



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN JUAN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ANTISÍSMICAS  
“Ing. Aldo Bruschi”**

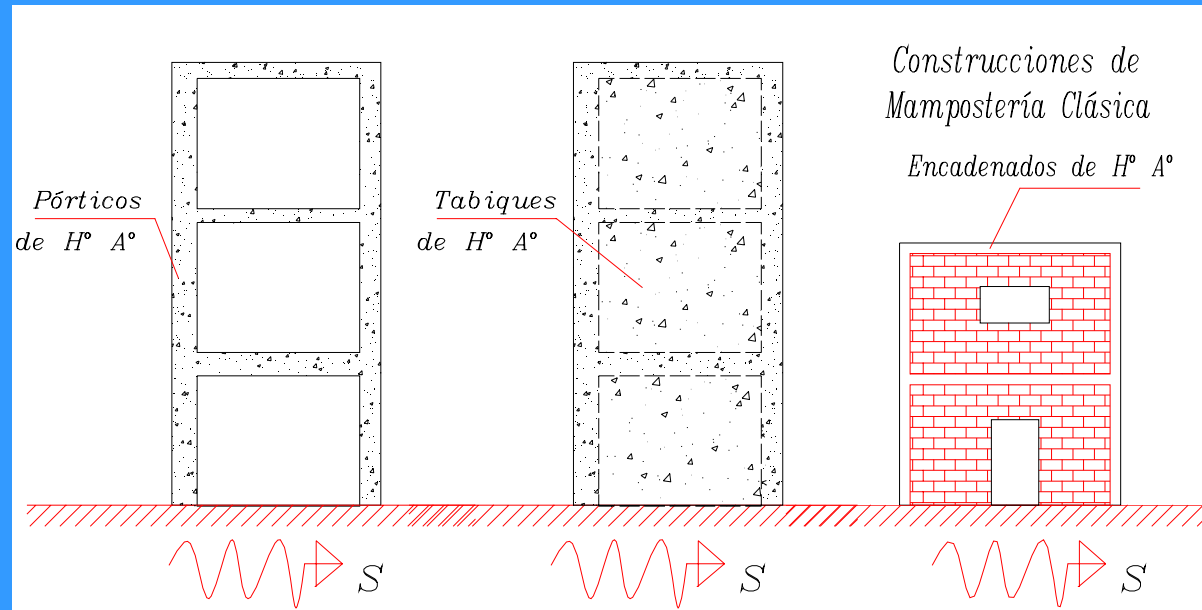
*COMPORTAMIENTO DE LA MAMPOSTERÍA*

*EN ZONAS SÍSMICAS.*

*ENSAYOS.*

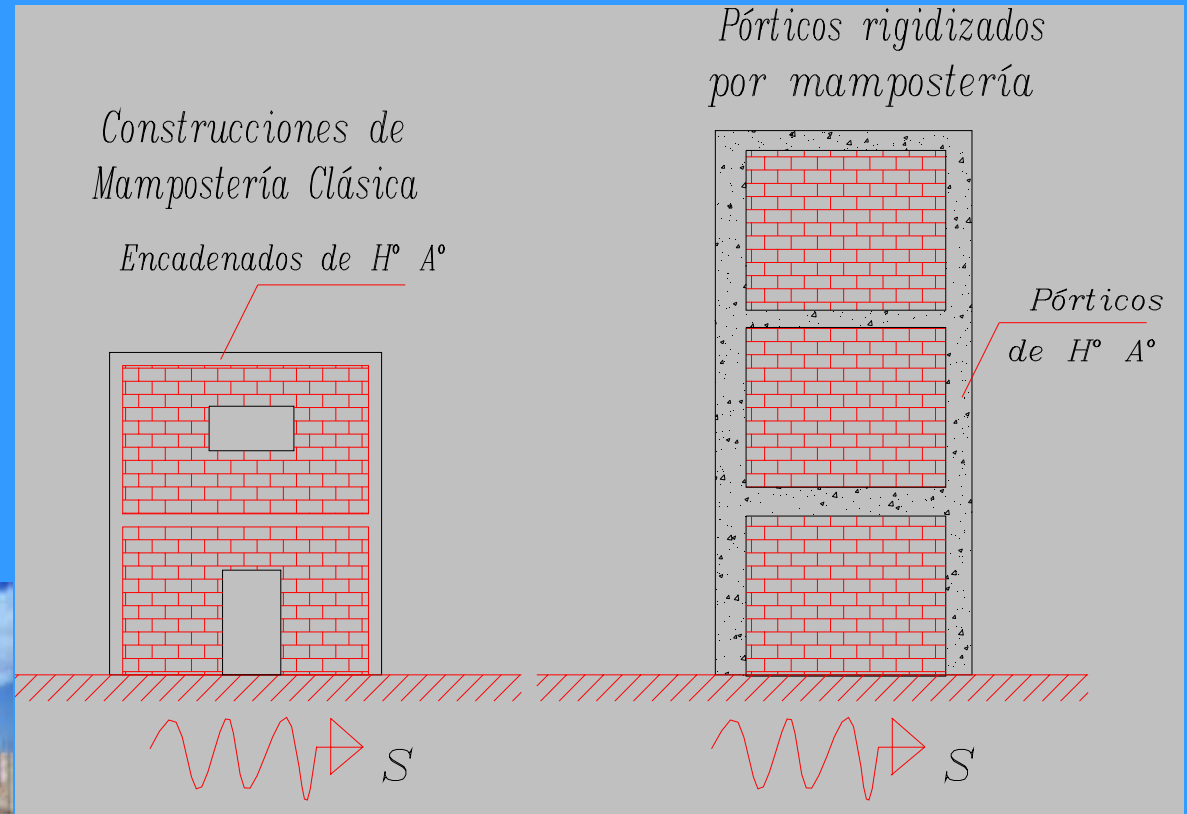
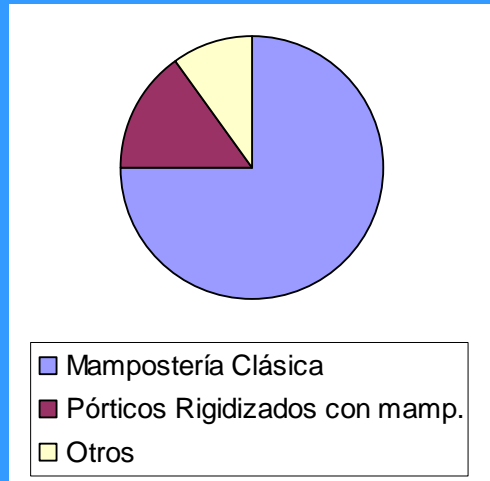
# Importancia de las Construcciones de mampostería

Tipologías estructurales utilizadas en edificios de altura hasta 6 pisos

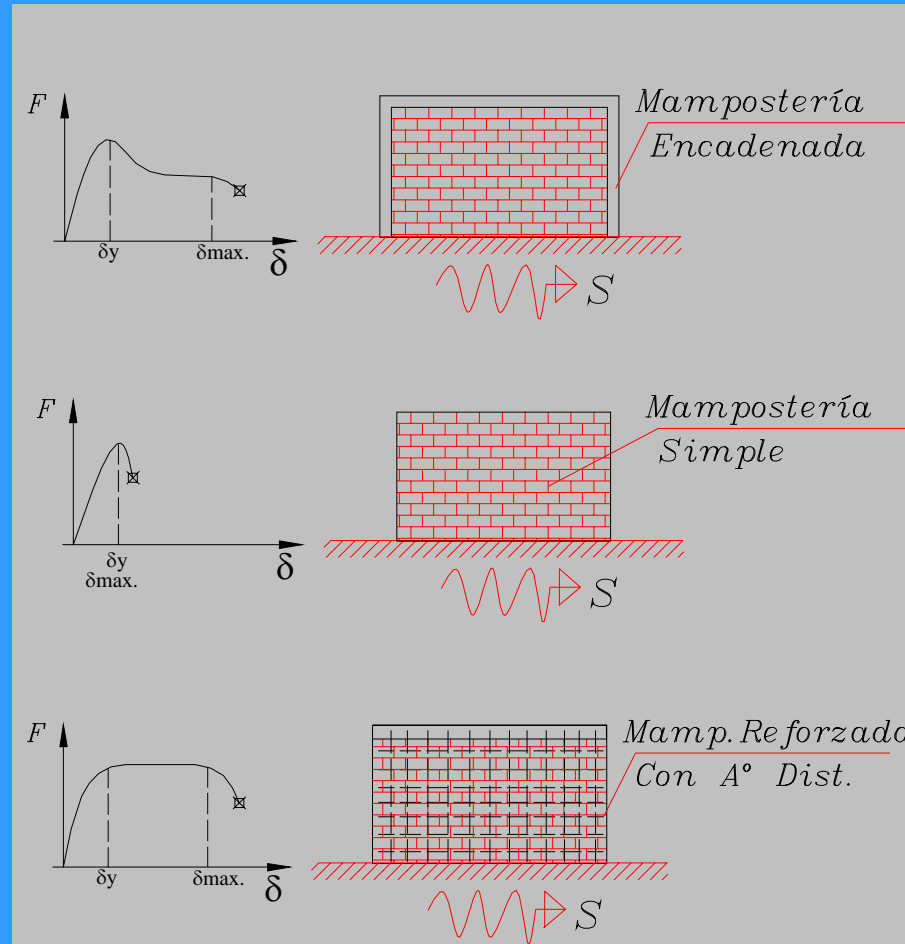


# Importancia de las Construcciones de mampostería

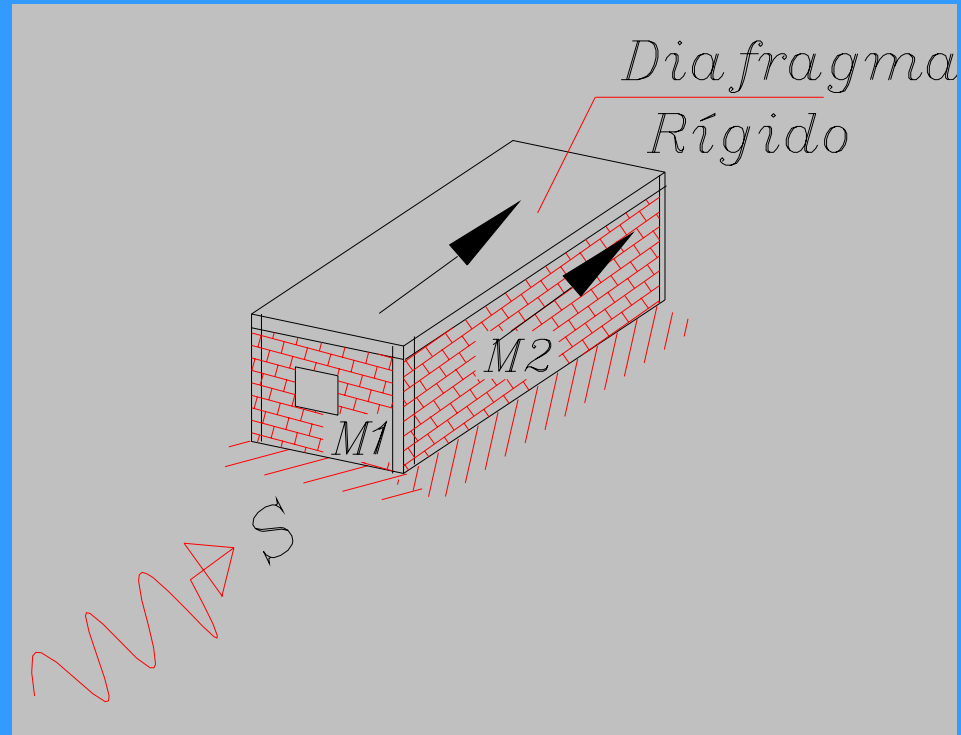
Formas en que se ha usado la mampostería principalmente:



# Tipos de mampostería para comportamiento Dúctil

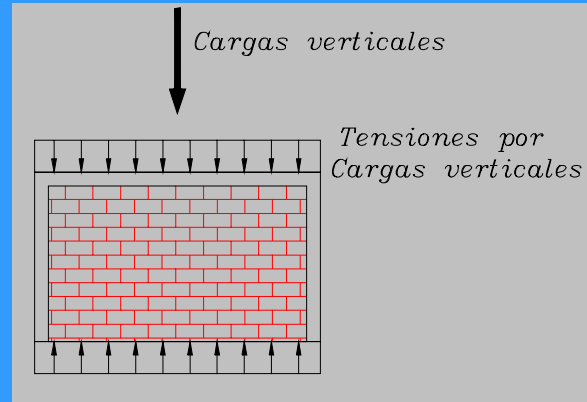


# *Solicitaciones sobre los Muros*

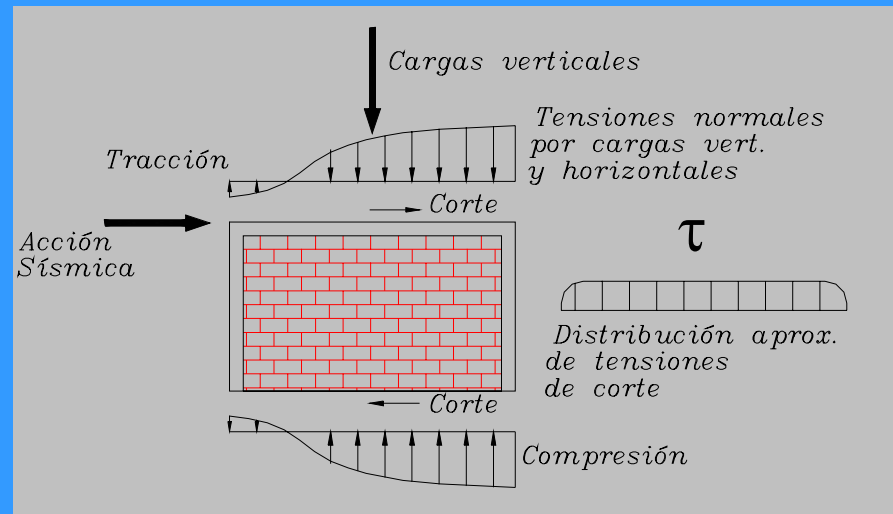


# Solicitaciones sobre los Muros

Antes del terremoto



Durante el terremoto



*Aspectos a tener en cuenta para asegurar un buen comportamiento sismo-resistente en edificaciones de mampostería:*

DISEÑO DE MUROS DE MAMPOSTERÍA BAJO CARGAS SÍSMICAS

- PRIMER OBJETIVO: evitar daños para sismos frecuentes no destructivos.

Hasta ese nivel de deformación, la capacidad resistente está controlada exclusivamente por la resistencia a tracción de la mampostería

- SEGUNDO OBJETIVO: evitar el colapso de un muro y de la edificación para sismos destructivos.

Indispensable colocar armadura de modo tal que ella asuma el total de los esfuerzos de tracción, por flexión o por corte, que se puedan presentar en el muro.

*Algunos aspectos a tener en cuenta para asegurar un buen  
coportamiento sismo-resistente en el diseño:*

- **Fundaciones:**
- **Forma:**
- **Distribución de Muros:**
- **Diafragma horizontal:**
- **Detalles constructivos:**
- **Instalaciones:**
- **Mano de Obra:**

## *CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LOS MUROS DE MAMPOSTERÍA*

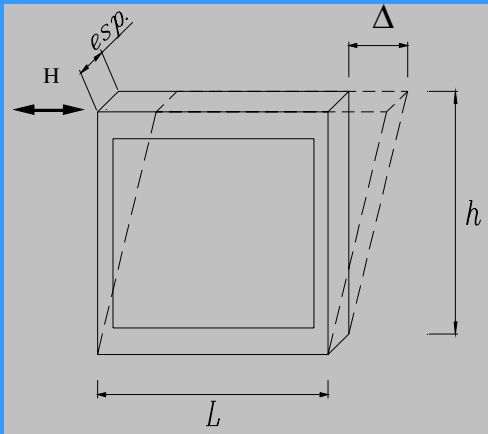
1)- Agrietamiento por corte (grieta escalonada a lo largo de las juntas) o por tracción diagonal (grieta que atraviesa los mampuestos).

- Inicialmente: comportamiento elástico de rigidez reducida.

- Posteriormente: severo ablandamiento - Piso blando en construcciones de varios niveles.

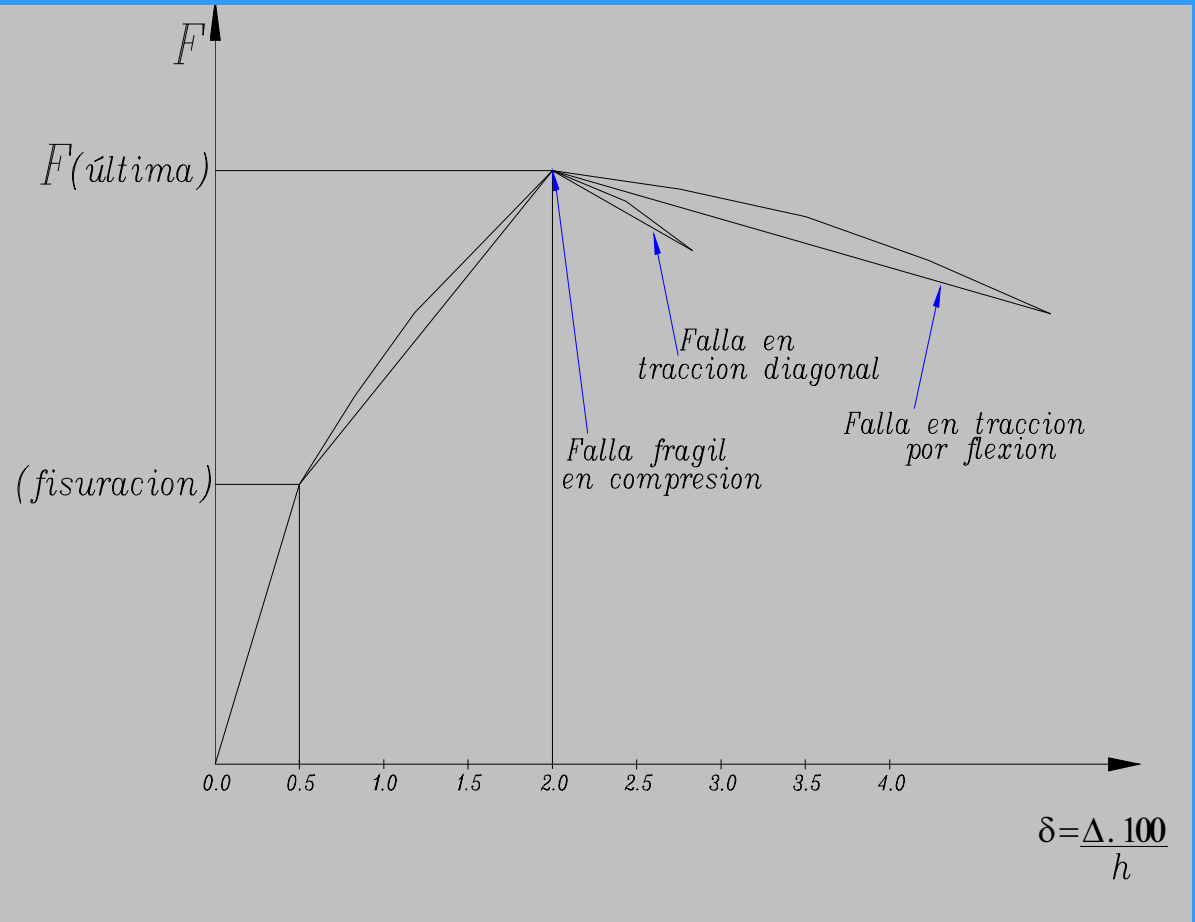
2)- Separación en la interfase entre los elementos confinantes y el panel de mampostería:

- Peligro de pérdida de integridad por acciones perpendiculares al plano del muro . (limitar la altura del edificio).

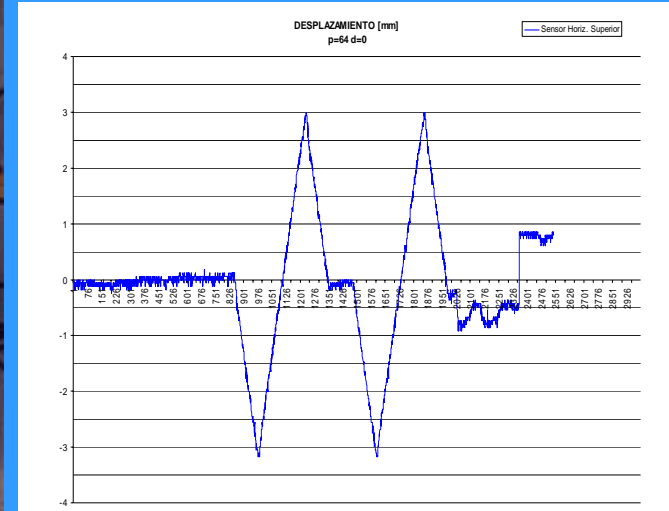


## Carga lateral cíclica

- Primer tramo lineal elástico
- Segundo tramo no lineal- hasta carga última.
- Tercer tramo de falla.

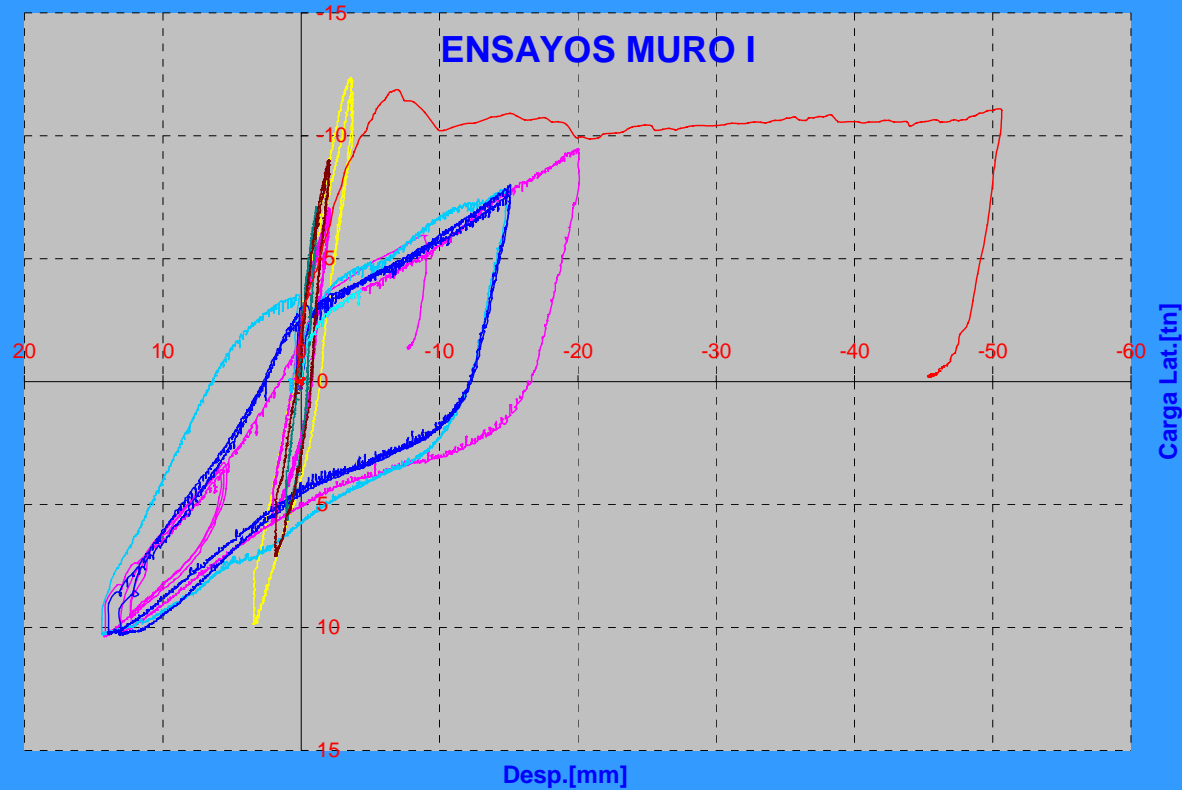


# ENSAYOS PSEUDOESTÁTICOS



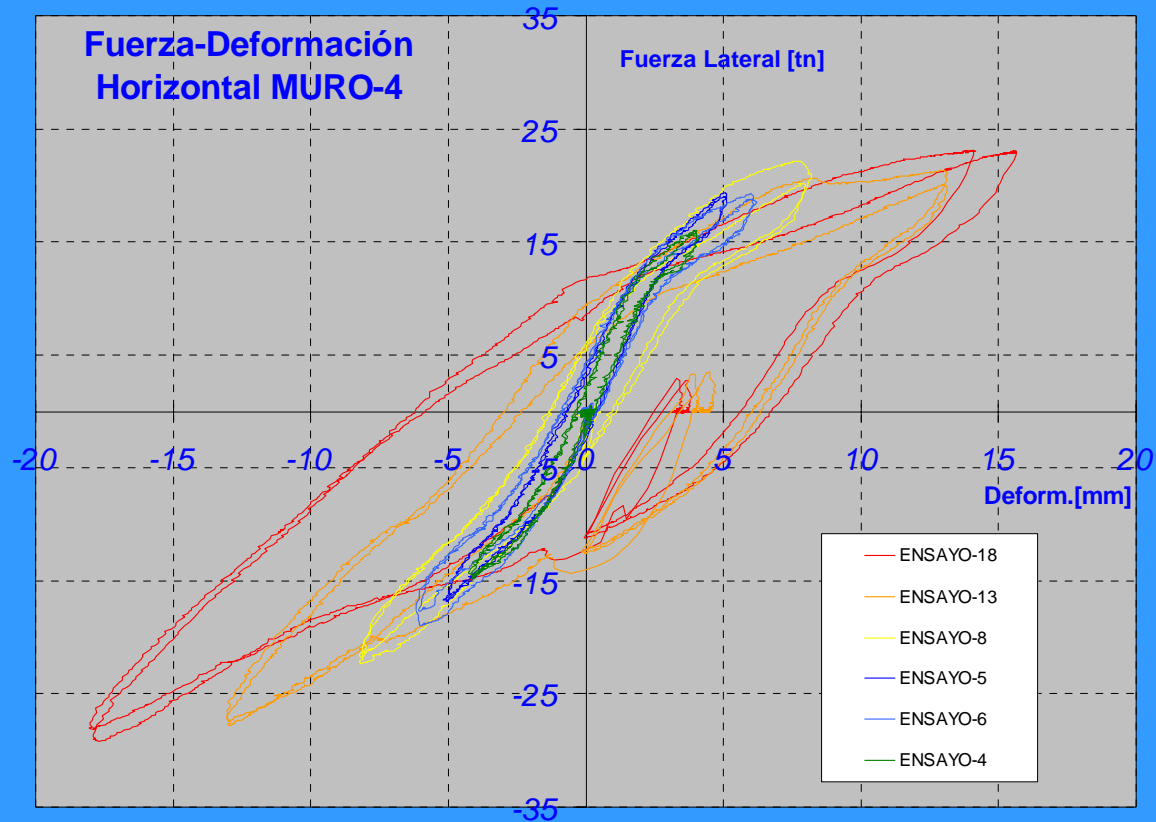
- Carga vertical constante de compresión a través de los dos actuadores hidráulicos.
- Aplicación de un desplazamiento lateral mediante un actuador horizontal, que se mide y controla con el sensor de desplazamiento horizontal.

# ENSAYOS PSEUDOESTÁTICOS



- La rigidez inicial: aproximadamente 46 t/cm
- Módulo de corte:  $G \sim 25000$  t/m<sup>2</sup>.
- La caída de rigidez al progresar el desplazamiento lateral impuesto en los ensayos: 46 t/cm - 15 t/cm
- La variación progresiva del ancho del lazo de carga al incrementarse los desplazamientos laterales impuestos.

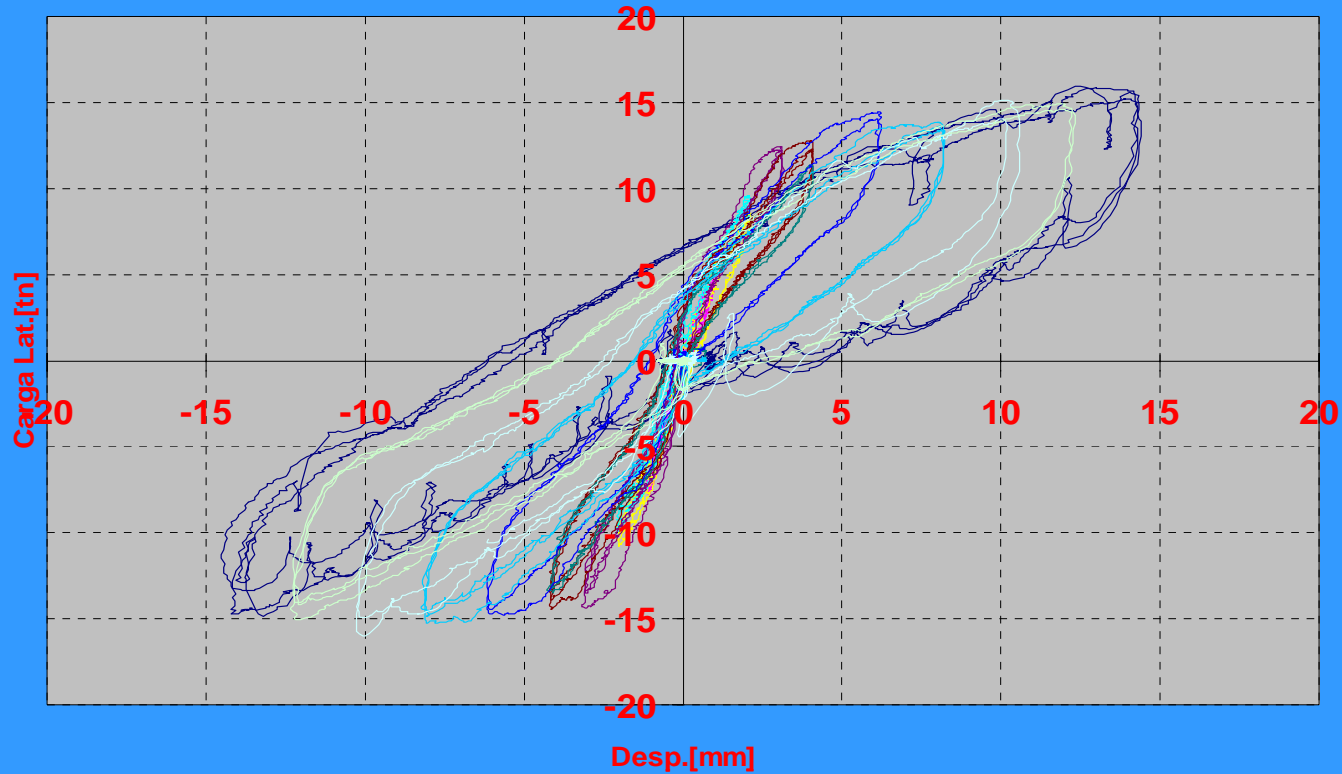
# ENSAYOS PSEUDOESTÁTICOS



- La rigidez inicial: aproximadamente: 39,6 t/cm
- La caída de rigidez al progresar el desplazamiento lateral impuesto en los ensayos: 39,6 t/cm - 14,6 t/cm
- La variación progresiva del ancho del lazo de carga al incrementarse los desplazamientos laterales impuestos.

# ENSAYOS PSEUDOESTÁTICOS

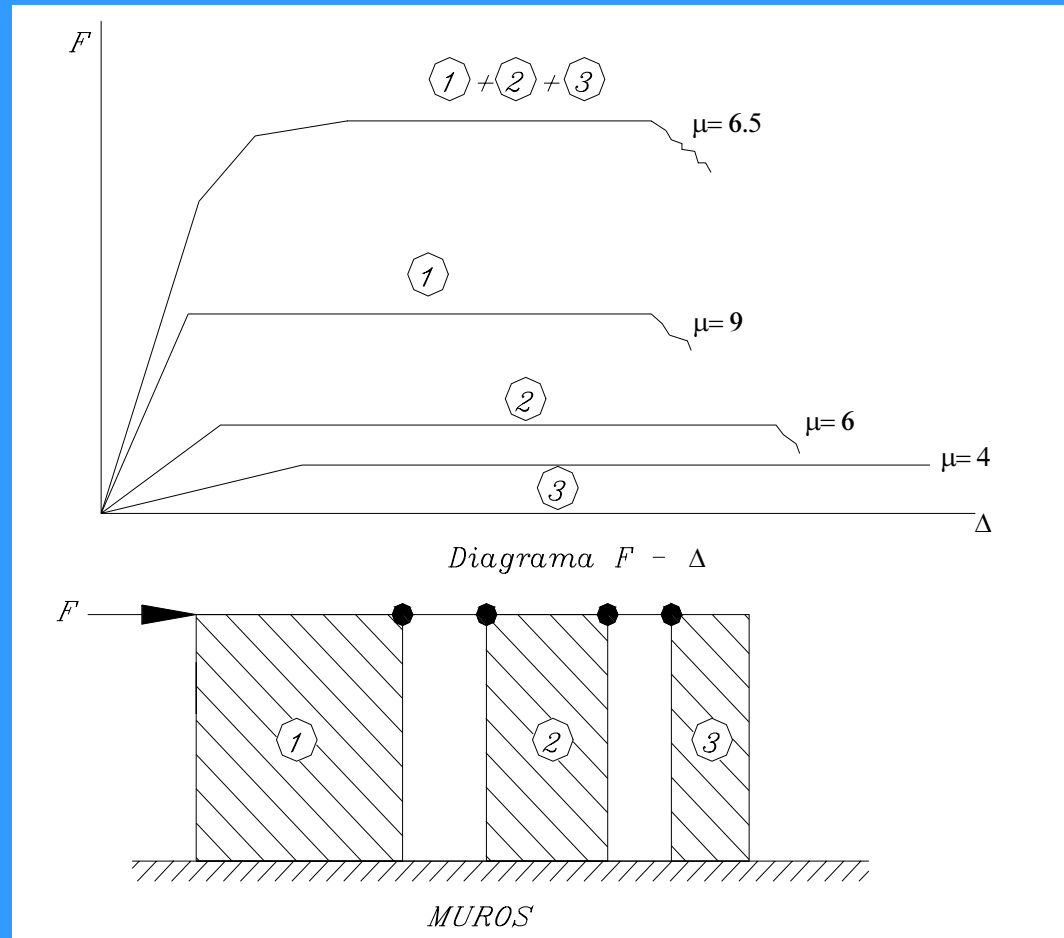
## carga-desplazamiento Muro 5



- La rigidez inicial: aproximadamente: 47,5 t/cm
- La caída de rigidez al progresar el desplazamiento lateral impuesto en los ensayos: 47,5 t/cm - 11t/cm
- La variación progresiva del ancho del lazo de carga al incrementarse los desplazamientos laterales impuestos.

## Ductilidad $\mu$

La ductilidad de desplazamiento, o simplemente ductilidad ( $\mu$ ), se define como la relación entre el desplazamiento máximo útil y el de primera fisuración.



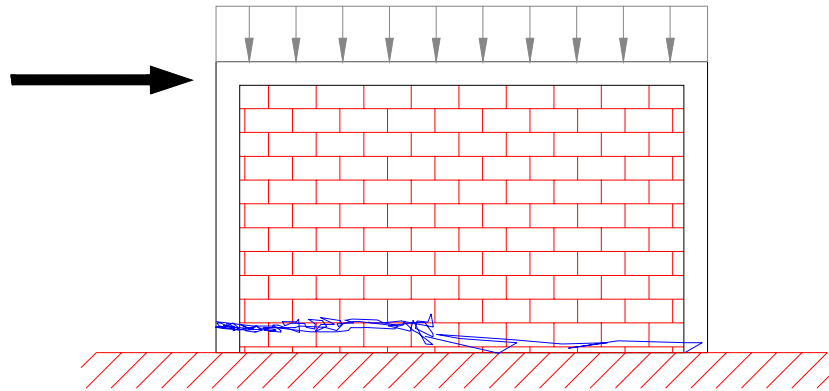
## **Defectos de diseño que han provocado fallas durante terremotos en muros de mampostería encadenada:**

- Falta de algún elemento vertical (columna) para confinar el muro.
- Columnas muy espaciadas entre sí, con lo que se pierde el efecto de confinamiento.
- Deficiente llenado de columnas.
- Propagación de la falla por corte, desde el muro hacia los elementos de confinamiento.
- Anclaje insuficiente del acero vertical u horizontal.

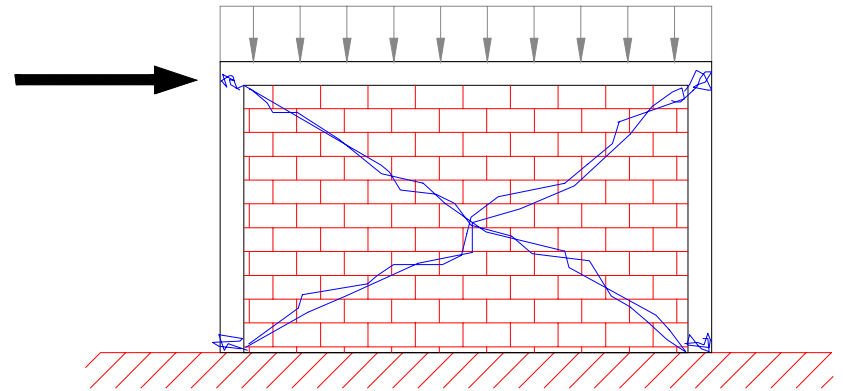
## Defectos de diseño que han provocado fallas durante terremotos en muros de mampostería encadenada:

- Inadecuada transferencia de la fuerza de inercia desde la viga al muro.  
Si se desliza la losa, la armadura vertical de los elementos de confinamiento trabaja a corte - fricción.
- Muros con excesiva carga vertical.  
Una mayor carga vertical genera un incremento de la resistencia al corte, pero disminuye la ductilidad.
- Se han observado también problemas de torsión:
  - Mala distribución de los muros
  - Escasa densidad en una dirección determinada
  - Falta de continuidad vertical de los muros
  - Asentamientos diferenciales-
  - La existencia de grandes huecos en las losas.

# *Tipos de Falla predominantes*



*Falla por flexión en muros*



*Falla por Corte en muros*



## *Tipos de Falla predominantes: 1) corte y 2) flexión:*

La mayoría de las fallas registradas en los edificios reales han sido por esfuerzo cortante y no por flexión. (aún para muros reforzados )

Razones que podrían explicar la falla por corte son:

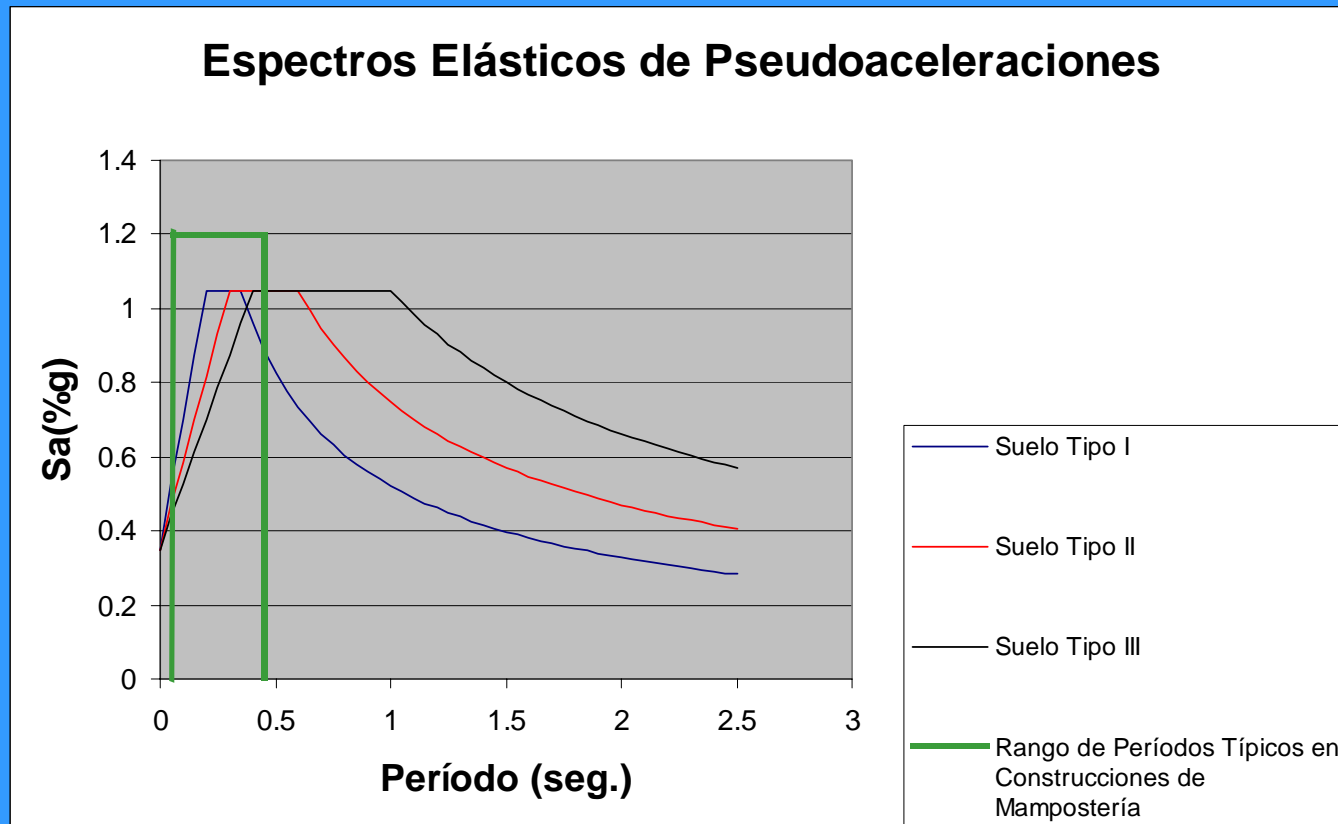
- La deformación por esfuerzo cortante predomina sobre la de flexión, ya que los muros son de baja altura y el momento de inercia de su sección transversal es grande.
- Si se agrega el efecto de los muros transversales (incluyendo su carga tributaria) , al flexionarse el muro debería levantar al muro transversal, cosa muy difícil de lograr.

## *Tipos de Falla predominantes: 1) corte y 2) flexión:*

- El momento flector basal asociado al análisis estático usual se ve reducido por efectos de: la rotación de la cimentación, los modos altos de vibrar y por la interacción losa-muro. Por este motivo, los diseños convencionales muestran una sobrecapacidad de flexión.
- La mampostería es un conjunto mixto de masas repartidas (muros) y concentradas (techos); a su vez, es un sistema muy rígido por lo cual las aceleraciones de los niveles son parecidas a las del suelo.

# Respuesta de las estructuras de mampostería

## Norma INPRES-CIRSOC-103

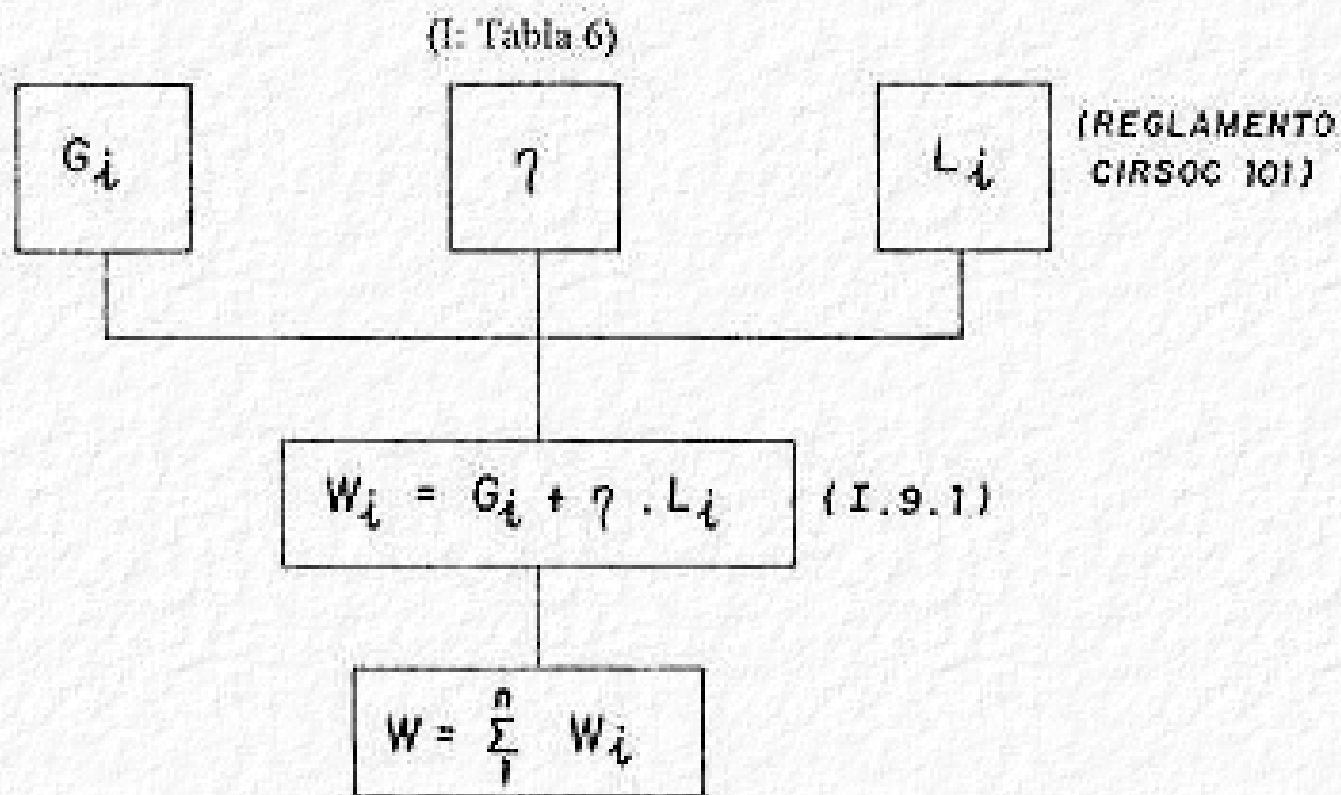


Para una estructura de mampostería encadenada el valor de la ductilidad global es de  $\mu=3$  (reducción por disipación de energía).

# NORMA INPRES-CIRSOC-103

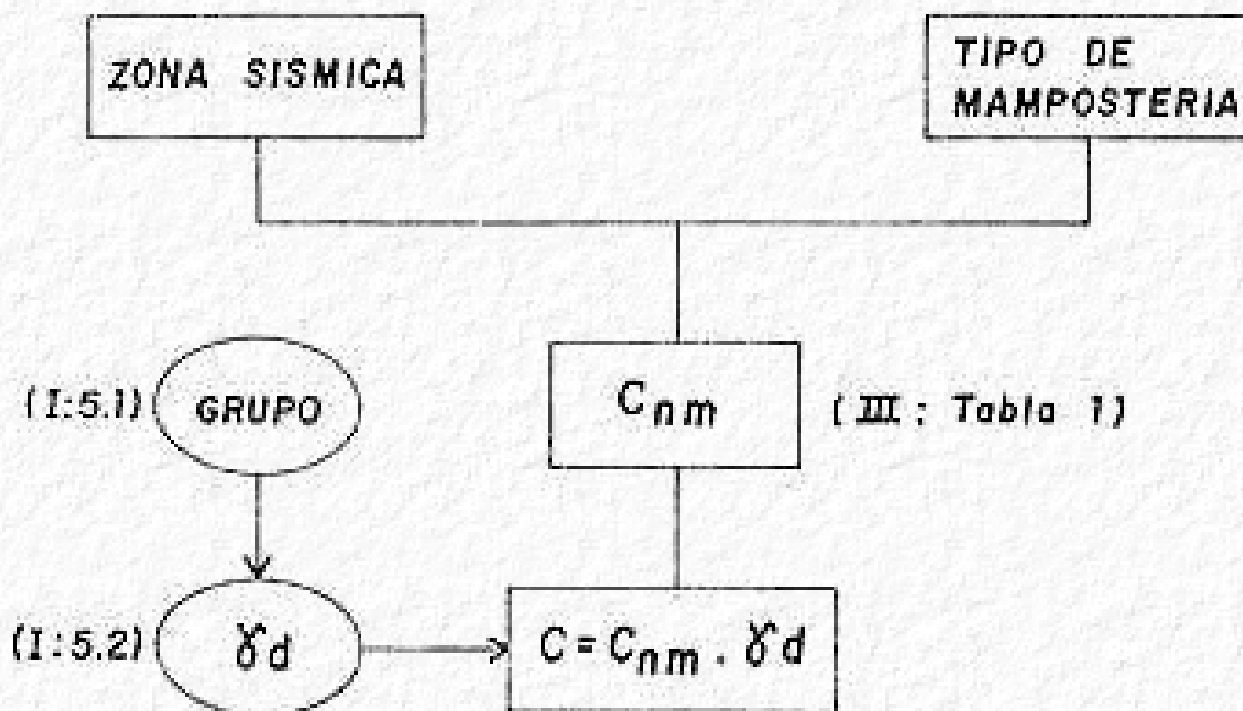
## Figura I. Cargas gravitatorias.

(I: Tabla 6)



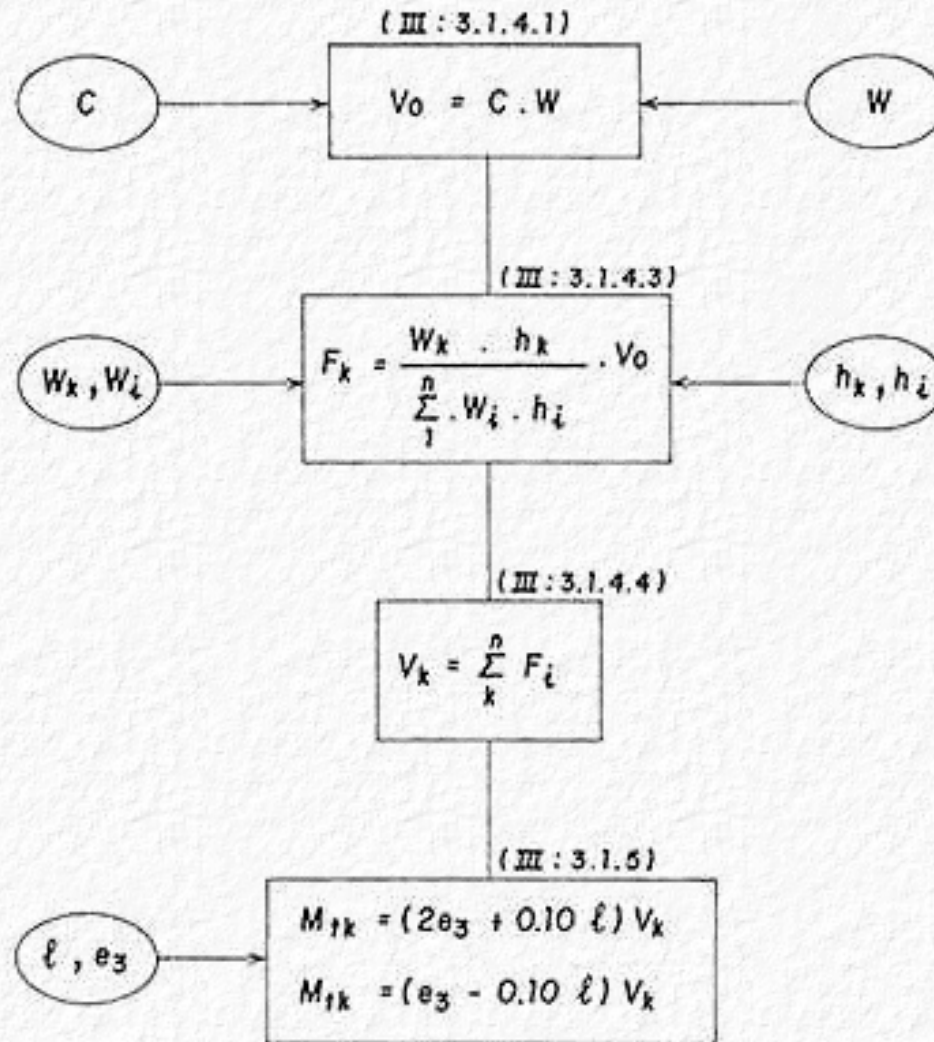
# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura II. Coeficiente sismico de diseño. (III: 3.1.4.2)



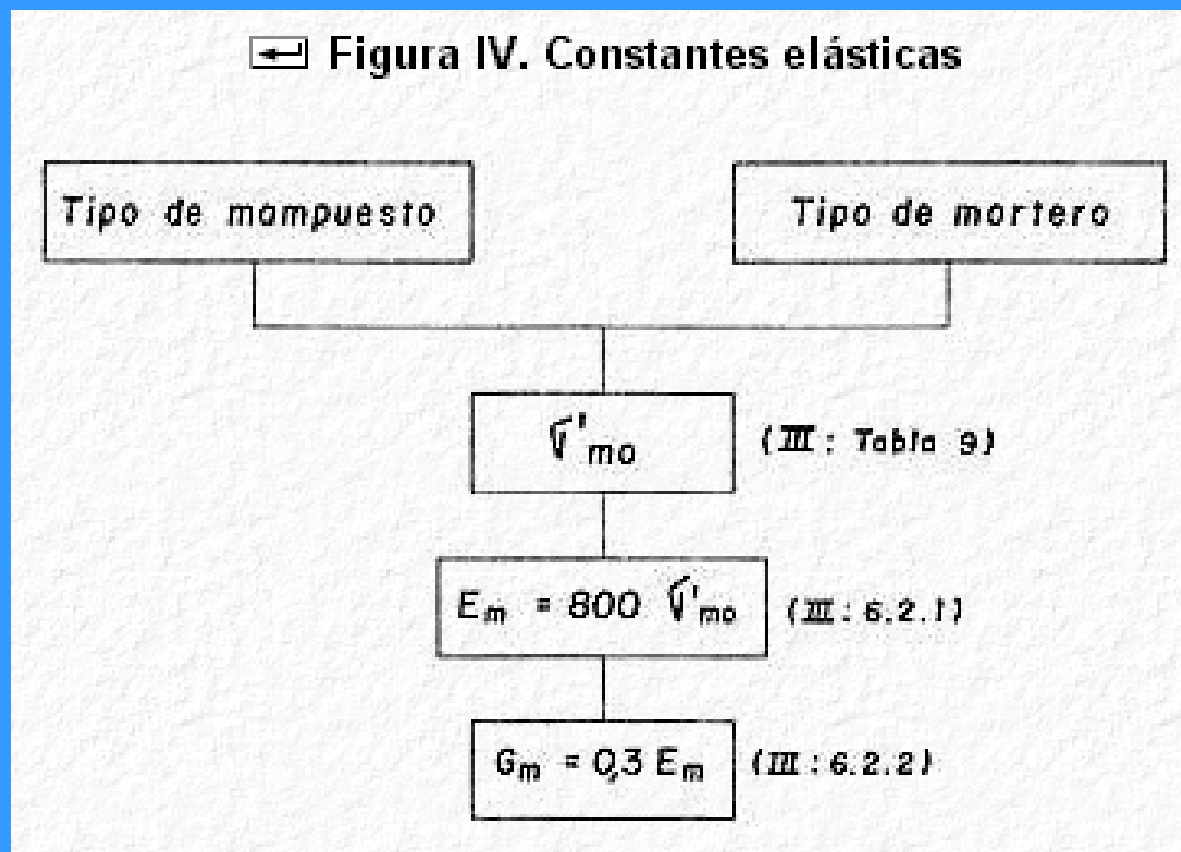
# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura III. Determinación de los cortes y momentos torsores por piso



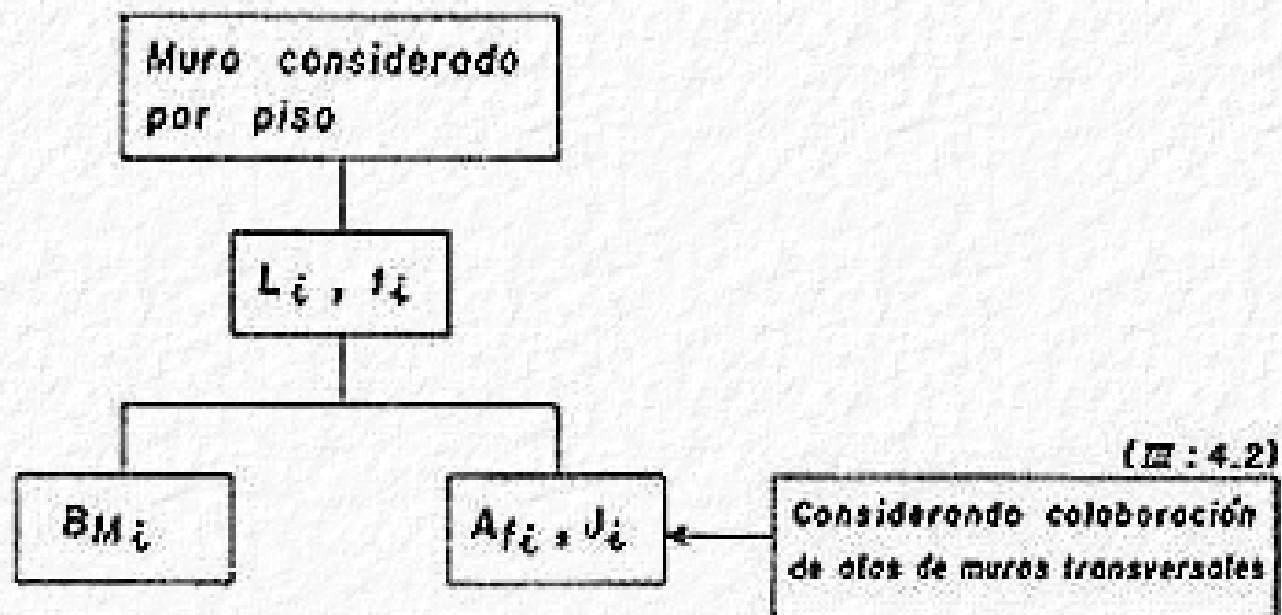
# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura IV. Constantes elásticas



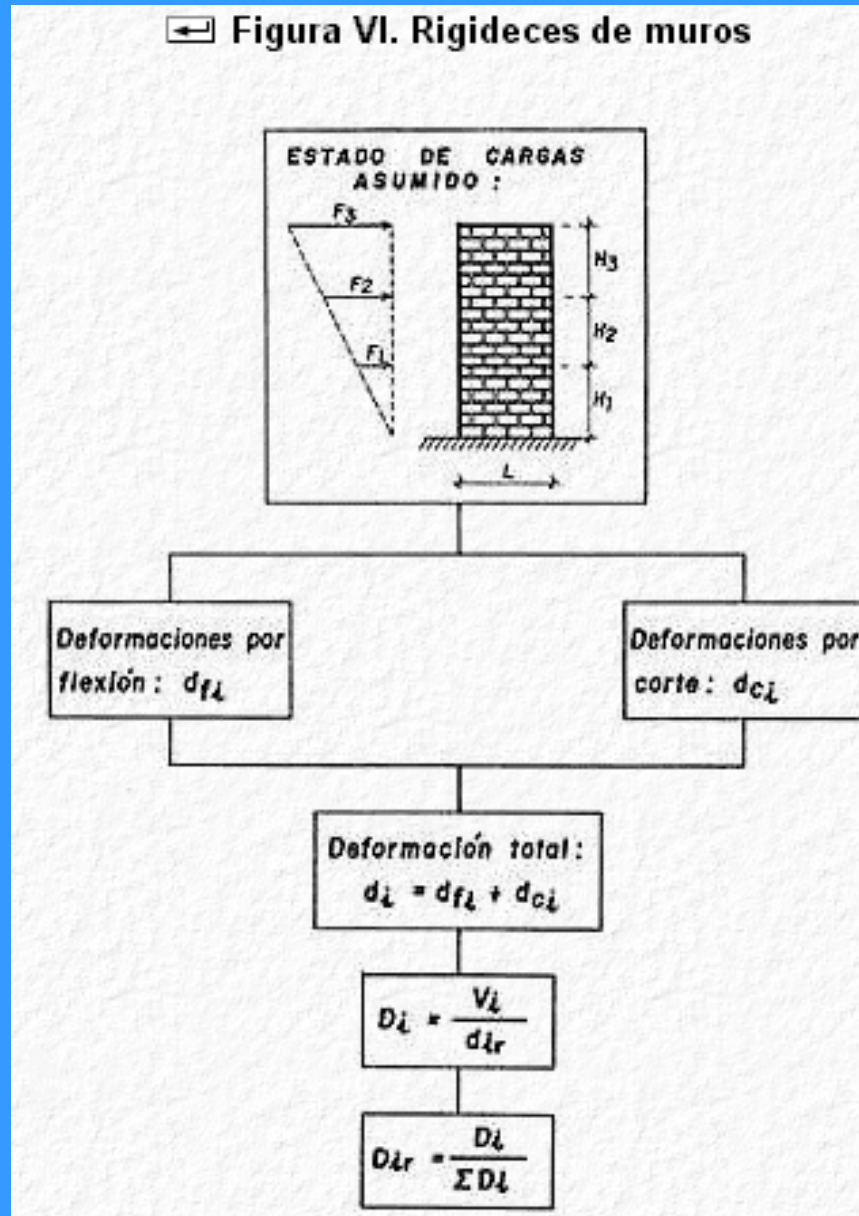
# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura V. Características geométricas



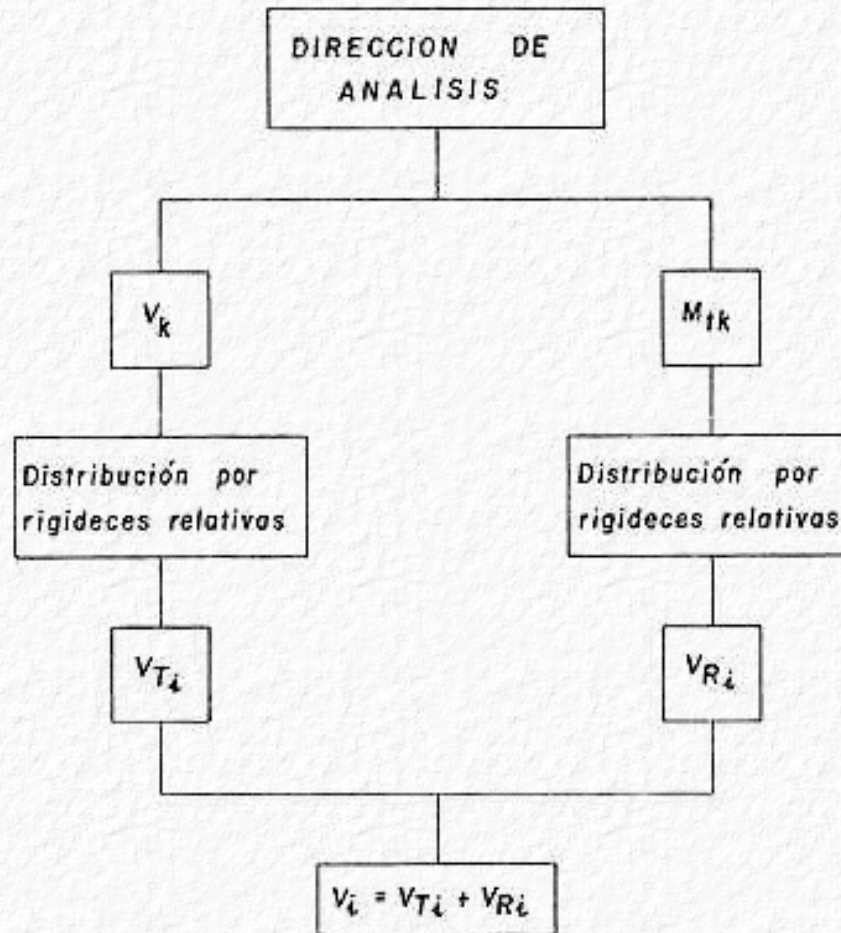
# NORMA INPRES-CIRSOC-103

← Figura VI. Rigideces de muros



# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura VII. Corte total de diseño en cada muro del piso considerado



**NOTA:** Debe verificarse que:

$$V_{R_i} \leq V_{T_i} \text{ (III: 3.1.5.1)}$$

# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura VIII. Momento flector de diseño en cada muro del piso considerado.

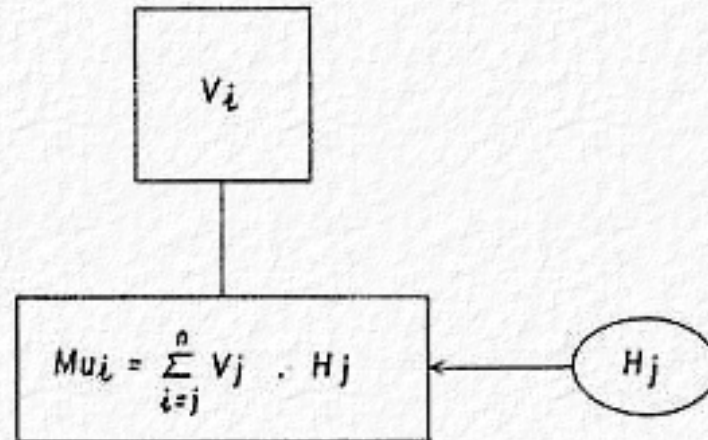
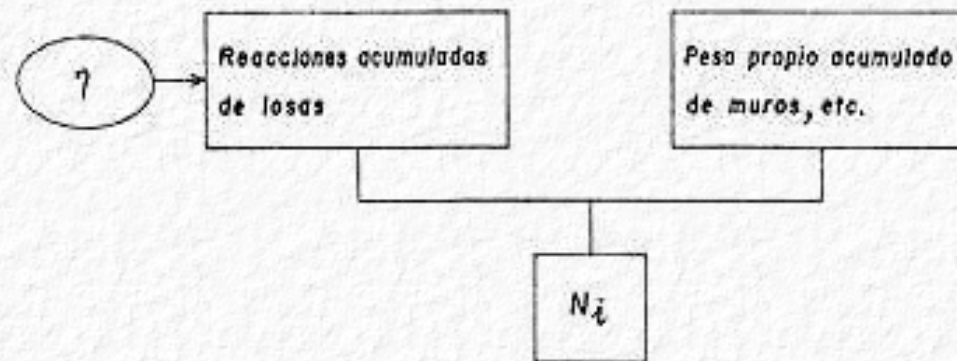


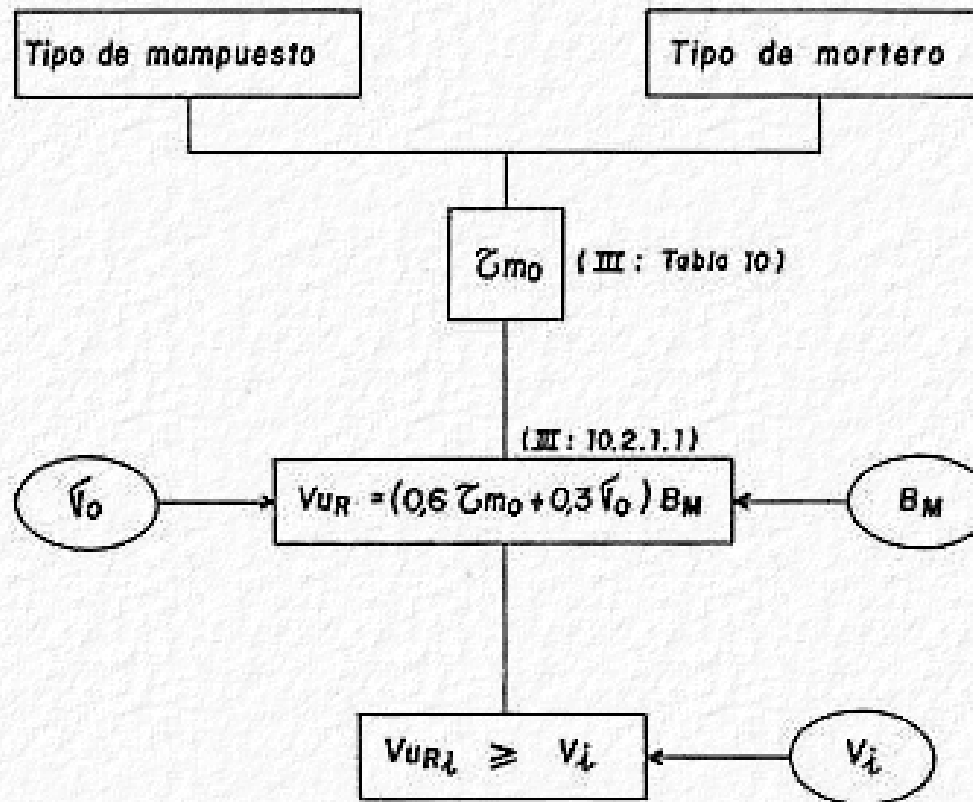
Figura IX. Esfuerzo normal de diseño en cada muro del piso considerado.



NOTA : con  $\eta = 1$  se obtiene  $N_{v_i}$

# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura X. Verificación de resistencia al corte. (III 10.2.1)

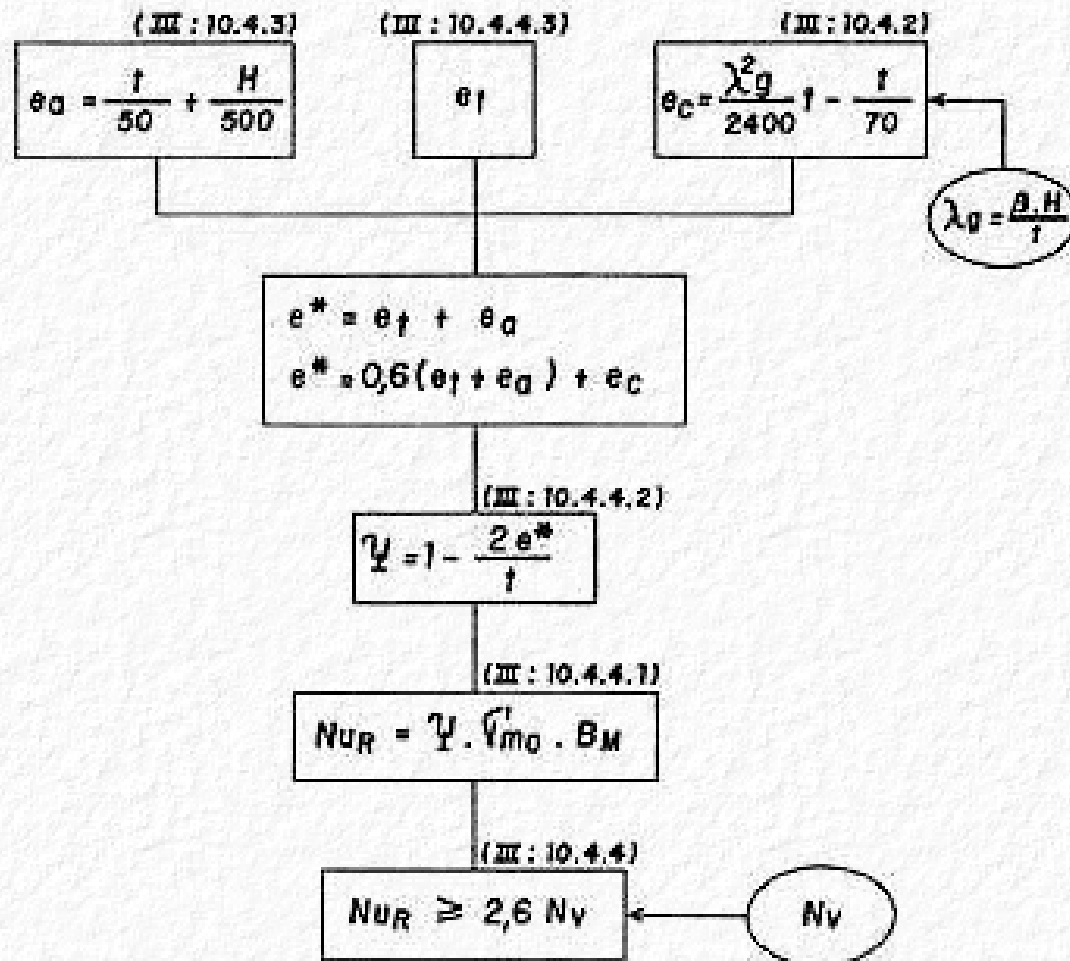


**NOTA:** Se deberá verificar que:

$$V_{UR\lambda} \leq 1,5 \cdot \zeta_{mo} B_M$$

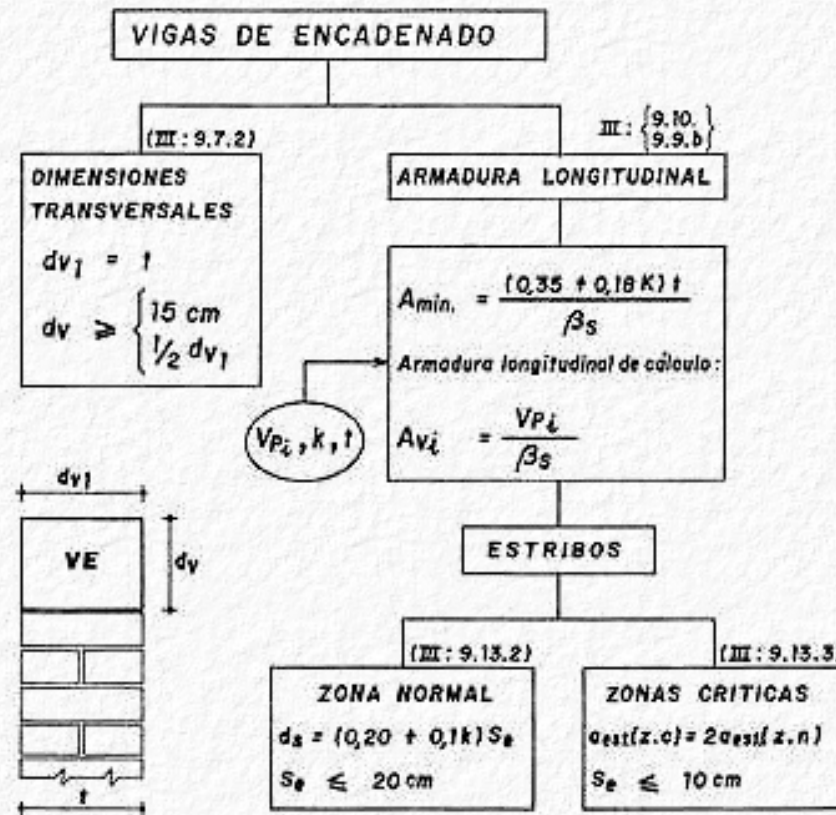
# NORMA INPRES-CIRSOC-103

← Figura XI. Verificación de resistencia a cargas verticales. (III: 10.4)



# NORMA INPRES-CIRSOC-103

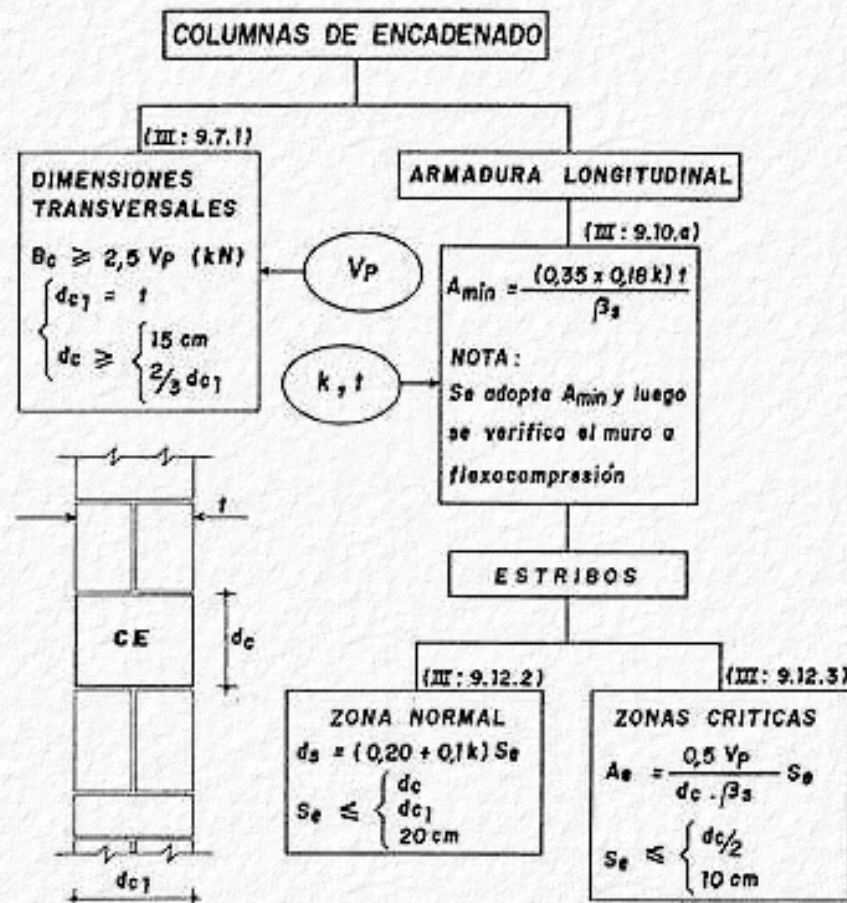
Figura XII. Dimensiones transversales y armaduras. Vigas de encadenado



- NOTAS:**
- 1) Estribos con  $\phi \text{ min} = 4,2 \text{ mm}$
  - 2) Longitud zonas críticas:  $\ell_c = 60 \text{ cm}$
  - 3) Armadura longitudinal mínima:  $4 \phi 8 \text{ mm}$

# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura XIII. Dimensiones transversales y armaduras. Columnas de encadenado



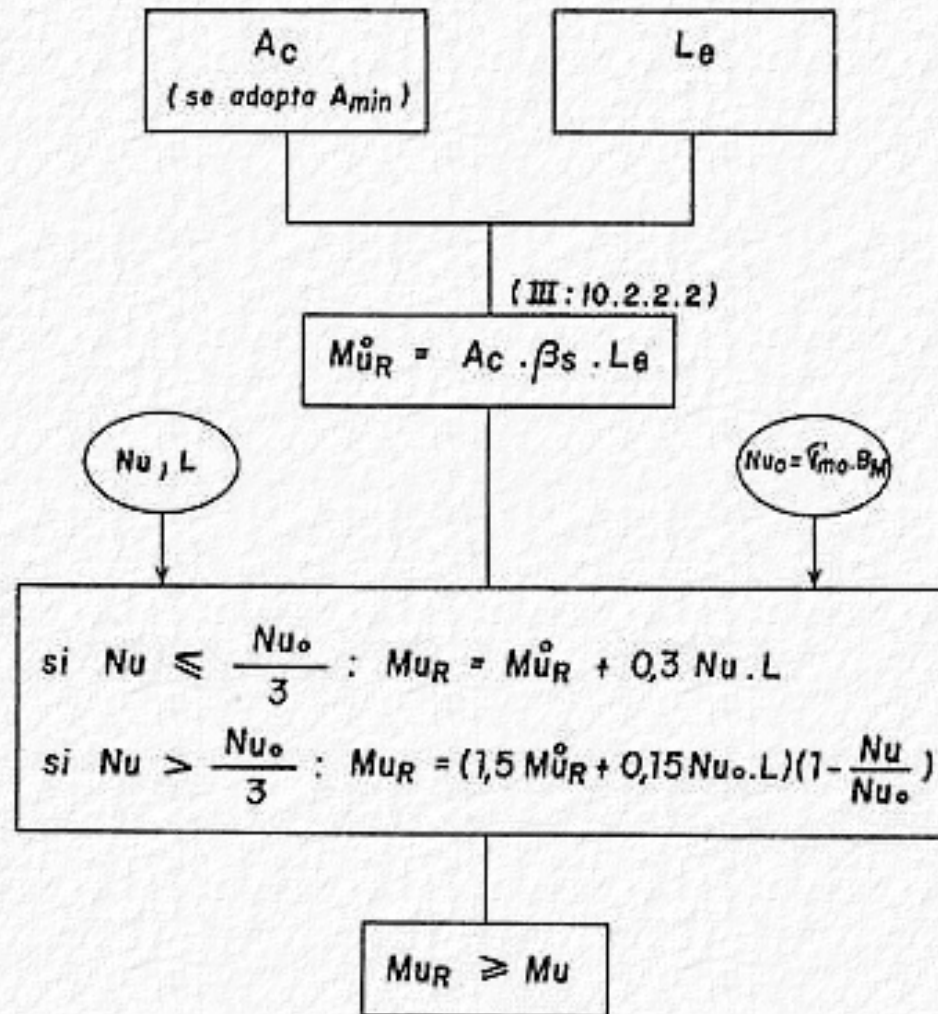
**NOTAS:** 1) Estribos con  $\phi_{min} = 4,2 \text{ mm}$

2) Longitud zonas críticas:  $l_c \geq \begin{cases} H/5 \\ 2 d_c \\ 60 \text{ cm} \end{cases}$

3) Armadura longitudinal mínima:  $4 \phi 8 \text{ mm}$

# NORMA INPRES-CIRSOC-103

Figura XIV. Verificación de resistencia a flexocompresión. (III: 10.2.2)



# NORMA INPRES-CIRSOC-103

- Calidad de los mampuestos:
- Calidad de los morteros:
- Calidad de la mampostería:
- Resistencia Básica a la compresión ( $\sigma'_{mo}$ ):
- Resistencia Básica al Corte: ( $\tau_{mo}$ )

Verificaciones de resistencia a realizar:

- Verificación de Resistencia al corte.  
 $V_{ur} = (0,6 \tau_{mo} + 0,3 \sigma_o) BM$
- Verificación de resistencia a flexo-compresión:  
Se determinan aplicando los procedimientos de los métodos de dimensionamiento de secciones de hormigón armado en **estado último o de agotamiento**. ( $\xi \leq 3\%$ )
- Verificación a carga vertical sin sismo:

## Comentarios Finales:

- \* Importancia de desarrollar Técnicas de Ensayo en Losa de Carga, y mesa vibratoria.*
- \* Adquisición de datos de campo sobre resistencia de materiales estructurales usados en la mampostería.*
- \* Ensayos de muros de mampostería con diferentes características constructivas.*
- \* Aumento del conocimiento del comportamiento de muros de mampostería ante cargas sísmicas.*
- \* Formulación de detalles constructivos para el mejoramiento de la mampostería desde el punto de vista sísmico y económico.*