

Rehabilitación de estructuras de mampostería

Leonardo Flores Corona



Oaxaca, Oax., 11 y 12 de julio de 2008



Objetivos de la rehabilitación

- Aumentar resistencia
- Incrementar rigidez
- Mejorar capacidad de deformación inelástica

- Restablecer/mejorar el comportamiento de la estructura original para devolverle su funcionalidad

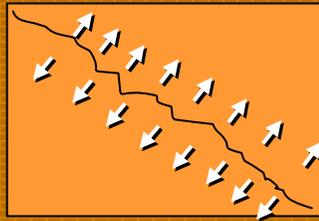


Agrietamientos

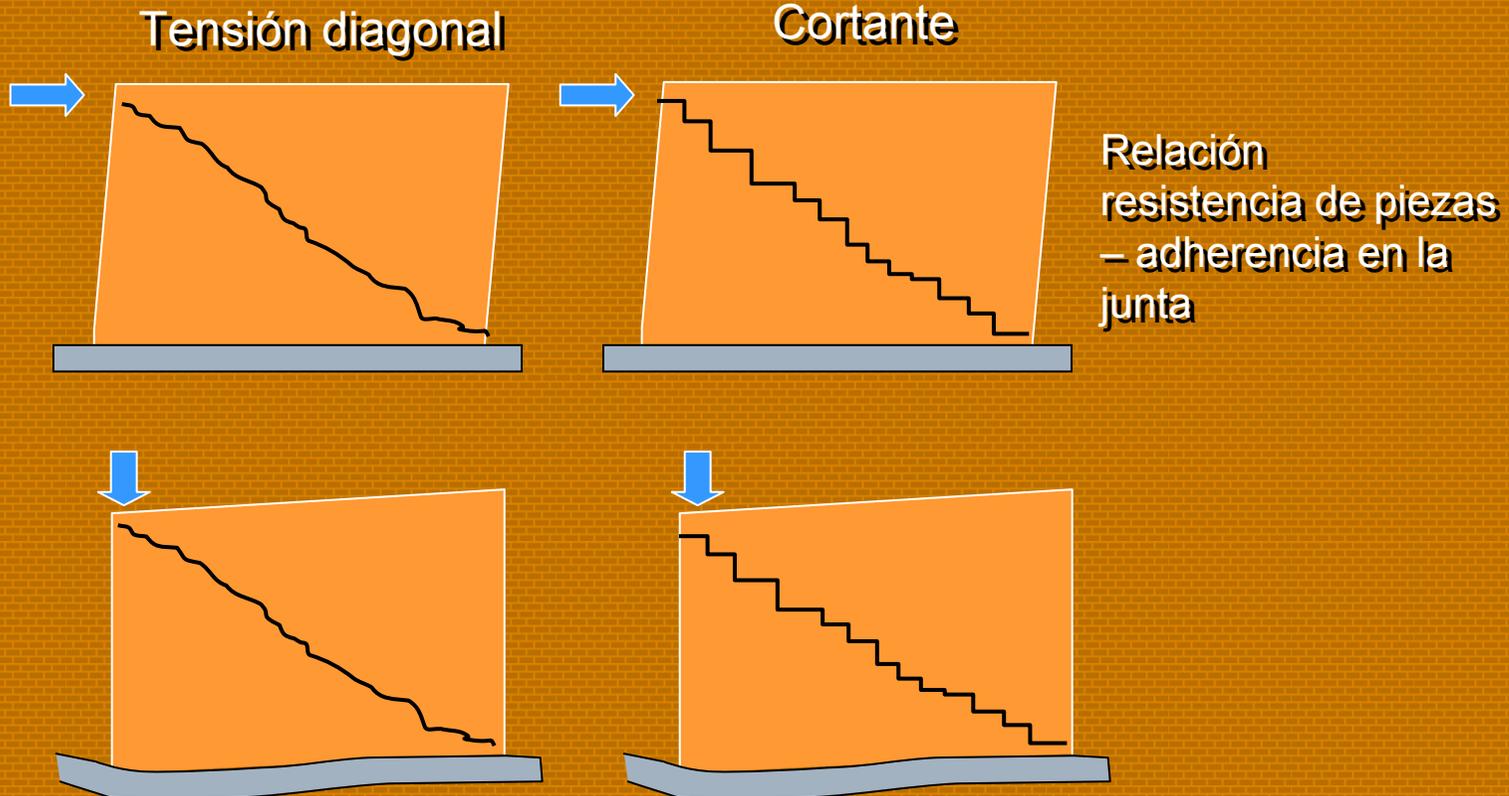
- “Grieta”, “fisura”, “cuarteadura”, ...
- Se generan cuando los esfuerzos en el elemento exceden la resistencia del material (pieza, junta).
- Por lo tanto, acusan la distribución de esfuerzos en el momento del daño
- Es posible identificar el fenómeno que provocó dicho agrietamiento

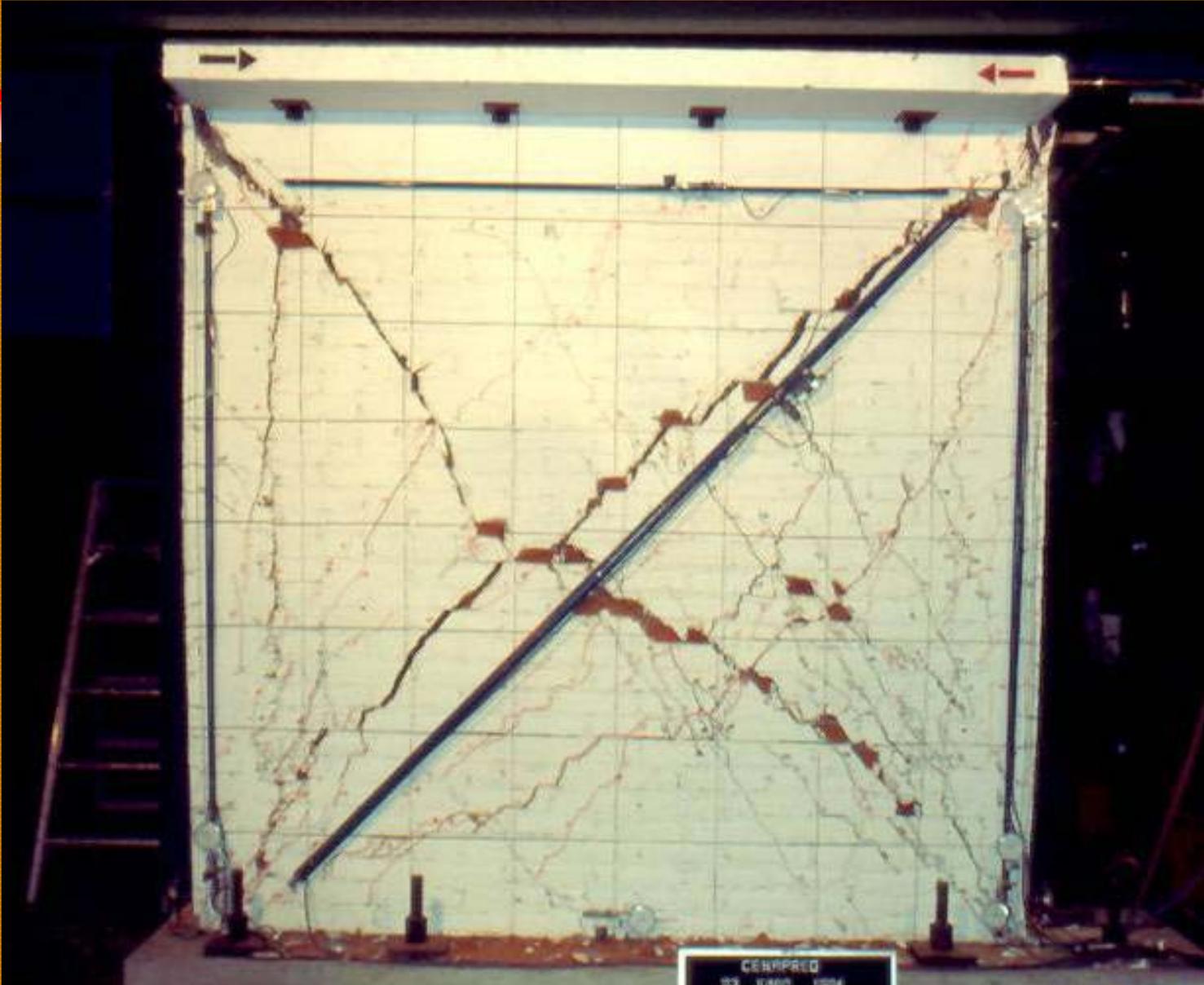
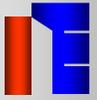


Agrietamientos y modos de falla



Distorsión angular:
Fuerza horizontal o
asentamiento diferencial









Normas Técnicas Mampostería RCDF

Capítulo 11

Evaluación y Rehabilitación

- Necesidad de evaluación
- Proceso de evaluación
- Investigación y documentación de la edificación y de las acciones que la dañaron
- Clasificación del daño en los elementos de la edificación



Normas Técnicas Mampostería RCDF

- Evaluación del impacto de elementos dañados en el comportamiento de la edificación
- Determinación de la necesidad de rehabilitación



NTCM, RCDF:

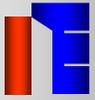
Sección 11.3 Rehabilitación

- Apuntalamiento y rehabilitación temporales y demolición
- Conexión entre elementos existentes y materiales o elementos nuevos
- Reparación de elementos
- Refuerzo
- Construcción, supervisión y control de calidad



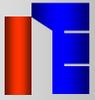
Evaluación global de la estructura

- Reparación local vs. Proyecto global
- Configuración estructural
 - Simetría
 - Regularidad en planta y en elevación
 - Escasez de muros (redundancia)
 - Choque con otras estructuras
- Tipo de cimentación
- Tipo de material para la mampostería
- Modalidad de refuerzo



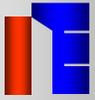
Evaluación

- Configuración estructural
- Fecha de construcción
- Reglamento vigente en la construcción
- Daño en eventos anteriores, técnica de rehabilitación previa
- Planos arquitectónicos, estructurales, memoria de cálculo



Evaluación

- Croquis de la estructura con ubicación y dibujo de los agrietamientos
- Tamaño de grieta
- Verificar coincidencia de las grietas a ambos lados del muro



Técnicas de rehabilitación

✓ A carga vertical:

- Inserción de castillos
- Marcos de concreto ref. o de acero
- Muros de concreto
- Otros

✓ A flexión:

- Castillos, malla, placas de acero, cables



Técnicas de rehabilitación

- ✓ A carga lateral:
 - Reparación de grietas (resina, mortero, ...)
 - Grapas o bandas de malla en las grietas
 - Alambres horizontales sujetos en los extremos
 - Encamisado con mortero (solo, fibras)
 - Malla y recubrimiento de mortero
 - Fibras sintéticas y resinas



Técnicas de rehabilitación

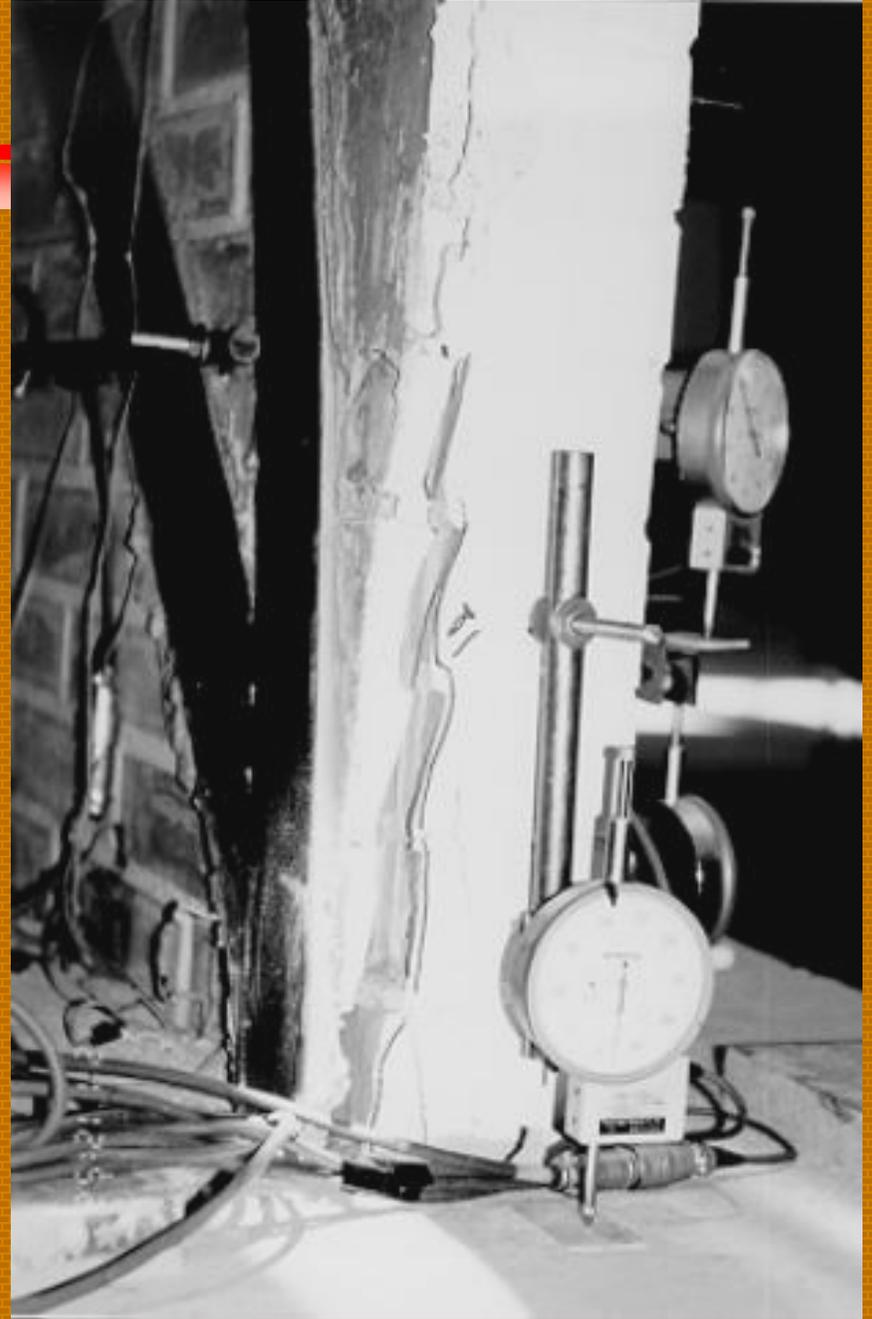
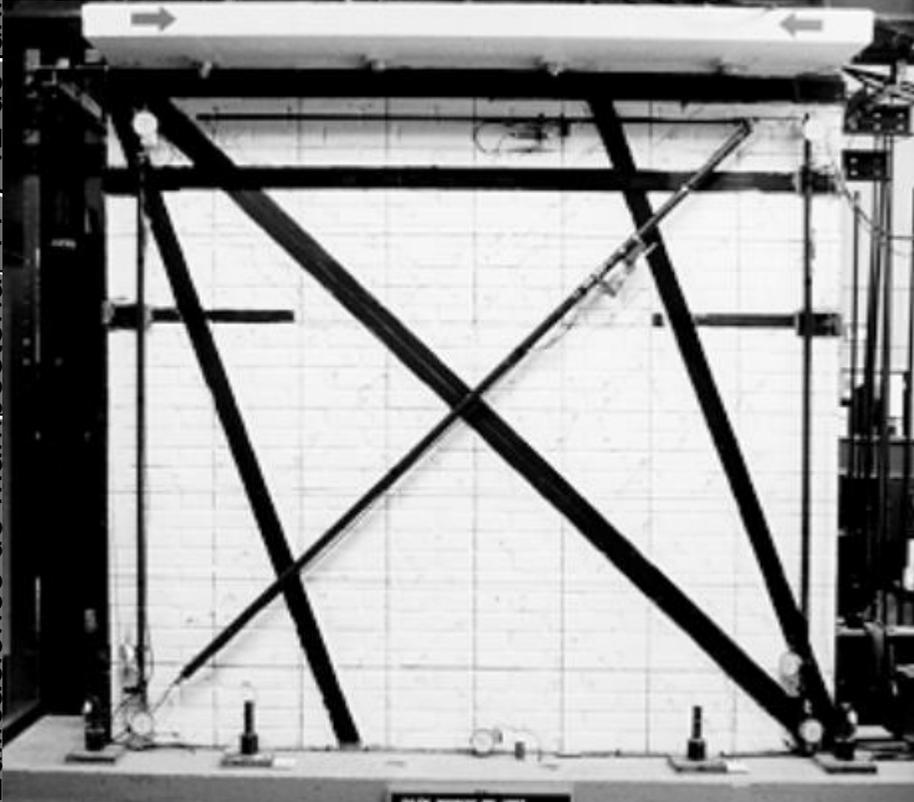
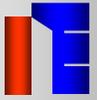
- Placas metálicas
- Contraventeo con cables
- Diagonales de concreto reforzado
- Cables de postensado
- Otros

Técnicas de rehabilitación según la condición de daño



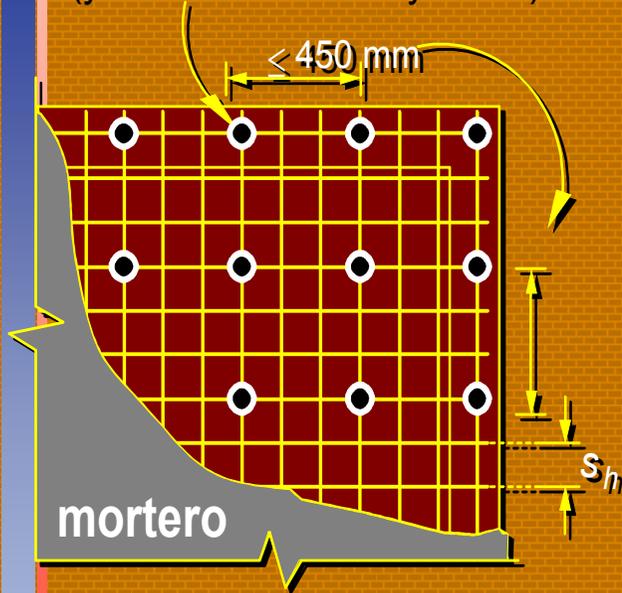
Refuerzo con fibras de carbono





Refuerzo con malla y mortero, NTC-M, RCDF 2004

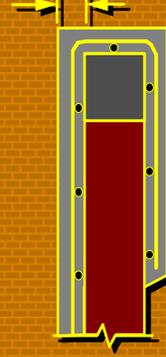
separación máxima de 450 mm
(y anclar a castillos y dalas)



Mortero tipo I,

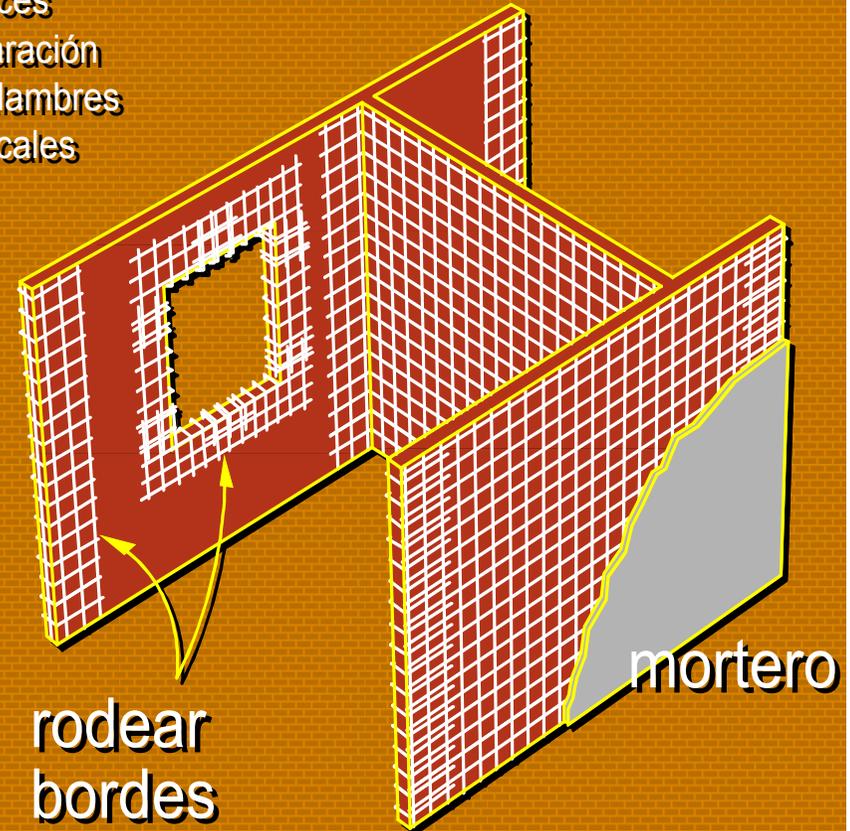
$$f_{ij}^* \geq 12.5 \text{ MPa}$$

$$\geq 15 \text{ mm (5.4.4.1)}$$



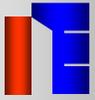
Detalle 1

≥ 2 veces
separación
de alambres
verticales



*Alambres horizontales de la
malla:*

$$V_{sR} = F_R \eta \rho_h f_{yh} A_T$$



INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL PARA REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS DE MAMPOSTERÍA



Marco de carga e instrumentación





Espécimen MV-1





Espécimen MV-2

Curso de Edificaciones de Mampostería, 11 y 12 de junio de 2008

24



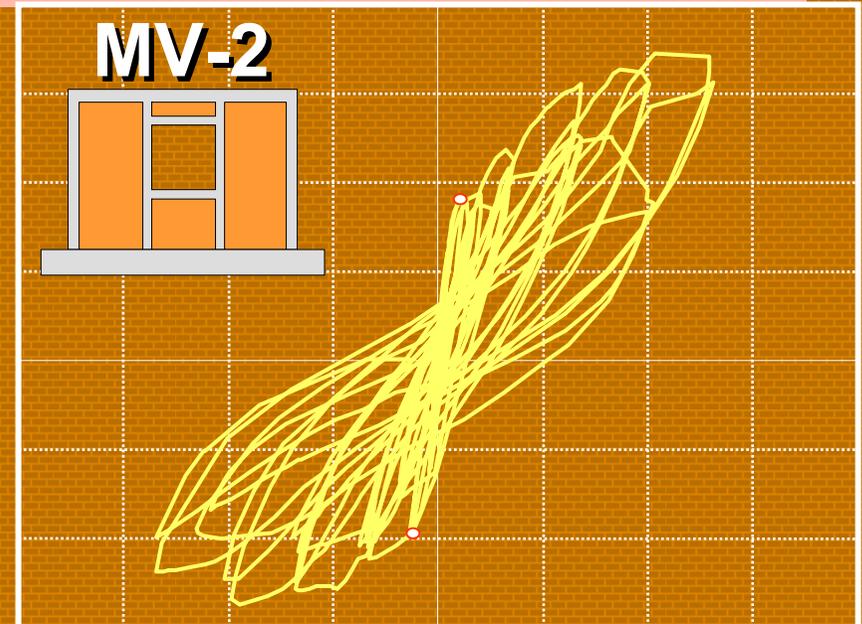
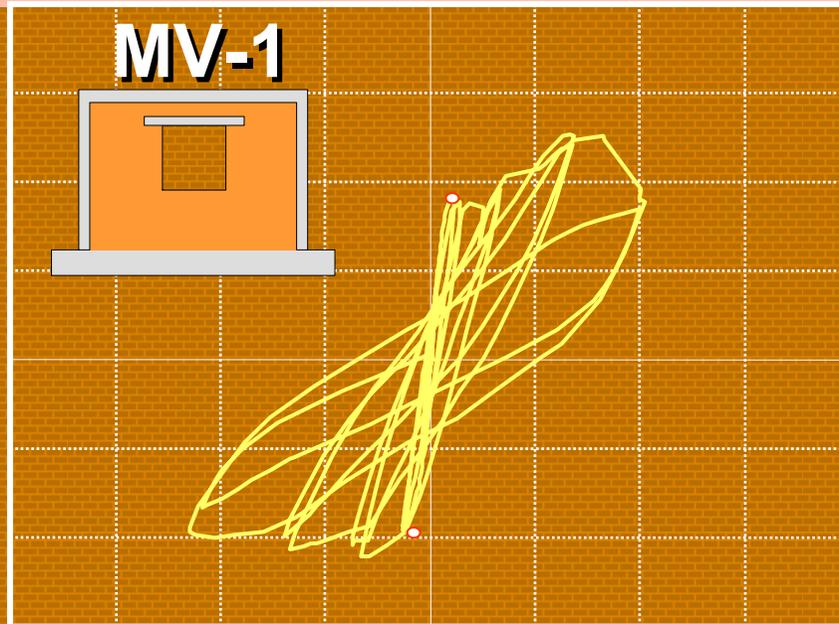
CENAPRED
PROYECTO MUROS-VENTANA
MODELO MV-2
PASO 387 CICLO 13
DISTORSION 0.008
CARGA 6.83TON

31 3 2004

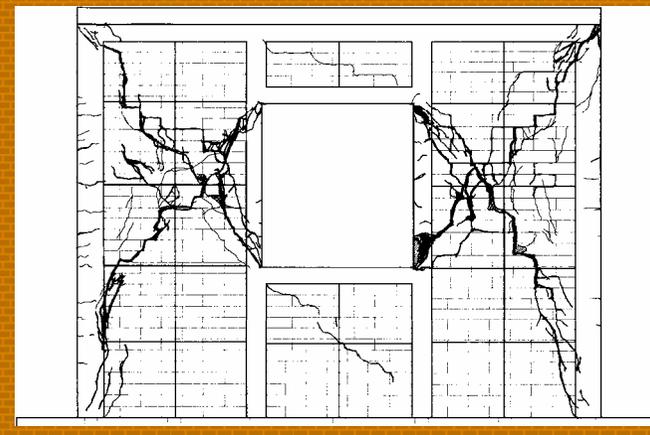
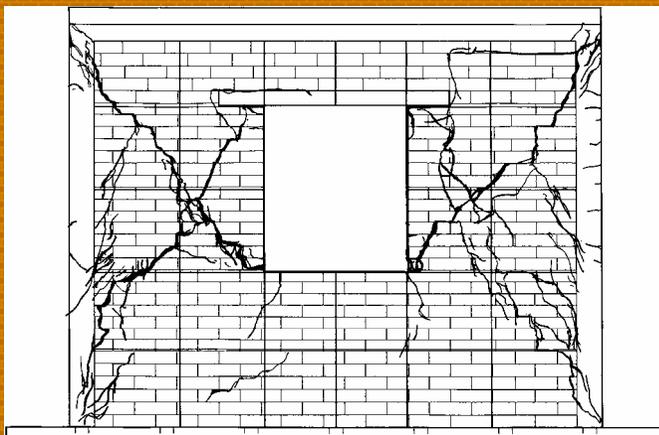


Curvas de histéresis

12
9
6
3
0
-3
-6
-9



Distorsión, mm/mm





Procedimiento

- Apuntalar la zona del castillo a reparar;
- Demoler el extremo del castillo y reconstruirlo;
- Reemplazar las zonas con piezas más dañadas;
- Relleno de grietas mayores de 3 mm en mampostería;
- Malla de alambre 6x6-10/10, conexión con clavos para concreto de 50 mm @ 45 cm;
- Aplanado de mortero (2.5 cm)



Apuntalamiento

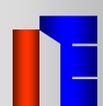
→ Seleccionar castillos que deban ser reparados



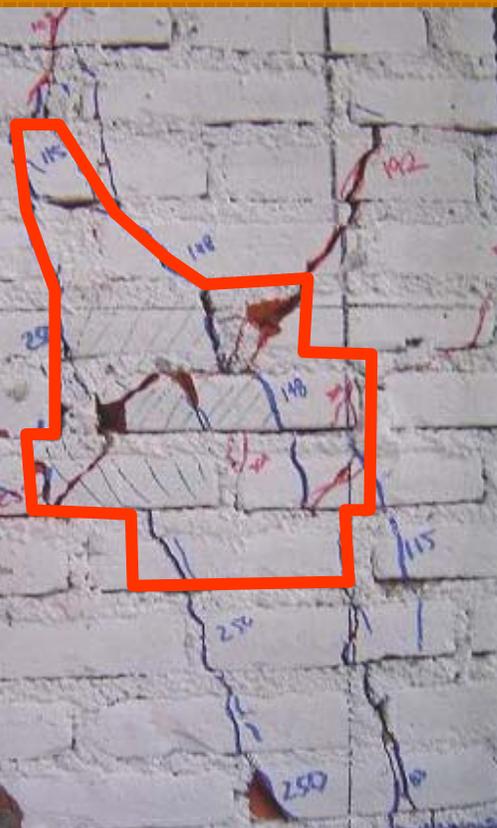


Demolición de parte de los castillos y reconstrucción





Reemplazo de piezas en zonas muy dañadas





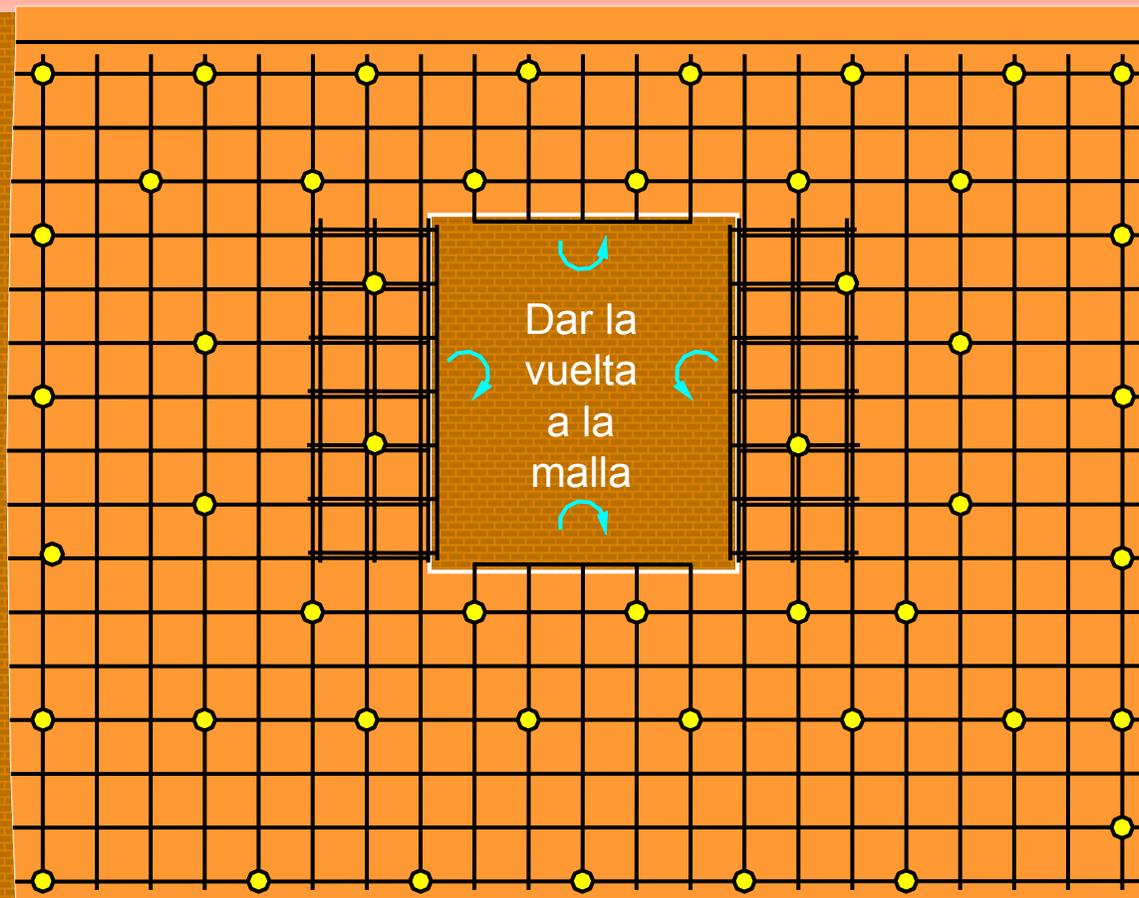
Relleno de grietas

Grietas mayores a 3 mm en mampostería
Uso de mortero cemento:arena 1:3





Colocación de la malla



Malla 6x6-10/10
ambos lados

● Clavos
@ 45 cm



Colocación de malla

- Limpieza de la pintura
- Malla 6x6-10/10
- Pegada al muro
- Clavos de concreto de 50 mm @ 45 cm
- Rodear los bordes
- Traslape de 2 alambres (30 cm)



Colocación del mortero

- Mortero
cemento:cal:arena
1:¼:3.75 ,
- $f_j = 100 \text{ kg/cm}^2$
- Espesor 2.5 cm





MV-1R, Final,

Dist. = 0.008

Curso de Edificaciones de Mampostería, 11 y 12 de junio de 2008





Fractura de los alambres





MV-2R, Final,

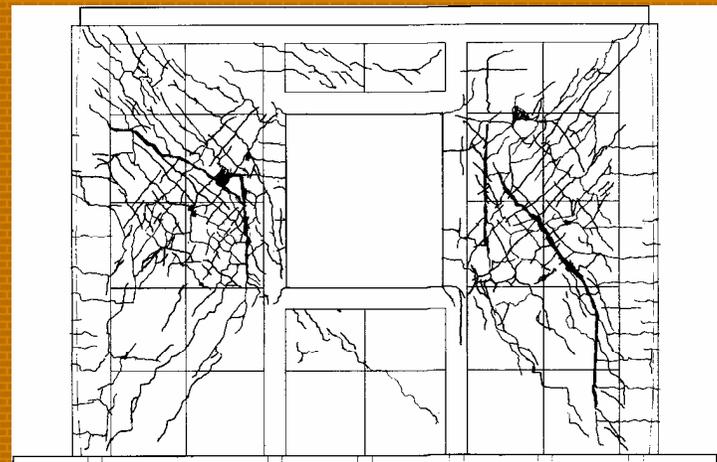
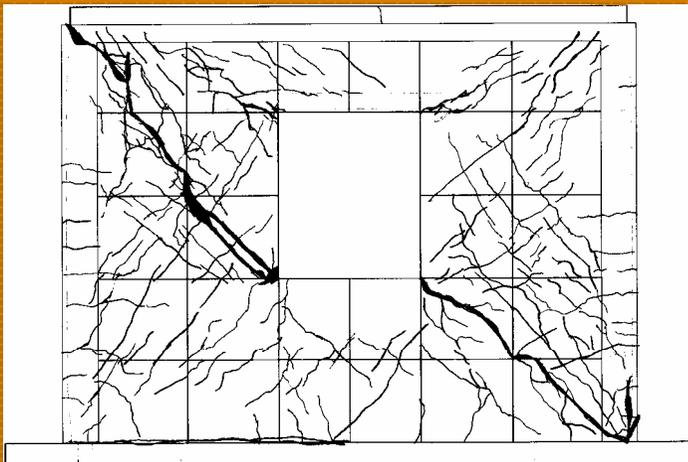
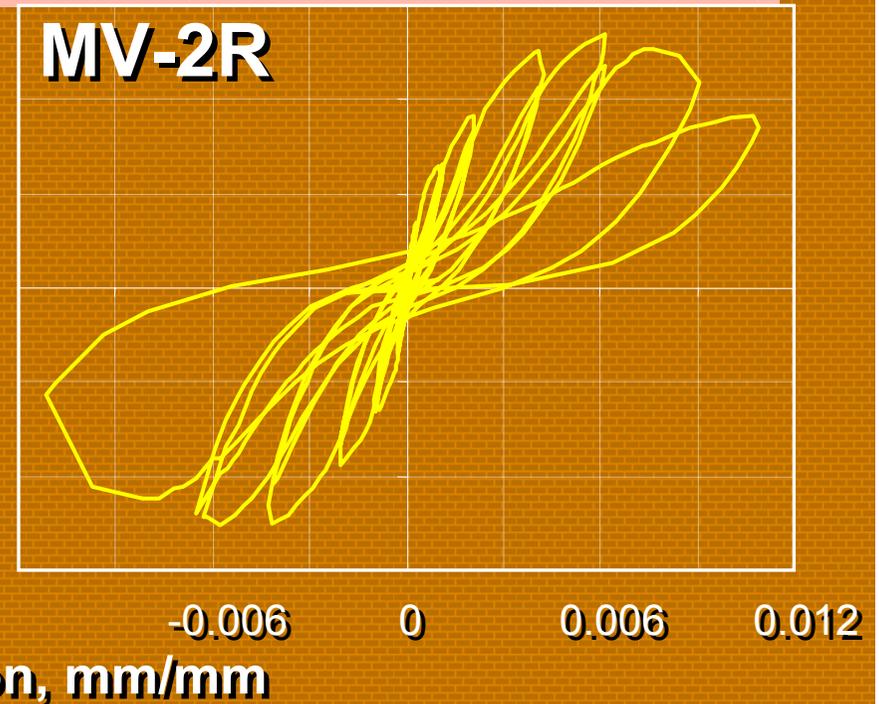
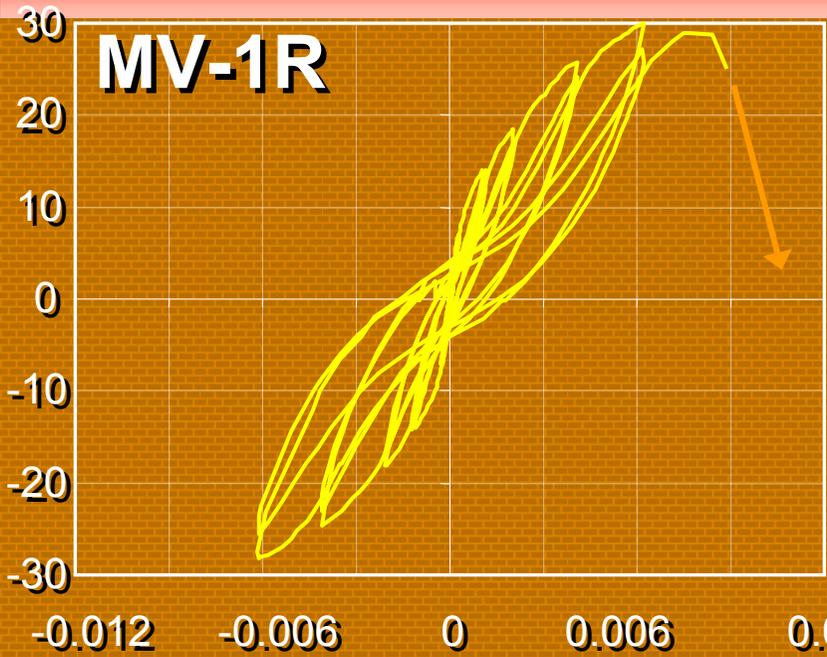
Dist. = 0.01

Curso de Edificaciones de Mampostería, 11 y 12 de junio de 2008





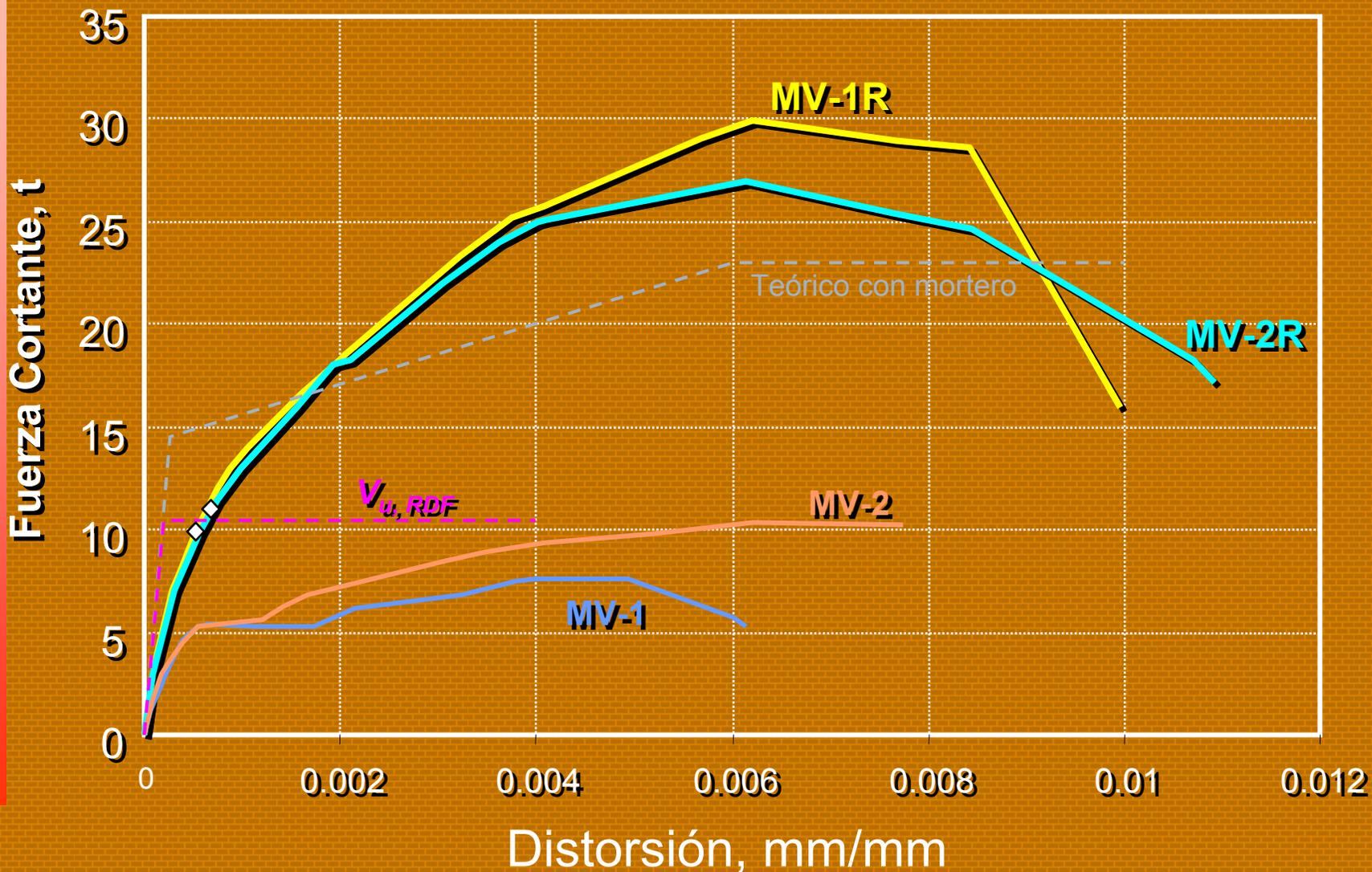
Curvas de histéresis

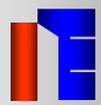




Envolventes de respuesta

Curso de Edificaciones de Mampostería, 11 y 12 de junio de 2008





Rehabilitación de estructuras de mampostería con malla y mortero





Etapas de la rehabilitación

Curso de Edificaciones de Mampostería, 11 y 12 de junio de 2008

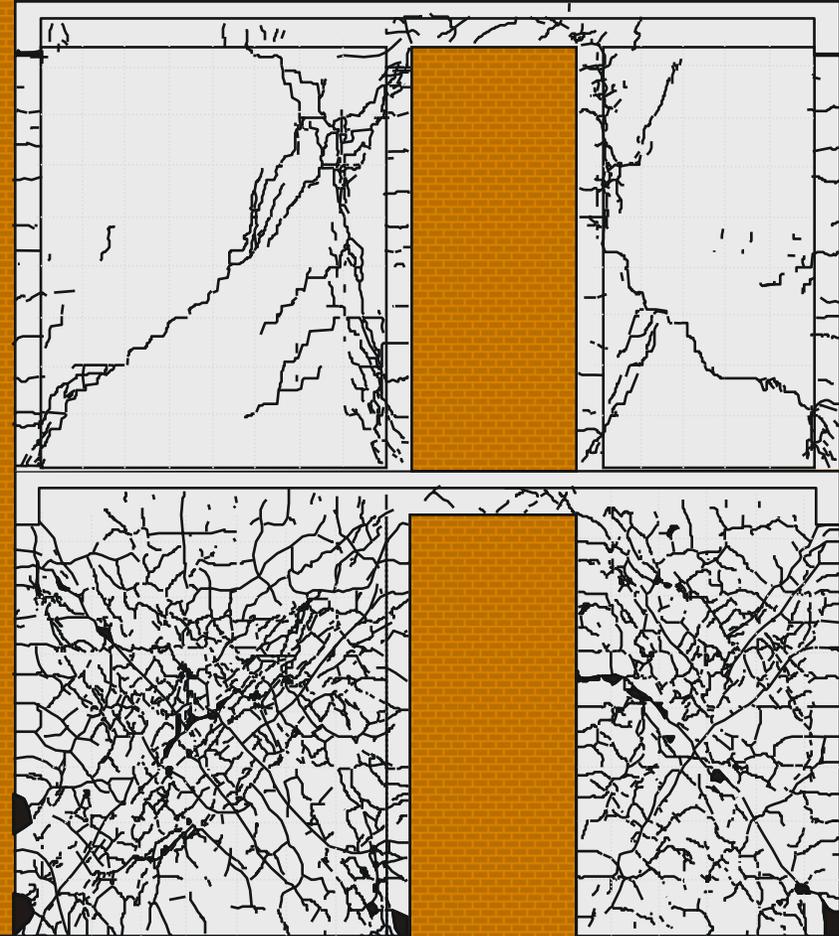
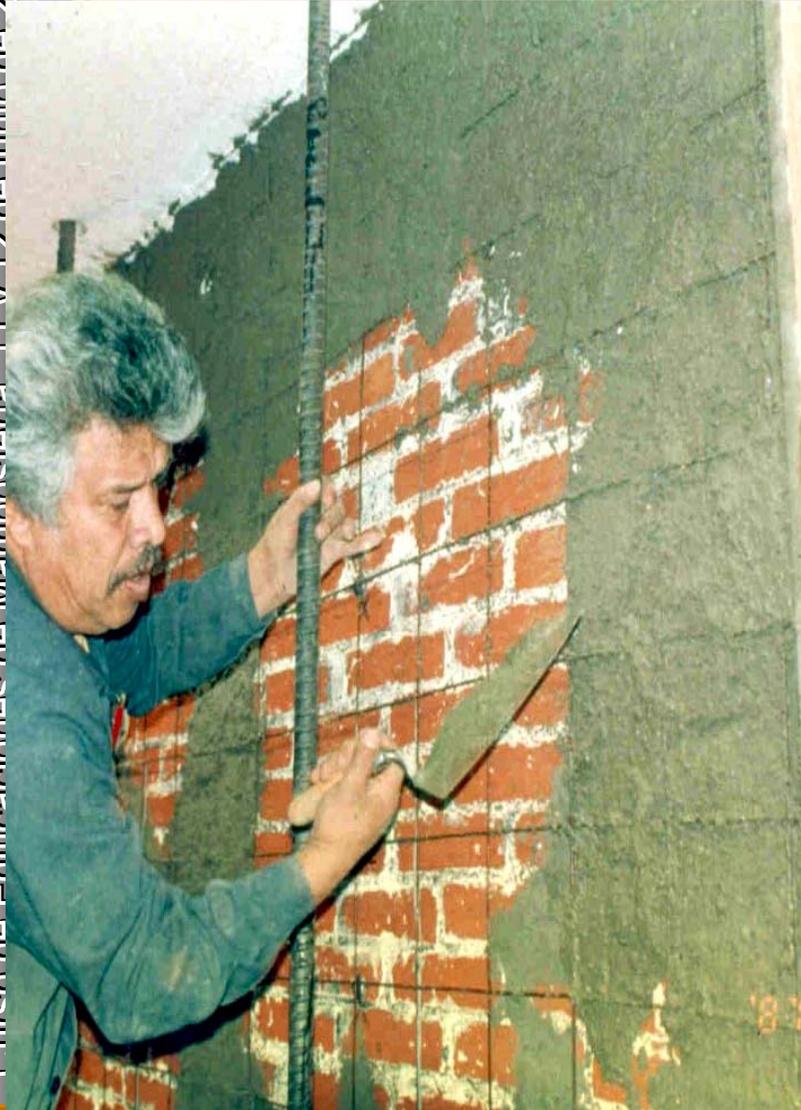


Modelo 3DR



Rehabilitación y patrón de agrietamiento

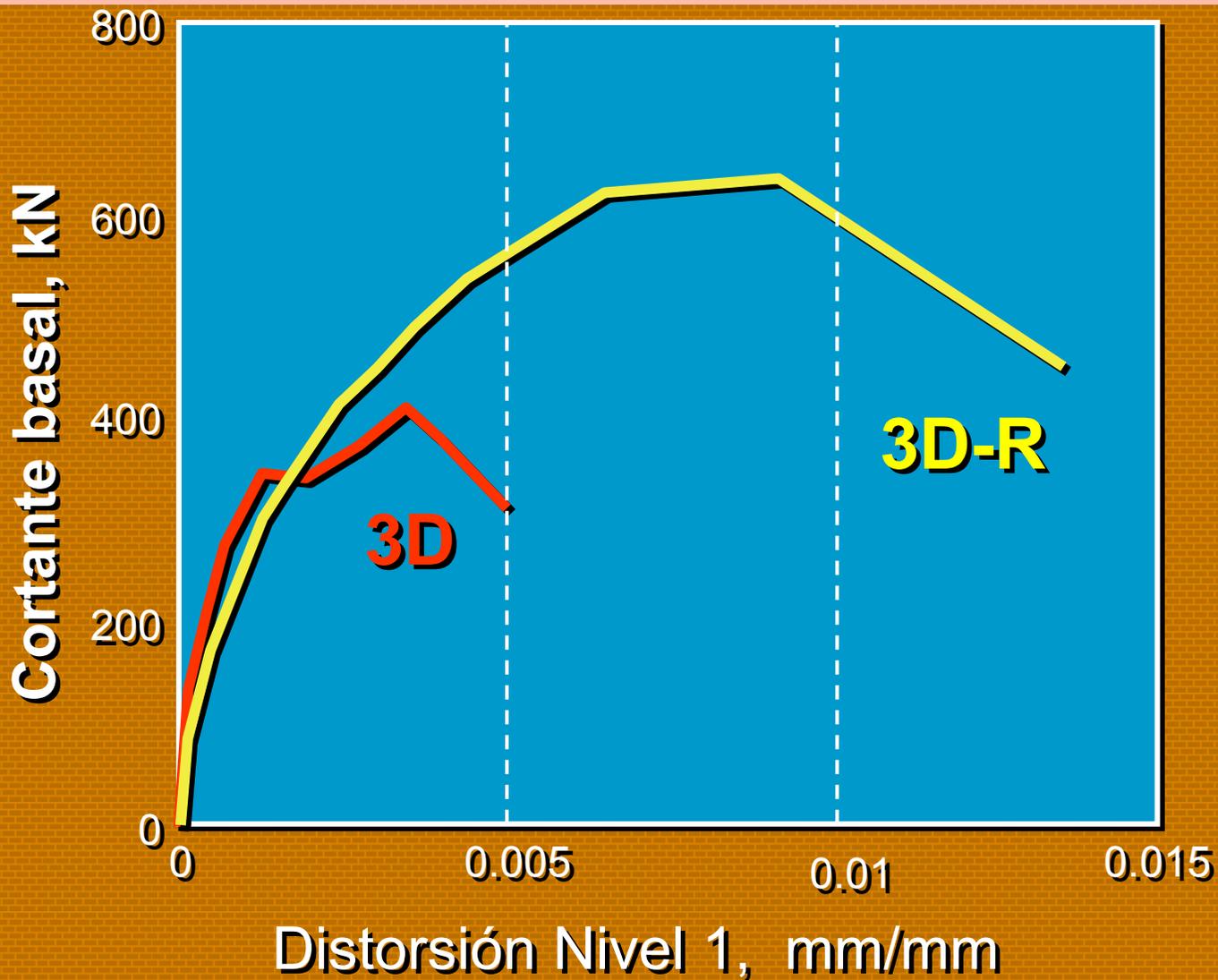
Curso de Edificaciones de Mampostería 11 y 12 de junio de 2008





Envolventes 3D y 3DR (CENAPRED)

Curso de Edificaciones de Mampostería, 11 y 12 de junio de 2008





Resistencia a fuerza cortante

Fuerza cortante que toma la mampostería

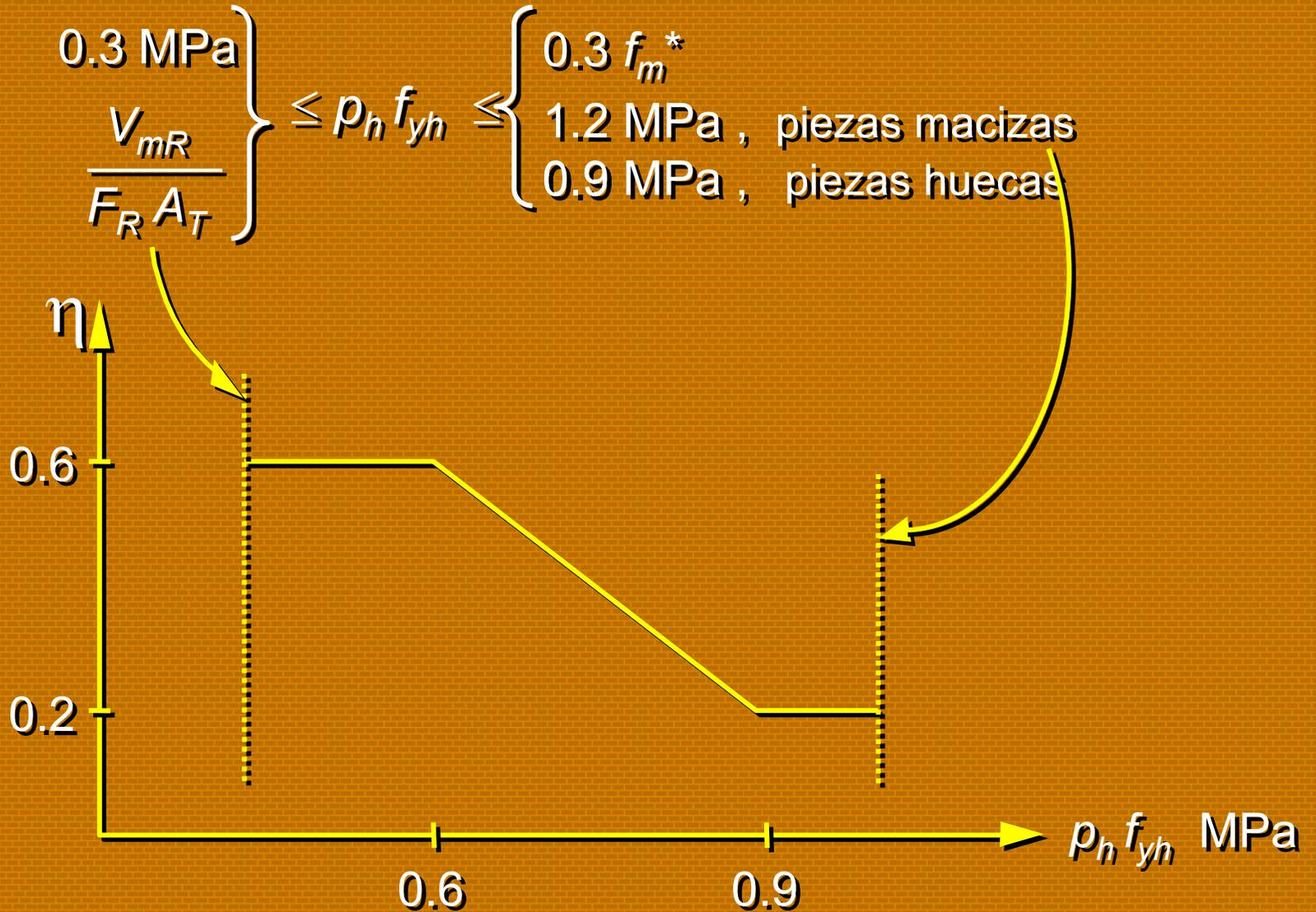
$$V_{mR} = F_R (0.5 v_m^* A_T + 0.3 P) \leq 1.5 F_R v_m^* A_T$$

Fuerza cortante que toma el refuerzo horizontal

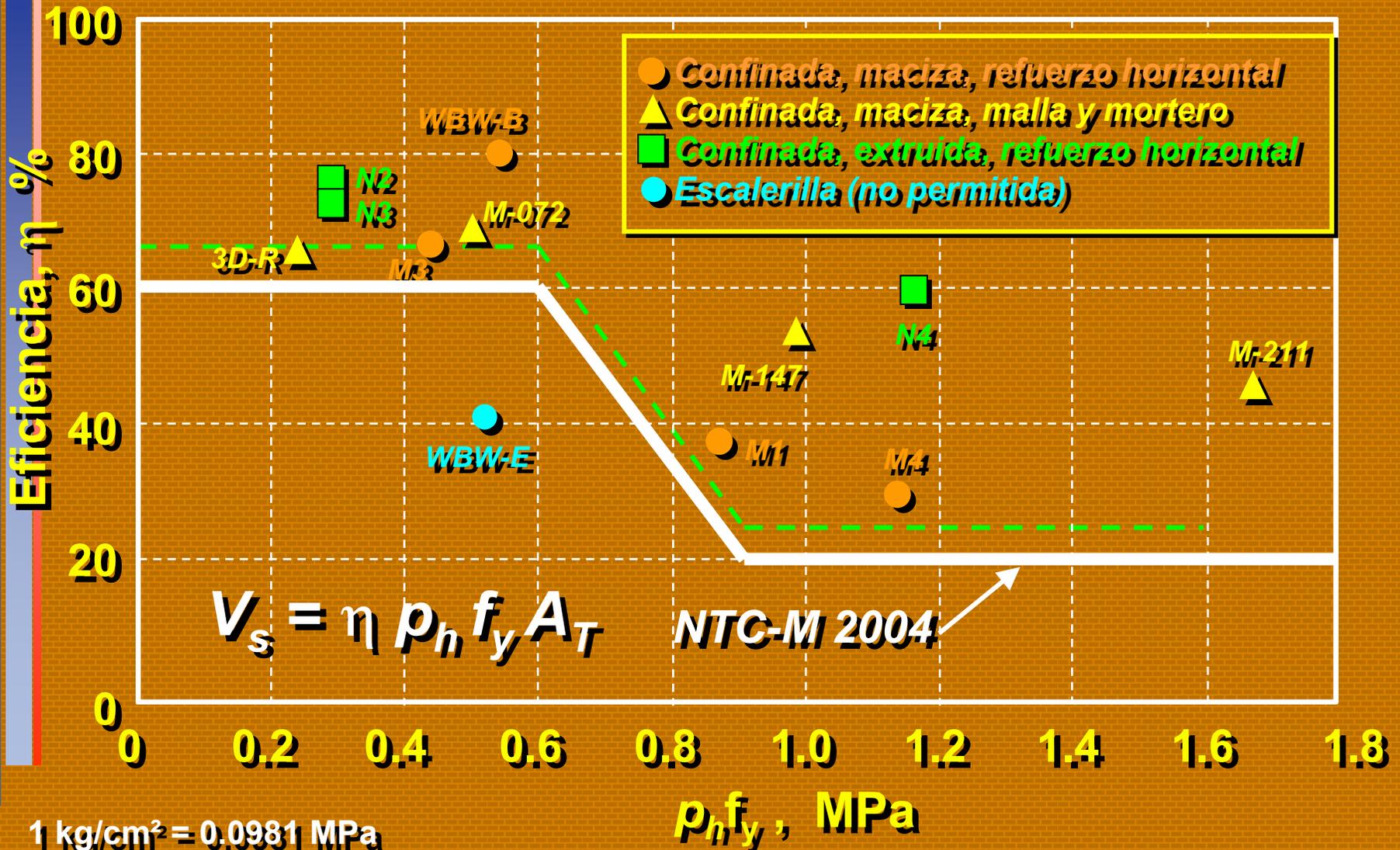
$$V_{sR} = F_R \eta \rho_h f_{yh} A_T$$

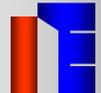


Factor de eficiencia η

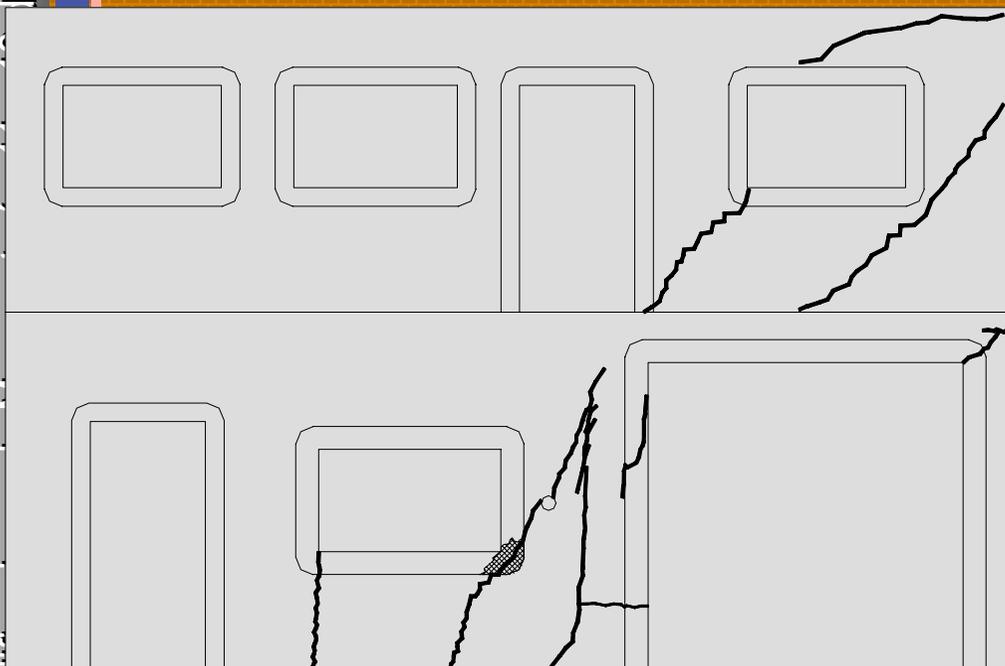


Factor de eficiencia del refuerzo horizontal





Técnicas usadas en casos de asentamientos diferenciales

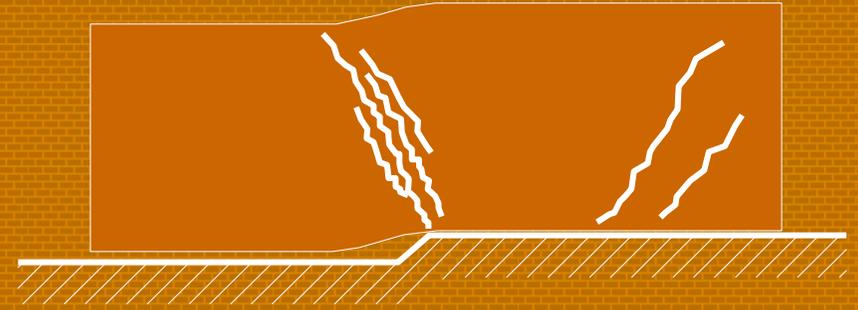




Posibles geometrías, asentamiento "concentrado" (escalón)



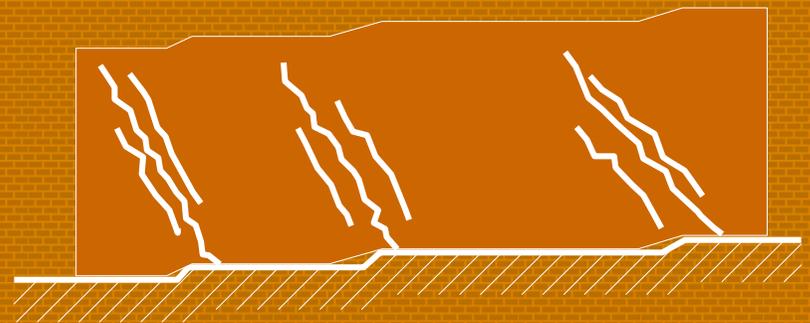
a)



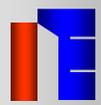
b)



c)

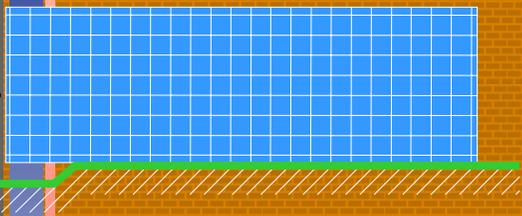


d)

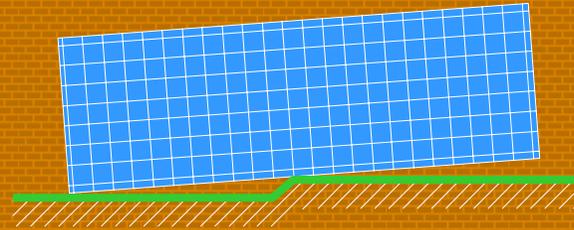


Ejemplo de condición de carga resultante de reforzar los elementos

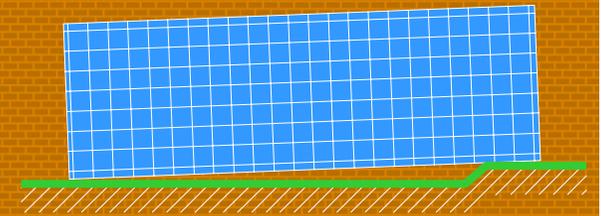
 Elemento rigidizado (muros o cimentación)



a)

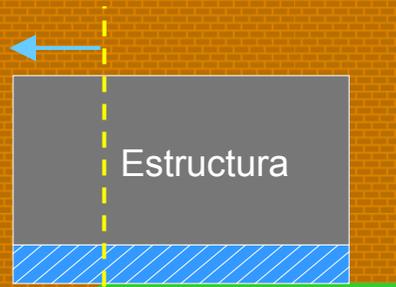


b)



c)

Zona en voladizo



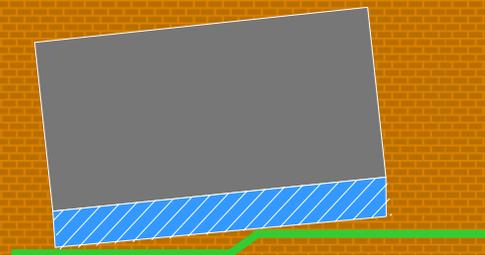
Estructura

Cimentación rígida

Peso de parte de la estructura

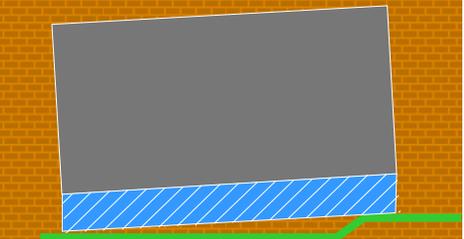


a)



Peso de la estructura

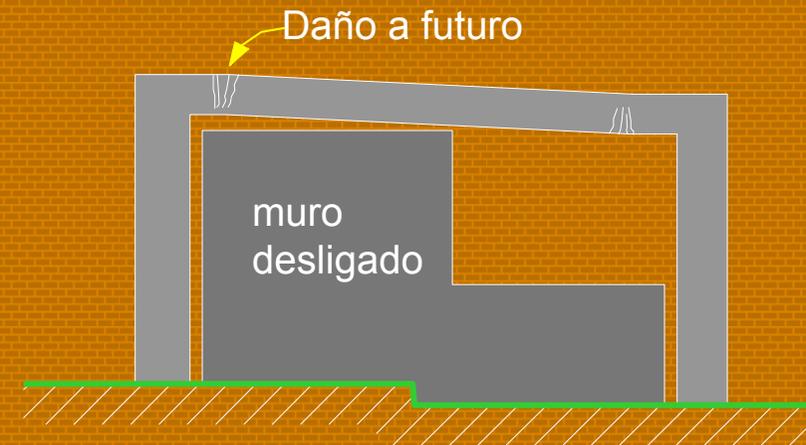
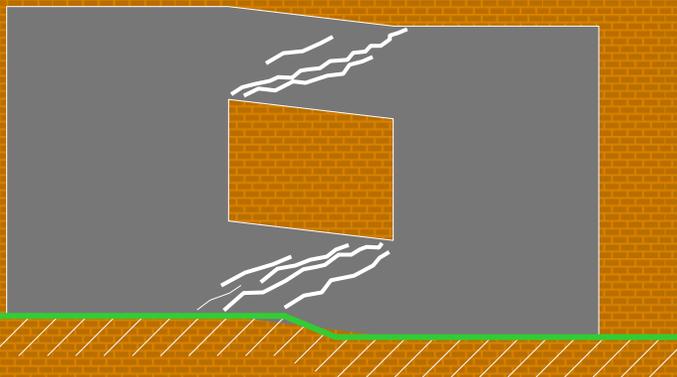
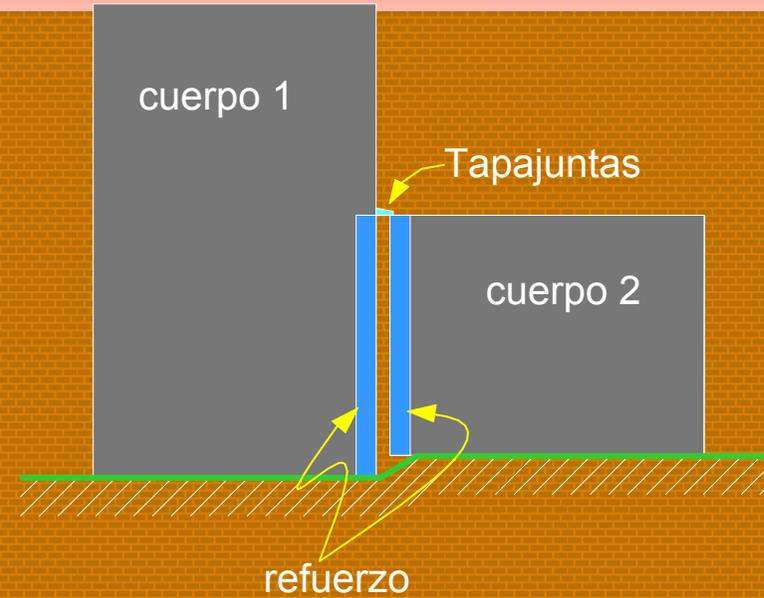
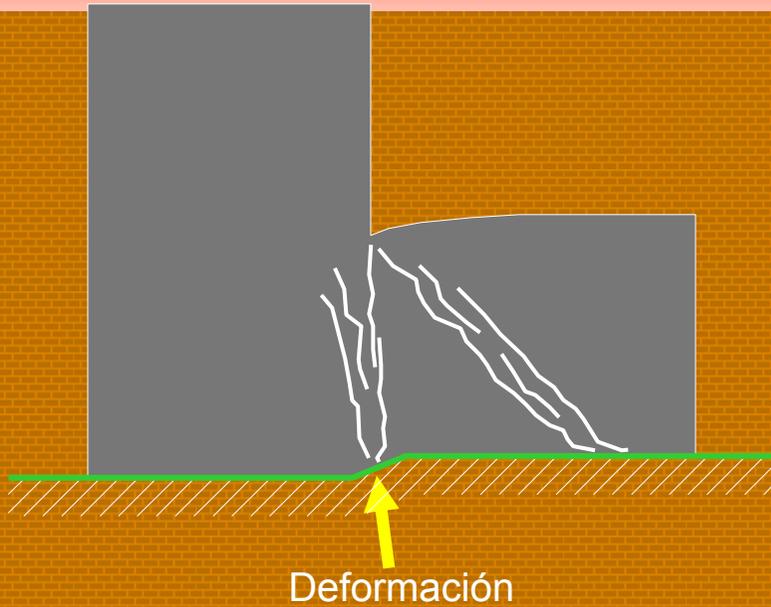
b)



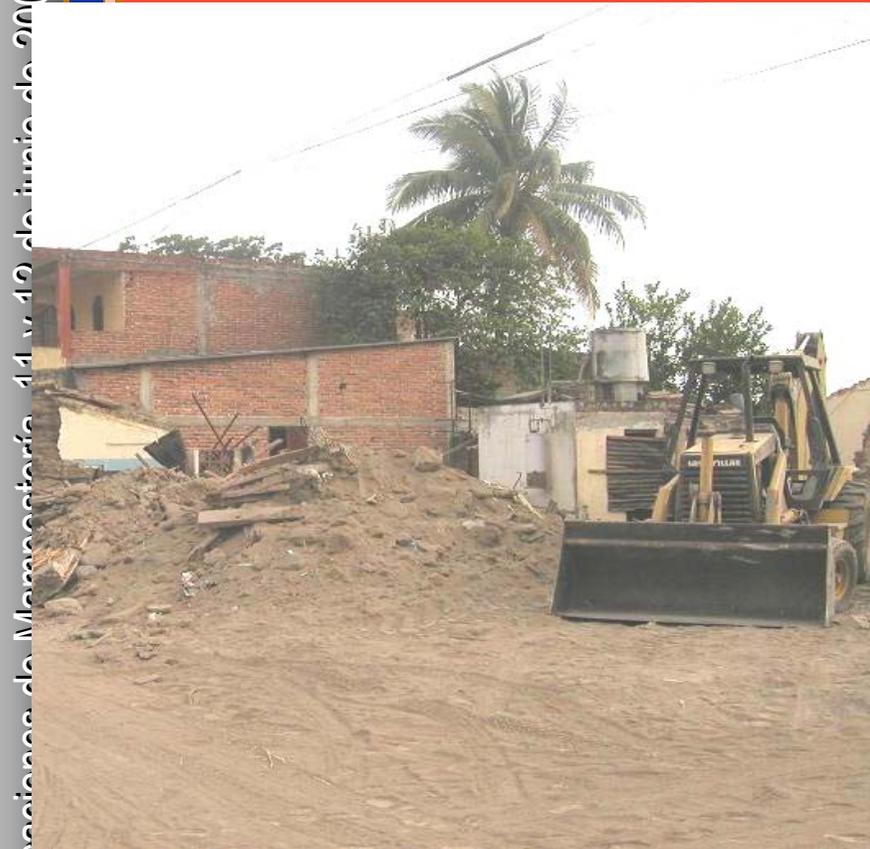
Peso de la estructura

c)

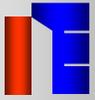
Dividir y desligar











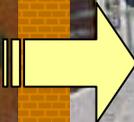
Casos ejemplo, rehabilitación de viviendas dañadas por sismo



Demolición total y construcción

de 2008

Cu



Reemplazo de elementos

Curso de Edificaciones de Mampostería 11 y 12 de junio de 2008

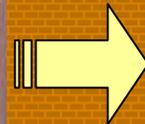
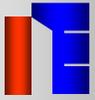


Foto: R. Martín del Campo

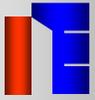


Reconstrucción:

**Malla y
mortero
como
refuerzo
adicional**



Foto: R. Martín del Campo



Adición de castillos y dalas

Curso de Edificaciones de Mampostería, 11 y 12 de junio de 2008



Fotos: J. Tejeda



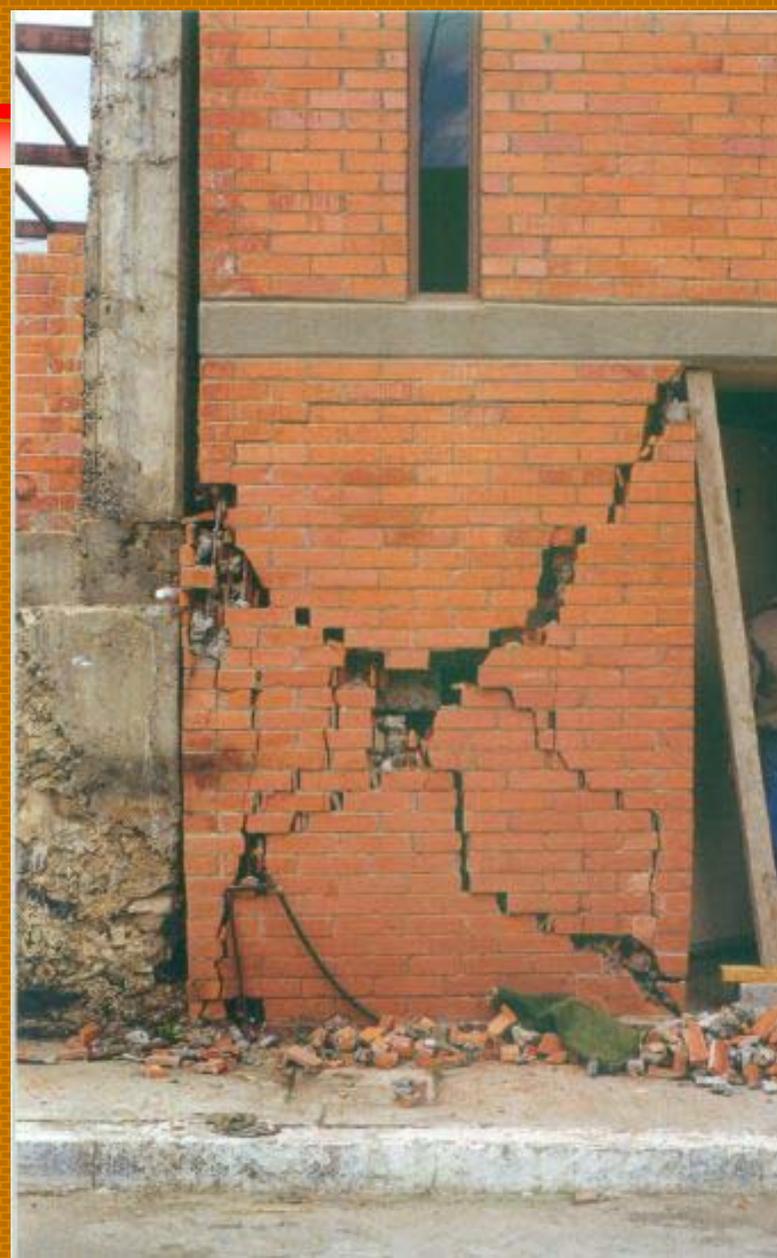
Unidad habitacional, 1999

Curso de Edificaciones de Mampostería, 11 y 12 de junio de 2008

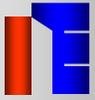










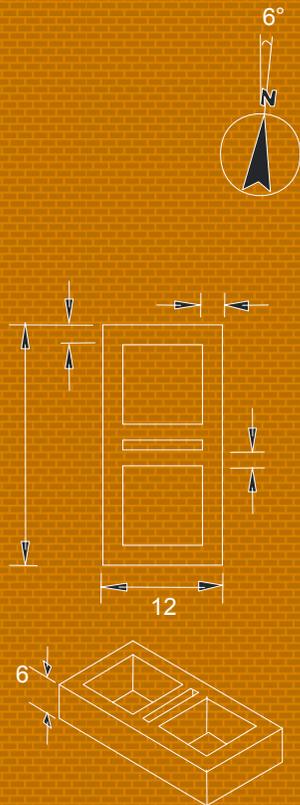


Detalle del daño

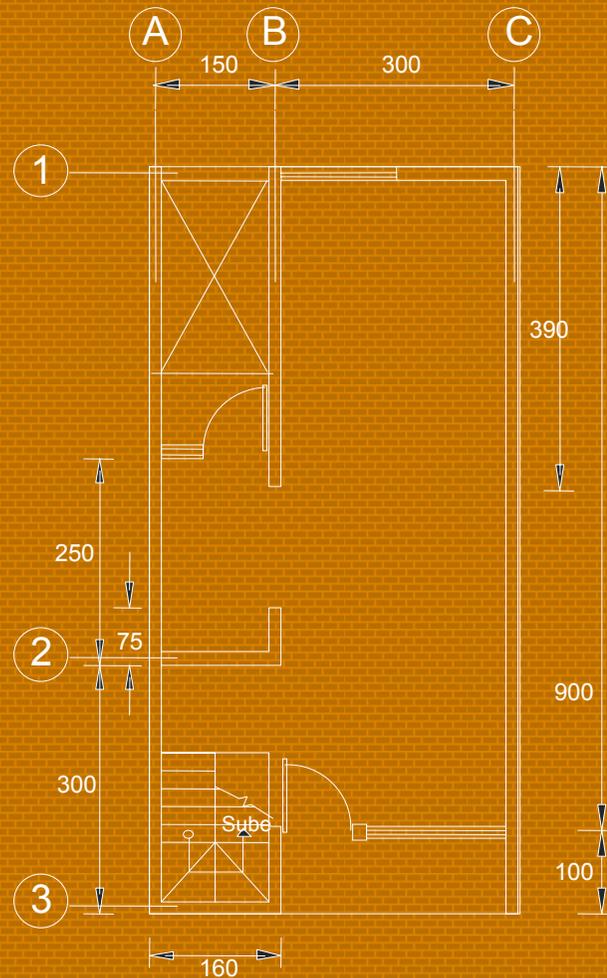




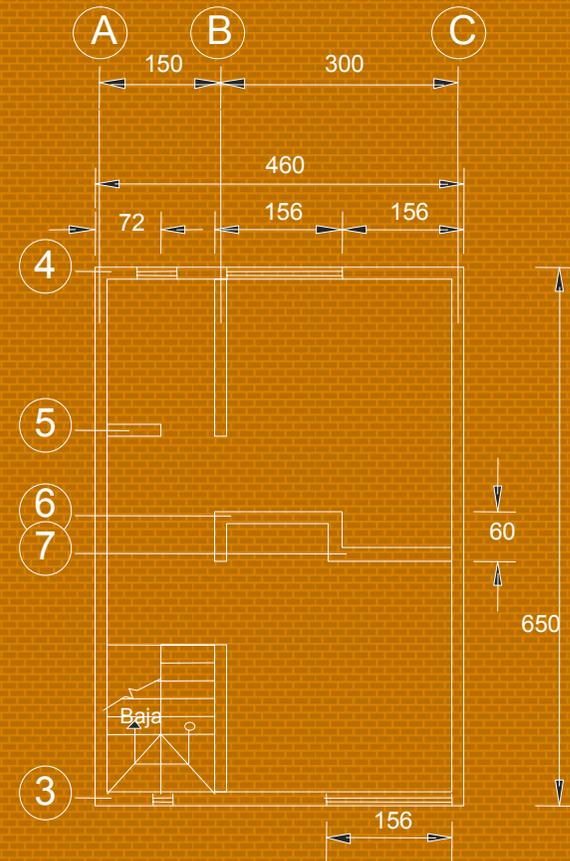
Geometría y dimensiones



PIEZAS DE
MAMPOSTERÍA



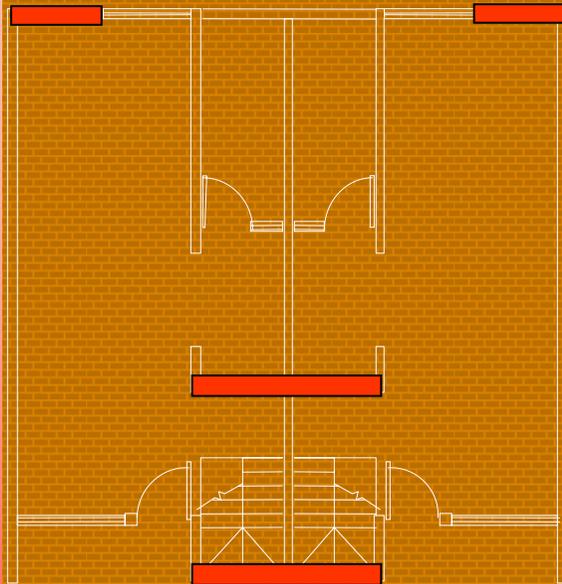
PLANTA BAJA



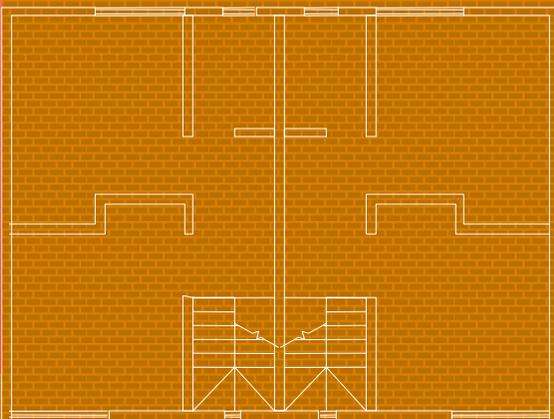
PLANTA ALTA



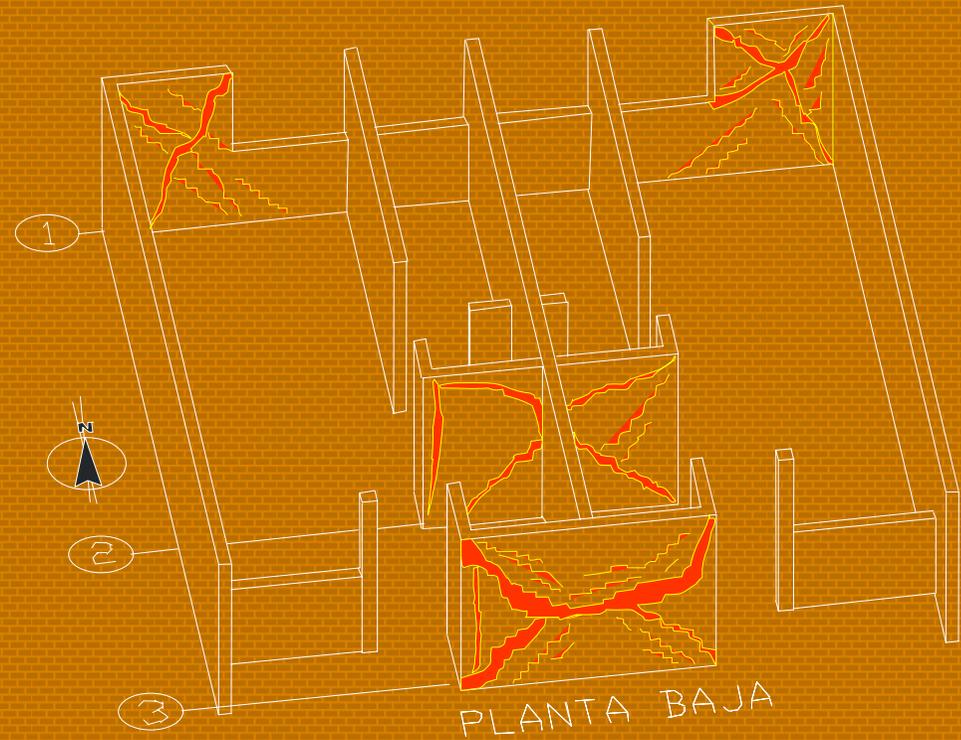
Levantamiento de daños



PLANTA BAJA

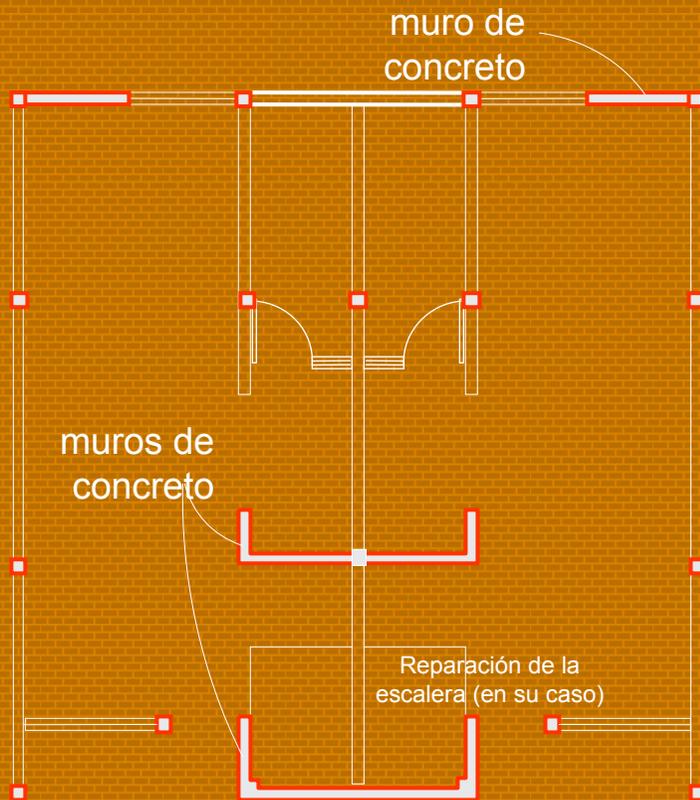


PLANTA ALTA

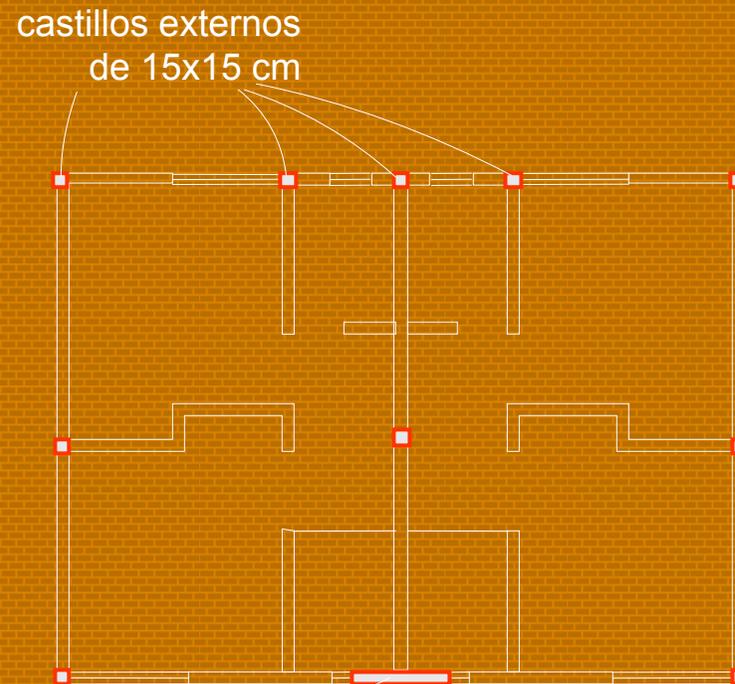




Propuesta de rehabilitación



PLANTA BAJA

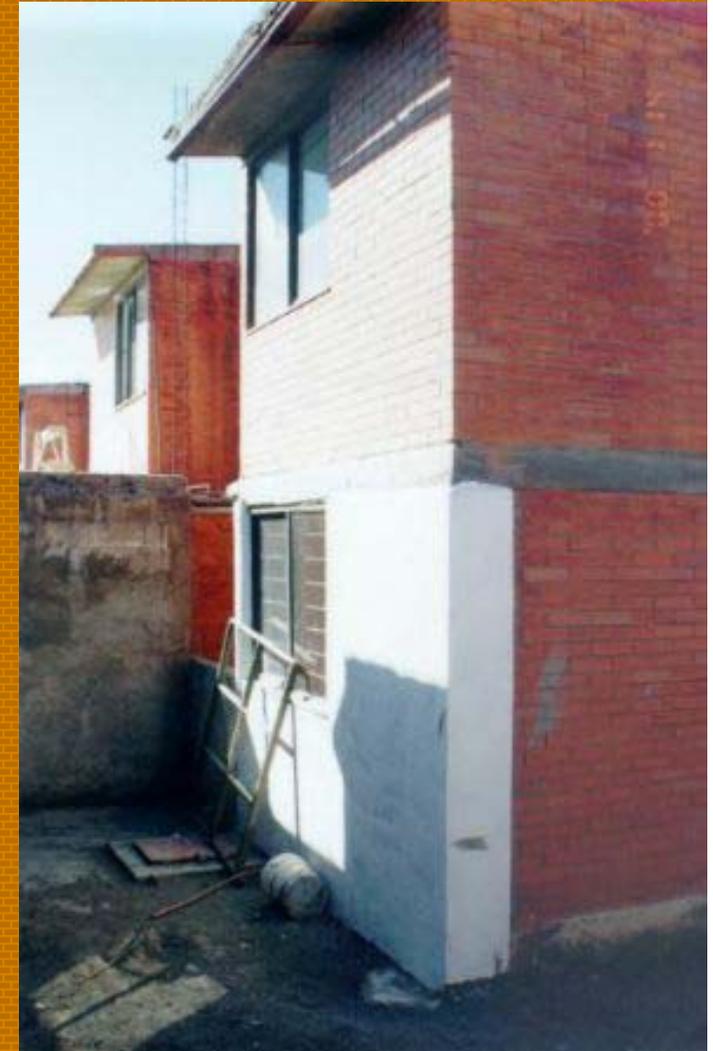


PLANTA ALTA



Rehabilitación reemplazando muros de planta baja por mampostería confinada

de 2008



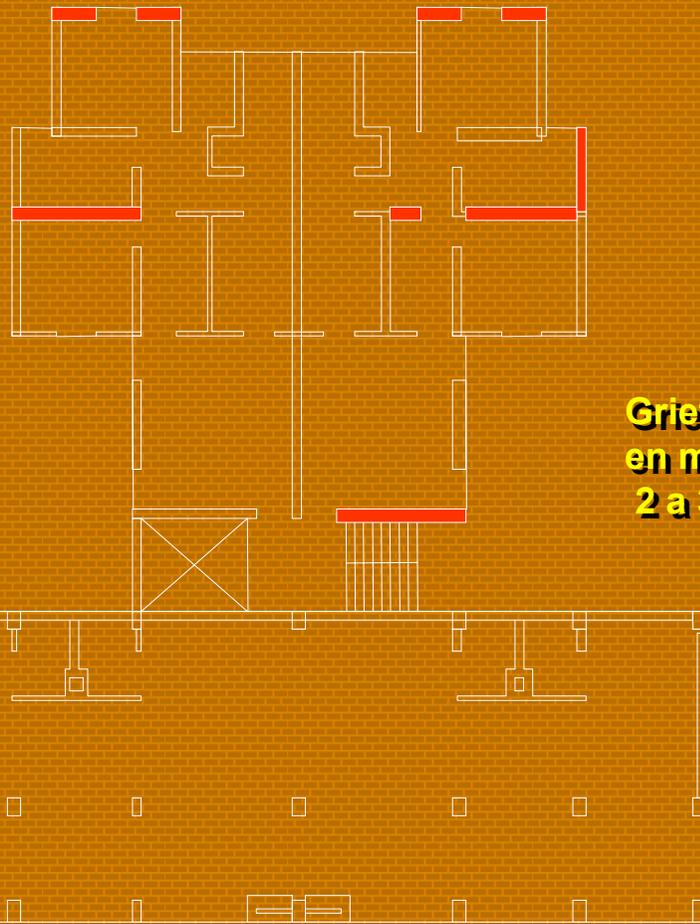
Curso d





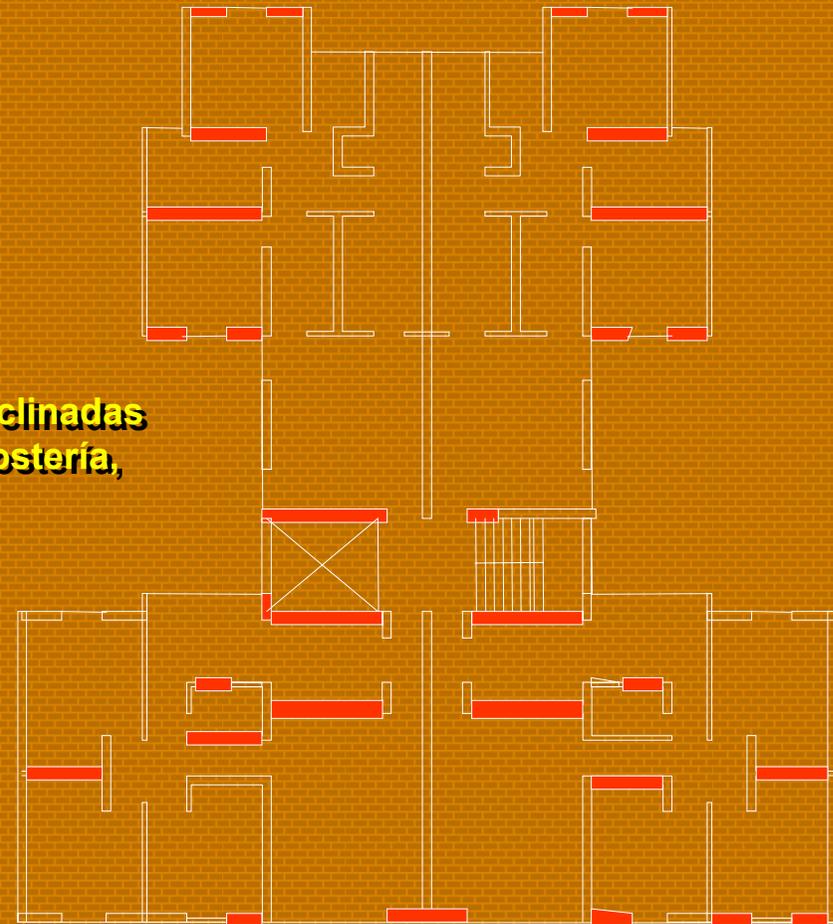


Ubicación de muros dañados



PLANTA BAJA

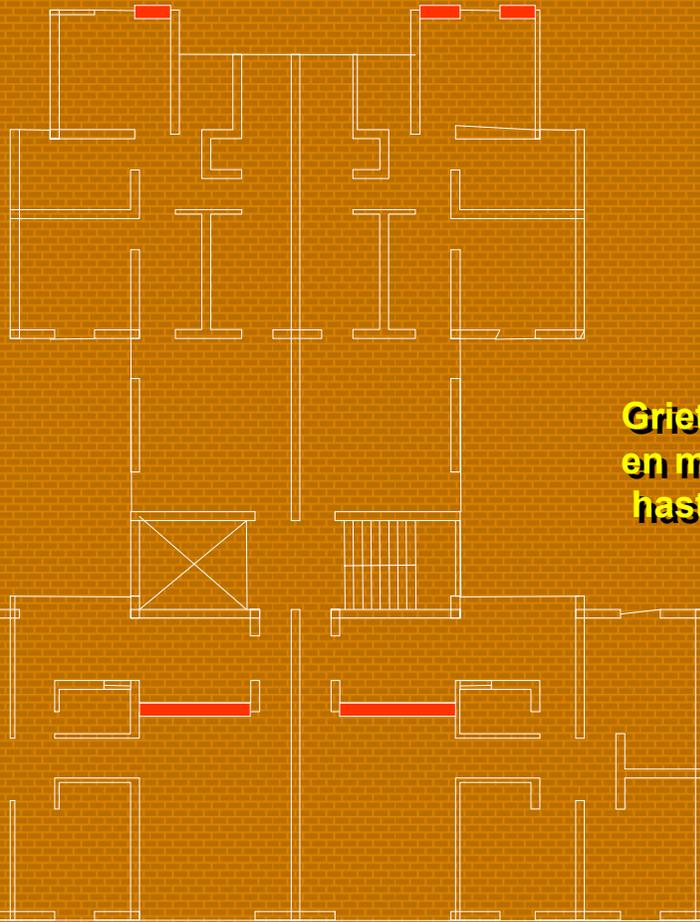
**Grietas inclinadas
en mampostería,
2 a 3 mm**



PISO 1

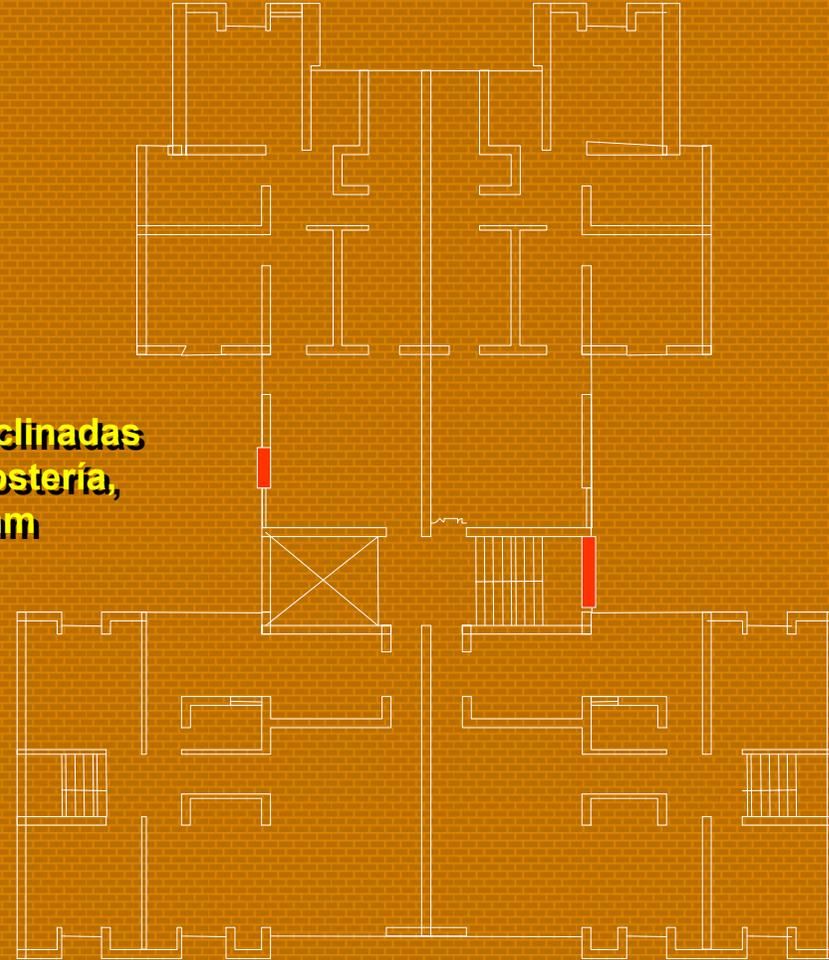


Ubicación de muros dañados

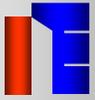


PISO 2

**Grietas inclinadas
en mampostería,
hasta 1 mm**



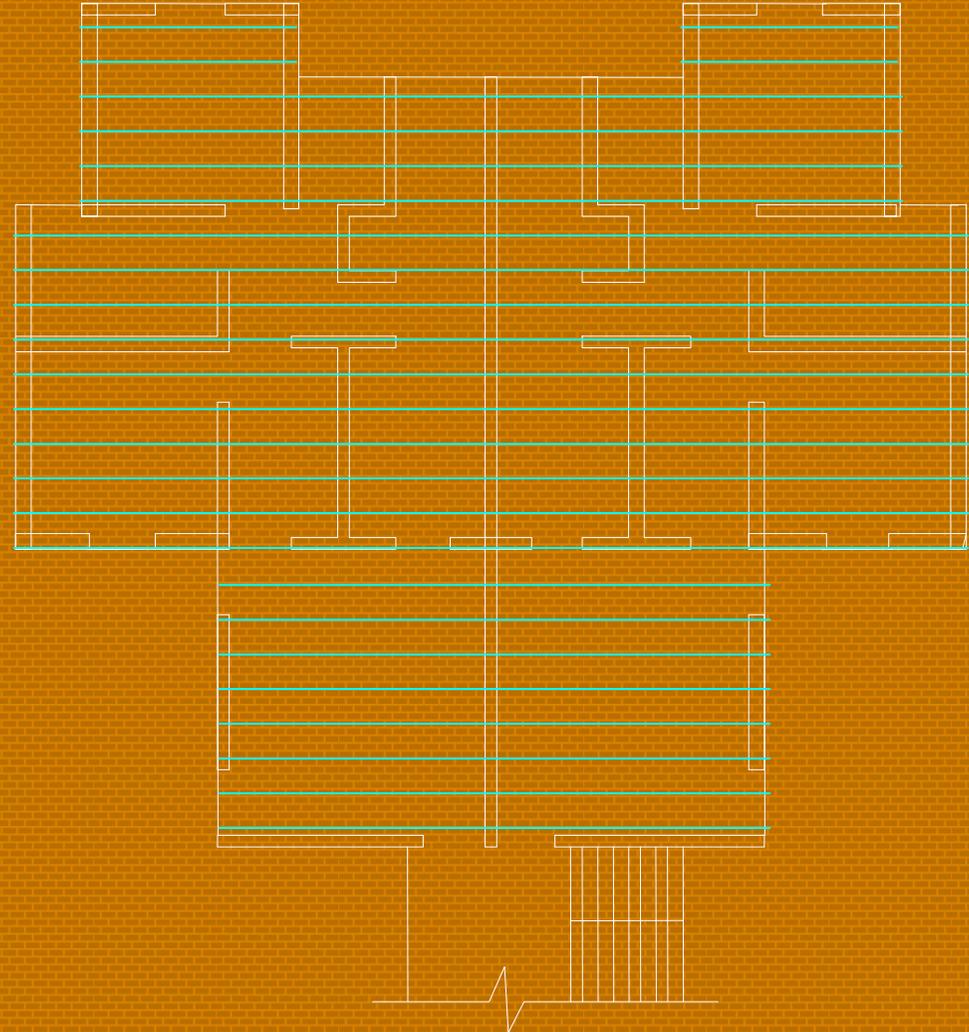
PISO 3



Sistema de piso y distribución de cargas

Sistema de vigueta y bovedilla

Cargas en los muros en dirección Y



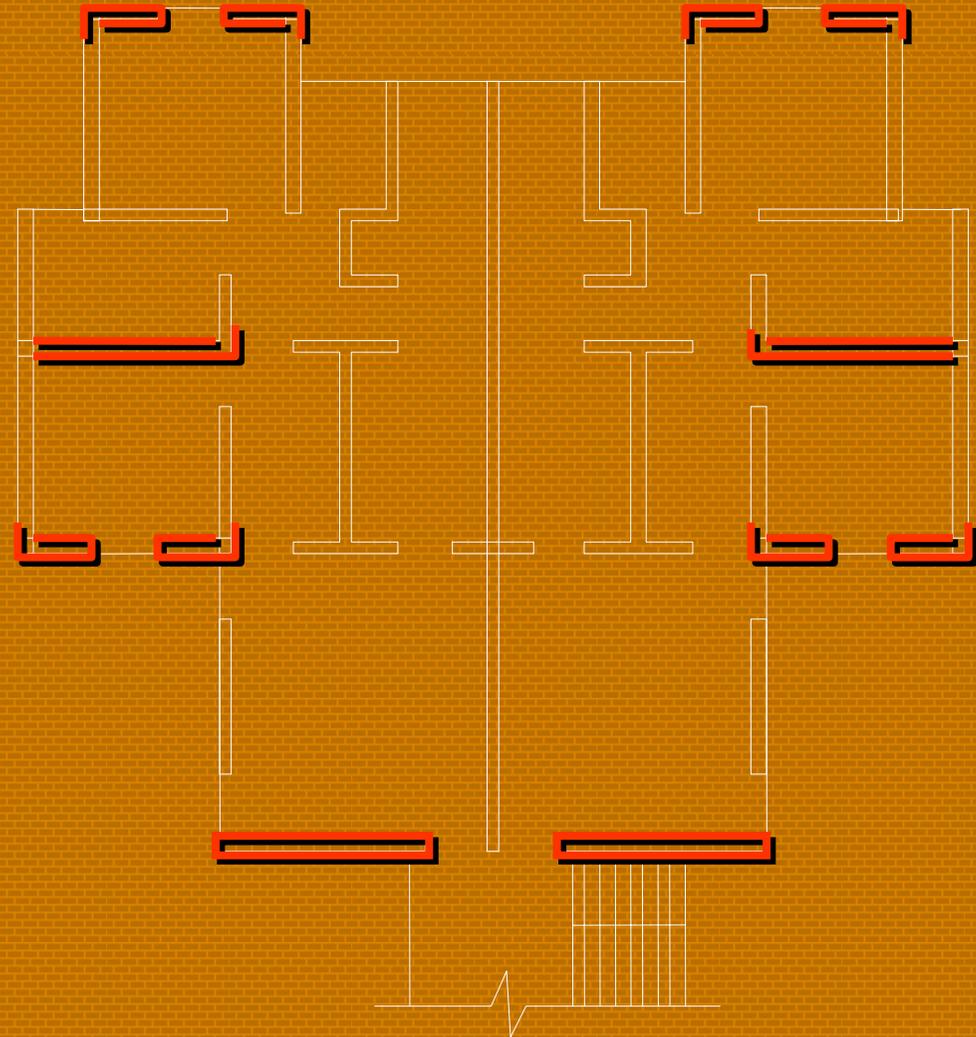
Opción de rehabilitación

Método simplificado:

$$V_{Rx} = 30 \text{ t} < V_u = 55 \text{ t}$$

$$V_{Ry} = 167 \text{ t} > V_u$$

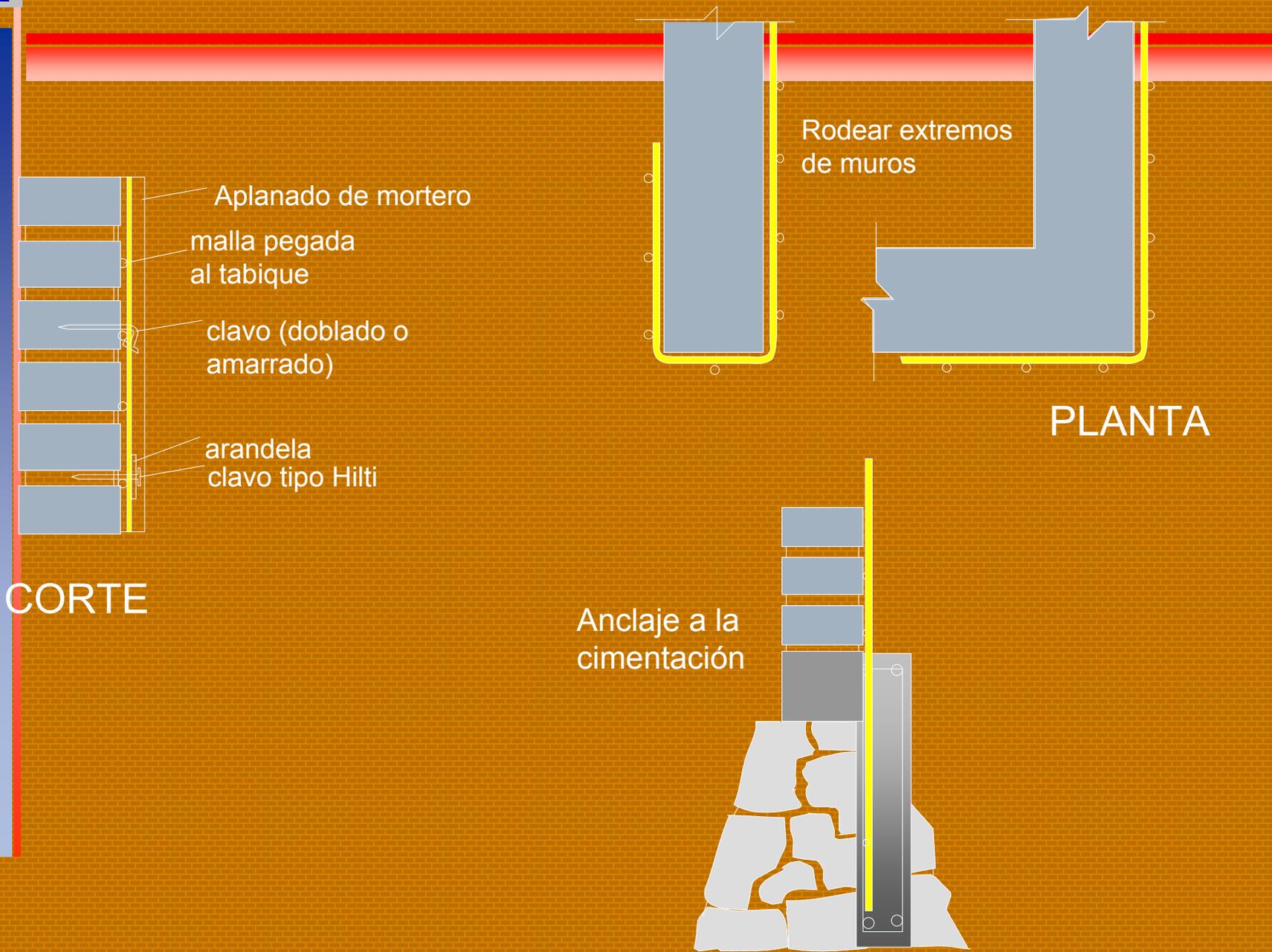
Longitud requerida,
malla 6x6-10/10 = 16 m



Longitud total = 19 m

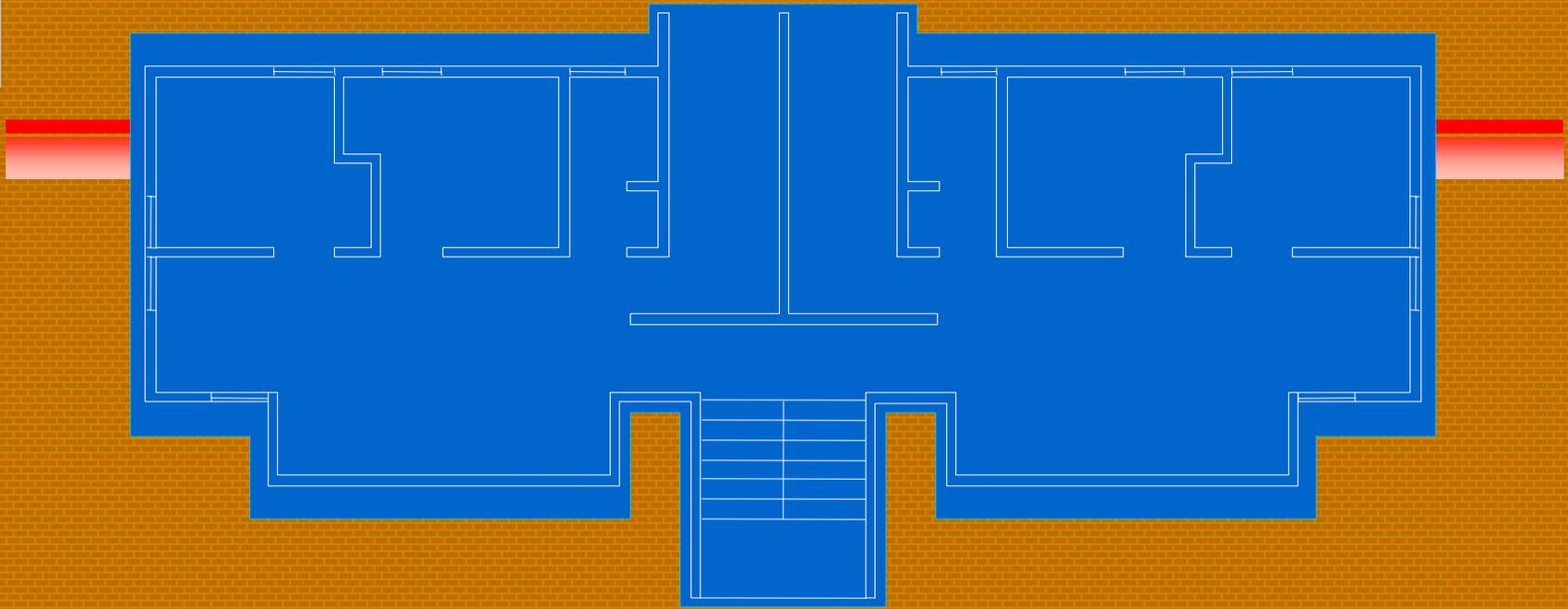


Detalles de la rehabilitación









PLANTA

Resultados del Método simplificado ($v_m^* = 3 \text{ kg/cm}^2$):

Como mampostería
reforzada:

$$V_{Rx} = 78 \text{ t} < V_u = 326 \text{ t}$$

$$V_{Ry} = 109 \text{ t} < V_u$$

Como mampostería
no reforzada:

$$V_{Rx} = 45 \text{ t} < V_u = 489 \text{ t}$$

$$V_{Ry} = 63 \text{ t} < V_u$$





Conclusiones

- Evaluación global del comportamiento de la estructura.
- Influencia de la rehabilitación en el comportamiento general (cambio de modos de falla).
- Simetría y regularidad en planta y elevación. Redundancia.
- Estudio técnico y económico para seleccionar la mejor opción.



Recomendaciones

- **Simetría en planta y en elevación**
- **Reducir entrantes y salientes**
- **Continuidad vertical en los muros**
(cumplir con los requisitos para el método simplificado).
- **Densidad de muros suficientes en ambas direcciones.**
- **Evitar columnas cortas y plantas bajas débiles.**