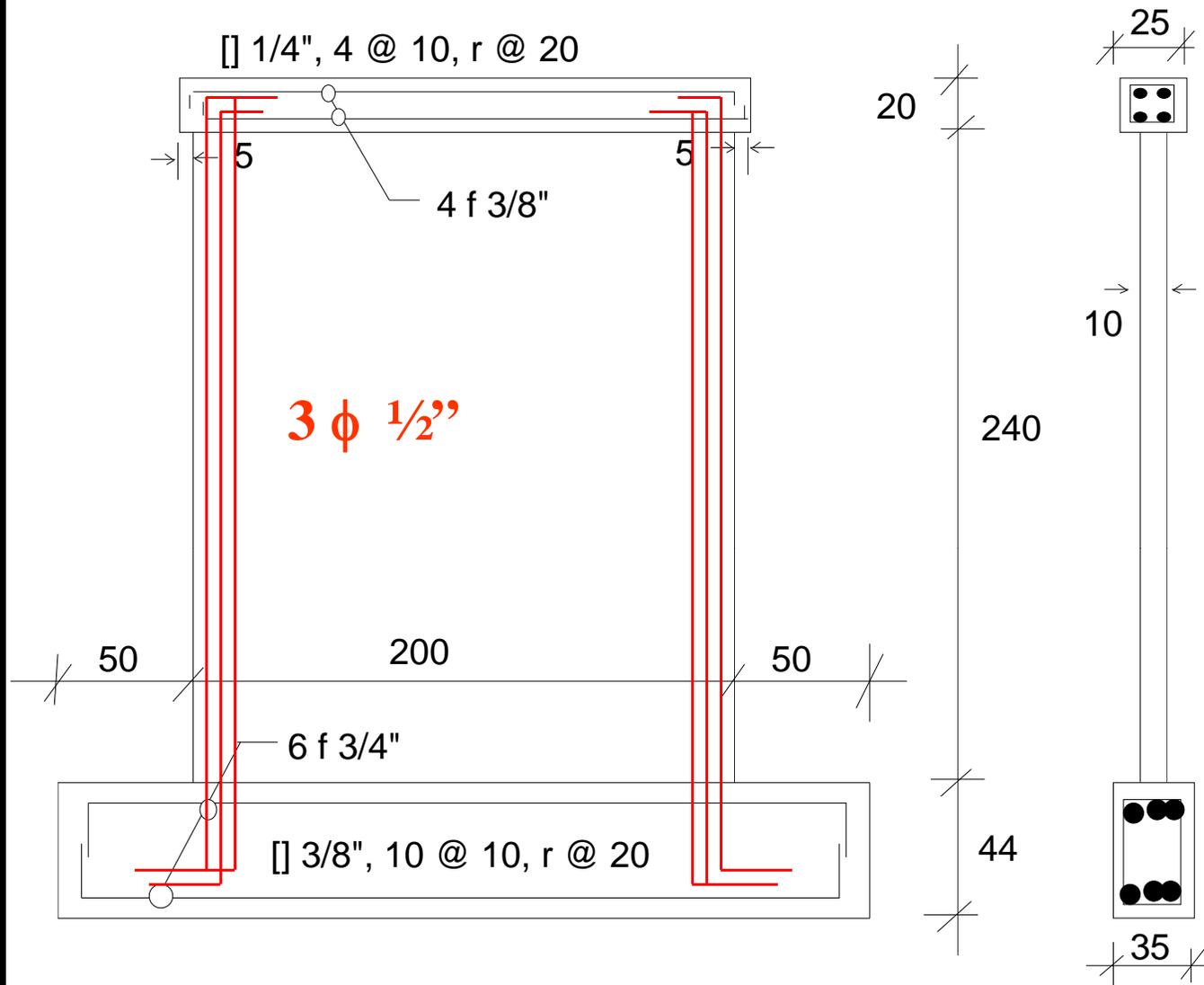
Investigaciones Experimentales

Comportamiento Sísmico de Placas de Concreto Reforzadas con Malla Electrosoldada

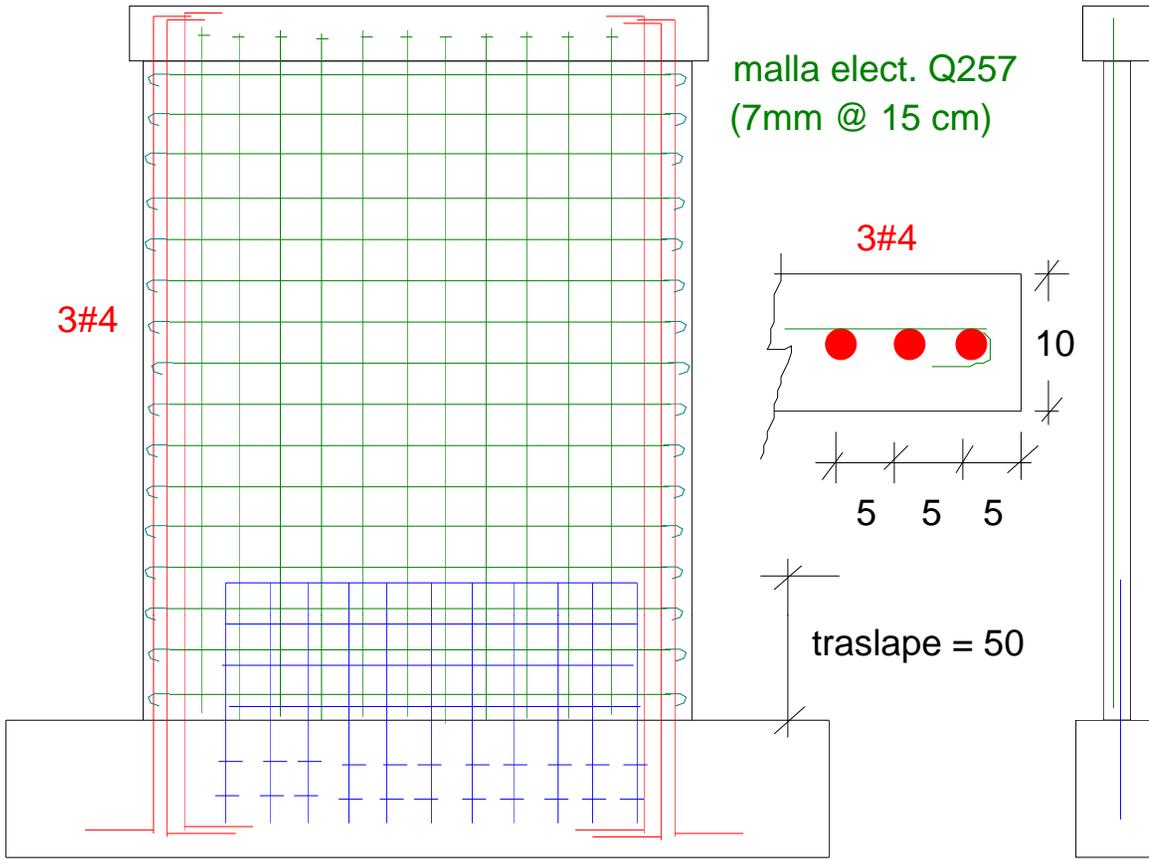
Alejandro Muñoz, Mariela Villa García y Claudia Acuña

OBJETIVOS:

- **Estimar el factor de reducción de las fuerzas sísmicas “R”.**
- **Determinar los niveles de desplazamientos inelásticos que permitan asegurar un adecuado comportamiento del sistema.**
- **Analizar la efectividad de las mallas electrosoldadas.**



Los tres muros tuvieron la misma cuantía de refuerzo vertical y horizontal (0.0025), asimismo, el refuerzo concentrado en los extremos fue $3 \phi 1/2$ “

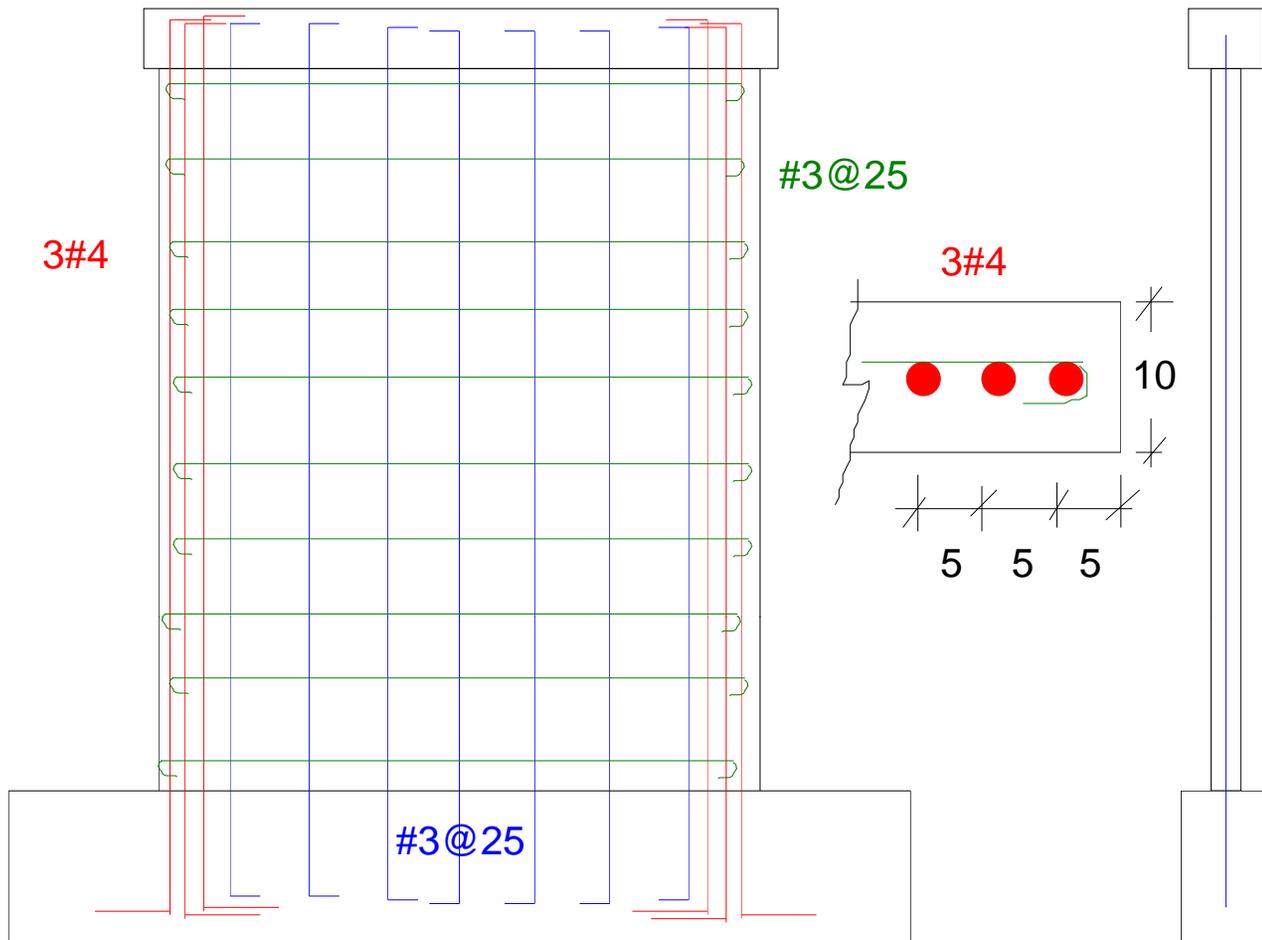


Placa P1 (usual)

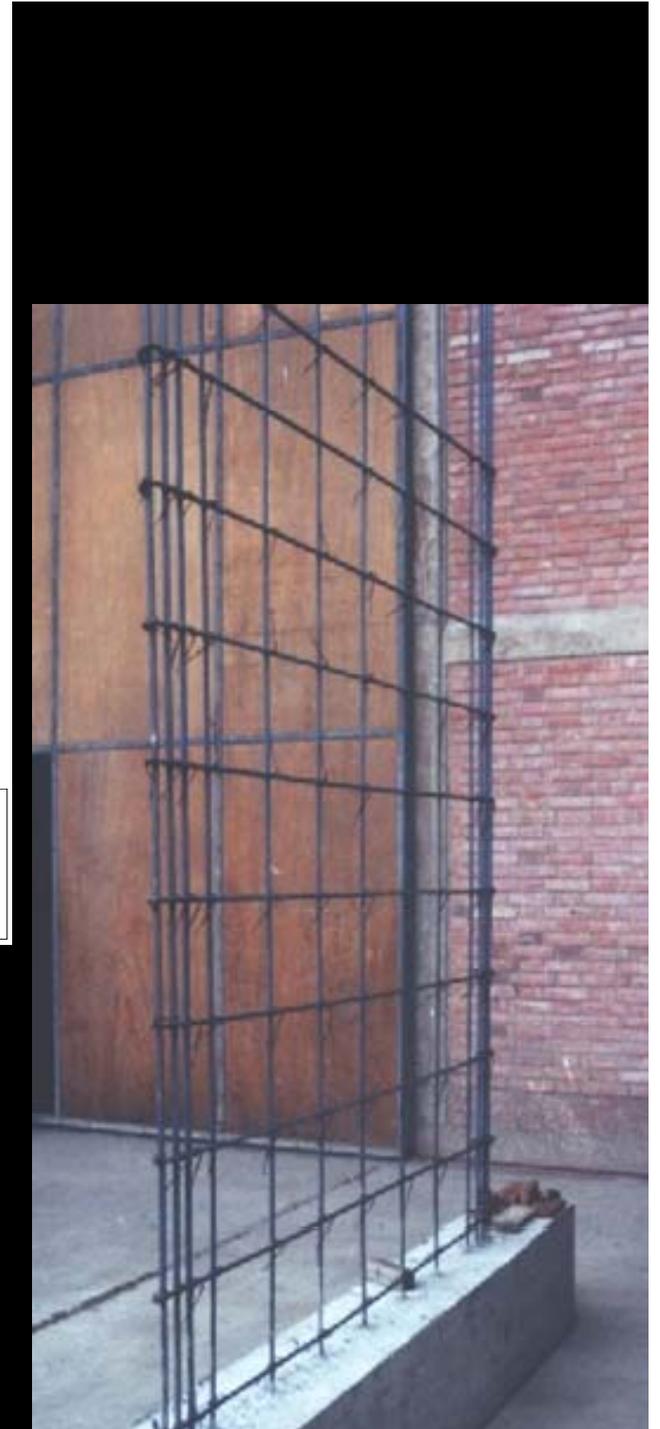


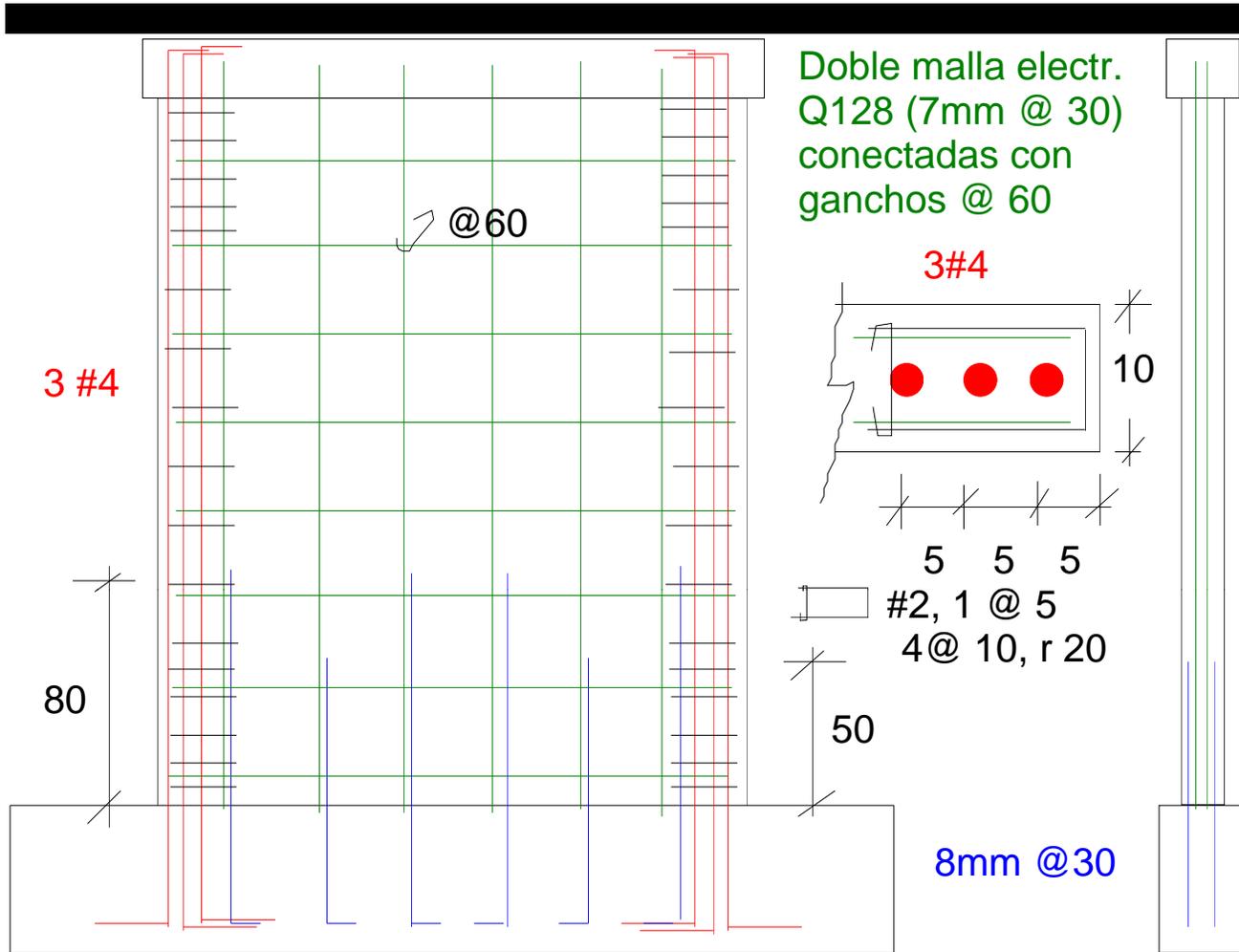


 suple en
 obra real



Placa P2
(refuerzo dúctil y continuo)



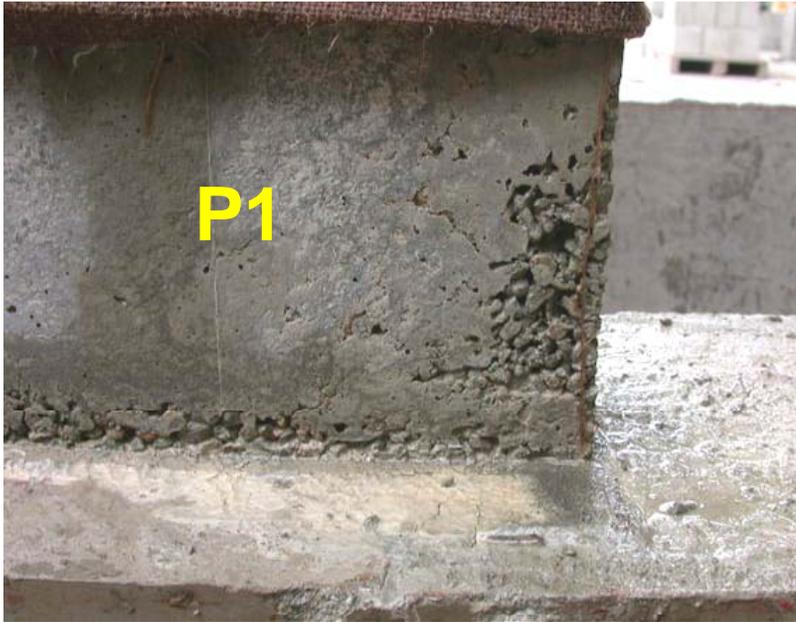


Placa P3

ACI:

- 1) Doble malla cuando $V_u > V_c$
- 2) Confinar cuando $\sigma > 0.2 f'_c$

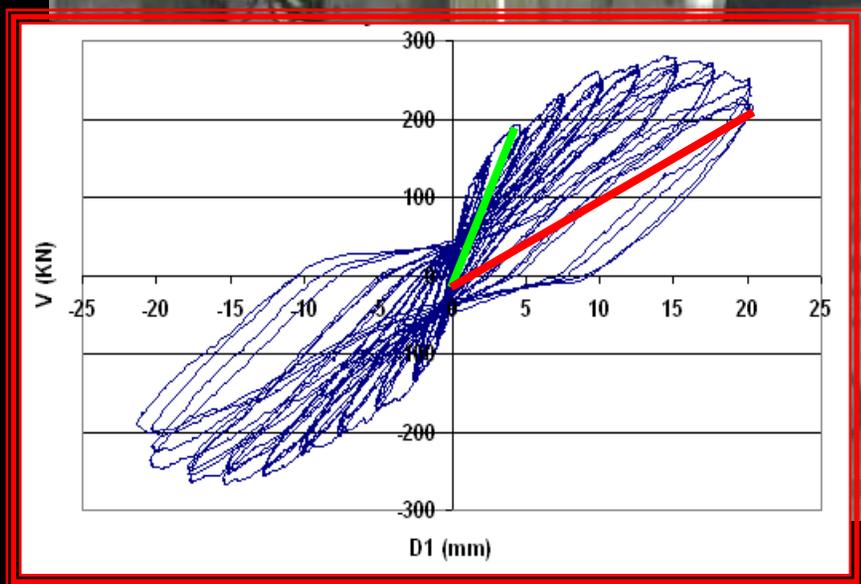




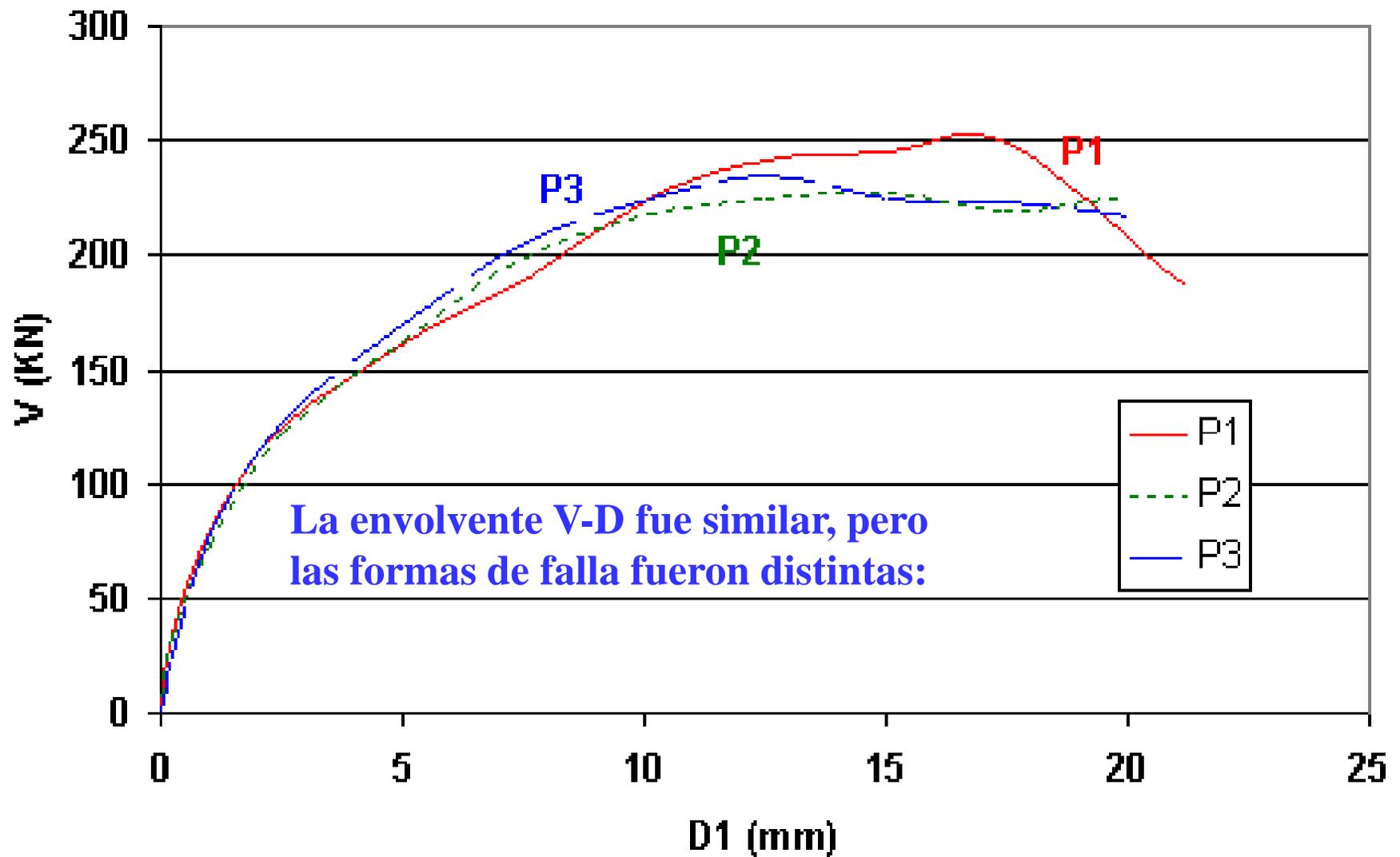
P = 16 ton

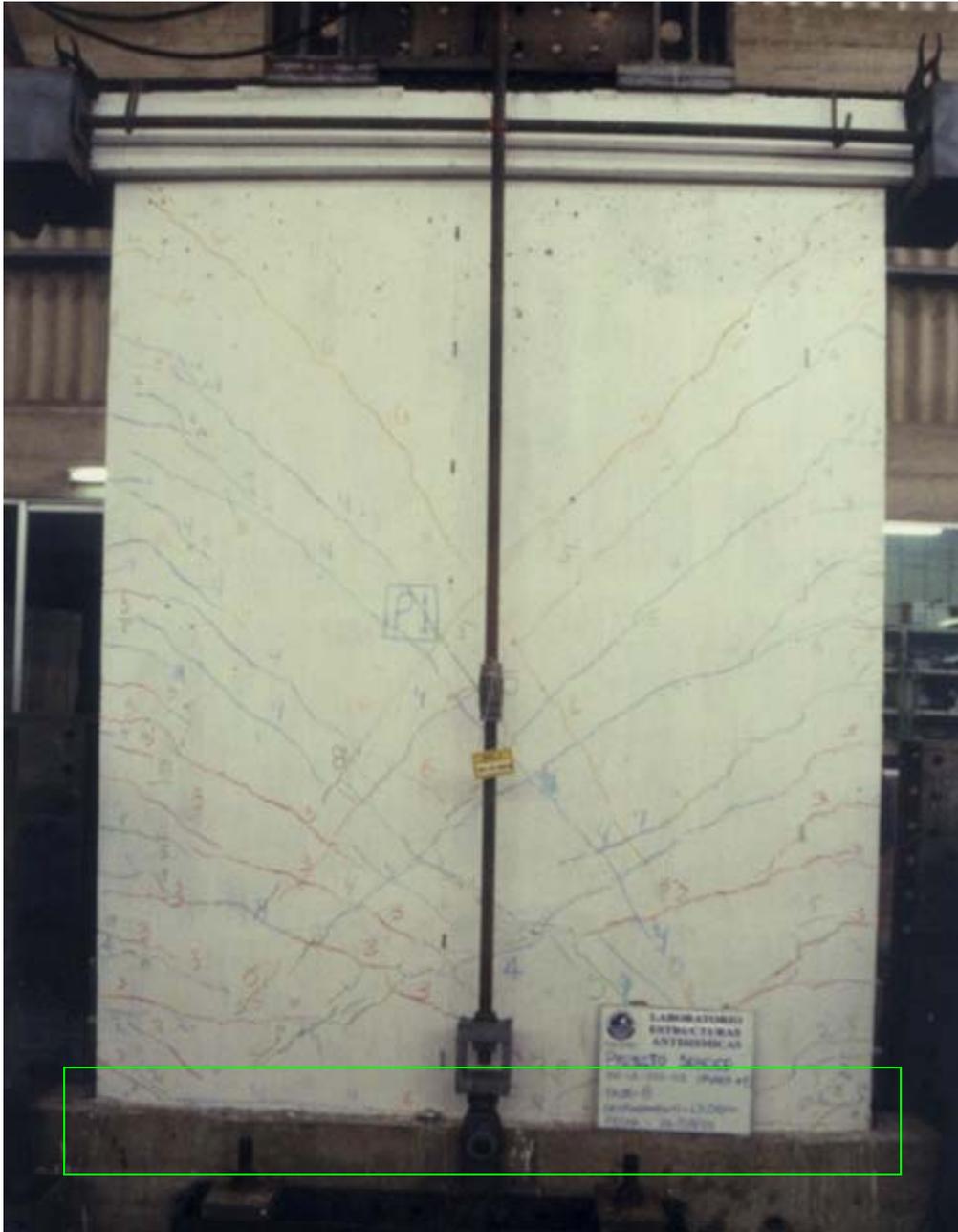
$\sigma = 0.04 f'c$

Lazos histeréticos con rigidez degradante



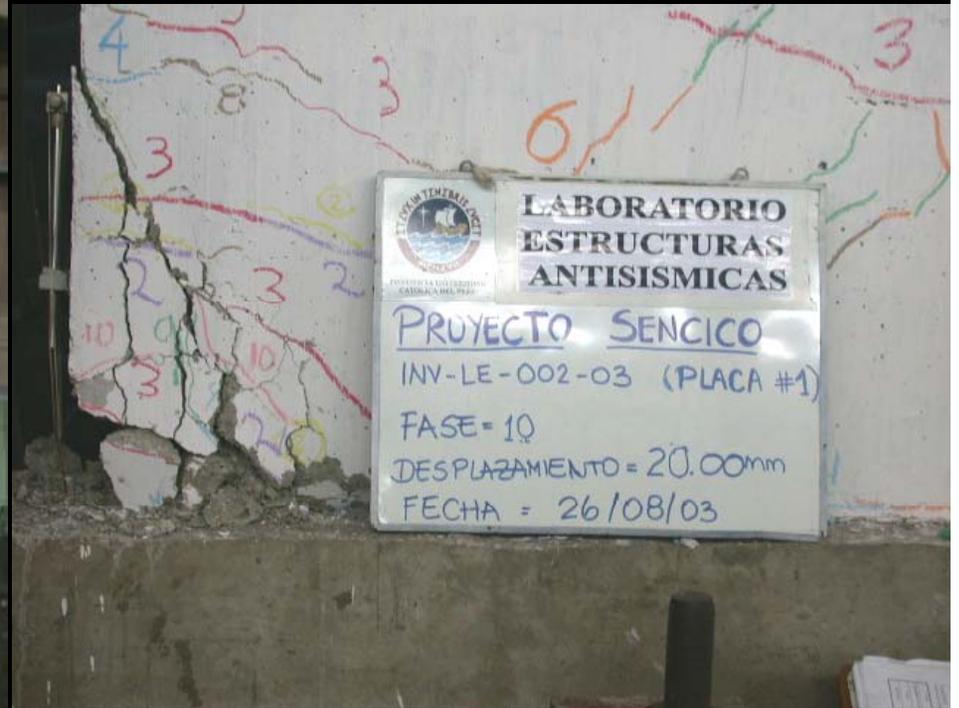
**Gráfico 4. Envolvente de los Ciclos Estables.
Rama Crítica.**





P1

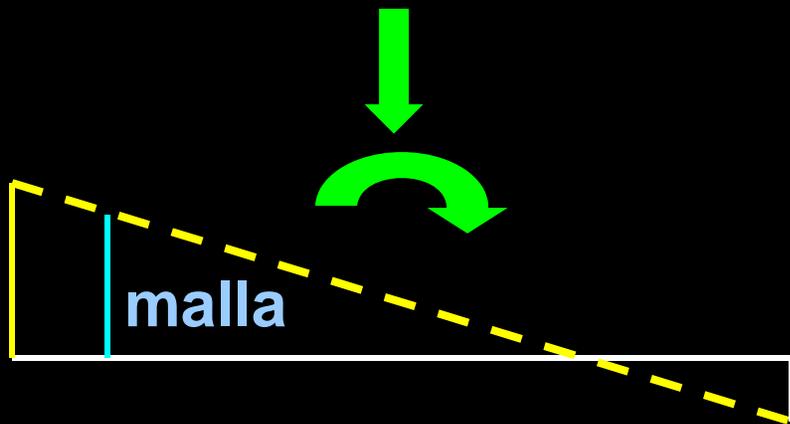
D = 15 mm
Distorsión = 0.006
→ deslizamiento



P1

D = 20 mm

Distorsión = 0.008



**deformaciones unitarias
verticales**

Ensayo de Tracción de Varillas

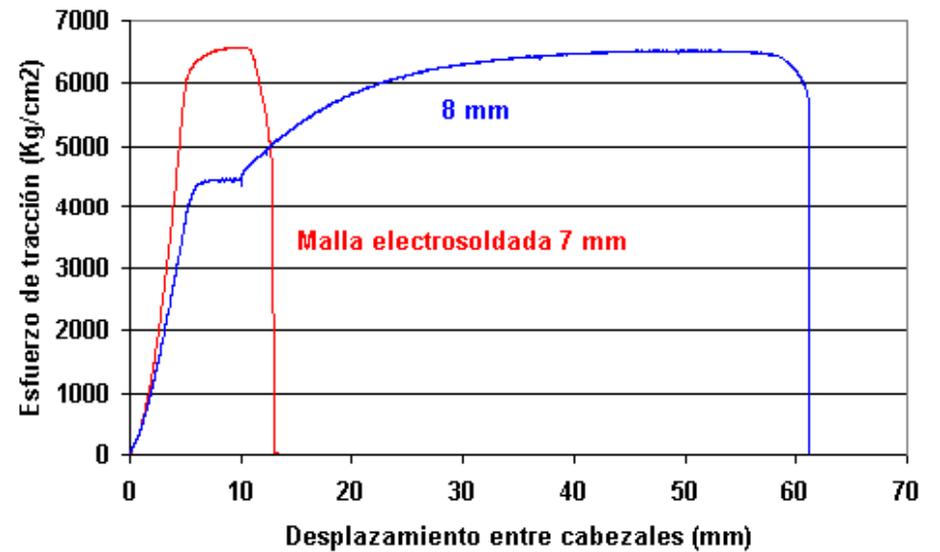
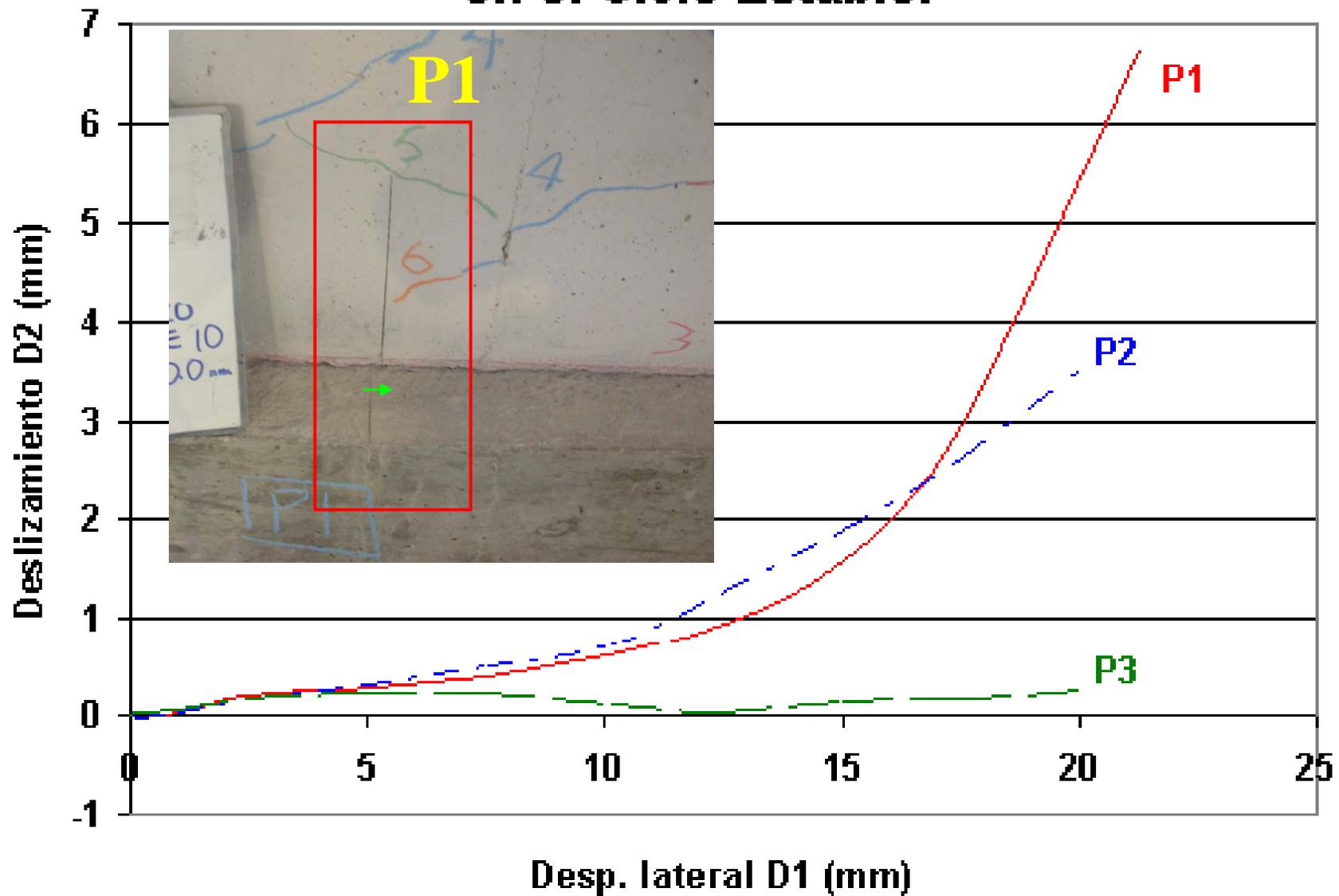
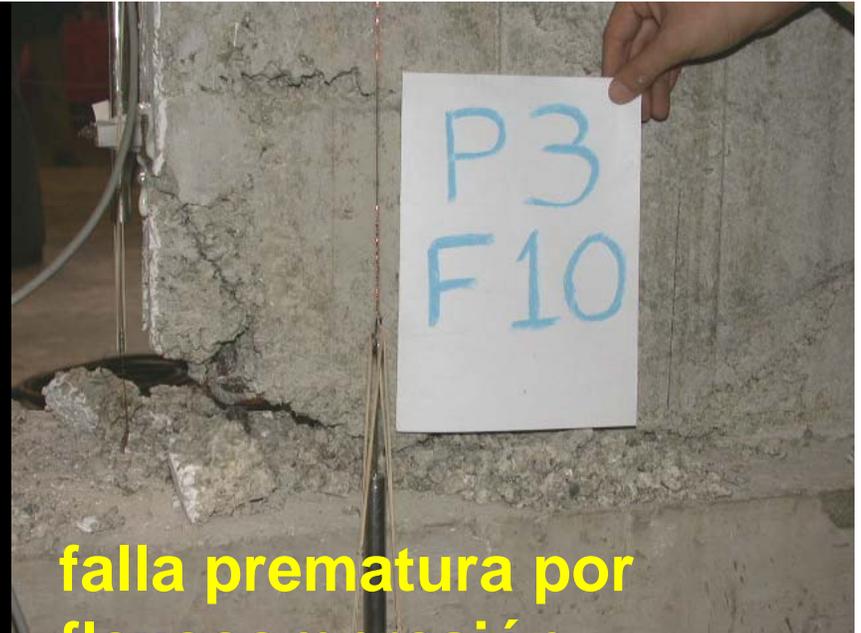


Gráfico 5. Envolvente de Deslizamiento en el Ciclo Estable.





falla prematura por flexocompresión

P3 – $D = 20 \text{ mm}$



cangrejera



horquilla

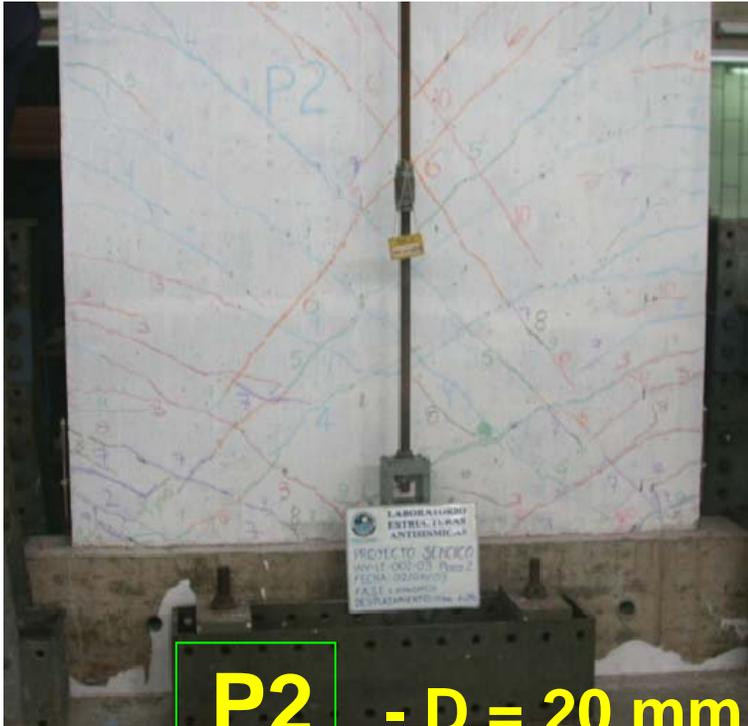
El confinamiento fue efectivo en la esquina sin cangrejera

NO SE RECOMIENDA EL USO DE DOBLE MALLA EN MUROS CON $t = 10$ cm



Las espigas no se activaron por cizalle

espiga



P2 - D = 20 mm



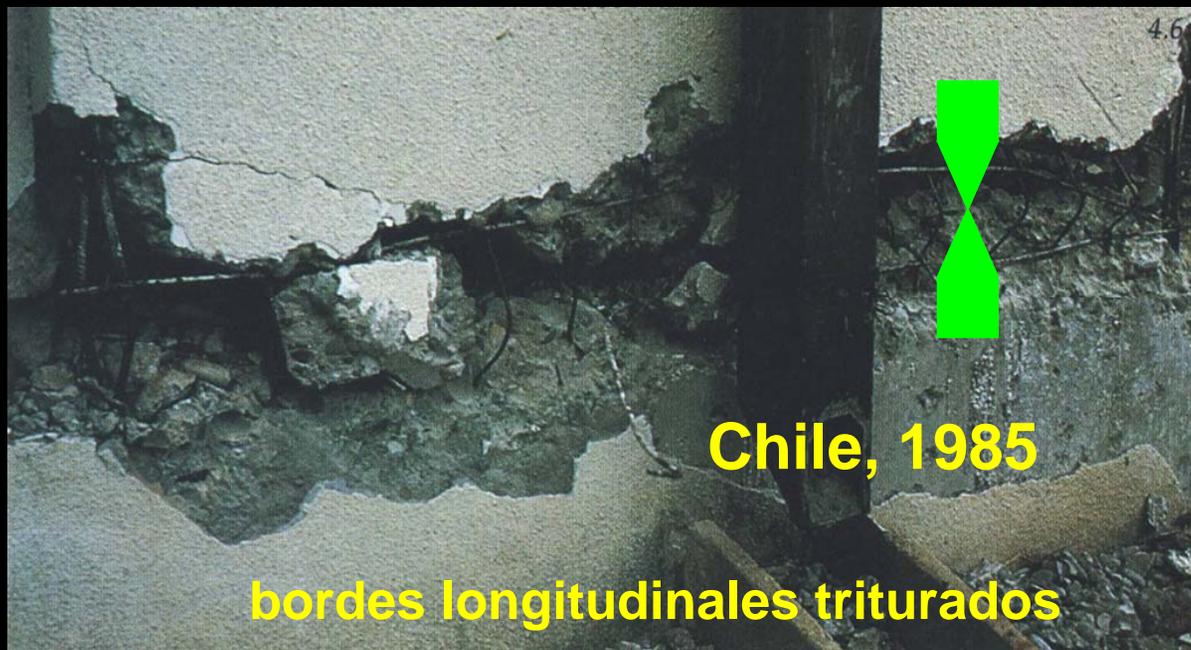
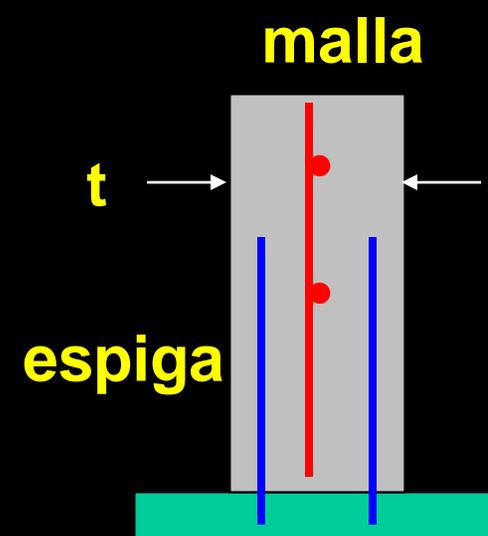
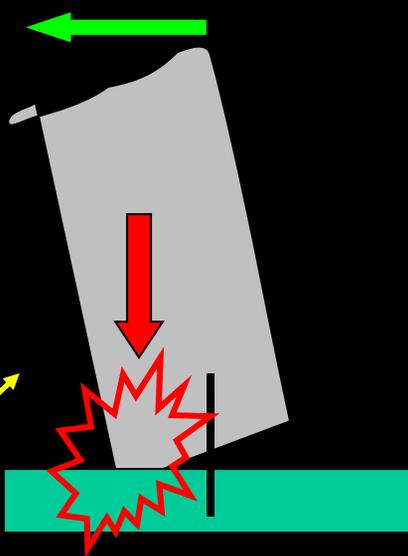
varillas dobladas



cizalle



**Refuerzo en el eje
(P1 y P2) →
inestabilidad lateral**

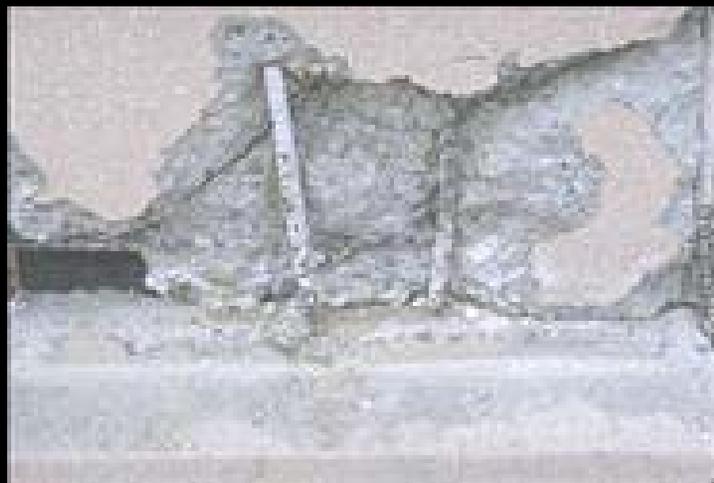


Chile, 1985

bordes longitudinales triturados

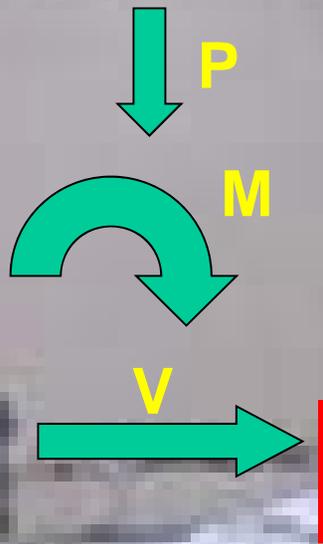


Falla por Deslizamiento



CAUSAS DE LA FALLA POR DESLIZAMIENTO

2) Defectos en el Diseño



1) Defectos en la Construcción



El refuerzo vertical debería diseñarse para que absorba la acción simultánea de M y V

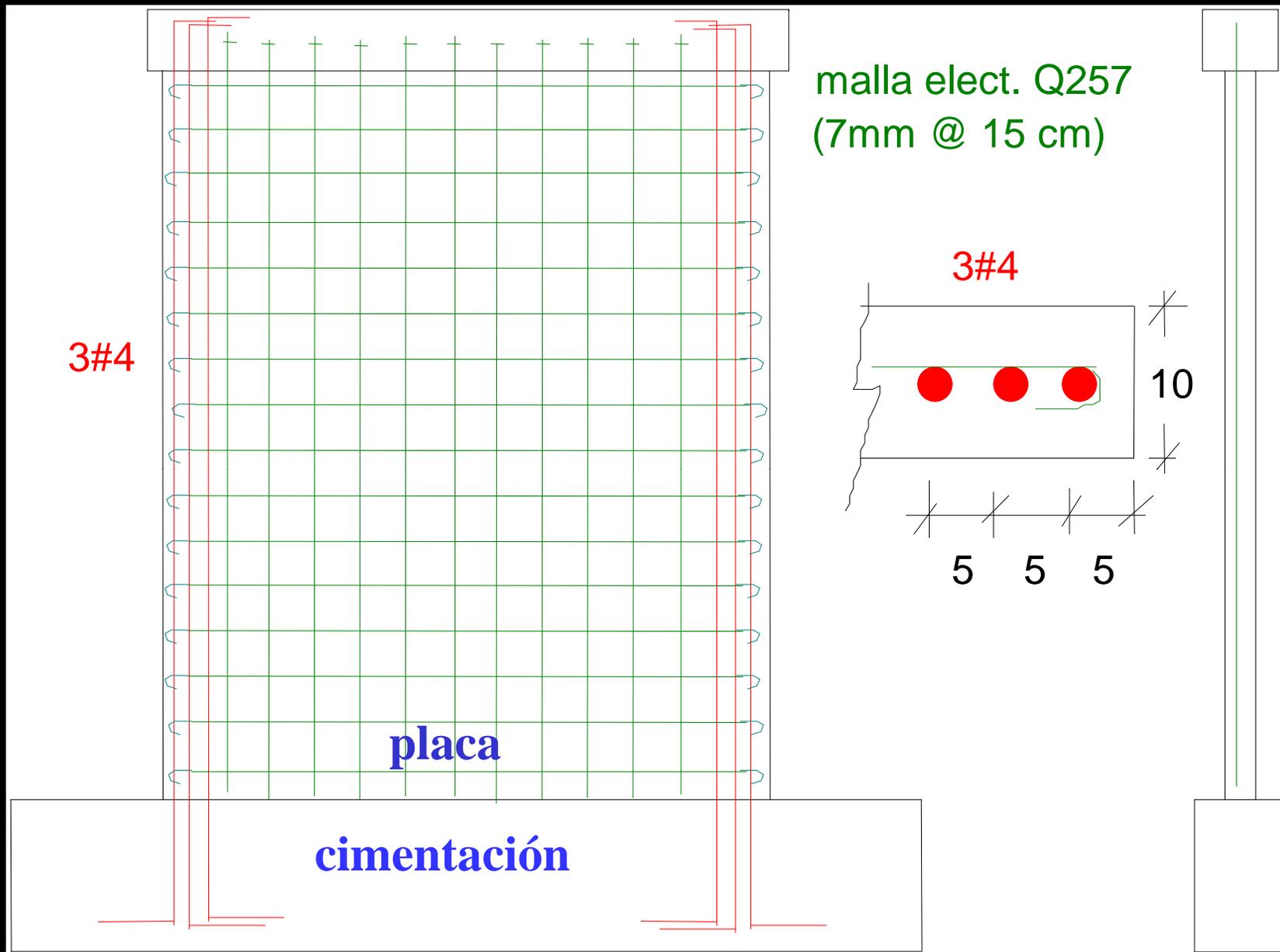


en zigzag

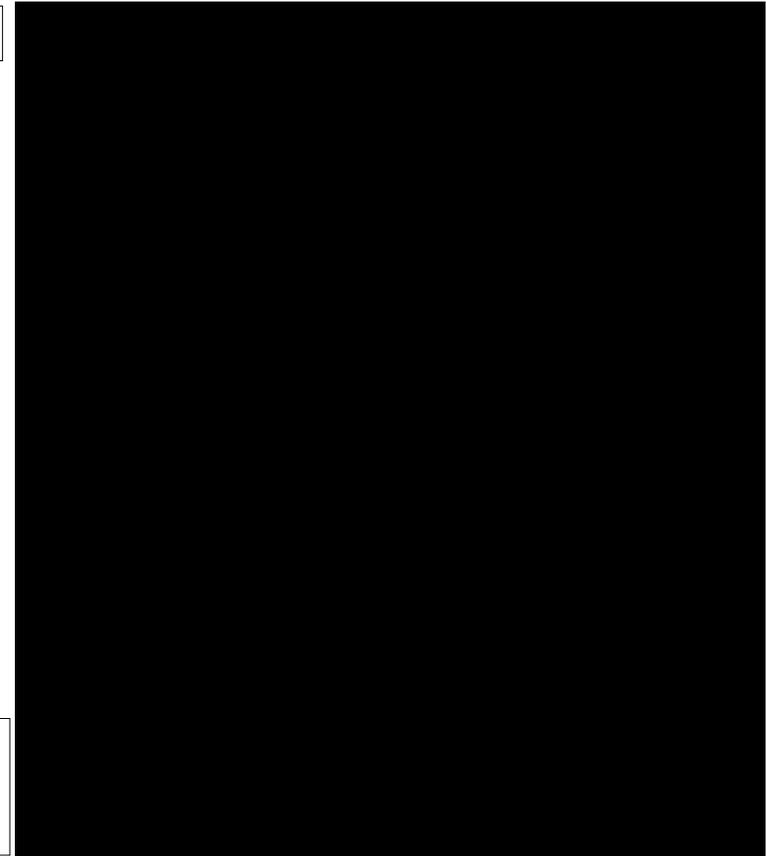
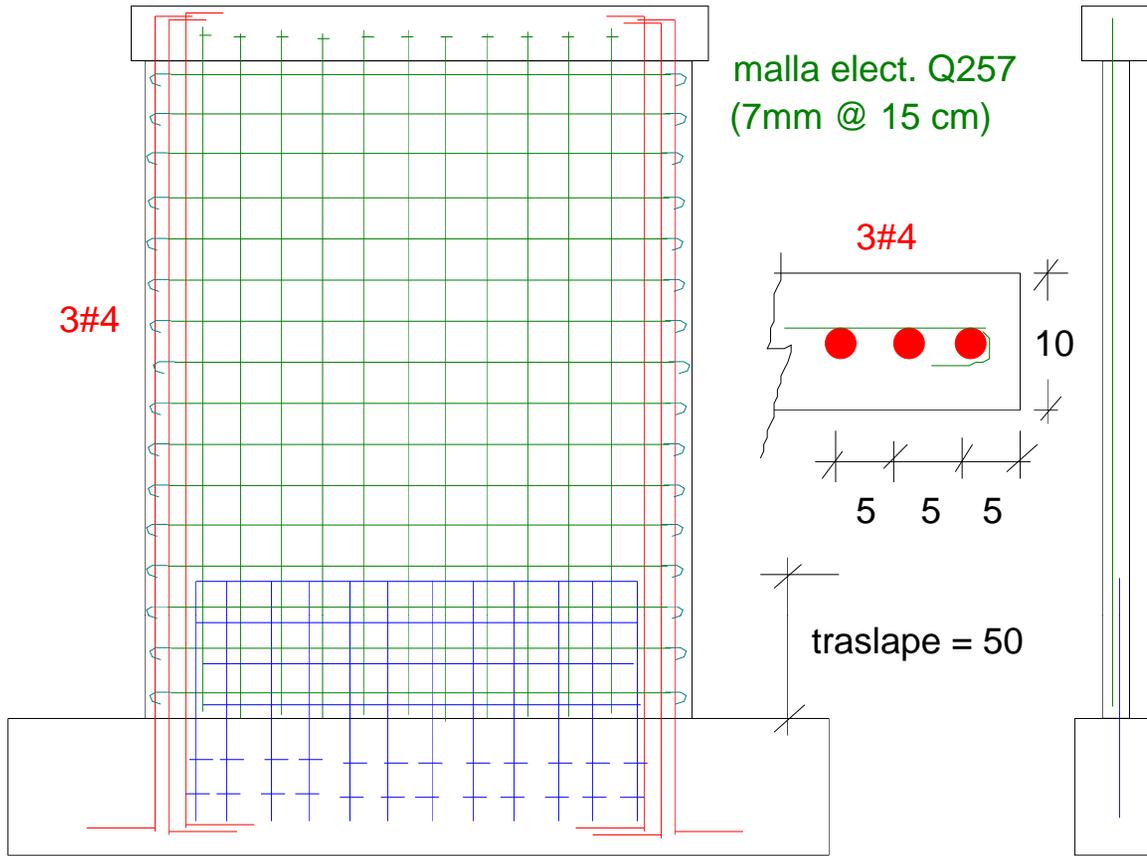
Control de la Falla por Deslizamiento

GEORGINA MADUEÑO y ROLANDO CAVERO



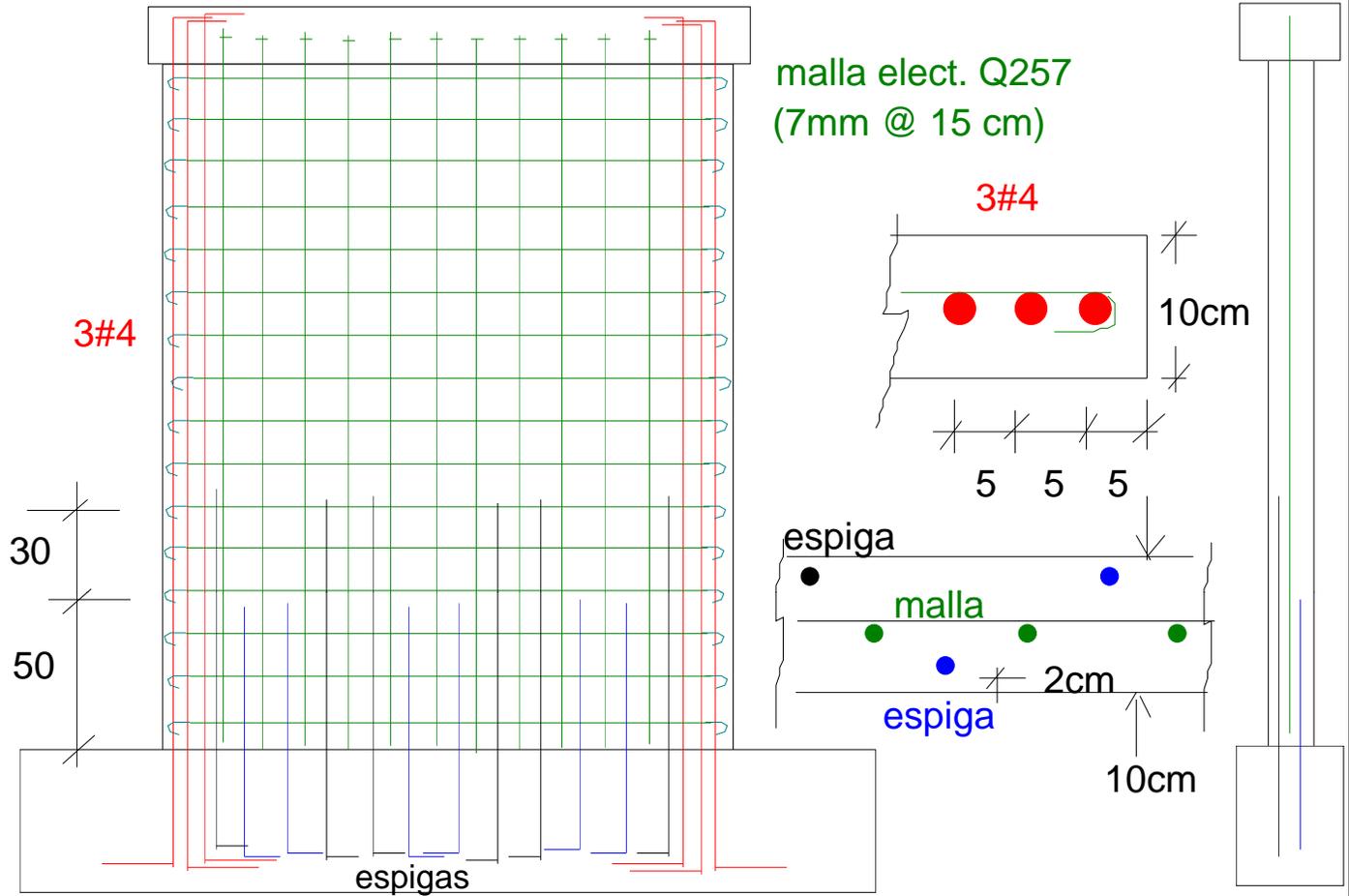


Características Comunes de las 3 Placas



Placa P1 (usual)

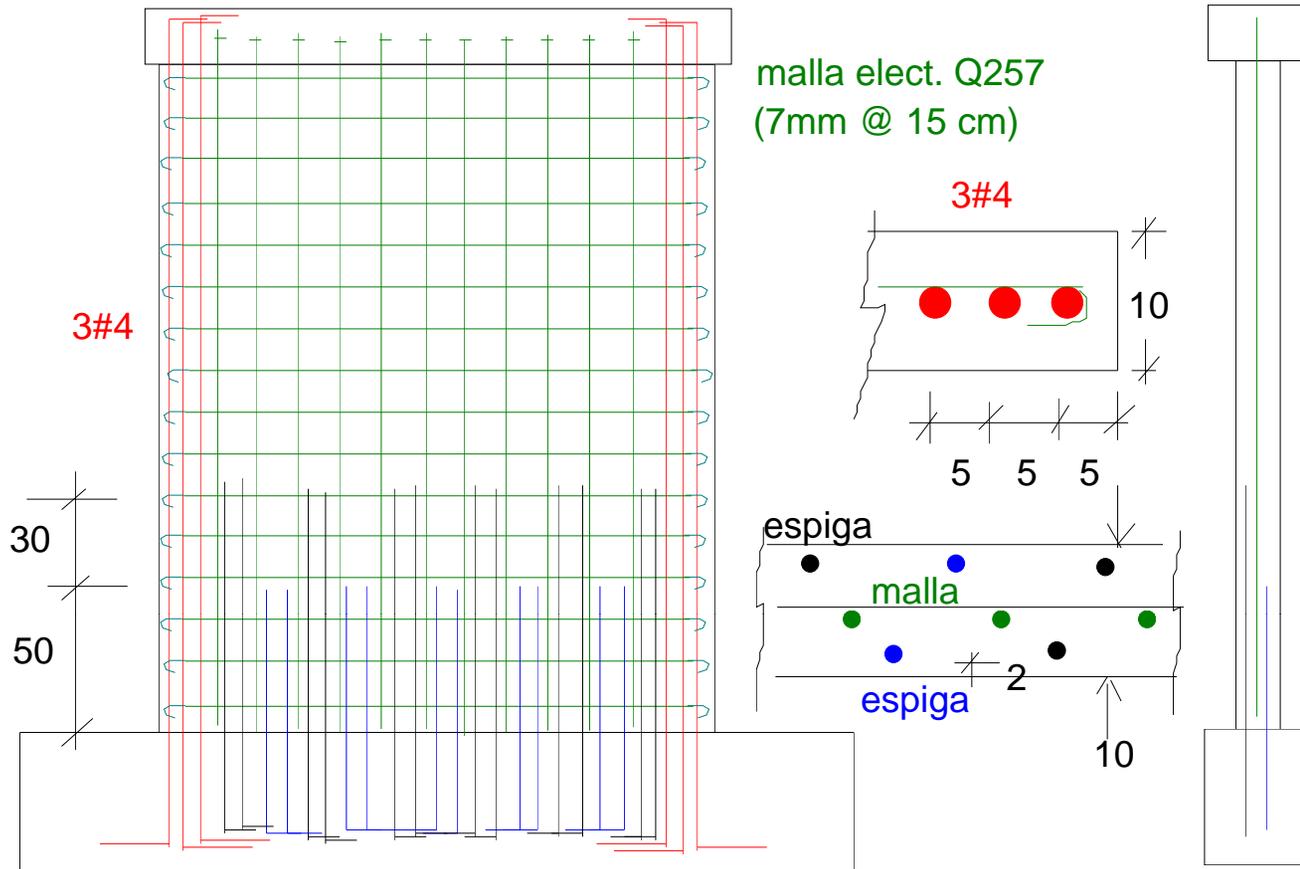




P2



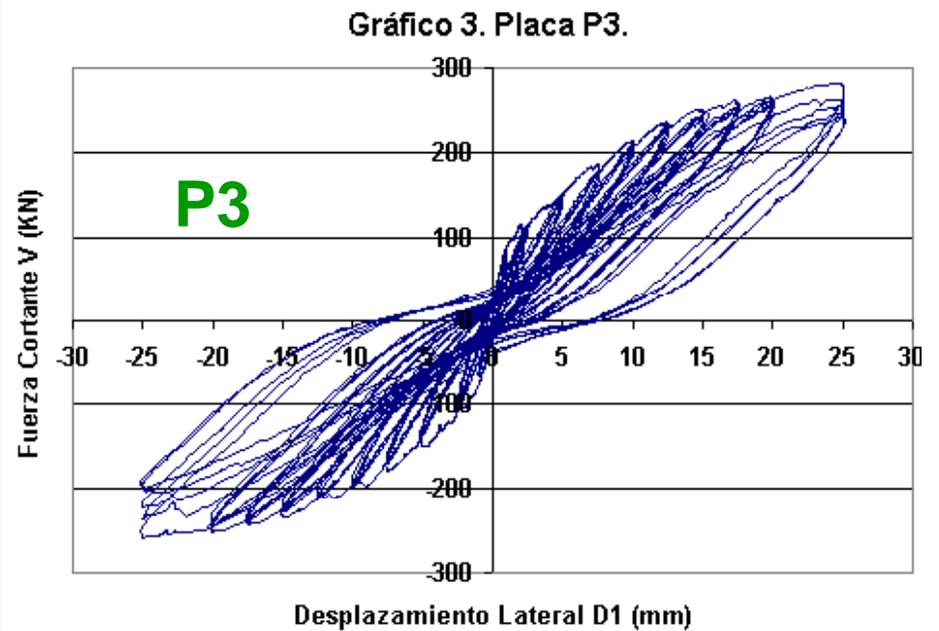
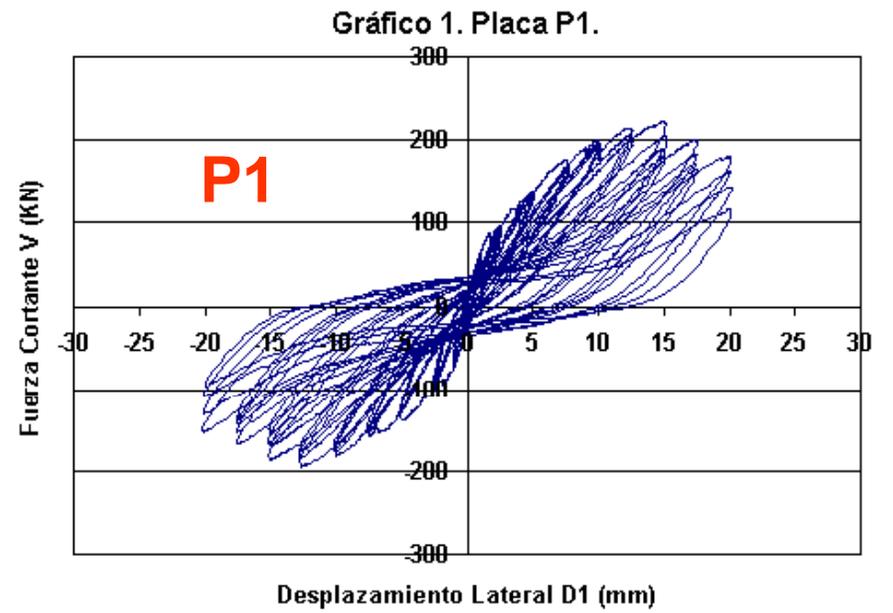
Placa P2, junta rayada y espigas en zigzag de acero dúctil (sólo como traslape del refuerzo vertical de la malla)

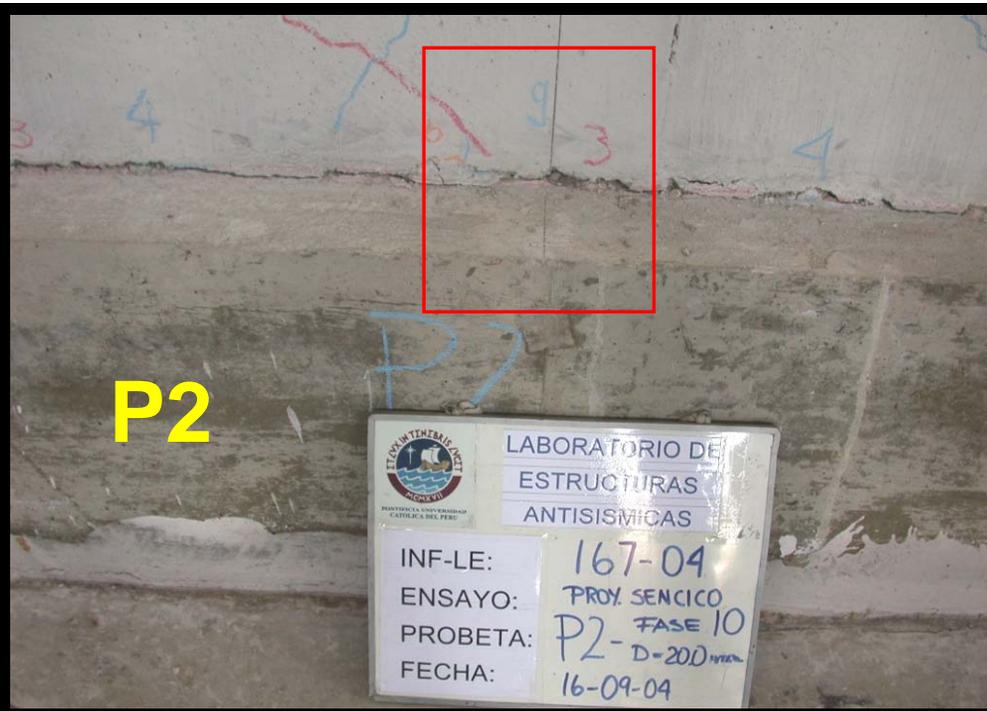
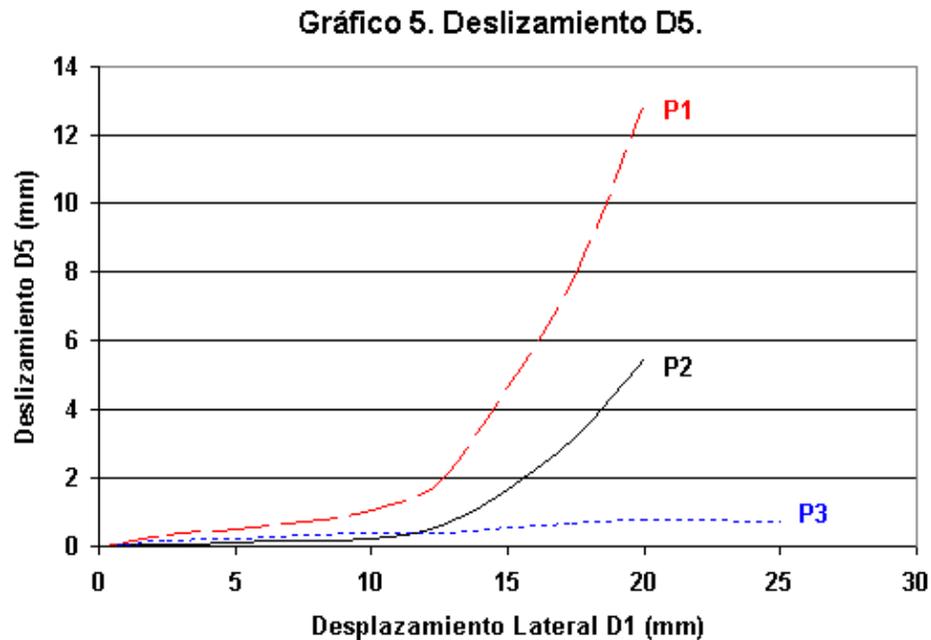
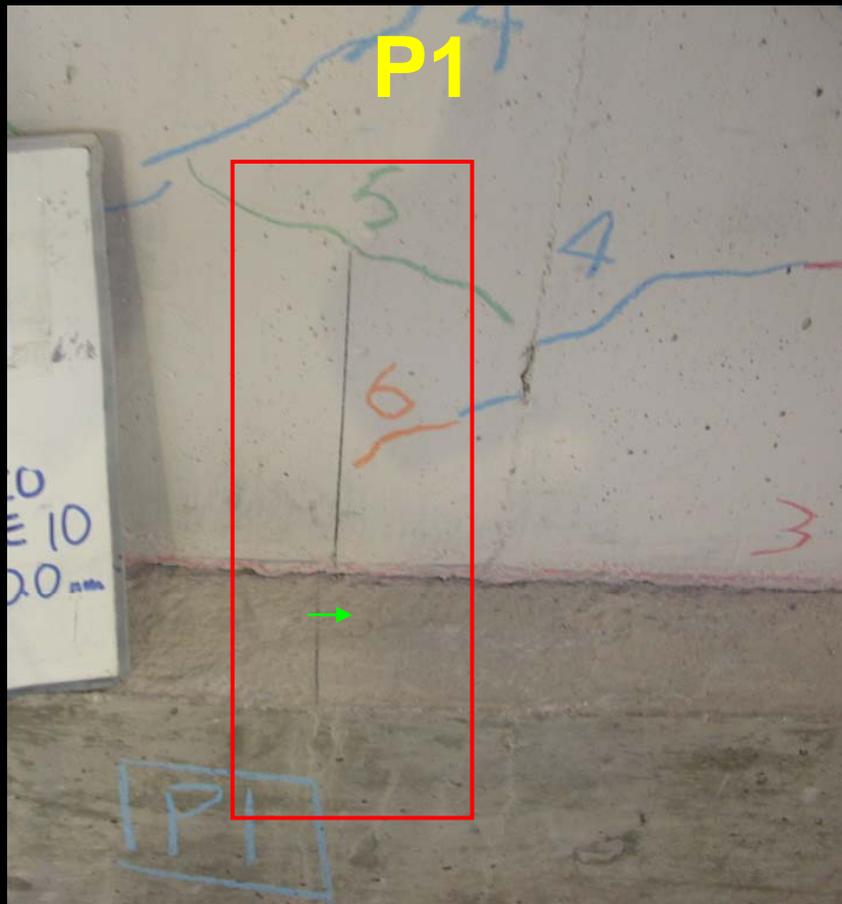


Placa P3, junta rayada y con el doble de espigas. Las espigas adicionales a las de traslape tuvieron la función de proporcionar resistencia a cizalle.

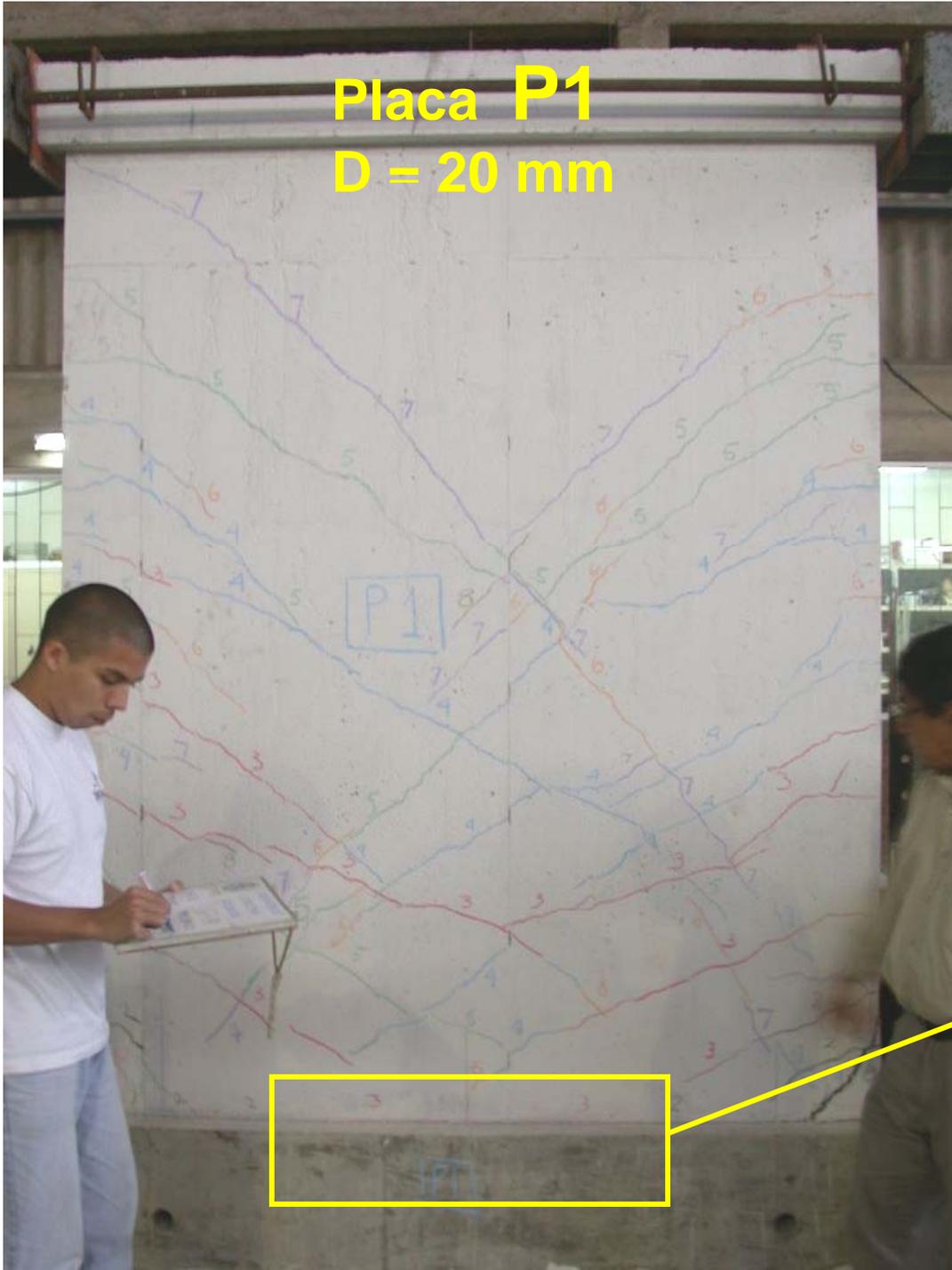


segregación – ninguna tuvo cangrejera

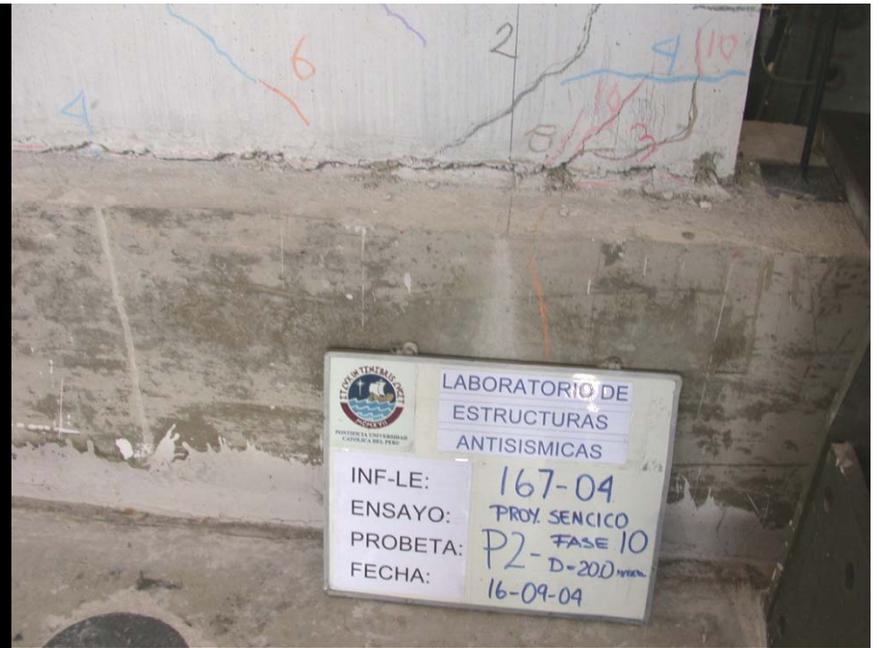
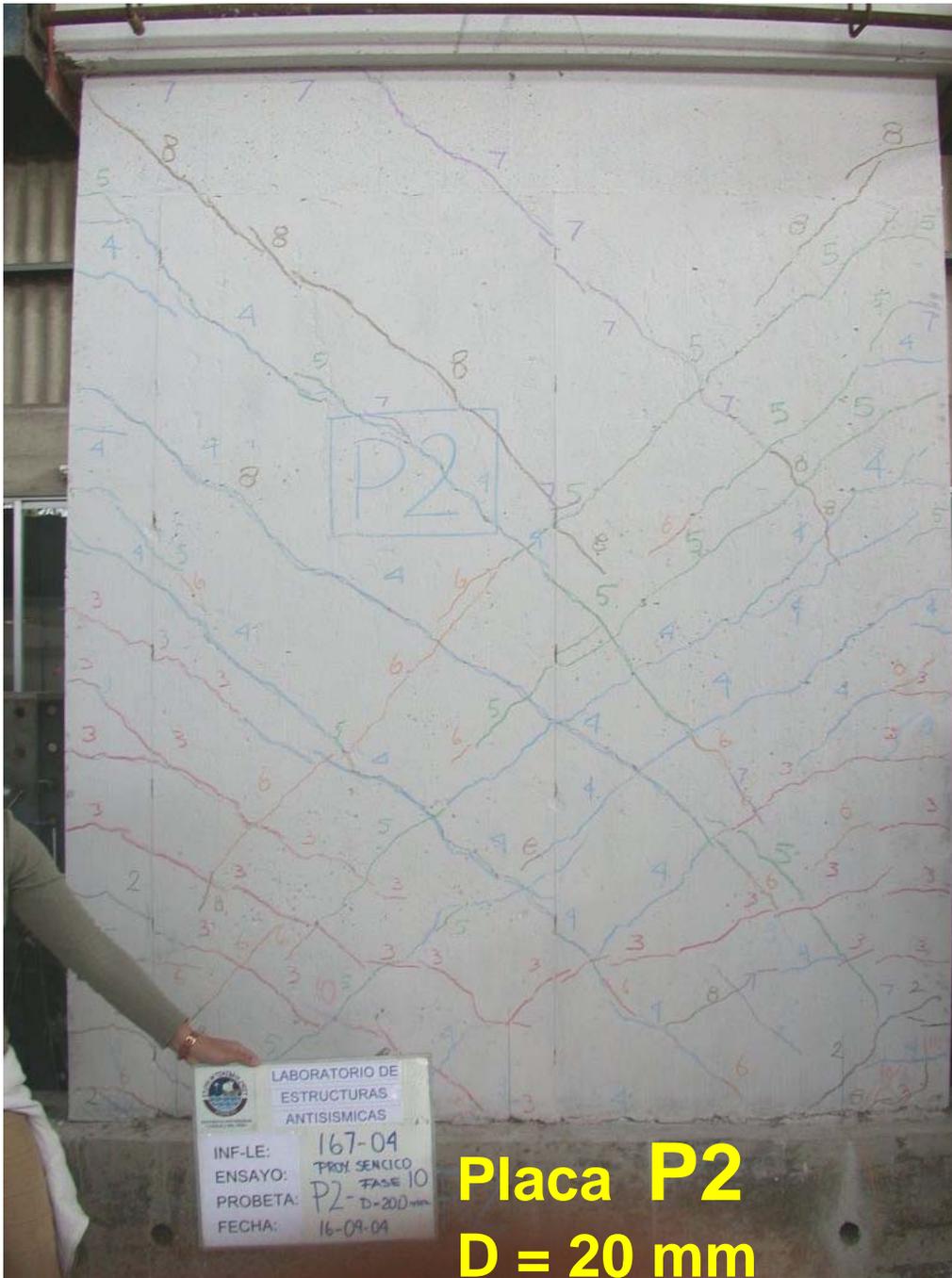




Placa P1
D = 20 mm



malla cizallada



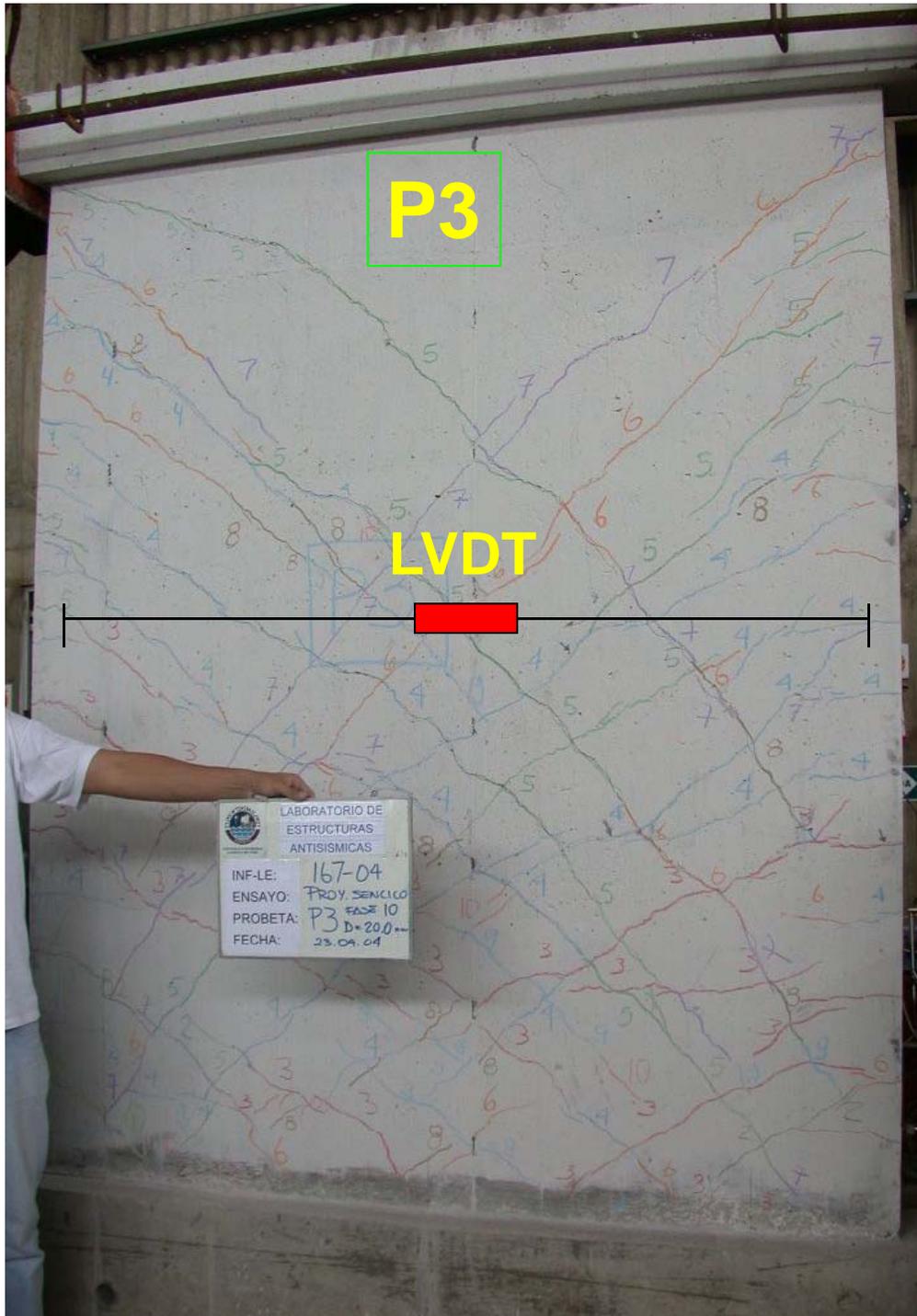
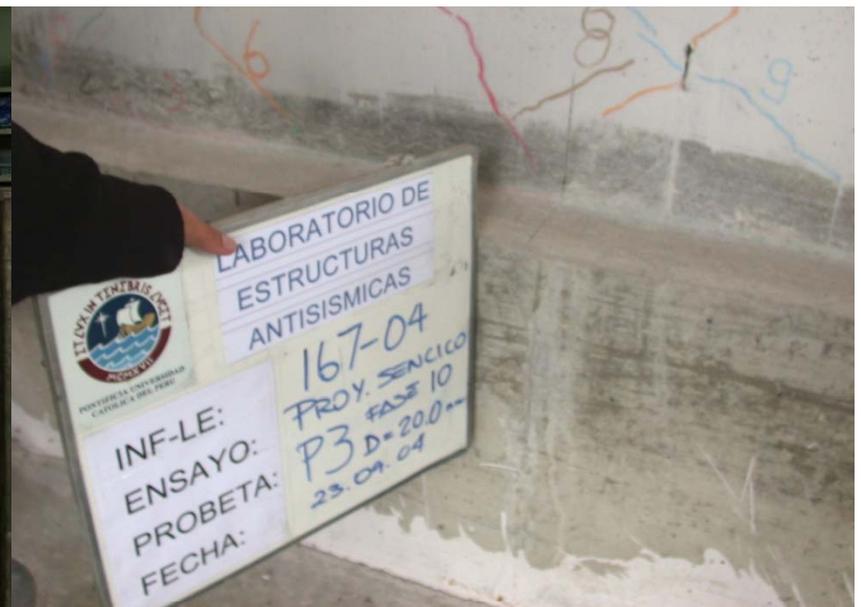
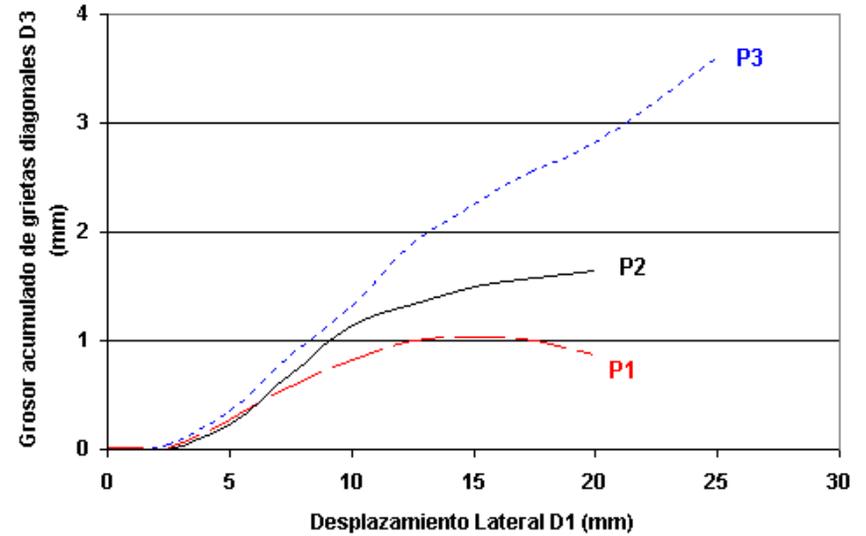
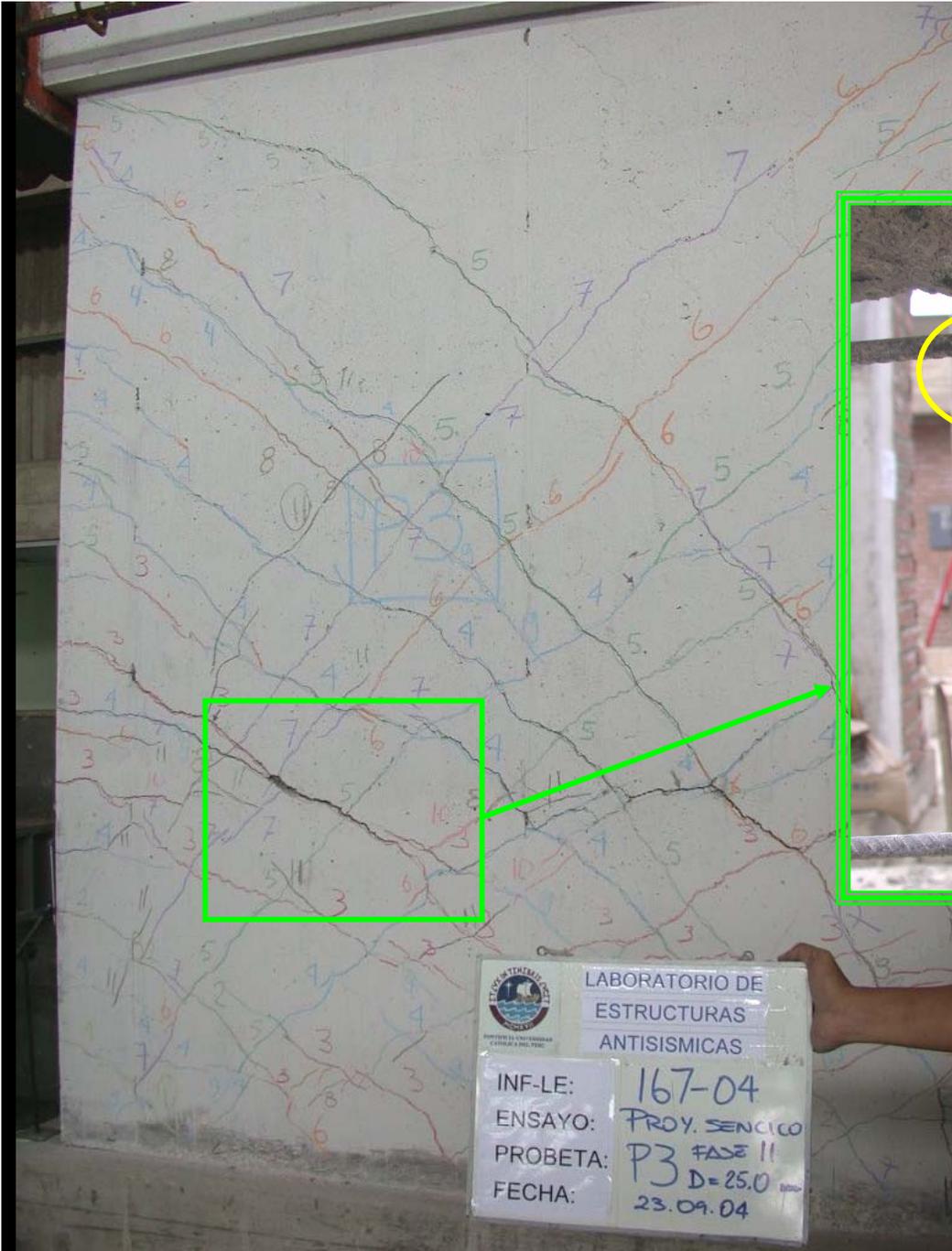


Gráfico 6. Grosor acumulado de grietas diagonales.

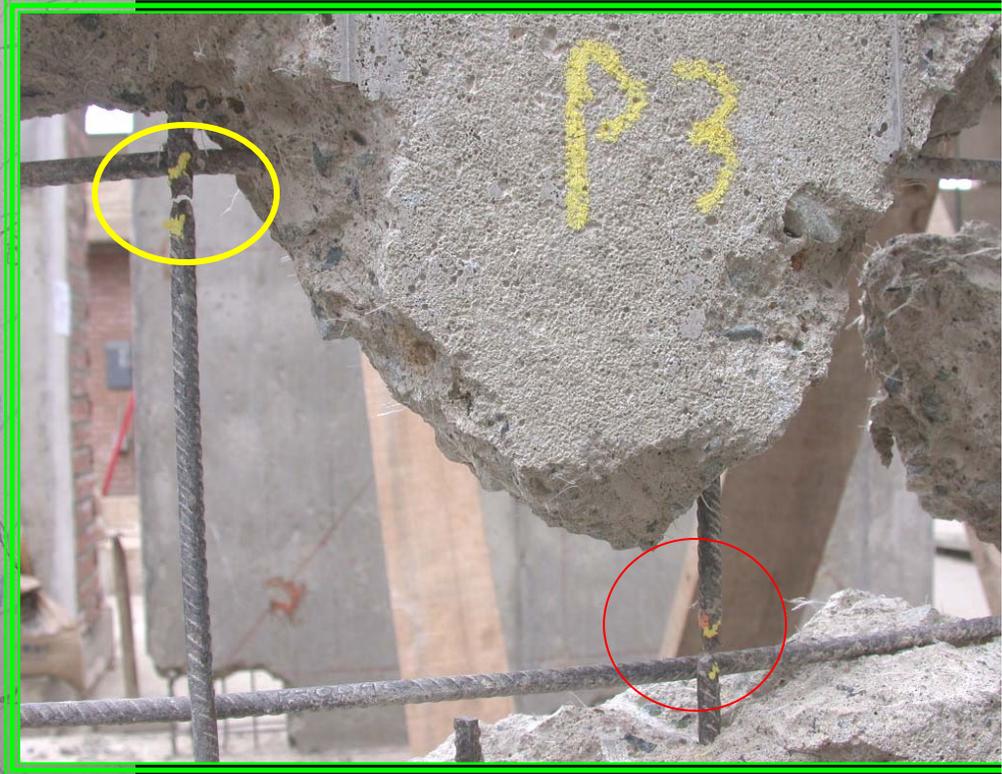


Placa P3
D = 20 mm



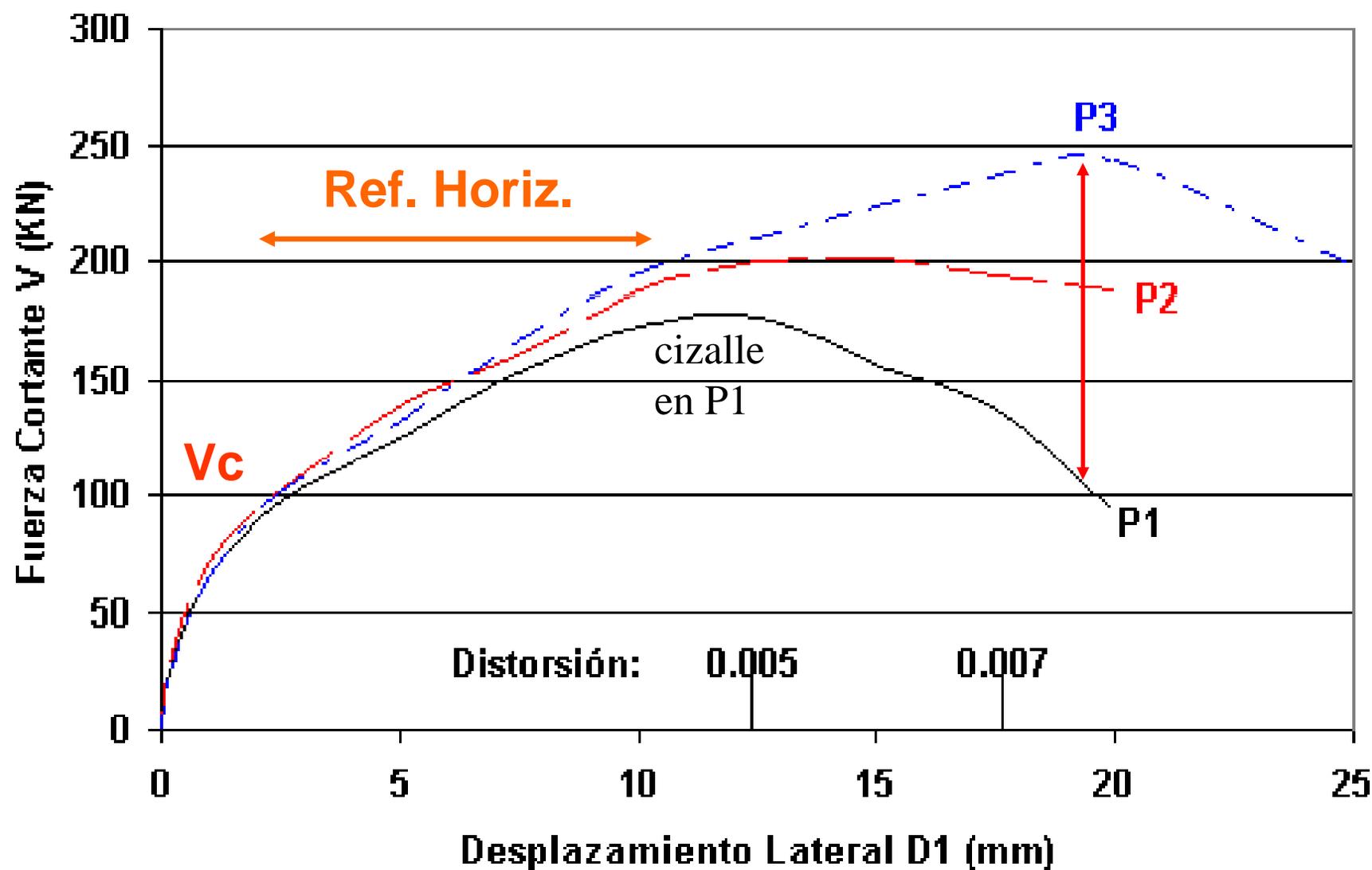
LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS

INF-LE: 167-04
ENSAYO: PROY. SENCILLO
PROBETA: P3 FASE II
FECHA: 23.09.04

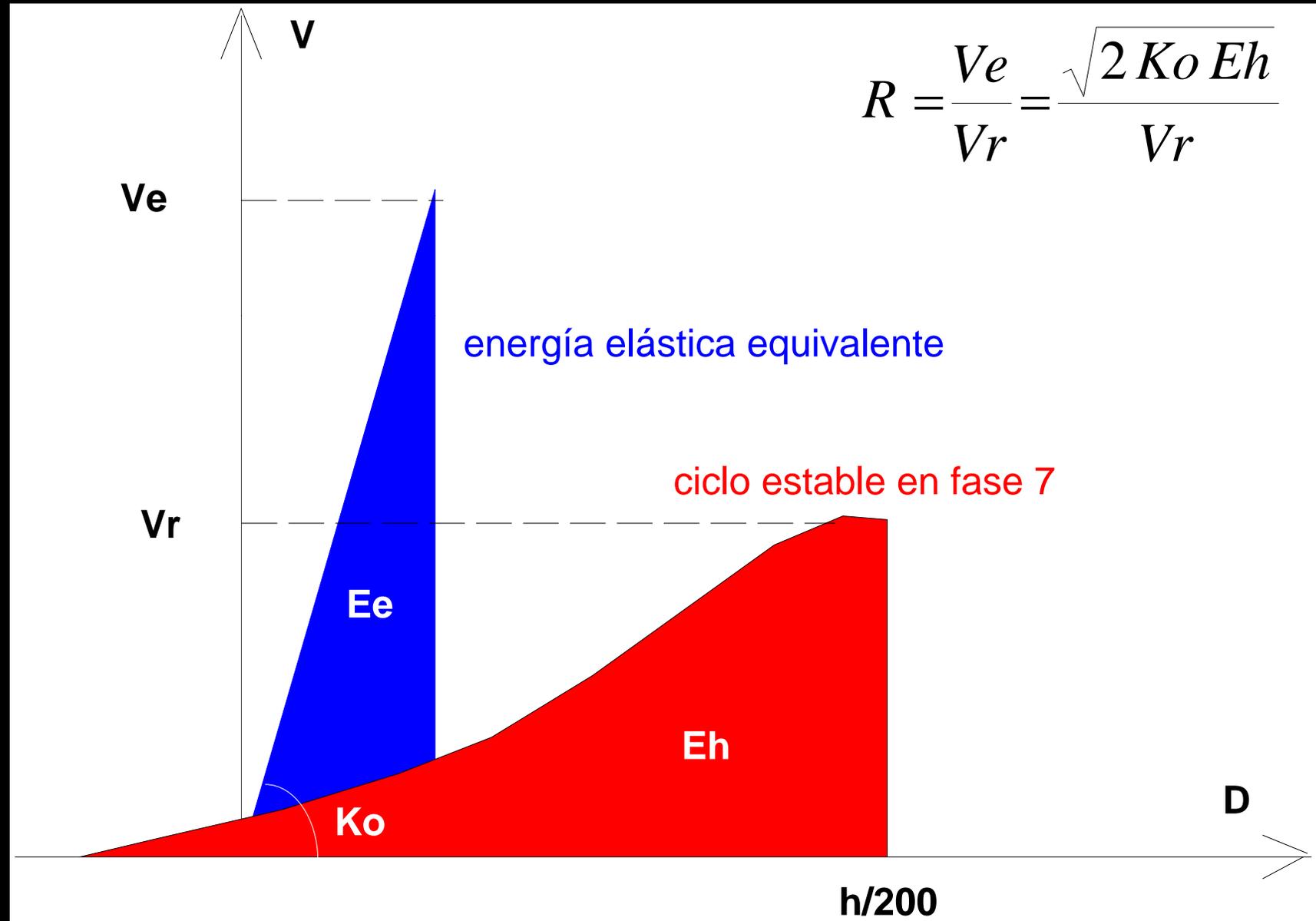


P3
D = 25 mm
Dist.= 0.01

Gráfico 4. Envolverte del Ciclo Estable - Rama Negativa



Cálculo de “ $R = V_e / V_r$ ”



VALORES DE DISEÑO

1) Cuando se utilice malla electrosoldada en los traslapes:

R = 3 y Distorsión máxima = 0.005

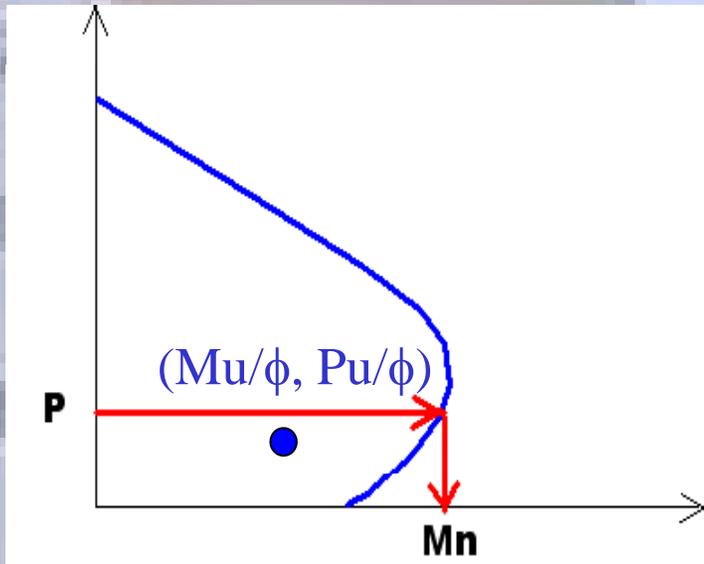
2) Cuando se utilice espigas dúctiles, diseñadas para soportar el cizalle:

R = 4 y Deriva máxima = 0.007

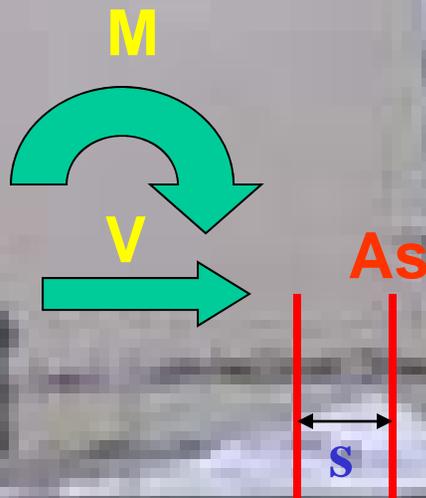
En la Norma E.060 del 2006, se especifica usar refuerzo dúctil en el tercio inferior de la altura y diseñar con:

R = 4, deriva máx. 0.005

PROPUESTA DE DISEÑO ($R = 4$, Deriva = 0.007)



- 1) Calcular el refuerzo vertical para soportar M_u .
- 2) Trazar el diagrama de interacción M-P y hallar el momento nominal M_n .
- 3) Calcular el cortante asociado al mecanismo de falla por flexión:
 $V_n = V_u (M_n/M_u)$
- 4) Diseñar las espigas para soportar V_n .



$$V_n = \rho f_y \mu t L$$

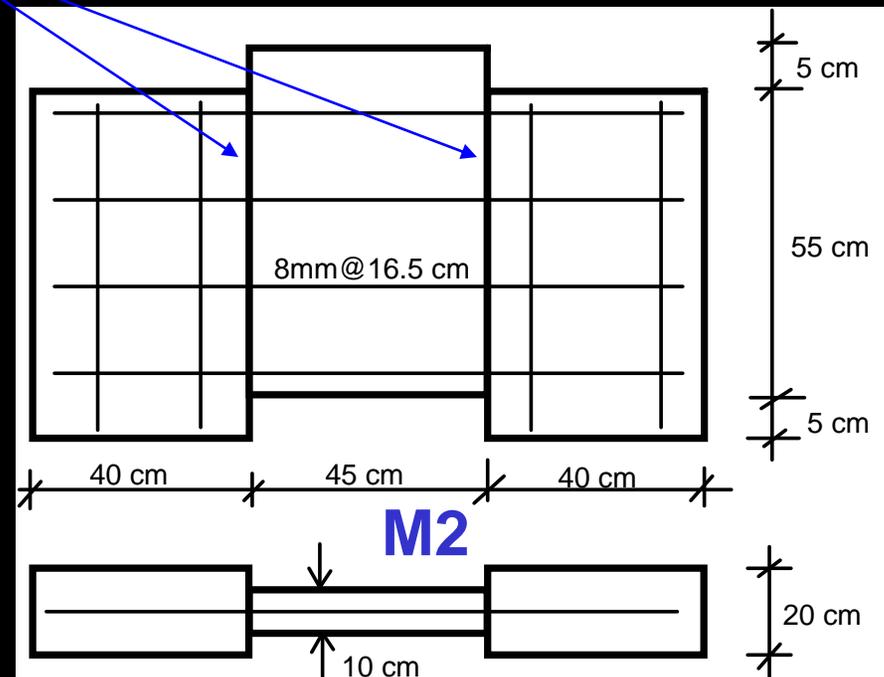
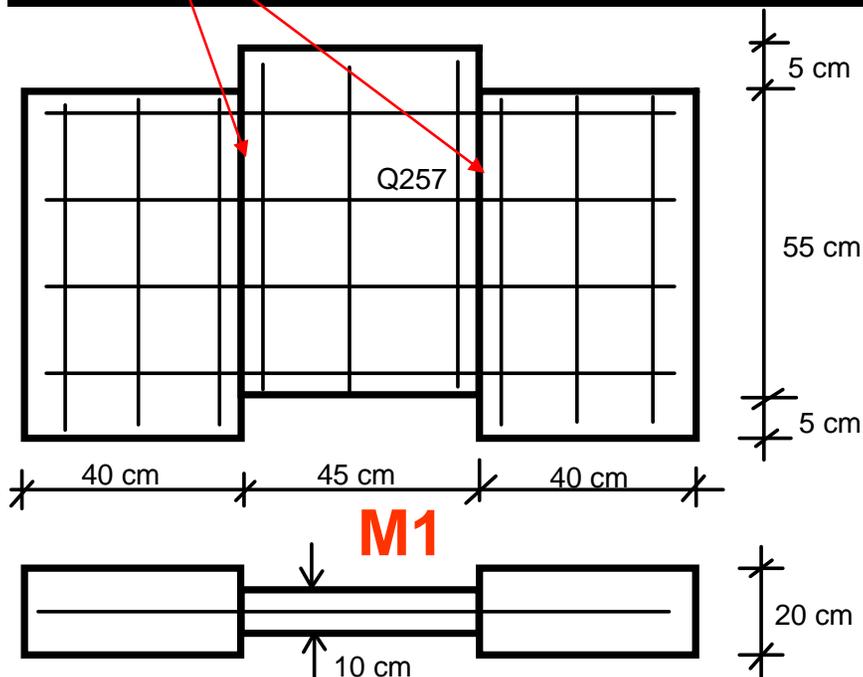
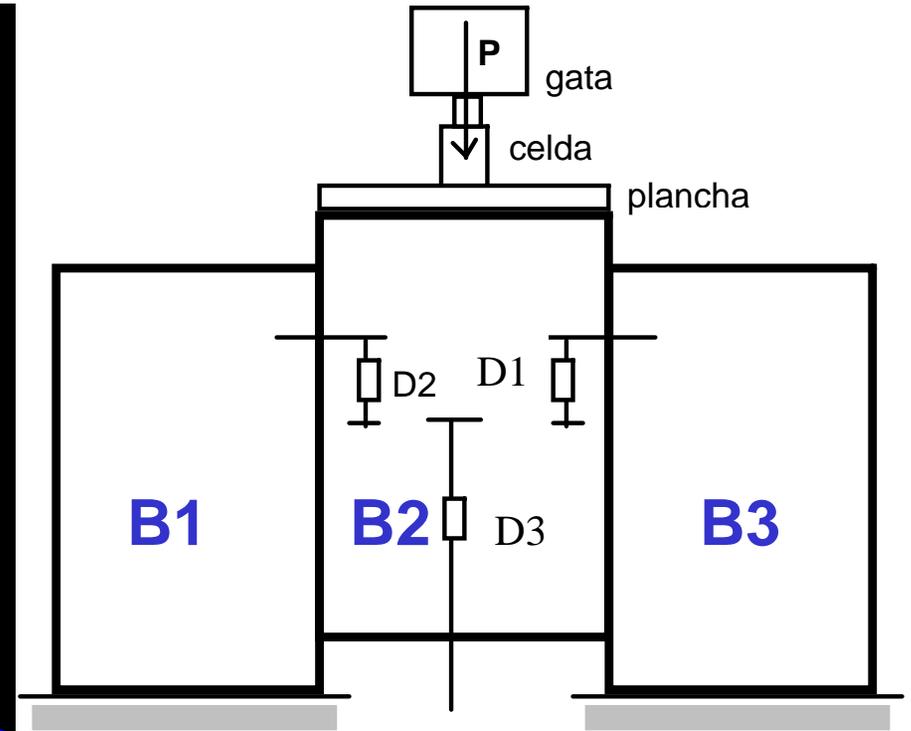
$$\rho = A_s / (s t) \rightarrow s = A_s \mu f_y L / V$$

Ensayos de Corte Directo

en 2 prismas de 3 bloques vaciados en diferentes etapas

lisa

rayada





Construcción de especímenes

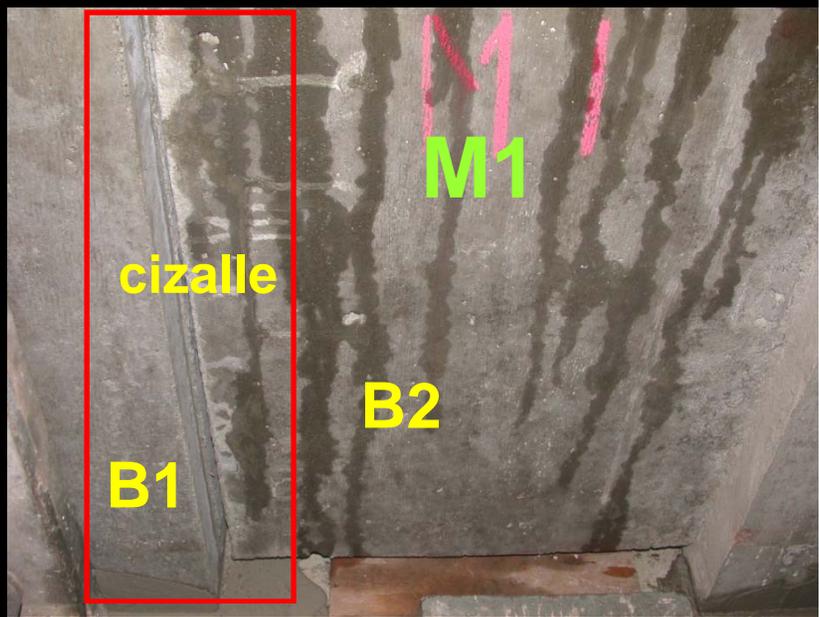


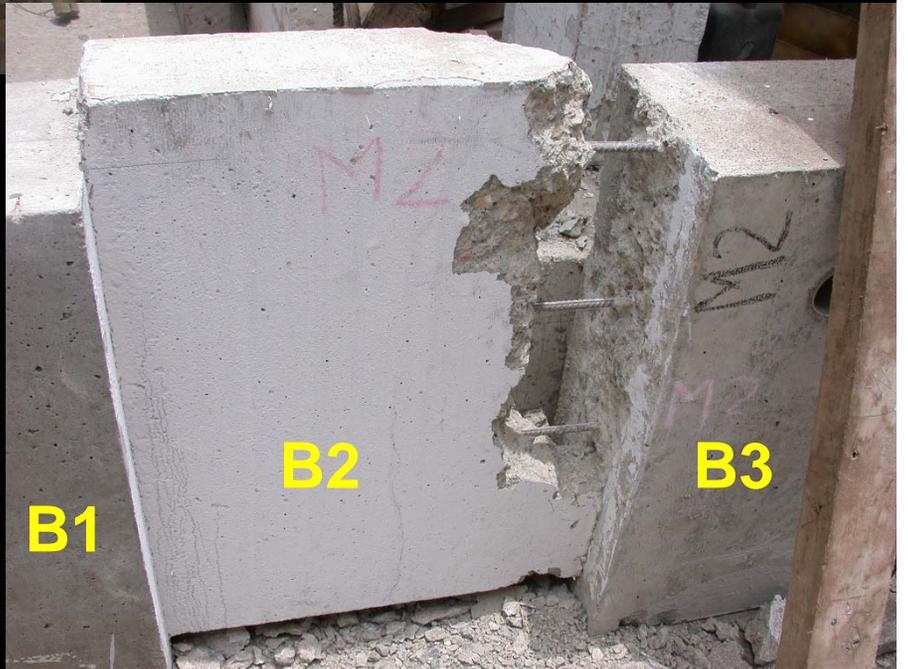
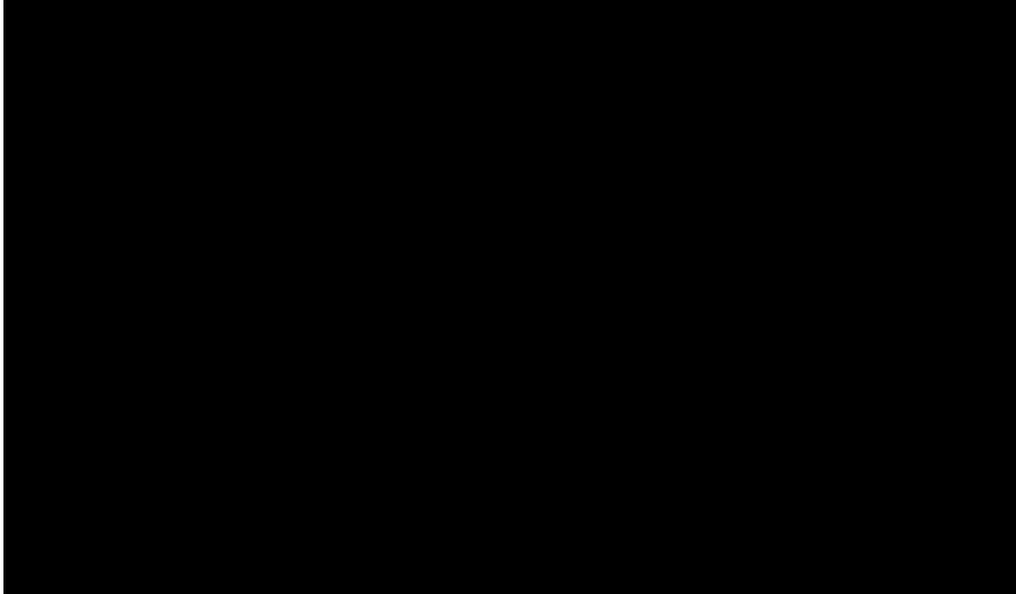
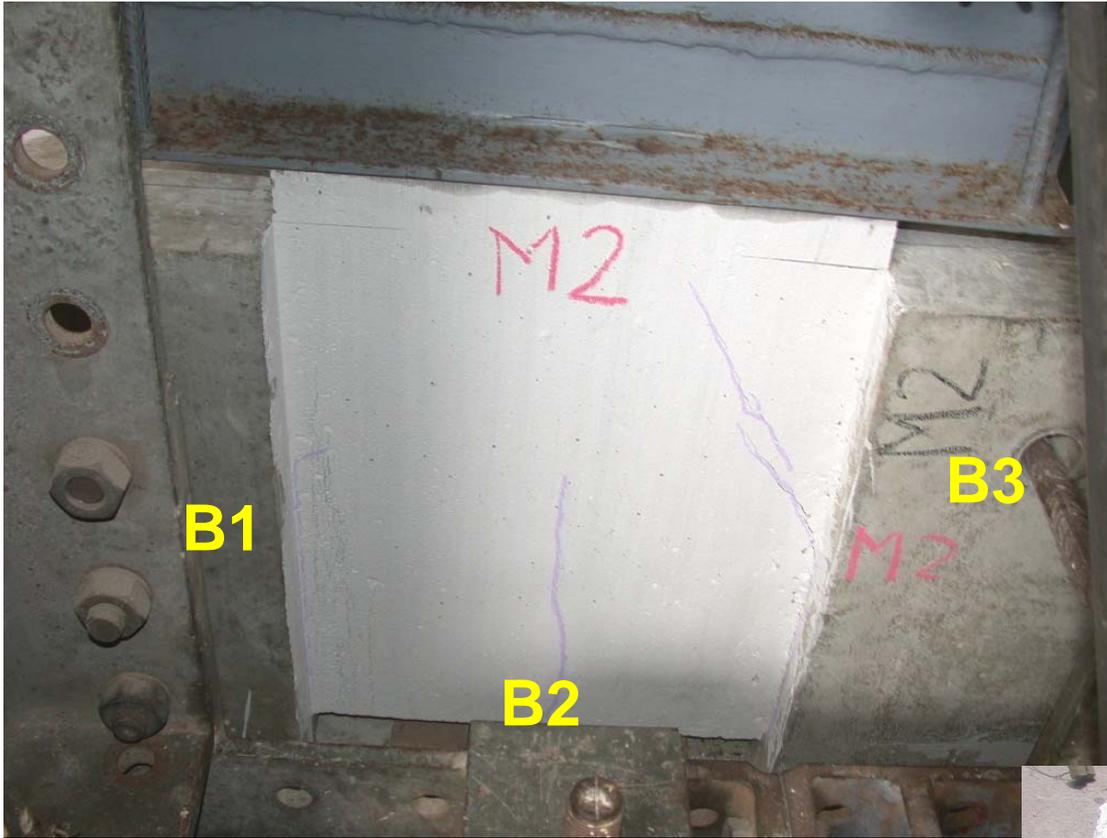
Ensayo de corte directo


LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS

INF-LE: 167-04
ENSAYO: PROY. SENCICO
PROBETA: M1 - CORTE DIRECTO
FECHA: 20-09-04

Celda de
500 kN





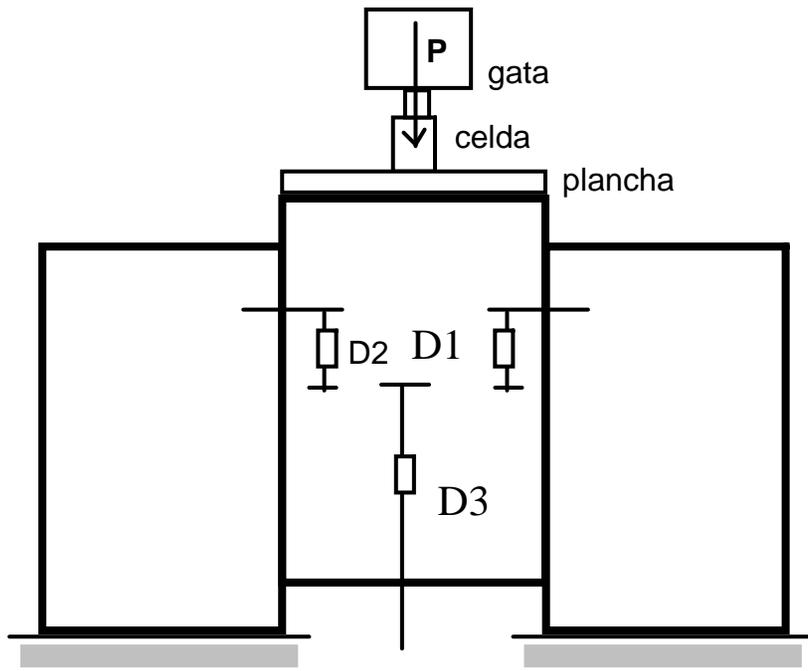
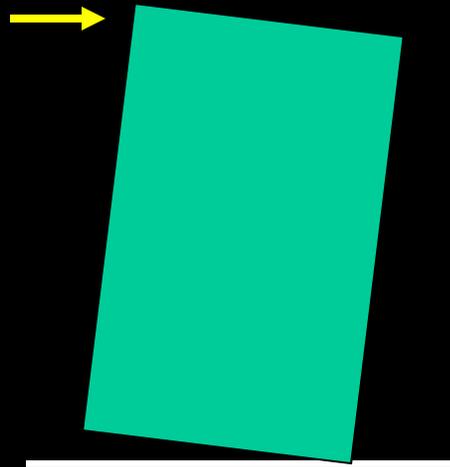
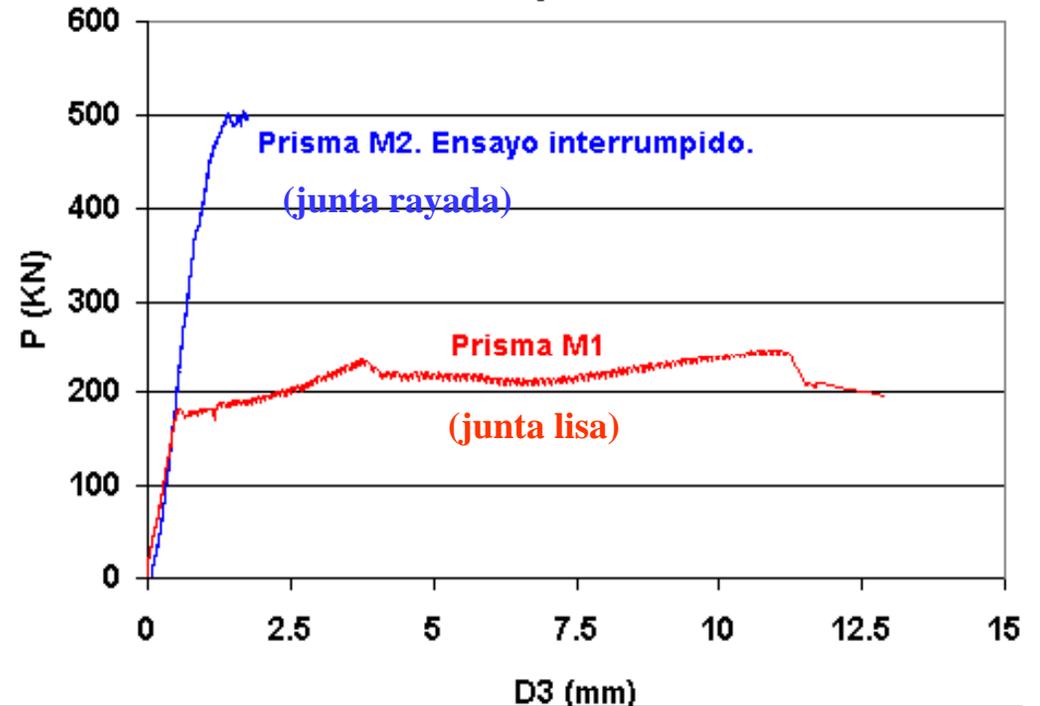


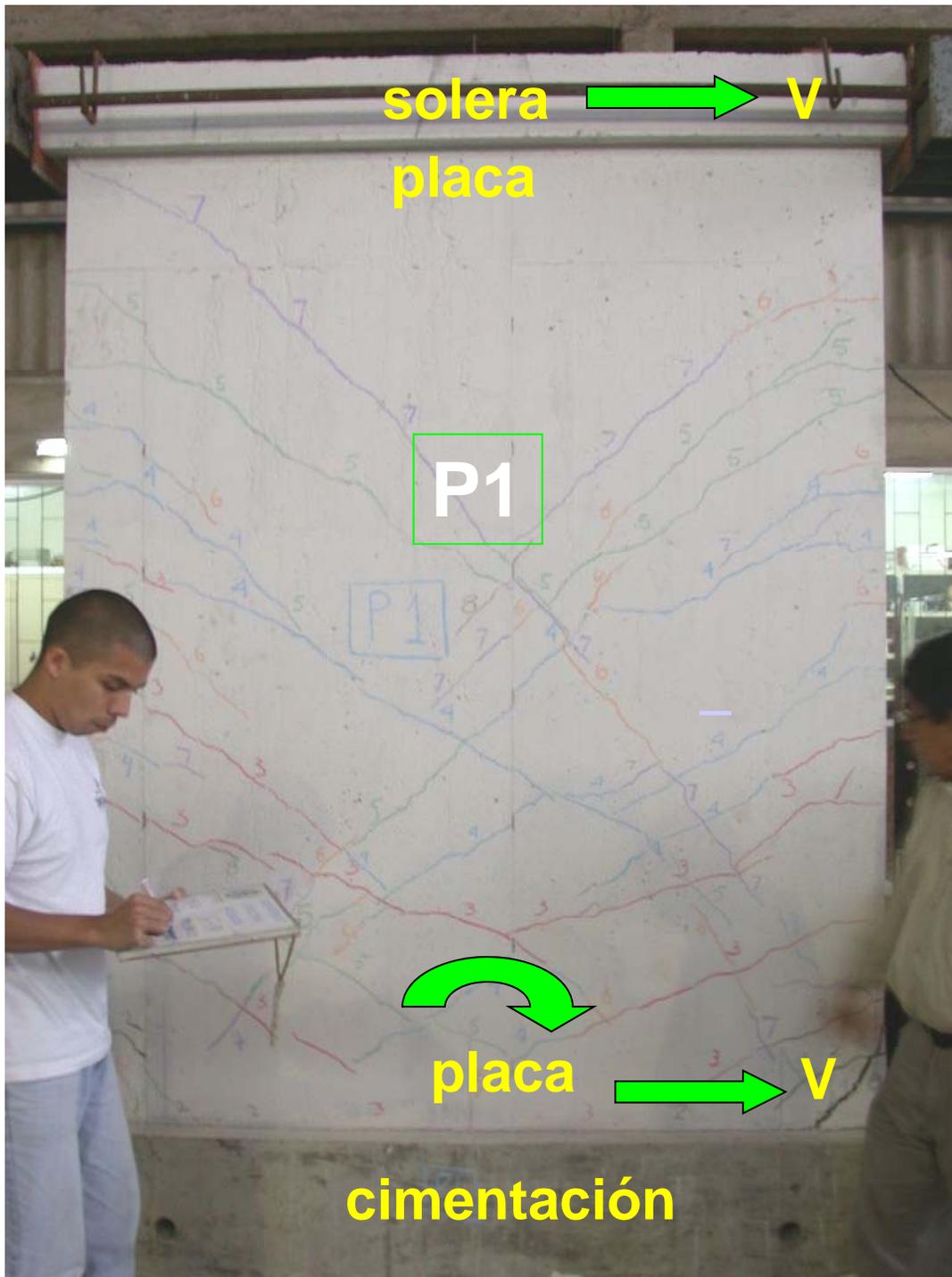
Gráfico 8. Ensayo de Corte Directo.



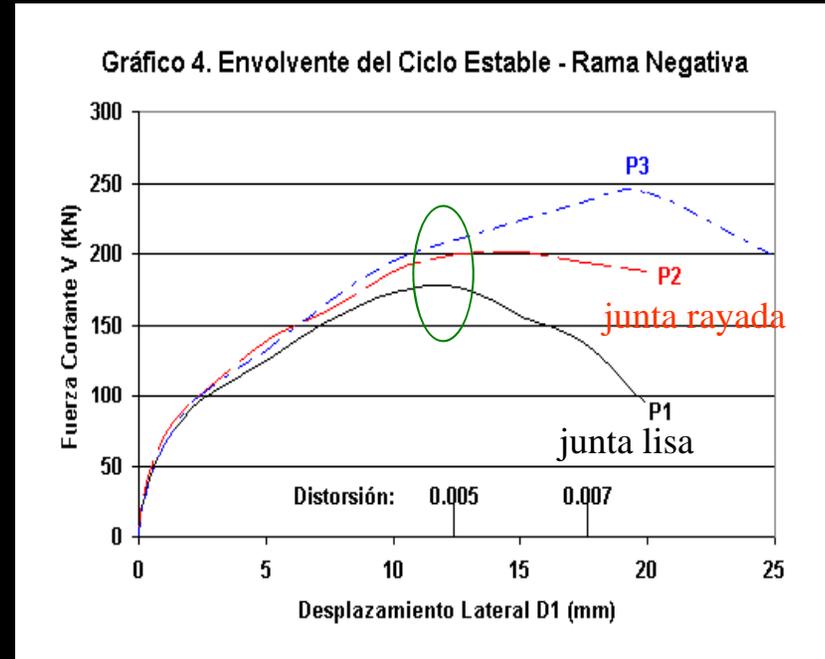
Sin embargo:

Cuando se presenta una falla por flexión, la zona traccionada rayada no aporta resistencia al cizalle.

fisura de tracción por flexión



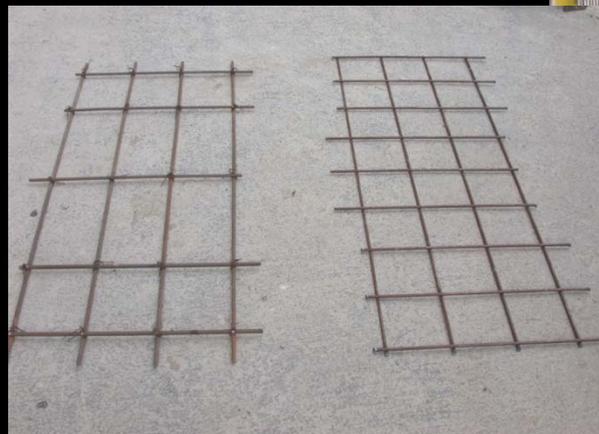
**cizalle puro
(no hubo deslizamiento)**



**cizalle + tracción por flexión
(deslizamiento en P1 y P2)**

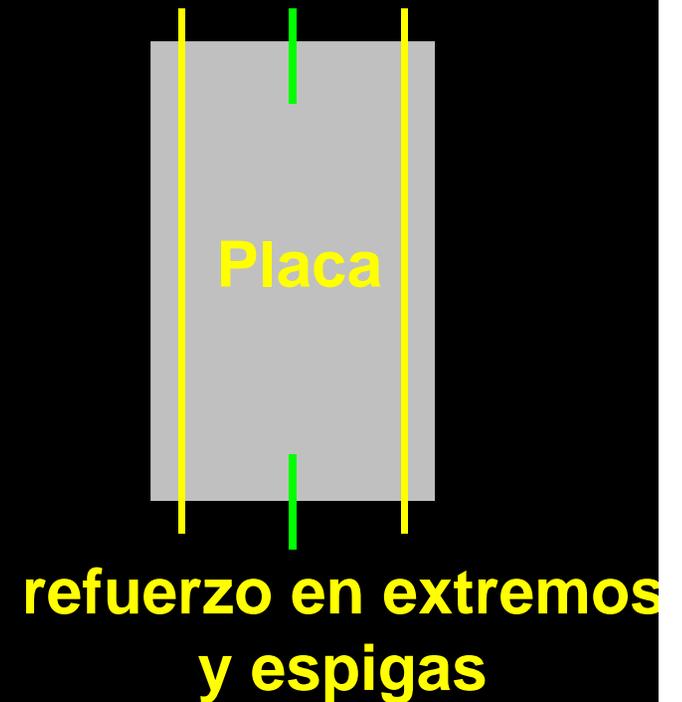
Comportamiento a Fuerza Cortante de Muretes de Concreto Reforzados con Malla Electrosoldada, Acero Dúctil y Fibra Metálica

FERNANDO MADALENGOITIA



Los objetivos de reemplazar la malla electrosoldada por fibra son:

- 1) Atenuar los problemas de fisuración por contracción de secado.**
- 2) Eliminar el problema de cangrejeras.**
- 3) Acelerar el proceso constructivo evitando las partidas de habilitación e instalación de la malla.**



Murete sin
refuerzo

falla
explosiva

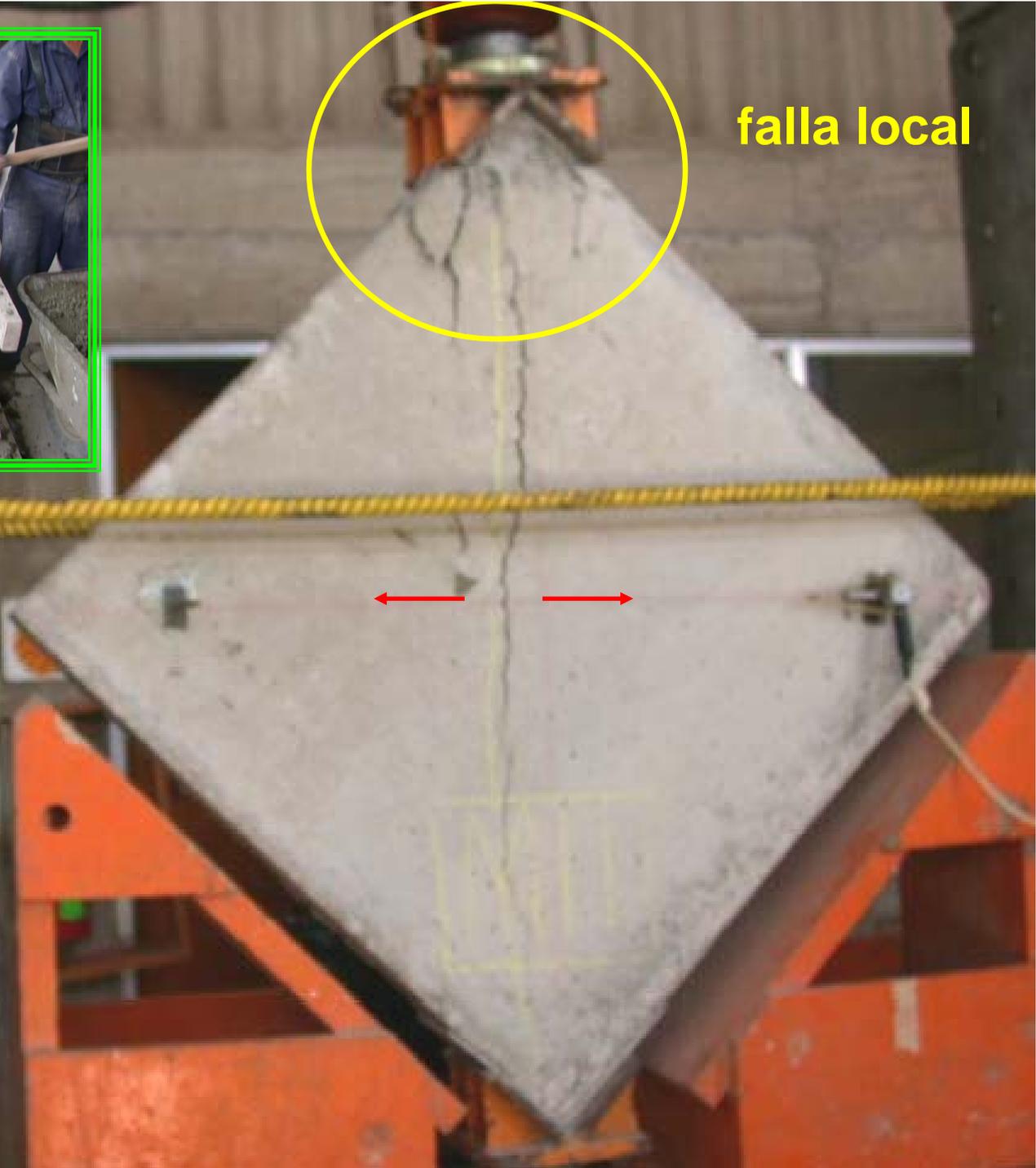
LABORATORIO
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS
COMPORTAMIENTO A FEA.
CORTANTE DE CONCRETO M7
PURO 16/04/04



falla local

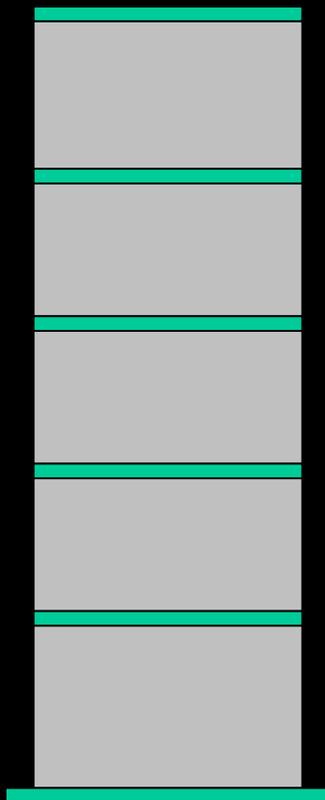


 **LABORATORIO
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS**
COMPORTAMIENTO A FZA.
DE MURETES DE CONCRETO M11
REFORZADOS CON
FIBRA DE ACERO 2y
104/09



Muros de Concreto Reforzados con Acero Dúctil y Malla Electrosoldada

-PROYECTO PRODAC-



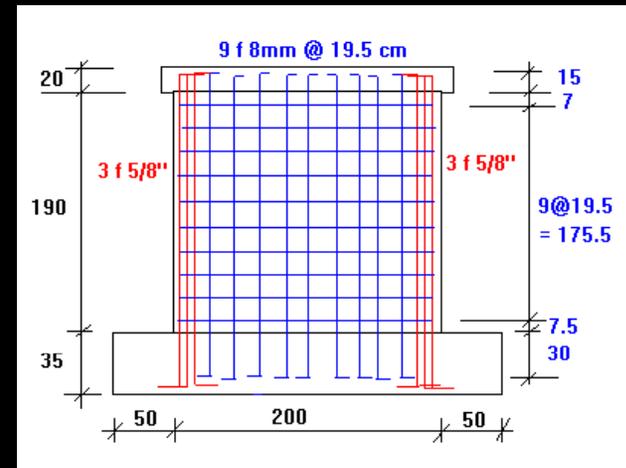
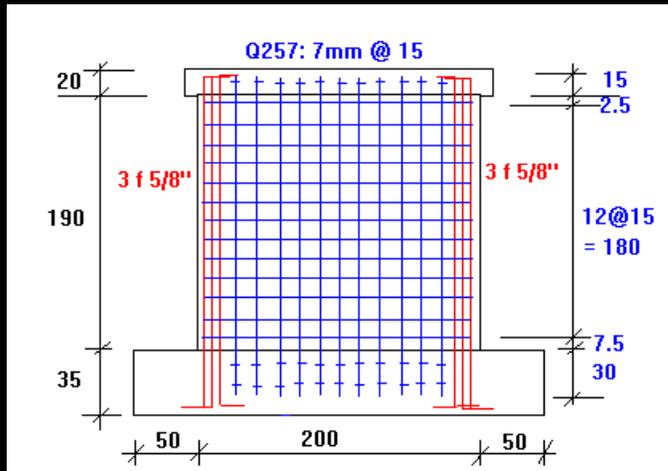
Norma E.060:

Puede emplearse malla electrosoldada en la parte central del muro

Emplear refuerzo dúctil (vertical y horizontal) en el tercio inferior

Nació a raíz de la prohibición de la Norma E.060 de emplear malla electrosoldada en el tercio inferior de la altura.

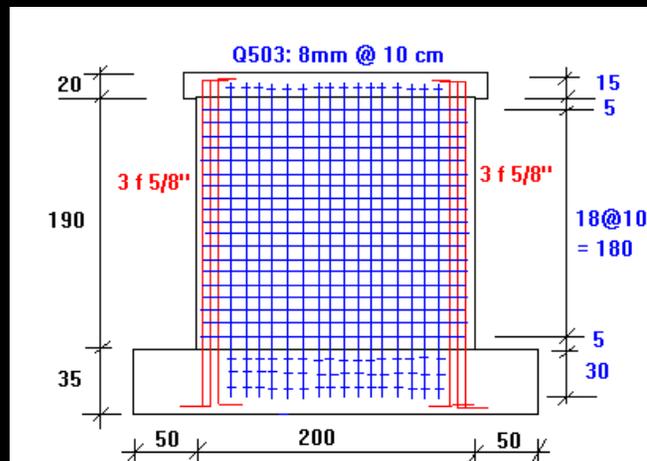
Se construyeron 4 muros, todos con las mismas dimensiones y 3 ϕ 5/8" en los extremos. Se varió la cuantía de refuerzo central:



ME1: malla Elec. $\rho = 0.0025$

MD1: malla dúctil $\rho = 0.0025$

Falla Teórica: Corte



ME2: malla Elec. $\rho = 0.005$

MD2: malla dúctil $\rho = 0.005$

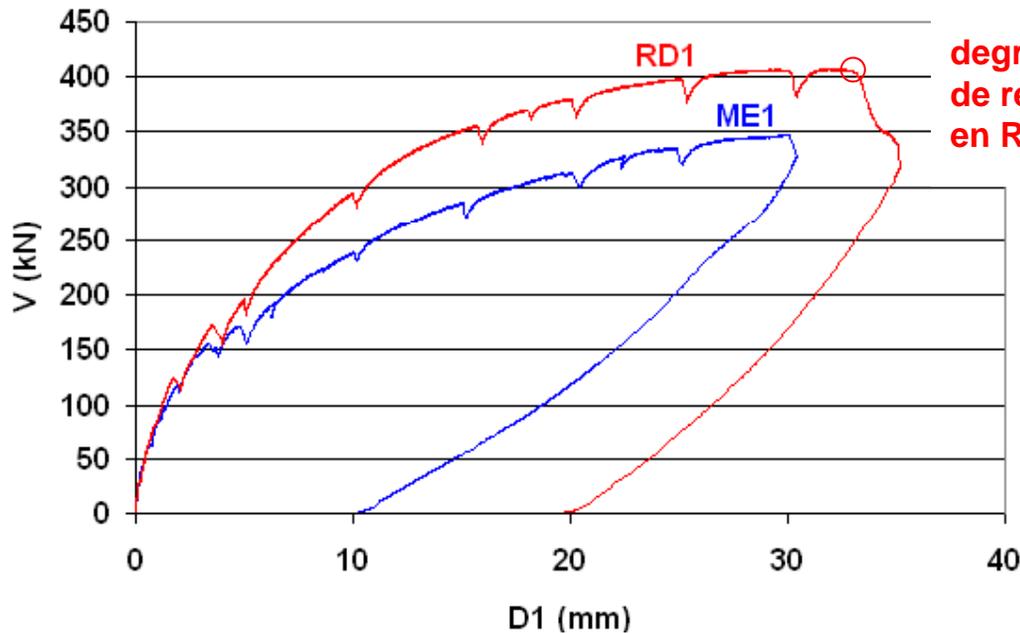
Falla Teórica: Flexión

**El ensayo fue de carga lateral monotónicamente creciente,
no se aplicó carga vertical:**

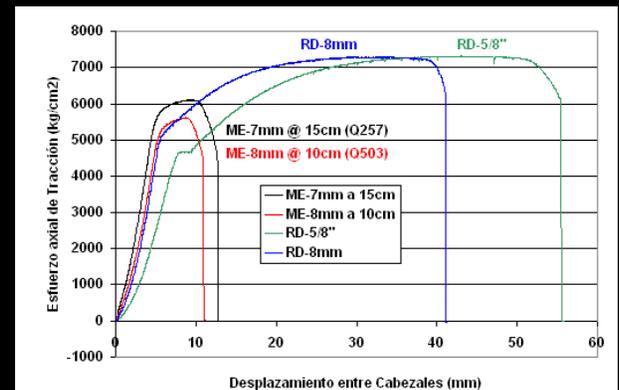




**ME1 y RD1 con $\rho = 0.0025$, fallaron por corte
ambos tuvieron distorsiones > 0.005**

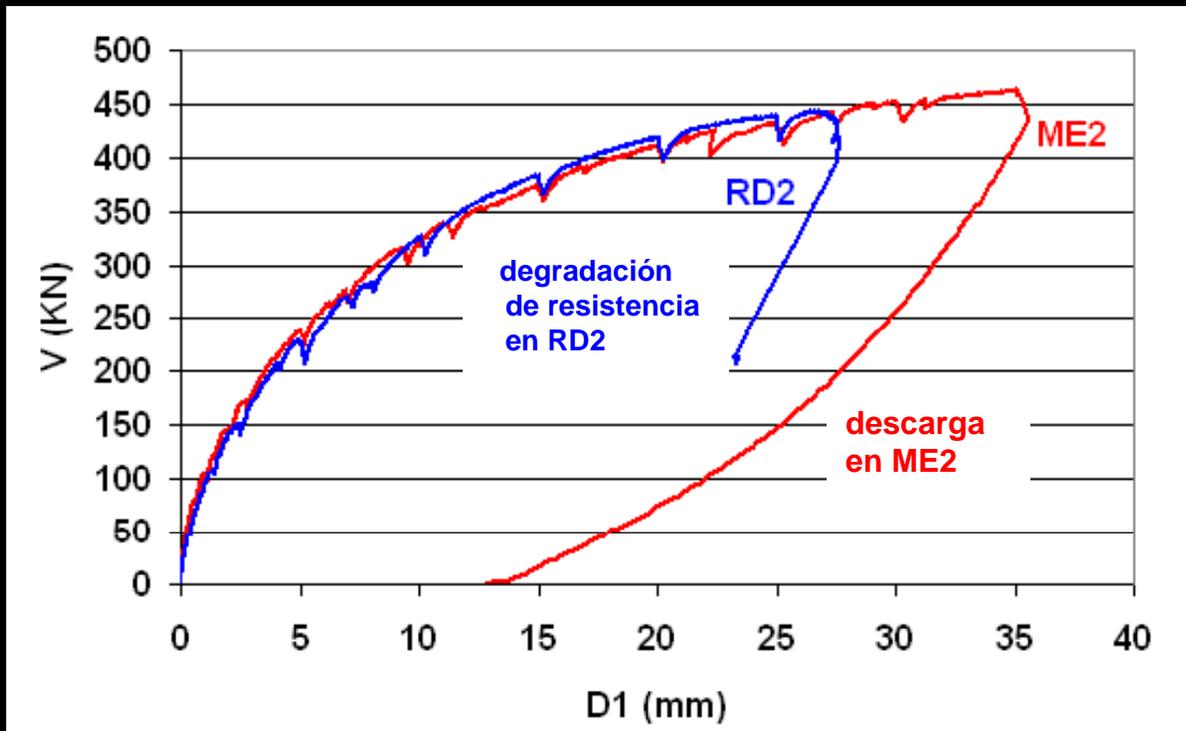


La menor resistencia de ME1 se debió a la menor resistencia de las varillas electrosoldadas





ME2 y RD2 con $\rho = 0.005$, fallaron por corte-flexión. Ambos tuvieron distorsiones > 0.005 . En RD2 se trituró el talón.



En conclusión, se solicitó al Comité Técnico E.060, levantar la prohibición de usar ME en el tercio inferior de la altura.



Análisis y Diseño de Edificaciones con Muros de Ductilidad Limitada EMDL



San Bartolomé



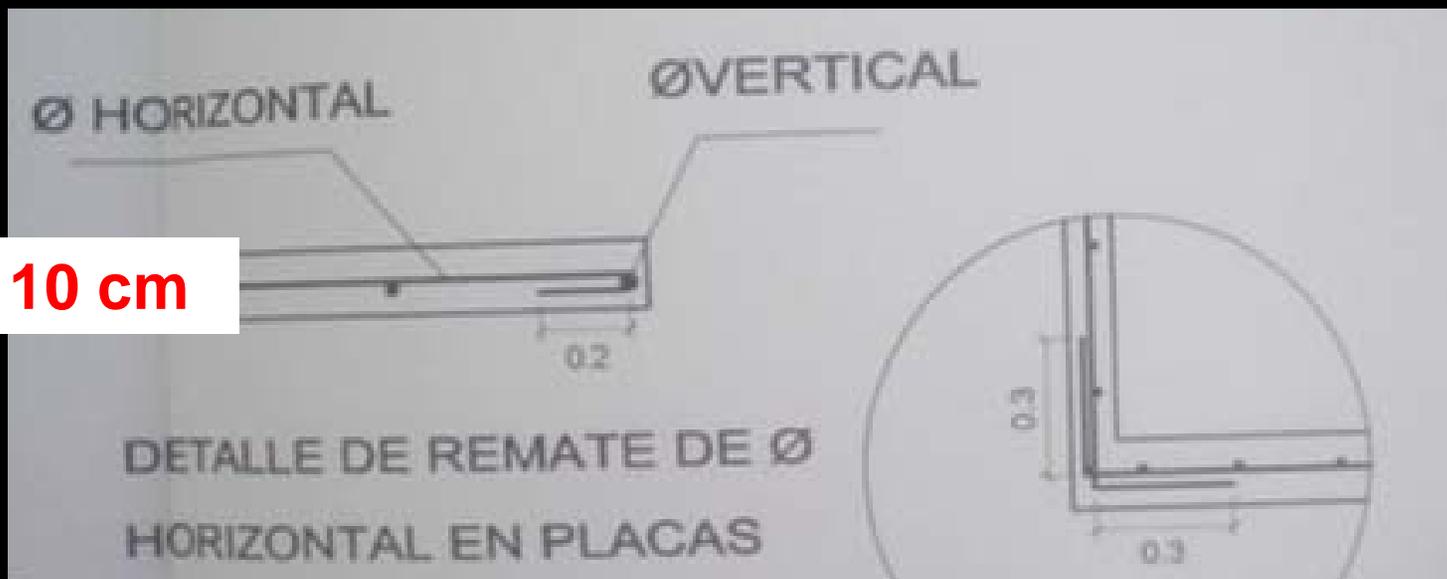
Norma E.030-Adenda

1. DEFINICIONES Y LIMITACIONES

- 1.1 Los EMDL se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad en las dos direcciones está dada por muros de concreto armado que no pueden desarrollar desplazamientos inelásticos importantes. En este sistema los muros son de espesores reducidos, se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola hilera. Los sistemas de piso son losas macizas o aligeradas que cumplen la función de diafragma rígido.

El máximo número de pisos que se puede construir con este sistema es de 7.

t = 10 cm



- 1.2 Cuando se emplee este sistema en edificios de mayor altura, los pisos inferiores por debajo de los 6 últimos niveles, deberán estar necesariamente estructurados en base a muros de concreto armado con espesores mayores o iguales a 0,15m, que permitan confinar sus extremos con estribos. Para el análisis y diseño sísmico del edificio se deberá usar $R = 4$ ó $R = 4 \times \frac{3}{4}$ si el edificio fuera irregular.



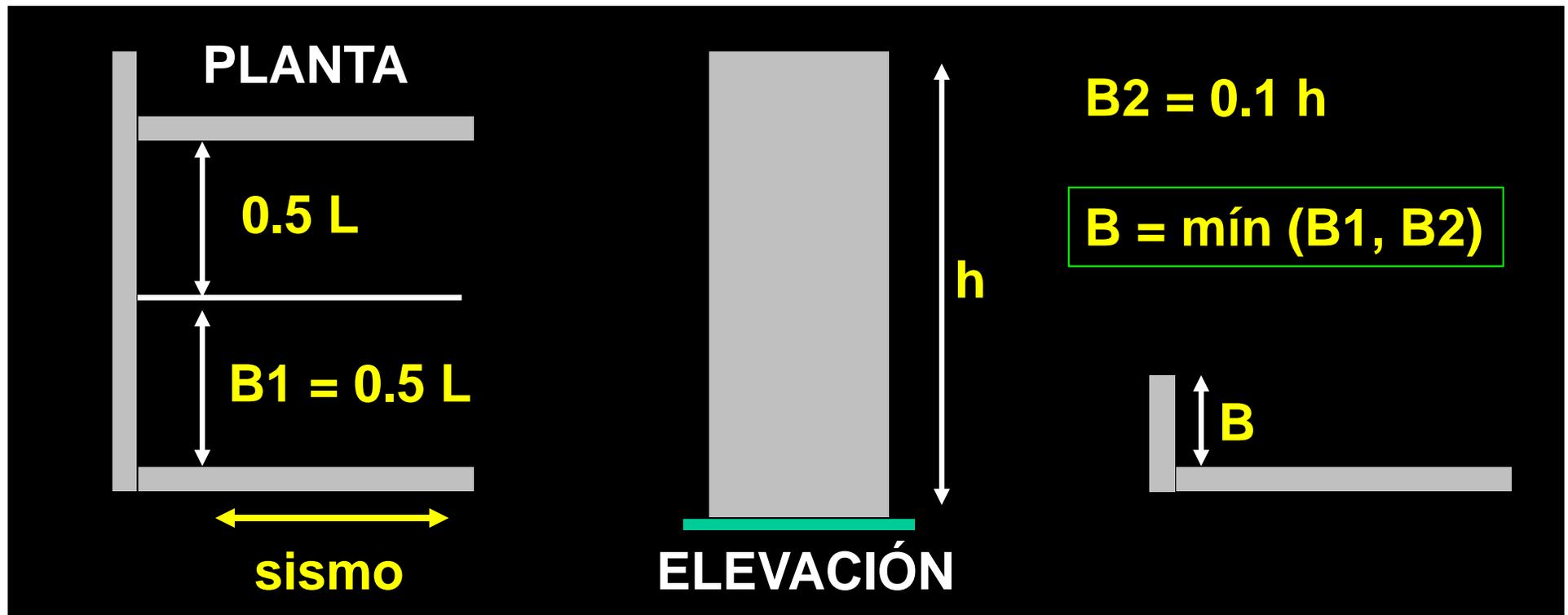
**6 pisos superiores,
 $t = 10$ cm**

$t > 15$ cm

2. MODELO PARA ANÁLISIS DE LOS EMDL

- 2.1 Para lograr una aceptable representación de la rigidez del edificio y de la distribución de las solicitaciones internas, se deberá desarrollar un modelo que tome en cuenta la interacción entre muros de direcciones perpendiculares. Para tal efecto, será necesario compatibilizar las deformaciones verticales en las zonas comunes de los muros en ambas direcciones, tanto para solicitaciones sísmicas como para cargas de gravedad.

Como alternativa de análisis se puede emplear modelos seudo tridimensionales de pórticos planos, considerando la contribución de los muros perpendiculares. La longitud de la aleta contribuyente a cada lado del alma deberá ser el menor valor entre el 10% de la altura total del muro y la mitad de la distancia al muro adyacente paralelo.

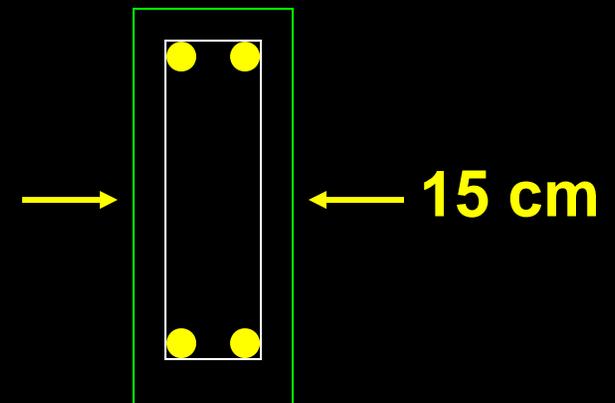


3. DESPLAZAMIENTOS LATERALES PERMISIBLES

- 3.1 El máximo desplazamiento relativo de entrepiso (calculado según el artículo 16.4 de la NTE E.030 Diseño Sismorresistente), dividido entre la altura de entrepiso, no deberá exceder de 0,005. **$0.75 R \Delta e / h < 0.005$**
- 3.2 Cuando para controlar los desplazamientos laterales se recurra a vigas de acoplamiento entre muros, éstas deben diseñarse para desarrollar comportamiento dúctil y deben tener un espesor mínimo de 0,15m.



Usualmente se aísla,
de lo contrario $t = 15 \text{ cm}$



4. IRREGULARIDADES EN ALTURA Y REQUISITOS DE DISEÑO

- 4.1 Cuando el edificio tenga muros discontinuos, se deberá cumplir con las siguientes exigencias:
- Para evitar la existencia de un piso blando, en cualquier entrepiso, el área transversal de los muros en cada dirección no podrá ser menor que el 90% del área correspondiente al entrepiso inmediato superior.
 - El 50% de los muros deberá ser continuo con un área mayor o igual al 50% del área total de los muros en la dirección considerada.
 - La resistencia y rigidez del entrepiso donde se produce la discontinuidad, así como los entrepisos inmediato superior e inmediato inferior deberán estar proporcionada exclusivamente por los muros que son continuos en todos los niveles.



- d. El sistema de transferencia (parrilla, losa y elementos verticales de soporte) se deberá diseñar empleando un factor de reducción de fuerzas sísmicas (RST) igual al empleado en el edificio, R dividido entre 1,5, es decir, $RST = R/1,5$.

Para los elementos del sistema de transferencia, multiplicar los esfuerzos del análisis por 1.5.

- e. Excepcionalmente se permitirá densidades de muros continuos inferiores a la indicada en (b), sólo para los entresijos de sótanos. En este caso se podrá recurrir a sistemas de transferencia en el nivel correspondiente al techo del sótano debiéndose desarrollar un diseño por capacidad, de acuerdo a lo indicado en el acápite 4.2 de las especificaciones normativas para concreto armado en el caso de EMDL, y satisfaciendo adicionalmente lo indicado en (d).

El proyectista deberá presentar una memoria y notas de cálculo incluyendo los detalles del diseño para el sistema de transferencia y de los principales muros con responsabilidad sísmica.

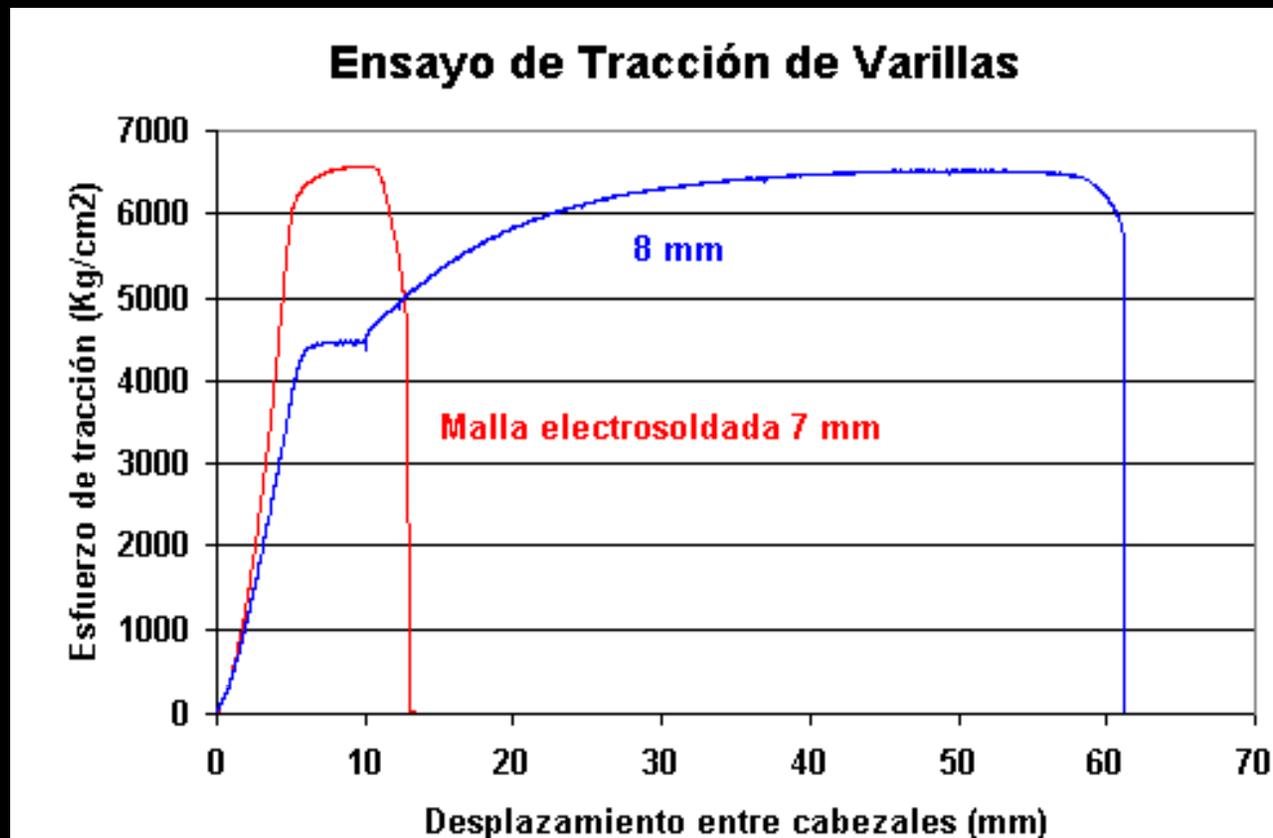
Norma E.060-Adenda

1 MATERIALES

- 1.1 La resistencia a la compresión del concreto en los EMDL, debe ser como mínimo $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, salvo en los sistemas de transferencia donde deberá usarse $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
- 1.2 El diseño de mezclas para los muros de espesores reducidos, deberá tomar en cuenta las consideraciones de trabajabilidad.

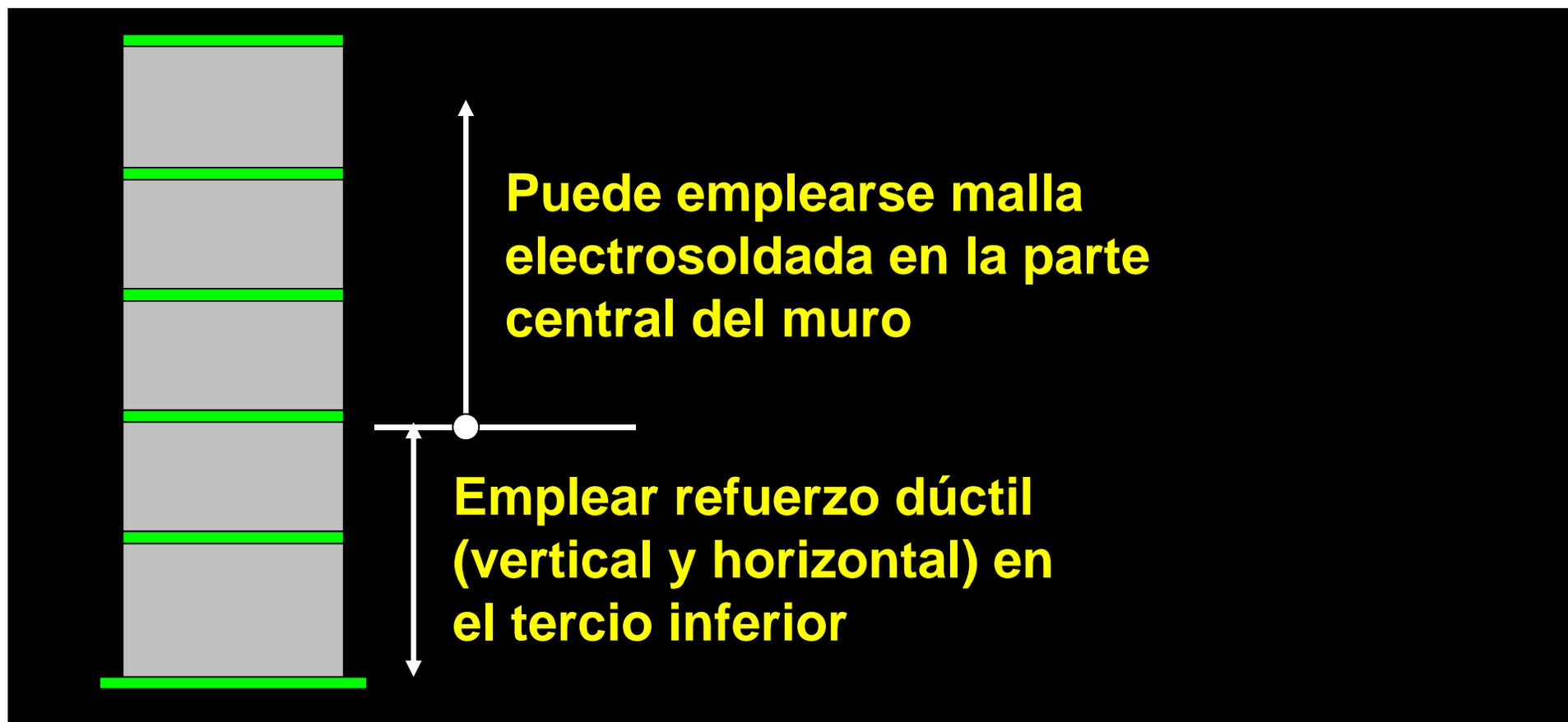


- 1.3 El acero de las barras de refuerzo en los muros, deberá ser dúctil, de grado 60 siguiendo las especificaciones ASTM A615 y ASTM A706.
- 1.4 Se podrá usar malla electrosoldada corrugada con especificaciones ASTM A496 y A497 con las limitaciones indicadas en 2.2.

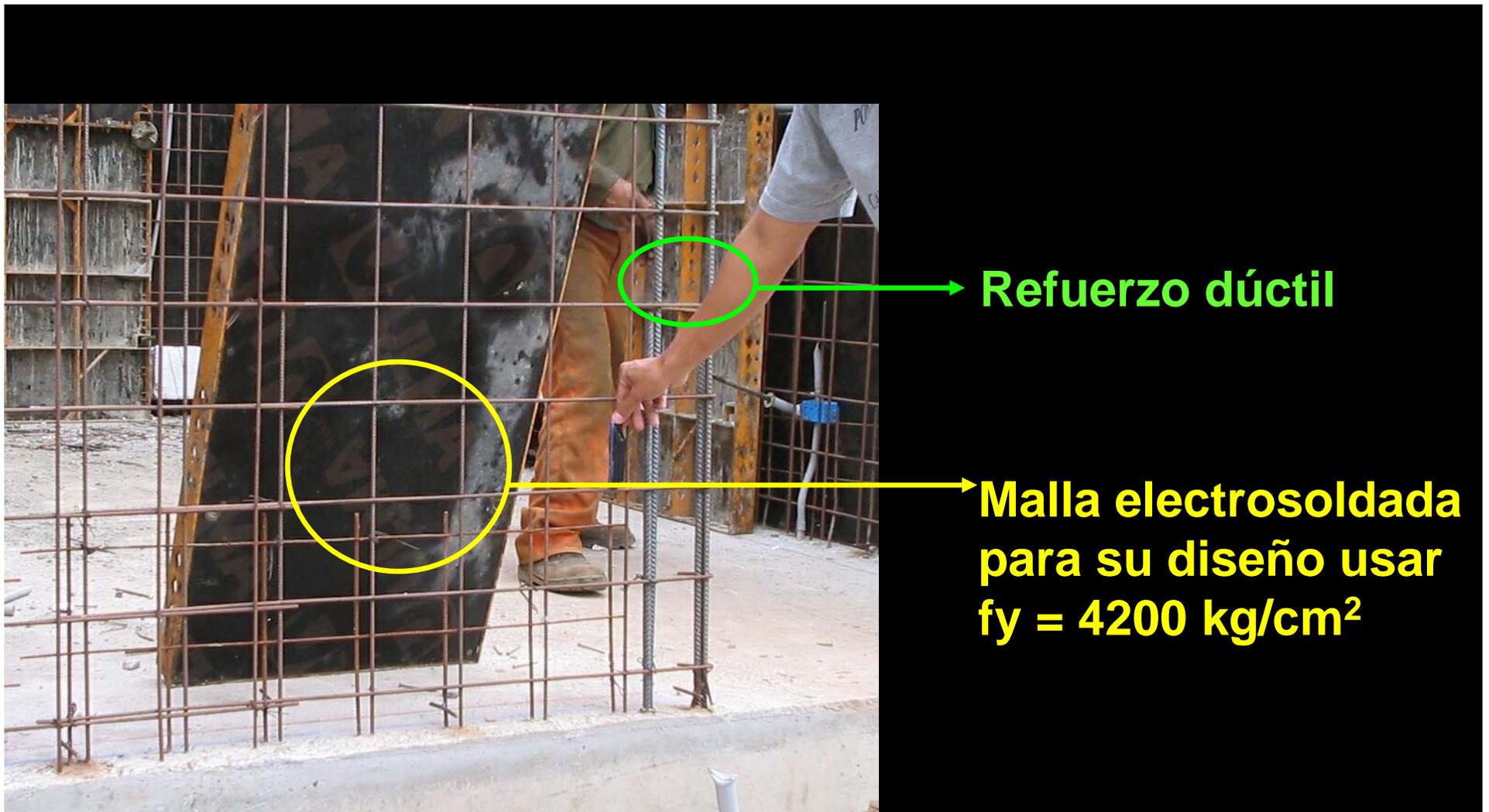


2 DISEÑO DE MUROS

- 2.1 El espesor mínimo de los muros de ductilidad limitada deberá ser de 0,10 m.
- 2.2 Se podrá usar malla electrosoldada como refuerzo repartido de los muros de edificios de hasta 3 pisos y, en el caso de mayor número de pisos, se podrá usar mallas sólo en los pisos superiores, debiéndose usar acero que cumpla con 1.3 en el tercio inferior de la altura.

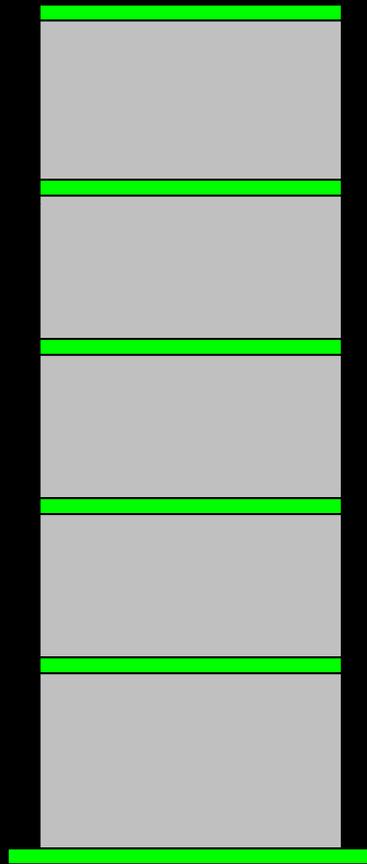


- 2.3 En todos los casos el refuerzo concentrado en los extremos de los muros deberá ajustarse a lo indicado en 1.3.
- 2.4 Si se usa malla electrosoldada, para el diseño deberá emplearse como esfuerzo de fluencia, el valor máximo de $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.



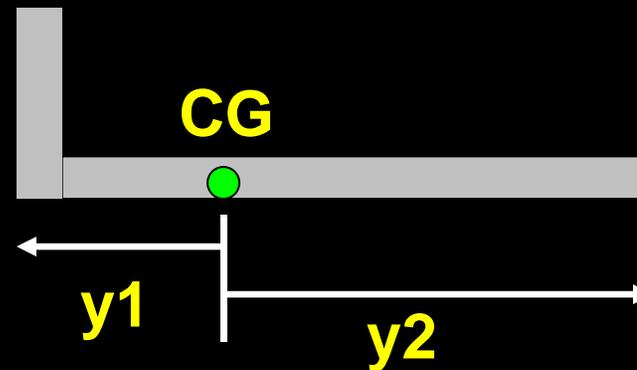
2.5

En edificios de más de tres pisos, deberá proveerse del refuerzo necesario para garantizar una resistencia nominal a flexo compresión del muro por lo menos igual a 1,2 veces el momento de agrietamiento de su sección. Esta disposición podrá limitarse al tercio inferior del edificio y a no menos de los dos primeros pisos.



En el tercio inferior: $M_u > 1.2 M_{CR}$

$$\frac{M_{CR} y}{I} - \frac{P}{A} = 2 \sqrt{f'c} \rightarrow M_{CR}$$



Norma antigua de Concreto Armado, para Muros en Compresión

$$P_u \leq \phi P_n = 0.55 \phi f'_c A \left[1 - \left(\frac{k h}{32 t} \right)^2 \right]$$

$$P_u = 1.5 PD + 1.8 PL$$

t = espesor del muro (mínimo 10 cm)

Ag = área bruta

$\phi = 0.7$, h = altura libre, k = factor de restricción:

k = 2, para muros no arriostrados

k = 1, para muros arriostrados sin restricción a la rotación

2.6

La profundidad del eje neutro, "c", de los muros de ductilidad limitada deberá satisfacer la siguiente relación:

$$c < \frac{l_m}{600 \times \left(\frac{\Delta_m}{h_m} \right)}$$

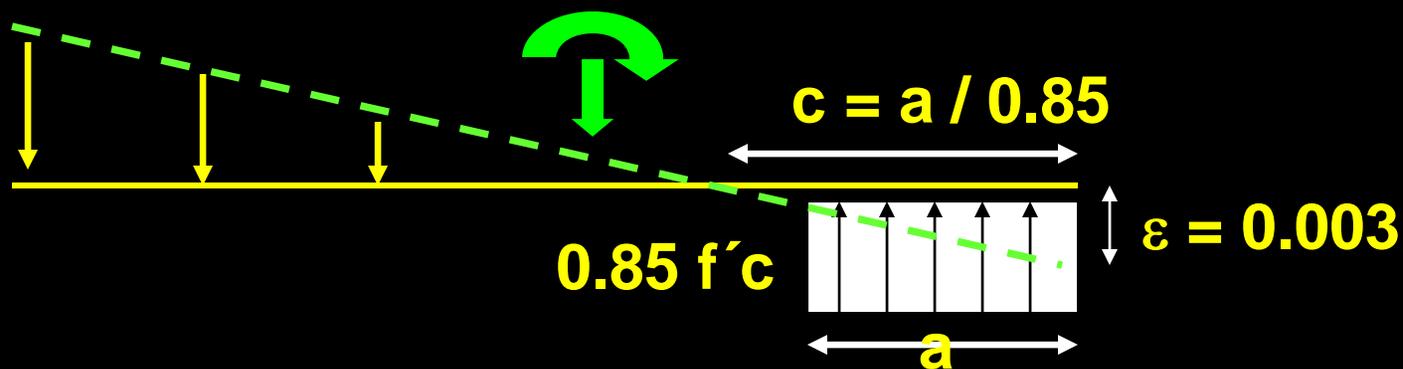
Donde:

l_m es la longitud del muro en el plano horizontal,

h_m la altura total del muro y

Δ_m es el desplazamiento del nivel más alto del muro, correspondiente a h_m . y que debe ser calculado de acuerdo al artículo 16.4 de la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

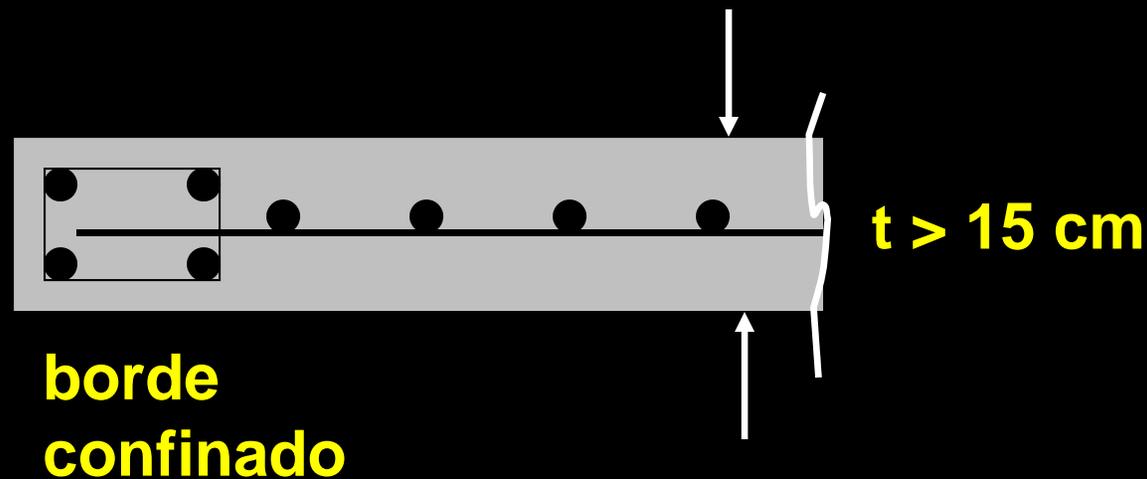
Para el cálculo de "c" se deberá considerar el aporte de los muros perpendiculares (aletas) usando como longitud de la aleta contribuyente a cada lado del alma el menor valor entre el 10 % de la altura total del muro y la mitad de la distancia al muro adyacente paralelo. Deberá usarse el mayor valor de "c" que se obtenga de considerar compresión a cada lado del muro.



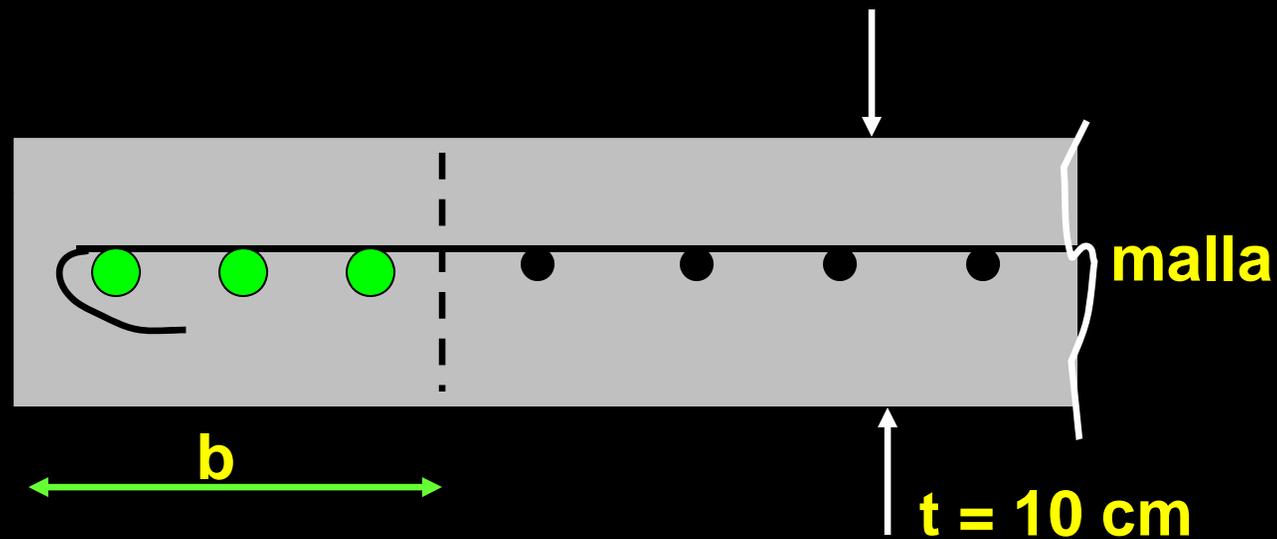
- 2.6 La profundidad del eje neutro, "c", de los muros de ductilidad limitada deberá satisfacer la siguiente relación:

$$c < \frac{l_m}{600 \times \left(\frac{\Delta_m}{h_m}\right)}$$

- 2.7 Cuando el valor de "c" no cumpla con lo indicado en el artículo 2.6, los extremos del muro deberán confinarse con estribos cerrados, para lo cual deberá incrementarse el espesor del muro a un mínimo de 0,15 m. Los estribos de confinamiento deberán tener un diámetro mínimo de 8 mm y un espaciamiento máximo de 12 veces el diámetro de la barra vertical, pero no mayor a 0,20 m.



- 2.8 Cuando de acuerdo a 2.6 no sea necesario confinar los extremos de un muro, el refuerzo deberá espaciarse de manera tal que su cuantía esté por debajo de 1 % del área en la cual se distribuye.



$$A_s / (b t) = 0.01$$

A_s = área del acero dúctil

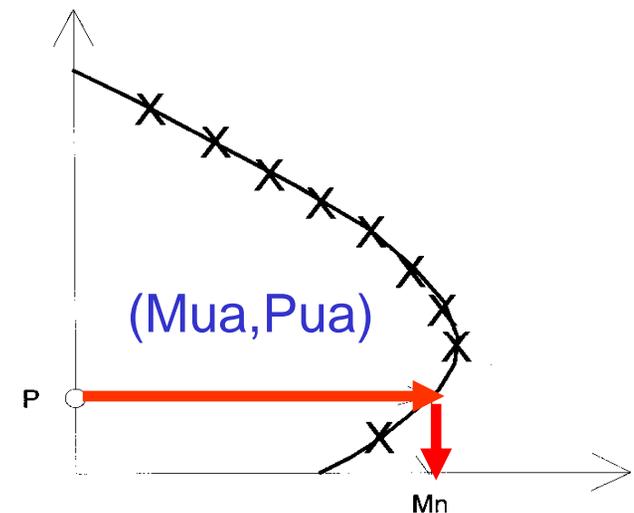
- 2.9 La fuerza cortante última de diseño (V_u) debe ser mayor o igual que el cortante último proveniente del análisis (V_{ua}) amplificado por el cociente entre el momento nominal asociado al acero colocado (M_n) y el momento proveniente del análisis (M_{ua}), es decir:

$$V_u \geq V_{ua} \left(\frac{M_n}{M_{ua}} \right)$$

Para el cálculo de M_n se debe considerar como esfuerzo de fluencia efectivo $1,25 f_y$

En la mitad superior del edificio podrá usarse 1,5 como valor máximo del cociente (M_n / M_{ua})

“Mn” se obtiene del diagrama de interacción



2.10 La resistencia al corte de los muros, se podrá determinar con la expresión:

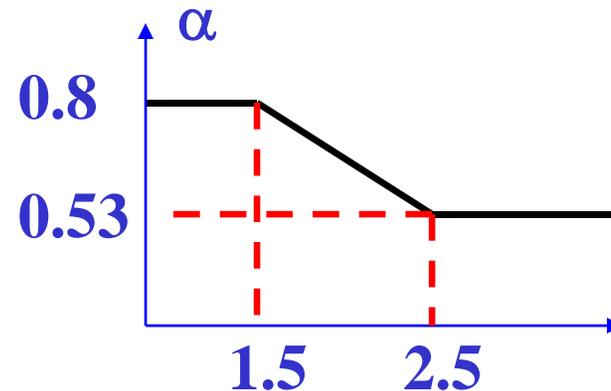
$$\phi V_n = \phi V_c + \phi V_s = \phi \left(A_c \alpha \sqrt{f'c} \right) + \phi \left(A_c \rho_h f_y \right)$$

donde $\phi = 0,85$, "A_c" representa el área de corte en la dirección analizada, "ρ_h" la cuantía horizontal del muro y "α" es un valor que depende del cociente entre la altura total del muro "h_m" (del suelo al nivel más alto) y la longitud del muro en planta l_m

si $\left(\frac{h_m}{l_m} \right) \leq 1,5$ $\alpha = 0,8$

si $\left(\frac{h_m}{l_m} \right) \geq 2,5$ $\alpha = 0,53$

si $1,5 < \left(\frac{h_m}{l_m} \right) < 2,5$ α se obtiene interpolando entre 0,8 y 0,53



El valor máximo de V_n será $V_n < 2,7 \sqrt{f'c} A_c$

- 2.11 El refuerzo vertical distribuido debe garantizar una adecuada resistencia al corte fricción (ϕV_n) en la base de todos los muros.

La resistencia a corte fricción deberá calcularse como:

$$\phi V_n = \phi \mu (N_u + A_v f_y)$$

Donde la fuerza normal última (N_u) se calcula en función de la carga muerta (N_M) como $N_u = 0,9 N_M$, el coeficiente de fricción debe tomarse como $\mu = 0,6$ y $\phi = 0,85$. Excepcionalmente cuando se prepare adecuadamente la junta se tomará $\mu = 1,0$ y el detalle correspondiente se deberá incluir en los planos.

- 2.12 El refuerzo vertical de los muros deberá estar adecuadamente anclado, en la platea de cimentación (o en losa de transferencia), para poder desarrollar su máxima resistencia a tracción, mediante anclajes rectos o con gancho estándar de 90°; las longitudes correspondientes a ambos casos deberán estar de acuerdo a lo señalado en la NTE E.060 Concreto Armado.
- 2.13 Cuando excepcionalmente se decida empalmar por traslape todo el acero vertical de los muros de un piso, la longitud de empalme (**le**) deberá ser como mínimo dos veces la longitud de desarrollo (**ld**), es decir **le = 2 ld**. En los casos de mallas electrosoldadas se deberá usar **le = 3 ld**.
- 2.14 El recubrimiento del acero de refuerzo en los extremos de los muros deberá ser como mínimo de 2,5 cm. En los casos de elementos en contacto con el terreno se deberá incrementar el espesor del muro hasta obtener un recubrimiento mínimo de 4 cm.

2.15 La cuantía mínima de refuerzo vertical y horizontal de los muros deberá cumplir con las siguientes limitaciones:

Si $V_u > 0,5 \phi V_c$ entonces $\rho_h \geq 0,0025$ y $\rho_v \geq 0,0025$

Si $V_u < 0,5 \phi V_c$ entonces $\rho_h \geq 0,0020$ y $\rho_v \geq 0,0015$

Si $\frac{h_m}{l_m} \leq 2$ la cuantía vertical de refuerzo no deberá ser menor que la cuantía horizontal.

Estas cuantías son aplicables indistintamente a la resistencia del acero.