

29
110



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**ALGUNAS CAUSAS DE VARIACION DE LAS PROPIEDADES
MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA A
BASE DE PIEZAS HUECAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

SANTIAGO MEJIA CONDE



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Méx., D. F.

Sept. 89



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	Pág.
I. INTRODUCCION	1
II. PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA	8
II.1 EL MURO DE MAMPOSTERIA COMO UN ELEMENTO ESTRUCTURAL	8
II.1.1 Fuerza Cortante T_y	9
II.1.2 Fuerza Normal N_z	13
II.1.3 Momento Flexionante	14
II.1.4 Momento Torsionante	16
II.2 PROPIEDADES MECANICAS DE INTERES EN MUROS DE MAMPOSTERIA	18
II.2.1 Fuerza Cortante (Fuerzas Horizontales)	20
II.2.1.1 Efectos causados por fuerzas laterales Tensión diagonal. Esfuer- zos tangenciales en las Juntas	23
II.2.2 Compresión	28
II.2.2.1 Efectos causados por fuerzas Verticales	29
II.2.3 Oposición al movimiento	32
II.3 DETERMINACION DE LAS SOLICITACIONES BASICAS...	35
II.3.1 Resistencia a Carga Axial (Compresión)	37
II.3.2 Resistencia Cortante	40
II.4 CARACTERISTICAS Y DESCRIPCION DE ENSAYES QUE NOS PERMITAN CONOCER LA RESISTENCIA A CORTANTE Y COMPRESION AXIAL	42

	Pág.
II.4.1 El Ensaye de Compresión Axial	44
II.4.2 El Ensaye de Cortante	48
II.4.2.1 El Ensaye de Tensión Diagonal	49
II.4.2.2 El Ensaye por Cortante en Juntas (Esfuerzo Tangencial en Juntas).....	50
 III. CAUSAS QUE HACEN VARIAR LA RESISTENCIA A COMPRESION.....	 52
 III.1 ALGUNAS VARIABLES IMPORTANTES EN EL COMPORTA- MIENTO DE LA MAMPOSTERIA	 53
 III.2 PROGRAMA EXPERIMENTAL	 54
III.2.1 Aclaraciones Previas	54
III.2.2 Subprograma experimental (Prueba - base)	55
III.2.2.1 Materiales	55
III.2.2.2 Descripción del Ensaye	56
III.2.2.3 Historia de la Falla	58
III.2.2.4 Obtención de la Resistencia Media (Compresión). $f'm$	58
III.2.2.5 Observaciones	59
III.2.3 Subprograma experimental (Tamaño de Junta)	59
III.2.3.1 Materiales	59
III.2.3.2 Descripción del Ensaye	60
III.2.3.3 Historia de la Falla	60
III.2.3.4 Obtención de la resistencia media $f'm$ (Compresión)	60
III.2.3.5 Observaciones	61
III.2.4 Subprograma experimental (verticali- dad del muro)	62
III.2.4.1 Materiales	62
III.2.4.2 Descripción del Ensaye	62
III.2.4.3 Historia de la Falla	62

III.2.4.4	Obtención de la Resistencia Media (f'm) (Compresión	62
III.2.4.5	Observaciones	63
III.2.5	Subprograma experimental (tiempo de fraguado en el mortero).....	64
III.2.5.1	Materiales	64
III.2.5.2	Descripción del Ensaye.....	64
III.2.5.3	Historia de la Falla	64
III.2.5.4	Obtención de la Resistencia Media (f'm) (Compresión)	65
III.2.5.5	Observaciones	66

IV. CAUSAS QUE HACEN VARIAR LA RESISTENCIA AL
CORTANTE

IV.1	PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	69
IV.1.1	Aclaraciones previas	69
IV.1.2	Sub-programa experimental (Prueba-base)	70
IV.1.2.1	Materiales	70
IV.1.2.2	Descripción del ensaye (Compresión Diagonal)	71
IV.1.2.3	Historia de la Falla	75
IV.1.2.4	Obtención de la Resistencia Media (V) (Cortante)	76
IV.1.2.5	Observaciones	77
IV.1.3	Sub-programa experimental (Tamaño de Junta)	78
IV.1.3.1	Materiales	78
IV.1.3.2	Descripción del Ensaye	78
IV.1.3.3	Historia de la Falla	78
IV.1.3.4	Obtención de la Resistencia Media (V) (Cortante)	79

	Pág.
IV.1.3.5 Observaciones	80
IV.1.4 Sub-programa experimental, Vertica- lidad del muro	80
IV.1.4.1 Materiales	80
IV.1.4.2 Descripción del Ensaye	80
IV.1.4.3 Historia de la Falla	80
IV.1.4.4 Obtención de la Resistencia Media (V) (Cortante)	81
IV.1.4.5 Observaciones	82
IV.1.5 Sub-programa experimental (Tiempo de fraguado en el mortero)	82
IV.1.5.1 Materiales	82
IV.1.5.2 Descripción del Ensaye	83
IV.1.5.3 Historia de la Falla	83
IV.1.5.4 Obtención de la Resistencia Media (V) (Cortante)	83
IV.1.5.5 Observaciones.....	85
V. CONCLUSIONES.....	86
VI. COMPARACION DE RESULTADOS ENTRE PRUEBA BASE Y ALGUNAS CAUSAS DE VARIACION EN EL COMPORTA- MIENTO DE LA MAMPOSTERIA.....	86

I. INTRODUCCION

El elemento estructural de mampostería es el que se encuentra formado por distintos bloques de material, naturales o artificiales, éstos van unidos por una junta de mortero que contribuye a confinar las piezas.

El uso de la mampostería como elemento resistente y como muro divisorio data de muchos siglos atrás, esto se debe a que no se necesita de un gran análisis. Para convenirse de que un muro de mampostería sirve como elemento resistente, y a la vez como muro divisorio. Actualmente se demuestra que el muro de mampostería cumple también otras funciones; por ejemplo, como elemento rigidizante y como disipador de energía.

Por mucho tiempo se utilizaron grandes piezas de piedra naturales y arcilla como mortero en las juntas, para la construcción de viviendas. La estabilidad del muro se lograba a base de su peso propio, esto dió como resultado a las grandes construcciones, donde un gran porcentaje de área era ocupado por anchos muros resistentes, quedando relativamente muy poca área útil.

El hombre por naturaleza busca la optimización técnica

en la construcción de su vivienda, y en general, en la realización de infraestructura.

Actualmente se ha tenido un avance considerable en materia de mampostería gracias a los muchos estudios que se han hecho en diferentes universidades del mundo incluyendo la UNAM, como un gran participante. En consecuencia se ha logrado reducir la esbeltez y aumentar la resistencia. Para lograr este desarrollo técnico tuvo que haberse analizado el comportamiento de la mampostería ante la sollicitación de esfuerzos, y observar con detalle ha aquéllas variables más importantes que intervienen en el comportamiento estructural de la mampostería. Las variables a las que nos referimos, es todo aquello que pueda provocar la falla del elemento, pueden ser: la Acción de Fuerzas, Material de Piezas-Junta, Colocación de Piezas, etc.

Como se puede observar, si bien se ha avanzado en materia de mampostería, ahora también se tienen más variables que controlar para el buen funcionamiento de ésta.

Para mejorar la finalidad de un elemento estructural es necesario observar su comportamiento ante la sollicitud de esfuerzos, la observación se puede hacer de dos maneras, esperar la sollicitación de esfuerzos reales y que falle el elemen-

to estructural real con todos sus consecuencias sabidas, la otra manera es hacer modelos y probarlos a base de ensayos en un laboratorio.

La mejor es la segunda opción pero tiene algunos inconvenientes, se debe tener mucho cuidado en modelar ó simular el comportamiento real de una estructura, esto no es muy fácil, como veremos más adelante.

Se han hecho muchas pruebas de laboratorio obteniendo resultados satisfactorios "momentaneamente". Aunque, los resultados no son muy confiables, pues se depende de muchas hipótesis que se plantean para analizar el comportamiento del espécimen de mampostería, quedando muchas dudas sobre el verdadero comportamiento de las variables que suelen contribuir a la falla del elemento. La manera más viable que se ha encontrado para absorber los errores cometidos en medición, hipótesis planteadas, construcción etc. es afectar a los resultados que servirán para diseño por un factor de seguridad, el cual intenta reforzar a el elemento estructural en su totalidad, con el fin de que sean reforzadas aquellas variables cuyo comportamiento es desconocido.

Un factor de seguridad puede incrementar la resistencia de diseño, digamos cinco veces la nominal, con ésto no

garantizamos que el elemento este dentro de un margen de seguridad, pues si en el modelo físico que representa un elemento real no fue tomada en cuenta alguna variable importante o no se cumplió con alguna hipótesis planteada, tendremos como consecuencia que el modelo matemático que nos informa sobre la resistencia del elemento es falso, o sea que la resistencia obtenida podrá estar desviada de lo real en un porcentaje considerable. Más aún, podrá no tener relación alguna con lo real. Por lo cual el F.S. puede hacer que algunas de las variables queden sobrados, mientras que otros estén muy lejos de resistir el esfuerzo real, por tanto, los F.S. no son la solución al problema de mantener dentro de un margen de seguridad a un elemento estructural.

Los F.S. serán menores mientras mejor se conozca el comportamiento real de las estructuras.

Del párrafo anterior se observa la gran importancia que tiene el conocer ampliamente el comportamiento estructural de un elemento. Basándonos en ésta idea, el estudio presentado en este trabajo será con el propósito de conocer con mayor exactitud algunas de las variables importantes que intervienen en el comportamiento del elemento, en nuestro caso un elemento de mampostería fabricado a base de piezas huecas y unidas con mortero.

En este trabajo sólo serán presentados los resultados que pueden ser comparados con los observados en la realidad.

Las variables que someteremos a prueba son los siguientes:

- * Tamaño de la Junta
- * Verticalidad del muro
- * Tiempo de fraguado del mortero (en Juntas).

Estas variables se han elegido en base a observaciones constantes de falla en elementos reales; en los que se cree que alguna de éstas fue la causa directa por la cual el elemento falló.

Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en éste trabajo serán relativos, pues se obtendrá primero el resultado de un lote de especímenes de prueba base, sometido a esfuerzos de cortante y compresión axial, para después compararlo con el resultado de otros especímenes sometidos a la misma prueba, en las mismas condiciones y con iguales características en general, excepto que se va a cambiar una de las variables en estudio; es decir vamos a comparar los resultados obtenidos en cada prueba con los resultados de un experimento tomado como base. En la prueba base intenta-

remos mantener a todas las variables fijas y con un control de calidad bueno, cumpliendo con las normas técnicas complementarias del Reglamento de Construcciones del D.F. (N.T.C. del R.D.F.), de ésta manera podremos observar como afecta el cambio de las variables en el comportamiento estructural del espécimen.

Los ensayos que realizaremos serán exclusivamente para observar el comportamiento de muros de mampostería ante la sollicitación de fuerzas de cortante y compresión axial, la observación estará basada en los resultados que arrojen las pruebas de las variantes en estudio.

Existen diferentes tipos de muros según clasificación que se encuentra en las normas técnicas de construcción y diseño de mampostería del Reglamento del D.F. (N.T.C. del R.D.F.) y son los siguientes:

Muros diafragma, Muros confinados, Muros reforzados interiormente, Muros no reforzados.

Nuestro estudio está enfocado al ensayo de especímenes que nos representen el comportamiento de muros de mampostería, de tipo diafragma y confinados, sometidos a cargas laterales y de compresión axial.

Finalmente presentaremos, en éste trabajo una conclusión acerca de las variables en estudio, respecto de N.T.D. del R.D.F.

II. PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA

II.1 EL MURO DE LA MAMPOSTERIA COMO UN ELEMENTO ESTRUCTURAL

Se conocen tres tipos de estructuras en general: las esqueléticas (formadas por marcos-trabes-columnas), Las estructuras a base de muros, y Las estructuras combinadas a base de muros y marcos, éstas características son esencialmente de clasificación.

Las estructuras en las cuales intervienen muros de mampostería, como elementos resistentes, son de nuestro interés por tanto podemos concluir que el muro de mampostería es un ELEMENTO ESTRUCTURAL RESISTENTE, por lo cual, lo debemos considerar como tal, considerada así; podremos afirmar que éste estará sometido a todos los elementos mecánicos que se presentan en un sistema estructural sometido a cargas cualesquiera, como elemento resistente, un muro de mampostería deberá tomar ESFUERZO CORTANTE, ESFUERZO DE COMPRESION, MOMENTOS FLEXIONANTES, MOMENTOS TORSIONANTES y combinación entre ambos. Como experiencia obtenida de estudios anteriores a éste, sabemos que un muro presenta mejores propiedades ante FUERZA CORTANTE y FUERZA DE COMPRESION, por lo cual se busca generalmente que los otros elementos mecánicas a los que está sometida la estructura lo resistan otros elementos estructurales (mar-

cos). Los momentos TORSIONANTES presentados en una estructura pueden ser transformados a pares de fuerzas, lo cual hace que los muros puedan tomar torción global de una estructura. No obstante, aunque nos dedicaremos a estudiar esencialmente el comportamiento de Mur. Mamp. ante fuerza cortante y compresión axial, mencionaremos todos los elementos mecánicos que se presentan.

Para la definición de los elementos mecánicos nos referiremos a la siguiente figura:

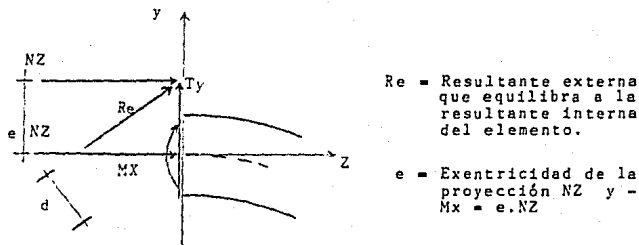


FIG. 1

Considerando al muro de Mampostería como un elemento estructural. Con todas las hipótesis que considera la Resistencia de Materiales.

II.1.1 Fuerza cortante T_y

Una de las propiedades mecánicas que presenta un

cuerpo cuando está sometido a fuerzas exteriores cualesquiera es; el esfuerzo cortante, que es una fuerza cortante aplicada sobre una área.

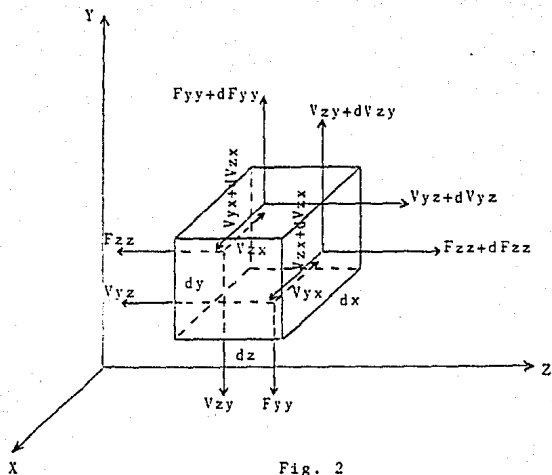
Para su definición nos referimos a la figura del inciso II.1, entonces diremos que la fuerza cortante T_v en la sección aislada es la suma de todas las proyecciones sobre el eje Y de las fuerzas que se encuentran a la izquierda de la sección. Físicamente significa, cortar un elemento en la misma dirección de la resultante de la fuerza aplicada.

Los esfuerzos cortantes o tangenciales simples; son los esfuerzos paralelos a la fuerza tangencial que los produce.

Todo esfuerzo provoca una deformación en el cuerpo donde se aplica, éste esfuerzo cortante produce deformaciones angulares.

A continuación mostraremos que los esfuerzos tangenciales perpendiculares entre sí, situados éstos en caras perpendiculares también, son iguales.

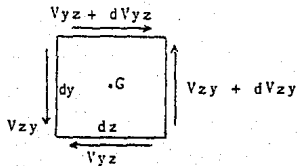
Suponemos una partícula aislada de un continuo:



El primer índice indica la cara en que se encuentra aplicado el esfuerzo, el segundo índice indica el eje al cual es paralelo.

Proyectemos los esfuerzos tangenciales en la cara

"x"



Tomando momentos respecto a G

$$\begin{aligned} \sum M_G &= (Vyz + dVyz) \frac{dy}{2} + Vyz \frac{dy}{2} - Vz y \frac{dz}{2} - (Vzy + dVzy) \frac{dz}{2} \\ &= Vyz \frac{dy}{2} + dVyz \frac{dy}{2} + Vyz \frac{dy}{2} - Vz y \frac{dz}{2} - Vzy \frac{dz}{2} + dVzy \frac{dz}{2} \end{aligned}$$

$$= Vyz \cdot dy - Vz y \cdot dz = 0 \quad \text{Si } dy = dz$$

$$Vyz = Vz y \quad \text{E.L.Q.Q.D.}$$

∴ Si el esfuerzo cortante está aplicado en la dirección X sobre el plano de carga, éste esfuerzo también será resistido por una sección paralela a la dirección y a lo largo de toda su sección transversal.

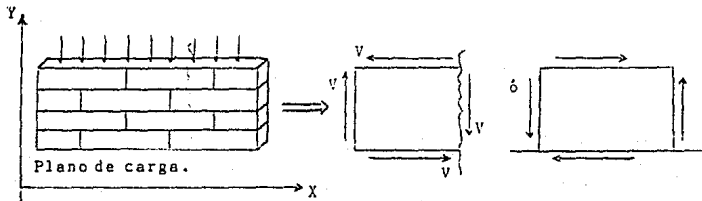


Fig. 3

II.1.2 Fuerza Normal N_z

Para su definición teórica. No tiene importancia su signo. Para su interpretación física es importante el signo o sentido. Si la fuerza normal tiende a comprimir las partículas del cuerpo (elemento estructural), en el mismo sentido de aplicación de la Fuerza Normal, se dice que la fuerza es de compresión.

Si la Fuerza Normal tiende a separar las partículas, en la misma dirección de aplicación de la Fuerza Normal, se dice que la Fuerza es de Tensión.

Así diremos que la Fuerza Normal en la sección corresponde a la suma de las fuerzas externas proyectadas sobre el eje z (a la izquierda de la sección, Fig. 1).

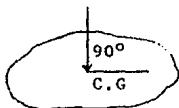
Por tanto, si hablamos de esfuerzo normal, será la fuerza normal aplicada en un área., Esfuerzo Normal: $\sqrt{N_z} = \frac{N_z}{A}$

A = Área en donde se encuentra aplicada N_z .

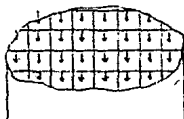
Físicamente la Fuerza Normal de Compresión intenta reducir el tamaño de las partículas del Elemento en la misma dirección de aplicación de la fuerza, y la fuerza de tensión

intenta aumentar de tamaño a las partículas en la misma dirección de aplicación de la fuerza.

En general los esfuerzos de Compresión y Tensión son esfuerzos normales que se generan al aplicar Fuerzas Normales en el centro de gravedad de la sección considerada.



La fuerza Normal Centroidal, produce esfuerzos normales uniformes:



II.1.3 Momento Flexionante

Es otra de las características mecánicas que presenta un cuerpo rígido cuando se ve sometido a fuerza cualesquiera que contribuye al equilibrio estático del cuerpo.

Se dice que Momento Flexionante en la sección, es

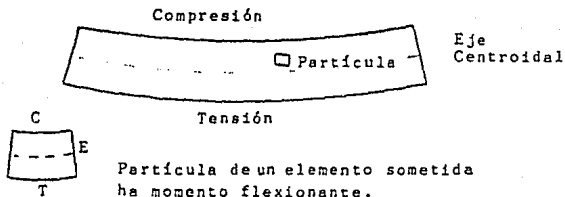
la suma de los momentos estáticos respecto al eje x de la resultante de todas las fuerzas que se encuentran a la izquierda de la sección. Su calculo es simple. Momento flexionante = $R \cdot d$, es la resultante externa de las fuerzas multiplicada por la distancia (d) más corta que se encuentra comprendida entre el centro de gravedad de la sección* y el eje de acción de la fuerza resultante externa.

* La sección de corte, donde se quieren conocer las propiedades mecánicas que presenta el elemento.

La R. de M. propone la fórmula de la Escuadría $\sigma_z = \frac{Mx}{I}$ y, para calcular el esfuerzo normal en el elemento estructural en función del elemento flexionante.

- y. Altura de la sección
- I. Momento de Inercia respecto al eje x
- M. Momento flexionante

Físicamente el momento flexionante como elemento mecánico, intenta, sobre una partícula del elemento someterla a compresión y tensión respecto de un eje.



En un cuerpo sometido a momento flexionante debido a la acción de fuerzas externas (de superficie), se presenta esfuerzos de tensión y compresión respecto de su eje centroidal.

II.1.4 Momento Torsionante

Este elemento mecánico se presenta como una acción de fuerza que tiende a hacer girar a las partículas que se encuentran alojadas en el continuo. Esta acción de fuerza es generada por un par de fuerzas o por un momento concentrado. La mejor sección para resistir momento torsionante es la circular.

En este trabajo sólo es importante entender que el momento torsionante aplicado en un continuo es resistido,

por otra de las propiedades mecánicas que presenta la sección del cuerpo, un momento torsionante resistente, éste será sustituido por un par de fuerzas.

Podemos resistir M_T con un par de Fuerzas F_1 , F_2 . Estas se transforman en Fuerzas cortantes para los Muros 1 y 2, lo cual permite simular un muro (2) con una Fuerza Lateral equivalente a F_2 .

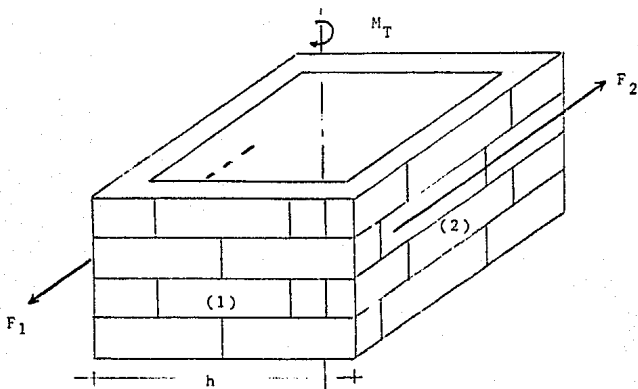
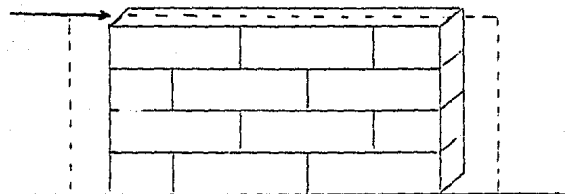


Fig. 4

De ésta forma podemos atacar el M_T aplicado a Estructuras a base de Muros de Mampostería. Transformando el momento torsionante en fuerzas laterales aplicadas en el muro, entonces es un problema de fuerza cortante resistida por muros.

Plano de cargas que acepta R.M.



Con base en lo dicho en el párrafo anterior el MT lo podemos calcular por un análisis de fuerza axial, momento flexionante, fuerza cortante.

En rigor el Momento torsionante como propiedad mecánica no lo contempla la R. de M. pues éste no cumple con las hipótesis que plantea la R.M., pues para generar Mom. Tor. las cargas aplicadas a la barra prismática se salen del plano de cargas, que debe coincidir con el plano de simetría.

En rigor el Mom. Tors. debe ser estudiado y calculado mediante la mec. de Med. continuos - función de Prandtl -

II.2 PROPIEDADES MECANICAS DE INTERES EN MUROS DE MAMPOSTERIA

A partir de éste tema nos referiremos a muros de mampostería (a base de piezas huecas) como elementos resisten-

tes de una estructura, los cuales están sometidos a todos los elementos mecánicos prescritos. Su área de Cortante y su considerable resistencia a compresión, hacen que las propiedades ante fuerza cortante, compresión axial sean de mayor interes.

Basándonos en la definición de cortante, el cual intenta cortar razantemente a el elemento estructural en la misma dirección de aplicación de la fuerza, por lo cual el elemento resistente necesita oponerse a éste esfuerzo, lo cual se logra aumentando su área de cortante. El muro de Mampostería presenta una considerable área en su sección transversal en dirección de aplicación de la fuerza cortante, por lo cual el muro de mampostería presenta mejor propiedad mecánica ante fuerza cortante. Si aumento el área que resistirá la fuerza cortante, entonces haré disminuir el esfuerzo al cual se encuentra sometido el elemento resistente.

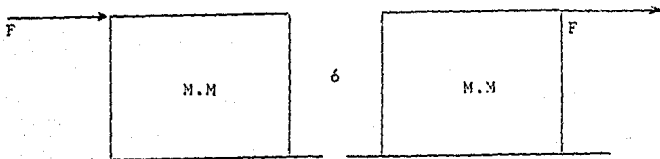
El muro puede presentar problemas de espacio, pero éste se abate colocándolo en colindancias o en donde sean necesario colocar muros divisorios.

Otra de las propiedades importantes que presentan los muros de mampostería es la de compresión, debido a que éstos presentan una considerable área de carga, además que

a compresión el material de mampostería presenta mayor resistencia. No debemos olvidar que la carga vertical a la que se encuentra sometido debe ser axial, por tal razón debemos evitar que existan problemas de esbeltez o inestabilidad. En las normas técnicas complementarias para diseño de mampostería en el Cap. 4 se encuentran algunas restricciones que toman en cuenta éste tipo de problemas.

II.2.1 Fuerza Cortante (Fuerzas Horizontales)

En una estructura en la que interviene como elemento resistente M.M. (Muro de Mampostería), el esfuerzo cortante es ocasionado por fuerzas externas que pueden ser causadas por viento, sismo u otras fuerzas horizontales. En muros diafragma el cortante es transmitido por las columnas que lo limitan, en muros confinados el esfuerzo cortante es aplicado directamente al muro. Es importante mencionar que en el caso de fuerzas debido a sismo es indiferente la posición de la fuerza lateral idealizada, porque ésta fuerza acciona sobre todo el plano del muro (sobre toda su línea de acción).



La idealización de fuerzas laterales debida a sismo, en un edificio se encuentra desarrollada en las normas comple. para diseño por sismo en donde se trata el diseño por el método estático. Donde las fuerzas laterales responden a la siguiente formula:

$$F_i = \frac{C \cdot W_i \cdot W_{hi}}{Q \cdot \sum W_i h_i}$$

F_i Fuerza lateral aplicada en cada entrepiso

C Coef. Sísmico

Q Fac. de Ductilidad

w_i Peso de Estructura por cada nivel

h_i Altura de entrepiso

Por tanto una de las funciones importantes de los muros es tomar los esfuerzos que producen las cargas laterales o fuerzas de cortante. Las cargas laterales provocadas por efecto del sismo o viento, introducen en los distintos tableros de muros, un conjunto de sollicitaciones de esfuerzos que dependen de las condiciones de continuidad en sus extremos.

Si el muro es diafragma, el conjunto de sollicitaciones provocadas por carga lateral, podemos simplificarlo como dos cargas concentradas de comprensión aplicadas en los extremos de una de las diagonales del muro. Si el muro es confinado

(limitado únicamente por el sistema de piso, despreciando la restricción el giro que el sistema de piso le provoca), puede idealizarse el muro como un voladizo sujeto a una carga lateral en su extremo superior, más una carga axial que proviene de la suma de efecto por carga vertical más el de momento de volteo.

Se ha encontrado experimentalmente que los esfuerzos críticos son en ambos casos los esfuerzos de tensión que se presentan en dirección normal a la diagonal cargada, y los esfuerzos tangenciales horizontales que existen en las caras de contacto entre el mortero y las piezas; se sabe que generalmente estos dos tipos de esfuerzos (tangencial, tens. diagonal) provocan la falla a través de una grieta que atraviesa diagonalmente al muro.

Con base en estudios hechos con anterioridad a éste, se han encontrado formulas experimentales para determinar el esfuerzo de cortante resistente del muro, sin embargo en este trabajo revisaremos estas fórmulas, conociendo a detalle algunas de las propiedades importantes que hacen variar la resistencia de la mampostería ante éste tipo de esfuerzos, tensión diagonal y esfuerzo tangencial en las juntas.

II.2.1.1 Efectos causados por fuerzas laterales

a) Tensión Diagonal

Se ha mencionado en éste trabajo que las cargas laterales inducen esfuerzos de tensión diagonal que puede ser uno de los mecanismos de falla, este tipo de falla se reconoce porque la grieta atraviesa diagonalmente el muro indistintamente de sí es mortero o las piezas de Block, la grieta se empieza a formar en el centro del muro y se prolonga rápidamente hacia los extremos.

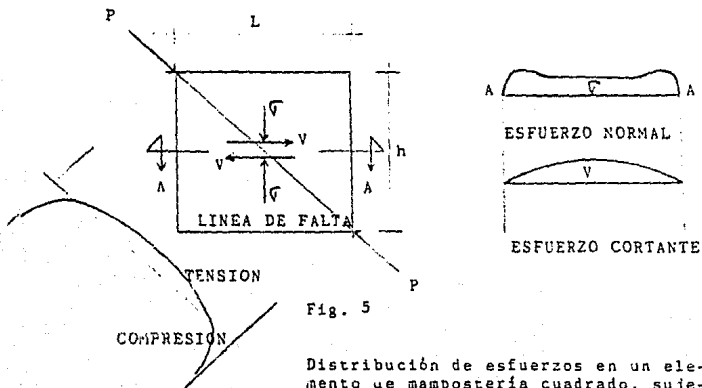
Si consideramos al muro como un material elástico homogéneo podemos estudiar teóricamente la distribución de esfuerzos, que se presentan a lo largo de la diagonal, en la sección de falla, para dos casos diferentes: cuando el muro está sometido a compresión diagonal y cuando el muro está cargado por una fuerza horizontal (fuerza de cortante) aplicada en el extremo del elemento trabajando en voladizo.

Como se ha dicho éstos dos casos idealizan las sollicitaciones a las que puede verse sujeto un muro por efecto de cargas laterales. En los dos casos expuestos ocurren esfuerzos de tensión a lo largo de casi toda la diagonal principal, teniendo un valor máximo en el centro del elemento, esto expli-

ca la forma de falla.

Es importante hacer notar que si hablamos de formas de falla generadas por fuerzas laterales o verticales, es en base a experimentos hechos con anterioridad a este trabajo dedicados a observar formas de falla. (ref.1)

Aunque éste trabajo esté dedicado a experimentar las causas que hacen variar las prop. mec. de mampostería, por estar éstas causas en relación directa con las formas de falla del elemento, atenderemos también a corroborar las formas de falla, en los ensayos que llevaremos a cabo.



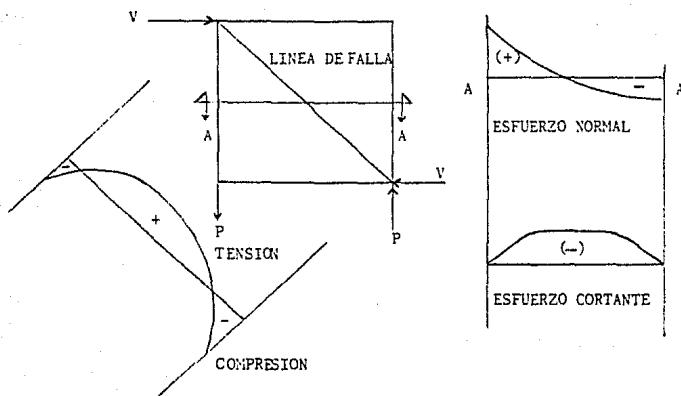


Fig. 6

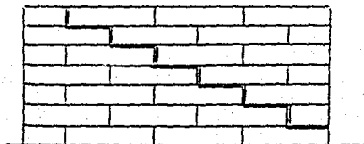
Distribución de esfuerzos en un elemento de mampostería cuadrado trabajando en voladizo (sujeto a fuerzas cortantes).

Es de importancia aclarar que la distribución de esfuerzos mencionada, se hizo con un análisis elástico considerando la mampostería como material homogéneo e isotrópico, en realidad la mampostería está formada por dos materiales de características elásticas diferentes, lo cual provoca que la distribución de esfuerzos pueda ser sensiblemente distin-

ta de la considerada anteriormente, debido a que la mampostería presenta éstas características, para poder definir las causas de variación de las propiedades mecánicas es necesario hacerlo experimentalmente.

b) Esfuerzos tangencial en Juntas

Las cargas laterales aplicadas a muros le inducen esfuerzos tangenciales en las Juntas, si las piezas son de alta resistencia y el mortero presenta baja resistencia y mala adherencia. En consecuencia provocará que el muro resista la tensión. En cambio fallará por esfuerzos tangenciales en las juntas; es decir, antes de que los esfuerzos de tensión diagonal excedan la resistencia de las piezas, los esfuerzos tangenciales, que induce la carga lateral, vencen la adherencia entre el mortero y las piezas provocando la falla. Este mecanismo de falla se reconoce porque la grieta diagonal que atraviesa el muro esta formada por el deslizamiento exclusivo de las juntas verticales y horizontales.



Falla por esfuerzo tangencial en las juntas

La falla por esfuerzo tangencial en juntas tiene una distribución esfuerzos teórica muy parecida a la de falla por tensión diagonal mostradas en las fig. 5.6. Ahora bien la falla ocurre en el momento que se presenta un deslizamiento en las juntas venciendo la resistencia a esfuerzo tangencial, lo cual es proporcionado en parte por la adherencia o cohesión que existe entre las caras de contacto de mortero-pieza, y en parte por la fricción que existe entre los dos materiales, la cual se debe a la fuerza de compresión normal a la junta, -- Por lo cual el esfuerzo resistente en la Junta queda en función directa de la adherencia (a), fricción (f) y esfuerzo de compresión (V)

$$V = a + f (V)$$

Es obvio que el esfuerzo resistente en tensión directa de las juntas verticales se esta despreciando.

Cuando idealizamos un muro como un elemento sujeto a compresión diagonal, existirán en la sección crítica esfuerzos verticales de compresión que serán mayores cuanto mayor sea la relación altura a largo del muro. Estos esfuerzos permitirán que se desarrolle el efecto de la fricción e incrementarán la resistencia en las Juntas a esfuerzos tangenciales. La relación de esfuerzo de compresión con la forma del muro

(ref. 1), muestra que los esfuerzos de compresión disminuyen rápidamente al disminuir la relación altura largo del muro; por tanto, en un muro alargado es probable que se tenga una falla en las Juntas, mientras que al disminuir la longitud del muro se puede tener falla por tensión diagonal.

En el caso que se tenga un muro considerado en voladizo, los esfuerzos normales en la sección crítica son prácticamente nulos fig. (6), por tanto, una sobrecarga vertical puede en éste caso provocar esfuerzos normales que ayuden a resistir el esfuerzo tangencial en Juntas.

II.2.2 Compresión

Otra de las sollicitaciones de carga importantes a las que se encuentra sujeto un muro de carga, es la de compresión axial provocada por fuerzas verticales, es más, también por fuerzas laterales como se ha mencionado.

Las cargas de acción vertical son debidas a la acción de la gravedad exclusivamente, en una estructura generalmente, a estas cargas se les conoce como carga muerta (C.M.), y carga viva (C.V.).

Es importante señalar que si bien, el esfuerzo por

compresión es relativamente fácil de resistir por la mampostería, debemos asegurarnos que la carga sea efectivamente axial, pues de lo contrario, si el muro es muy esbelto, podría provocar la falla por pandeo. En este trabajo consideraremos que el muro no presenta resistencia alguna al volteo en dirección perpendicular a su plano, por tanto nuestros experimentos los realizamos considerando compresión axial pura. Esta idealización no se sale de la realidad, pues en la práctica forzamos a que el muro trabaje generalmente a compresión axial y esfuerzo cortante, no obstante el muro podrá oponerse a momentos de volteo pero en dirección a su plano.

II.2.2.1 Efectos causados por fuerzas verticales

Los esfuerzos que causan las fuerzas verticales en muros de mampostería son de compresión axial. La mampostería esta formada a base de dos materiales, la pieza de concreto prefabricada y la junta de mortero, estos materiales presentan características diferentes respecto a esfuerzo-deformación. Por lo cual al ser sometidos a esfuerzos de compresión se deforman de una manera diferente, lo cual hace que exista una interacción bastante compleja entre los materiales. Considerando que los materiales de los cuales se encuentra formado el muro (Piezas y Juntas) siguen un comportamiento elástico diferente cada uno. Sin embargo, buscaremos idealizar el meca-

nismo de falla de la manera, más simple, bajo esfuerzo de compresión axial. La pieza y el mortero sufren deformaciones en ambos sentidos vertical y horizontal, por lo cual, la deformación en el sentido horizontal lo hace en dirección a su plano y la vertical perpendicular a éste. Si, los dos materiales pudieran deformarse libremente cada uno con sus propiedades de elasticidad respectiva, sus deformaciones y esfuerzos serían diferentes como se muestra en la figura (7).

Debido a la presencia de adherencia y fricción que existe entre las caras de contacto, el deslizamiento relativo entre los dos materiales es nulo por lo cual obligan a que los dos materiales tengan una misma deformación transversal, ésta deformación se podrá considerar como la media entre la deformación que tendría si se deformaran libremente. Para adoptar esta posición, el material más deformable (el mortero) en general, sufrirá compresiones en ambas direcciones transversales, quedando sometido a un estado de compresión triaxial. Mientras que, el material más rígido sufrirá tensiones transversales.

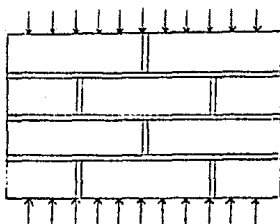
Se advierte por lo expuesto anteriormente, que aumentará la resistencia del material más deformable, el mortero, con respecto a la que tendría en una prueba de compresión simple, mientras que la resistencia del material más rígido,

la pieza, disminuirá debido a las tensiones transversales. Información más amplia sobre este comportamiento se encuentra en las ref. (2), como efecto de junta.

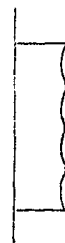
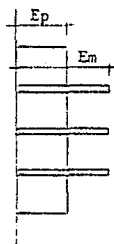
Debido a el efecto de Junta y mecanismo de falla descrito anteriormente, los esfuerzos transversales inducidos en los dos materiales serán mayores cuanto mayor sea la diferencia entre modulos de elasticidad respectivos y cuando mayor sea el espesor de Junta. El fenómeno teórico, de espesor de Junta lo vamos a experimentar en los ensayos correspondientes en los cap. (III, IV).

Con base en lo teórico podremos predecir el tipo de falla posible; por ejemplo, el espécimen podrá fallar por aplastamiento debido a esfuerzos de compresión axial, aunque también podrá presentarse por agrietamiento vertical producido por las deformaciones transversales que acompañan a la deformación longitudinal, que en las piezas puede verse incrementada por el efecto de Junta. Si el agrietamiento vertical se vuelve excesivo éste produce la falla inmediata del muro. Mientras que el aplastamiento del mortero no ocasiona falla por esfuerzo de compresión, ya que por estar colocado en capas delgadas y retenido por las piezas y no' provoca la inestabilidad del muro. No obstante el aplastamiento de Juntas puede provocar fallas por tensión diagonal o esfuerzo tangenciales en las

Juntas.



Deformaciones transversales
si no hubiera restricciones



Deformaciones
reales

Idealización de la interacción entre mortero y pieza
considerados como elásticos lineales.

Fig. 7

II.2.3 Oposición al movimiento

Otras de las características que presentan los cuerpos ante acción de fuerza, es su inercia o su oposición a cambiar su estado de reposo o de movimiento uniforme. Por lo que se refiere a nuestro estudio la oposición al movimiento de un elemento estructural, como lo es un muro de mampostería, le llamamos rigidez. Entonces podríamos decir que la rigidez es otra propiedad que presentan los muros de mampostería aunque diferente a las propiedades mecánicas antes mencionadas, ya que la rigidez se refiere a la oposición al movimiento que le

provocan fuerzas externas, mientras que las otras propiedades se oponen a los esfuerzos provocados por fuerzas externas.

Debemos aclarar que la rigidez depende de la geometría del elemento, de la fuerza aplicada y del material. (Propiedad de como está conformado el material). Sin embargo, la rigidez de una estructura la podemos conocer partiendo de conocido su desplazamiento (deformación). Así podemos decir que la rigidez es igual a:

$$R = \frac{F}{A} ; \text{ o } \left[\frac{T}{M} \right]$$

R = Rigidez

F = Fuerza aplicada

A = Desplazamiento

El desplazamiento o deformación de un elemento estructural depende en gran parte del momento de inercia que presente la sección, también depende de la geometría y del material del elemento, por lo cual fácilmente nos podemos dar cuenta de que el muro de mampostería presenta gran rigidez, debido a que presenta un radio de giro grande en dirección a su plano, no obstante, si nos referimos a su resistencia, ésta es baja comparada con su rigidez, lo cual se debe a el material del que se encuentra hecho y a las causas de las que hacemos -----

referencia en este trabajo, los cuales se encuentran en el Cap. III, IV.

Hemos definido así lo que es rigidez, ahora definamos lo que debemos entender por resistencia; es el esfuerzo máximo que puede soportar la estructura. El límite hasta donde se puede considerar resistente un elemento, lo designa el estructurista.

La importancia que le damos a la rigidez en este trabajo es debido a que mientras mayor sea la rigidez de un elemento estructural, mayor será la tendencia de atraer fuerza; es decir, la distribución de fuerzas laterales aplicadas a una estructura se distribuirá en mayor porcentaje en los elementos de mayor rigidez, de aquí la importancia de considerar a la rigidez como punto importante en el estudio de muros de mampostería, ya que hemos dicho que los muros presentan gran rigidez en su plano, por lo cual atraen mucha fuerza, teniendo el inconveniente de que no son tan resistentes como rígidos, razón por la cual suelen fallar.

La capacidad de absorción y disposición de energía que tienen los muros de mampostería es considerable. La energía de movimiento la disipa por fricción entre las Juntas que lo constituyen, éste es otro de los factores importantes que

inducen a estudiar con más detalle el comportamiento de Juntas en muros de mampostería, en este trabajo se analiza como una de las causas que hacen variar las propiedades mecánicas de los muros de mampostería. Con base en lo anterior podremos afirmar que los M.M. se conviertan en buenos amortiguadores ante movimiento sísmico.

II.3 DETERMINACION DE LAS SOLICITACIONES BASICAS

La forma en que se determinan los esfuerzos resistentes en muros de mampostería es totalmente experimental, sin embargo, se utiliza la teoría de R.M. para la obtención de fórmulas con las cuales podamos calcular los esfuerzos. Los valores obtenidos con dichas fórmulas son afectados por coeficientes que corrigen la incongruencia que existe entre las hipótesis teóricas que plantea la R.M. y el comportamiento real del m.m.^{*}. Por tal motivo es necesario hacer pruebas del comportamiento de m.m. ante esfuerzos cortante y compresión, de tal manera que se puedan comparar los resultados experimentales con los teóricos, lo cual permitiría obtener con mayor exactitud los coeficientes que relacionen el comportamiento de esfuerzos teóricos con los experimentales. Para que sean efectivas éstas pruebas es necesario cumplir con toda una teoría, que norma a los modelos, utilizada en la realización de ensayos en dichas pruebas.

Es frecuente que un m.m. no lleve control de calidad, lo cual se debe a la dificultad que presenta al evaluarlo. Esto se debe a que el m.m. es uno de los materiales que menos cumplen con las hipótesis de la R.M., Teoría que utilizan frecuentemente en el calculo estructural, sin embargo no por eso debemos dejar sin estudio a los m.m. La mejor forma de conocer la variación de esfuerzos resistentes en m.m., es haciendo experimentos con muros reales, o en su defecto con modelos representativos del elemento estructural. Prueba de esto es éste trabajo, por el cual pretendemos conocer algunas causas que hacen variar las propiedades mecánicas de un m.m. En consecuencia las fórmulas que se dan en el inciso II.3.1. y II.3.2 son el resultado de muchos experimentos, asimismo, de experiencias tenidas al respecto.

Es importante mencionar que, así como, para cada lote de concreto que se utiliza en elementos estructurales, se lleva una calidad ó lo que es lo mismo se lleva un control de su resistencia por medio de cilindros de prueba. Así también para cada lote de muros de mampostería se deberá llevar un control de su resistencia por medio de muretes de prueba. Los ensayos recomendables así como la definición de muretes de prueba se explicaran en el subtema correspondiente. (II.4)

* m.m. = muros de mampostería.

II.3.1 Resistencia a carga axial (compresión)

La siguiente formula es consecuencia de ensayos a compresión y nos estamos basando en las Normas Técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería 1987 (N.T.C. del R.D.F. 87)

$$f_m^* = \frac{\bar{f}_m}{1 + 2.5 \text{ cm.}}$$

f_m^* = Resistencia de diseño en compresión

\bar{f}_m = Es el promedio de la resistencia de las pilas en sayadas.

Este promedio, \bar{f}_m , deberá ser corregido por esbeltez, (Se explicará con más detalle en el subtema "Ensayo de Compresión").

cm = Coeficiente de variación de la resistencia en pilas ensayadas, nunca será menor que 0.15.

Para la aplicación correcta de la fórmula se deberá cumplir con el inciso 2.4.1. de N. T. C. del R.D.F.

Las siguientes tablas de valores 1, 2 las utiliza el R.D.F. para el diseño de mampostería, éstos valores fueron

obtenidos a base de una serie de ensayos a compresión.

Supuestamente éstos valores son conservadores en relación a los que se obtendrían si se hiciera el ensaye respectivo. En este trabajo recomendamos hacer ensayos para cada lote de muros a construir.

El módulo de elasticidad es calculado midiendo las deformaciones del espécimen ensayado. Sino se obtuviera de esta manera, el Reglamento del D.F. propone como Módulo de Elasticidad el siguiente; para bloques de concreto.

$E = 600 f_m^*$; Para cargas de corta duración

$E = 250 f_m^*$; Para Cargas Sostenidas.

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA MAMPOSTERIA DE PIEZAS-
DE CONCRETO (f^*_{m} , SOBRE AREA BRUTA)

f^*_{p} , en Kg/cm ²	f^*_{m} , en kg/cm ² .		
	Mortero I	Mortero II	Mortero III
25	15	10	10
50	25	20	20
75	40	35	30
100	50	45	40
150	75	60	60
200	100	90	80

f^*_{p} = Resistencia a compresión de la pieza

RESISTENCIA DE DISEÑO A COMPRESION DE LA MAMPOSTERIA, f^*_{m} , PARA
ALGUNOS TIPOS DE PIEZA, SOBRE AREA BRUTA

Tipo de Pieza	Valores de f^*_{m} , en Kg/cm ²		
	Mortero I	Mortero II	Mortero III
Tabique de barro recocido	15	15	15
Bloque de Concreto A pesado	20	15	15
Tabique de Concreto ² ($f^*_{p} > 80$ Kg/cm ²)	20	15	15
Tabique con huecos - vert. ($f^*_{p} > 120$ Kg/cm ²)	40	40	30

1 La relación área neta-bruta no será menor de 0.45

2 Fabricada con arena Silica y peso volumétrico no menor de 1500 Kg/cm²

II.3.2 Resistencia a cortante

La siguiente fórmula es consecuencia de ensayos a cortante, y nos estamos basando en las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería.

$$V^* = \frac{\bar{V}}{1 + 2.5 \text{ C.V.}}$$

V^* = Resistencia cortante de Diseño

\bar{V} = Es el promedio de la resistencia de los muretes ensayados.

C.V. = Coeficiente de variación de los esfuerzos resistentes de los muretes ensayados, que no será menor que .20

Para la aplicación correcta de la fórmula se deberá cumplir con el inciso 2.4.2. de las Norm. Tec. Comp. de Dis. y Constr. de Mamp.

La sig. tabla de valores de V^* , se propone en las Norm. Tec. Comp. de Dis. y Constr. de Mamp. Para el diseño de algunos tipos de mampostería, que al igual que para el caso de compresión, representa valores conservadores. Estos valores fueron obtenidos a base de una serie de ensayos en

muretes sometidos a cortante.

En este trabajo la recomendación es que se hagan ensayos para cada lote de mampostería a construir. Utilizando el ensaye del compresión diagonal en muretes.

ESFUERZO CORTANTE RESISTENTE DE DISEÑO PARA ALGUNOS TIPOS DE MAMPOSTERIA, SOBRE AREA BRUTA.

P I E Z A	TIPO DE MORTERO	V^*1 en Kg/cm
Tabique de barro recocido	I	3.5
	II y III	3
Tabique de concreto $f^2 > 80 \text{ Kg/cm}^2$	I	3
	II y III	2
Bloque hueco de barro ²	I	3
	II y III	2
Bloque de concreto tipo A (pesado)	I	3.5
	II y III	2.5

1. Cuando el valor de la tabla sea mayor que $0.8 \sqrt{f^* m}$, se tomará este último valor como V^* .
2. Tabique de barro con perforaciones verticales con relación de áreas neta-bruta no menor de 0.45.

Den ensaye a cortante se puede determinar el modulo de rigidez a cortante, midiendo las deformaciones unitarias en la diagonal del espécimen.

El reglamento del D.F. especifica que, si no se realiza el ensaye, se tomará el módulo de rigidez como:

$G = 0.3 E.$

E = obtenido de resultados de ensaye a compresión Axial.

II.4 CARACTERISTICAS Y DESCRIPCION DE ENSAYES QUE NOS PERMITEN CONOCER LA RESISTENCIA A CORTANTE Y COMPRESION AXIAL.

Un ensaye es lo que constituye una prueba, lo cual nos sirve esencialmente para predecir el comportamiento estructural del espécimen en estudio.

En nuestro trabajo intentamos predecir las propiedades índice (\bar{f} , \bar{v}) que nos permitan elaborar un modelo matemático, mediante el cual podamos calcular la resistencia de muros de mampostería, ante esfuerzos de cortante y compresión axial.

En el área de las estructuras como una rama de la Ingeniería Civil; el resultado de una serie de ensayos de laboratorio es con el fin de predecir el comportamiento estructural de un elemento sometido a cargas reales de trabajo.

Además los ensayos cumplen con otro objetivo, como experimentos, cada uno de los ensayos es una experiencia que se tiene en el comportamiento del espécimen, por lo cual podre-

mos acelerar experiencias en el tiempo; por ejemplo, si queremos probar un muro construido con juntas de ± 2.5 cm, no podemos esperar hasta que obre sobre él un sismo de mediana intensidad y la tire; o en su defecto si no fue colapsado, esperar otro sismo de mayor intensidad para observar su comportamiento. Este hecho implicaría un avance en la materia muy lento, excesivamente costoso y de cierta manera mediocre. Con base en lo anterior se desprende la necesidad de hacer pruebas de laboratorio, es decir, ensayar modelos que simulen el efecto que deseamos estudiar en la realidad (con el prototipo).

Para un Ing. Estructurista, el éxito de un ensayo radica principalmente en que; el modelo utilizado en el ensayo reproduzca con la mayor aproximación a el efecto que deseamos estudiar en la realidad. En la medida en que la realidad se aleje del modelo utilizado será nuestro error cometido.

Hablemos ahora de las limitaciones en aplicación de resultados arrojados por los ensayos. Así pues los resultados obtenidos deben ser exclusivamente aplicables a el prototipo del cual proviene el modelo utilizado en el ensayo. No es válida la extrapolación de resultados a otra realidad diferente a la estudiada, la invalidez radica en que, la extrapolación introduce muchas suposiciones, y con esto deja de ser, automáticamente, un experimento y se convierte en un simple

resultado teórico.

En nuestro trabajo, nos referimos a pruebas realizadas con los ensayos y especímenes recomendadas por las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción de Estructuras de Mampostería, se eligieron estos ensayos por ser los que han arrojado resultados más confiables, además presentan muchas ventajas de construcción, facilidad de manejo, y su realización en general presenta un ahorro económico comparado con otras pruebas más sofisticadas.

En el estudio experimental de pruebas de laboratorio nos apegamos a los principios básicos de la probabilidad y estadística, en la obtención de muestras representativas y obtención de parámetros (media, variancia, desviación estandar, etc.)

Por último hacemos énfasis en que; cuando hablemos de modelos sometidos a pruebas de laboratorio, debemos tener presente los principios básicos y limitaciones, que rigen a pruebas del laboratorio en materia estructural, brevemente explicados en párrafos anteriores.

II.4.1 El ensaye de Compresión Axial

Para poder reproducir experimentalmente el efecto

de compresión simple en m.m sería necesario elegir un espécimen, que tuviera la misma distribución de Juntas como un elemento real y someterlo a carga axial sin restringirle su deformación transversal. Esta última en el laboratorio es casi imposible, pues al colocar el espécimen en la máquina universal, las placas de la máquina con las cuales es prensado el espécimen provocan fricción con la cara del apoyo restringiéndole su deformación transversal, por lo cual la restricción será máxima en los extremos y disminuirá hacia el centro del espécimen.

Se tiene de experiencia en ensayos hechos por otros autores (ref.3) que, la restricción transversal varía en función de la esbeltez del espécimen, si el espécimen tiene poca esbeltez, la falla se manifestará a través de grietas inclinadas muy similar a como ocurre en un cilindro de concreto; si el espécimen es esbelto, el efecto de deformación transversal, será poco importante en el centro del espécimen, y éste fallará a través de grietas verticales. La relación de esbeltez que limita los dos tipos de falla es del orden de 4.

Los factores correctivos para las resistencias de pilas con diferentes relaciones de esbeltez, están basados en el efecto que causa la restricción de deformación transversal con respecto a la relación de esbeltez. Estos factores

correctivos están publicadas por N.T.C. del R.D.F. 87.

m.m. = Muros de Mampostería.

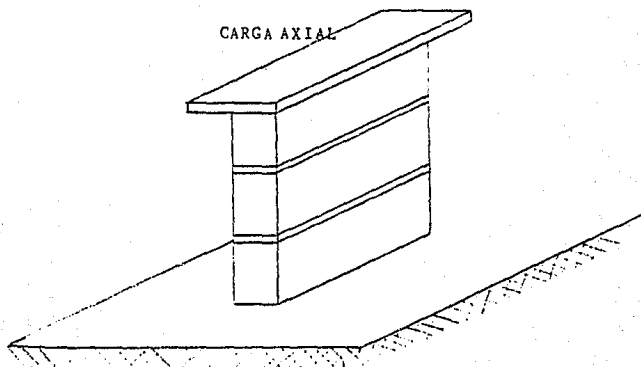
FACTORES CORRECTIVOS PARA LAS RESISTENCIAS DE PILAS CON DIFERENTES RELACIONES DE ESBELTEZ

Relación de esbeltez de la Pila	2	3	4	5
Factor correctivo	0.75	0.90	1.00	1.05

En la práctica de nuestros ensayos, daremos (la mayor aproximación a una relación de esbeltez de 4, para evitar corregir por esbeltez, como ya hemos dicho, el espécimen seleccionado para el ensayo de compresión deberá tener, además ciertas características que permitan realizar el ensayo en forma práctica, que se pueda ensayar en una prensa universal común; fácil de transportar y de poder construir.

Entre otros espécimen propuestos para ensayo a compresión, como pueden ser: Especimen Cúbico, recomendado por el reglamento británico (ref.4); Muretes recomendados por otros reglamentos. En este trabajo se ha optado por ensayar Pilas formadas por varias piezas sobrepuestas, cuidando la relación

de esbeltez adecuada. Aunque las pilas no representan la distribución de Juntas reales. Tiene muchas más ventajas sobre el murete, como pueden ser: fácil construcción, manejabilidad en el ensaye, además, la curva de esfuerzo - deformación, así como el efecto de distintas variables involucradas, son resultados que representan razonablemente el comportamiento de elementos reales de mampostería.



Pila sometida a compresión

Fig. 8

Básandonos en las normas técnicas referentes a muros de mampostería el espécimen estará formado por tres piezas sobrepuestas, en el cual involucraremos por separada las

variables que proponemos estudiar, además, por cada prueba en compresión ensayaremos 9 especímenes. La descripción detallada del ensaye a compresión se hará en el tema III, el cual corresponde al capítulo "Causas que hacen variar la resistencia a la compresión".

El esfuerzo de compresión (f_m) se calcula como la fuerza de compresión aplicada al espécimen, dividida entre el Area transversal bruta.

II.4.2 El ensaye de cortante

Hemos dicho que las cargas laterales provocan esfuerzo cortante en los muros. Por lo mismo, provoca fallas por tensión diagonal o por esfuerzos tangenciales en las Juntas. Esto hace que debamos hacer pruebas para cada tipo de falla, aunque como veremos mas adelante el espécimen empleado en la prueba de tensión diagonal, es el mismo para el ensaye a esfuerzo tangencial en las Juntas. De hecho cuando el espécimen se ensaya a compresión diagonal, su falla puede ocurrir por: tensión diagonal o por efecto de Junta, como se ha explicado en párrafos anteriores. El esfuerzo cortante (V) se calculará como la fuerza aplicada entre el área bruta de la diagonal.

11.4.2.1 Ensaye de Tensión diagonal

Para éste tipo de ensaye utilizaremos como espécimen de prueba a un murete cuadrado. Este espécimen se encuentra constituido por piezas unidas conjuntas de mortero, la distribución de Juntas son iguales a las de un muro real. Al igual que en el ensaye a compresión, cuidamos cumplir con lo establecido en los Norm. Tecn. complem. para diseño de mampostería; por lo cual aceptaremos la determinación del esfuerzo de cortante resistente, a partir del ensaye de muretes con una longitud de al menos una vez y media la máxima dimensión de la pieza, y con un número tal de hiladas que la altura sea igual a su longitud.

El murete como espécimen de prueba fue seleccionado en base a su facilidad de construcción, manejabilidad en el ensaye, además se tiene como experiencia que el comportamiento del espécimen no se aleja mucho del comportamiento real en muros de mampostería. El espécimen es cargado diagonalmente, aplicándole la carga a través de unos ángulos que distribuyen las concentraciones de una zona muy pequeña, lo cual hace que el espécimen puede ser ensayado en una prensa común. Las placas de ángulo por medio de las cuales se transmite la carga al espécimen son pequeñas, para evitar que éstas proporcionen un confinamiento que puedan reducir los esfuerzos de tensión.

En el ensaye por compresi3n diagonal en muretes - cuadrados, se podr3n esperar dos tipos de falla como ya hemos dicho, por lo cual, el ensaye servir3 para estudiar: la falla por cortante en Juntas y la falla por tensi3n diagonal. Si el esp3cimen fallar3 por cortante en Juntas y nuestra intenci3n fuera hacerlo fallar por tensi3n diagonal, bastar3a con aumentar la relaci3n altura a largo del murete, dejando a las dem3s variables en las mismas condiciones que cuando fallara por cortante en las Juntas.

II.4.2.2 El ensaye por cortante en las Juntas. (Esfuerzo tangencial en Juntas).

Con el fin de poder predecir la resistencia de la mamposter3a ante esfuerzos tangenciales en las Juntas, es necesario realizar ensayes que permitan conocer la adherencia y fricci3n en las Juntas, para as3 poder investigar algunos de las causas que hacen variar la resistencia a esfuerzo tangencial en Juntas.

Hemos dicho que el esp3cimen utilizando para el ensaye de tensi3n diagonal se utilizar3 tambi3n para realizar el ensaye a esfuerzo tangencial. Este tipo de ensaye se eligi3 de entre otros porque presenta gran facilidad de operaci3n y manejabilidad. Al respecto diremos que se han hecho otros

tipos de ensaye con diferentes especímenes que representan mejor el comportamiento real de la falla por cortante en Juntas, entre ellos podemos citar los realizados por Benjamín Williams (ref. 5) y Polyskov (ref.13). Sin embargo, la posibilidad de utilizar alguno de éstos tipos de ensaye fue descartada, por presentar dificultad de operación en la aplicación de cargas.

III. CAUSAS QUE HACEN VARIAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION

Existen muchas causas de las cuales dependen las prop. mecanicas de la mamposteria. Cada una de éstas es una variable. En otras palabras, le llamaremos VARIABLES a todo aquello que pueda hacer cambiar el comportamiento estructural de un elemento. Se infiere que son muchas las variables que podemos considerar, sin embargo, muchos de ellos no influyen determinantemente en el comportamiento del elemento, y otros se salen del alcance de nuestro trabajo, por diferentes motivos

A continuación mencionaremos algunas causas que hacen varias las prop. mecanicas del elemento.

- Aplicación de Fuerzas Externas.
- Propiedades del material utilizado en la elaboración de Piezas y Juntas.
- Proporcionamiento Agua-Cemento en Piezas y Juntas.
- Geometría del muro (Largo - Altura - Espesor).
- Tamaño de las Piezas.

- Espesor de Juntas Horizontales y Verticales.
- Humedad de las Piezas.
- Verticalidad del muro.
- Condiciones climatológicas, etc.

III.1 ALGUNAS VARIABLES IMPORTANTES EN EL COMPORTAMIENTO DE LA MAMPOSTERIA.

La Selección de las variables descritas a continuación se basó en la observación directa de elementos fallados reales, experiencias de Ingenieros que han tenido relación directa con el tema, y a criterio propio del autor. Se eligieron para éste trabajo las siguientes causas de variación:

- a) Tamaño de Junta.
- b) Verticalidad del elemento.
- c) Tiempo de fraguado del mortero (en Juntas).

a) Tamaño de Junta.- Nos referimos a el espesor del mortero, encargado de unir las piezas por ambas caras vertical y horizontal. La Prueba se hará para un espesor de Junta \approx 2cm, en Ambas direcciones. (Como es frecuente encontrarlo en la realidad). Comparando resultados con los de una prueba base en la cual el espesor sea \approx 1.5cm. El espécimen será probado bajo carga de compresión y cortante.

b) Verticalidad del muro.- En esta parte nos referimos a el desplome del muro, la prueba se hará para un desplome que sea equivalente a: exeder el permitido por las normas (o sea $> .004$), comparado contra el resultado de Una prueba base, que cumpla (ó mejore) las normas para tal efecto especificadas en el reglamento de construcción para mampostería en el D.F., (N.T.C. del R.D.F. 87).

c) Tiempo de fraguado del mortero.- En esta parte nos referimos a el intervalo de tiempo dentro del cual se podrá utilizar el mortero después del mezclado inicial.

La prueba se hará en especímenes con Junta de mortero remezclada después de transcurrido un tiempo de fraguado igual a 4 hrs. (como frecuentemente ocurre). Los resultados se van a comparar con los de una prueba base, en la cual se cumple con las Normas Técnicas complementarias de Diseño y Const. de mampostería. (N.T.C. del R.D.F. 87).

III.2 PROGRAMA EXPERIMENTAL

III.2.1 Aclaraciones Previas.

Como ya se ha dicho, someteremos bajo prueba experimental a 3 diferentes causas que influyan en el comportamiento del elemento, debemos hacer un programa experimental para

cada prueba.

Por otro lado, también se ha dicho que los resultados de cada una de las Pruebas, se va ha comparar con el resultado de una prueba base. En consecuencia daremos un programa experimental para dicha prueba, de tal manera que cada una de las 3 causas de variación tendrá iguales materiales e igual desarrollo experimental, excepto a cambios que se tendrán para la variable sometida a prueba; ésta será explicada con detalle en cada sub-programa experimental.

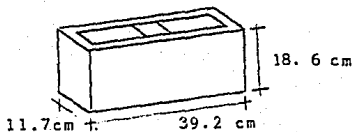
III.2.2 Sub-programa Experimental (Prueba base)

III.2.2.1 Materiales.

Todos los Ensayes se harán con piezas de concreto huecos con las siguientes características geométricas. Area bruta de la sección transversal = $A_b = 458.64 \text{ cm}^2$

La resistencia media a compresión de la pieza f_m , $f'_p = \frac{26593.75}{458.64}$

$$f'_p = 58 \text{ kg/cm}^2$$



Las piezas utilizadas fueron escogidas al azar de diferentes lotes. El mortero utilizado en las Juntas fue con un proporcionamiento igual a: 1 parte de cemento, 1/2 parte de cal y 4 partes de arena suelta (granulometría pasa la malla # 4), las partes unitarias fueron medidas en volumen, la cantidad de agua se suministró a criterio propio del autor buscando que la mezcla tuviera una manejabilidad adecuada.

La resistencia media del mortero a los 21 días fue $\frac{1991.1}{25} = 79.6 \text{ kg/cm}^2$

III.2.2.2 Descripción del ensaye.

El ensaye está basado en la pre-escrito en el capítulo anterior referente a "el Enssye de Compresión". Se indicó que el espécimen será una pila con una relación altura-espesor de aproximadamente cuatro; Dando lugar a una pila formada por 3 piezas. Con un espesor de Junta igual a 1.5cm. en ambas caras. (fig. 9) Se cuidará que el mortero sea colocado inmediatamente después de haber elaborado la mezcla, o en su defecto utilizar la mezcla durante un tiempo menor a 2 hrs. después de haber hecho el mezclado inicial.

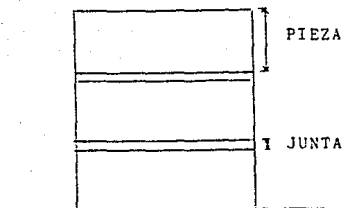


Fig. 9 Espécimen de prueba a compresión simple.

Se van a ensayar 9 especímenes o pilas, todos contruidos por una misma persona; Los bloks no se humedecieron sino que fueron colocados en las condiciones que se encontraban (secas).

Las Pilas se construyeron cuidando la verticalidad por ambas caras, además de ir nivelando la pieza al colocarla.

Después de elaborados los especímenes fueron conservados en condiciones naturales de ambiente (dentro del laboratorio). Por un tiempo de 3 semanas, las caras extremas de las pilas fueron cabeceadas con azufre (ó equivalente), antes de ser ensayadas. Posteriormente se sometieron a algunas precargas del orden de 20 por ciento de su resistencia, para eliminar al máximo las deformaciones locales por reacomodo del cabeceo y de las Juntas.

Finalmente, los especímenes se llevaron a la Falla

en un tiempo de 2.5 minutos. Los ensayos fueron realizados en la máquina universal (Prensa Universal) del laboratorio de materiales de la F.I.

III.2.2.3 Historial de la Falla.

En general la falla ocurrió por agrietamientos verticales a lo largo del espécimen. Aunque en algunas ocasiones la falla empezó con agrietamiento horizontal, ésta grieta, se convertía inmediatamente en una vertical ocasionando la falla.

III.2.2.4 Obtención de Resistencia Media. (Compresión). \bar{f}'_m

PRUEBA BASE EN COMPRESION SIMPLE				
Nº ESPEC.	Dimensiones reales.			Carga de Falla (kg.)
	Ancho (cm)	Largo (cm.)	Alto (cm)	
1	11.7	39.2	59.8	15 700
2	11.7	39.2	59.6	15 700
3	11.7	39.2	59.8	17 500
4	11.7	39.2	59.7	15 300
5	11.7	39.2	59.3	25 300
6	11.7	39.2	59.8	23 500
7	11.7	39.2	59.4	22 700
8	11.7	39.2	59.4	22 900
9	11.7	39.2	59.4	18 250

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{n-1} = \sqrt{\frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{n-1}}$$

$$\text{Media Aritmética} = \bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$\sqrt{n-1} = 3887$$

$$\bar{X} = 20143.75$$

La Carga Media de Falla (\bar{P}) corresponde a 20143.75kg.

El esfuerzo medio de falla ($f'm$) corresponde

$$f'm = \frac{P}{Ab} = \frac{20143.75}{458.64}$$

$$f'm = 44.0 \text{ kg/cm}^2$$

Los resultados de la Carga de Falla, se desvian de la media en 3 887 kg.

III.2.2.5 Observaciones.

Comparandolo con la resistencia o compresión simple de piezas sueltas del mismo block, obtenemos que, las pilas resisten \pm 32%.menos que las piezas sueltas.

III.2.3 Sub-programa experimental (Tamaño de Junta)

III.2.3.1 Materiales.

Iguales a los considerados en la prueba base.

III.2.3.2 Descripción de Ensaye.

Igual al proceso llevado a cabo en la prueba base, excepto que para éste ensaye se va a cambiar el Tamaño de Junta, el espesor de la Junta será aproximadamente de 2 cm. Se sobre entiende, que difiere de la prueba base únicamente en el tamaño de Junta (Tj) por ser exactamente esto lo que va a ser sometido a prueba.

III.2.3.3 Historial de la falla

En general la falla ocurrió por agrietamientos verticales a lo largo del espécimen, aunque en ocasiones la falla ocurrió por aplastamiento de la Junta.

III.2.3.4 Obtención de la resistencia [f'm] (compresión).

PRUEBA DE TAMAÑO DE JUNTA EN COMPRESION SIMPLE				
No de Espec.	Dimensiones reales			Carga de Falla (kg)
	Ancho (cm)	largo (cm)	Alto (cm)	
1	11.7	39.2	59.8	22 750
2	11.7	39.2	59.5	15 500
3	11.7	39.2	59.8	22 400
4	11.7	39.2	60	17 200
5	11.7	39.2	60.2	20 150
6	11.7	39.2	59.9	22 900
7	11.7	39.2	60.4	22 400
8	11.7	39.2	60.2	15 800
9	11.7	39.2	60.3	24 750

Carga media de Falla (\bar{P}) = 20427.7 kg.

Desviación estantad = 3 430 kg.

El esfuerzo medio de Falla ($f'm$) = $\frac{\bar{P}}{A_b} = \frac{20427.7}{458.64}$

$f'm = 44.55 \text{ kg/cm}^2$

III.2.3.5 Observaciones.

En base a los resultados obtenidos, podriamos decir que no hubo variación alguna en la forma de Falla y resistencia comparando con las observaciones de la prueba base, por lo cual el ancho de Junta (2 cm.) no hace varias el comportamiento del elemento ante compresión axial.

III.2.4 Sub-programa experimental (Verticalidad del muro)

III.2.4.1 Materiales.

Iguales a los considerados en la prueba base.

III.2.4.2 Descripción de Ensayo.

Igual al proceso llevado a cabo en la prueba base, excepto que ahora la pila se va a construir con un desplome de 0.004 en el total de la altura. Se observa que difiere de la prueba base sólo en el desplome, porque es una de las causas de variación que se va a estudiar. Desplome promedio en su altura igual a 0.0072.

III.2.4.3 Historia de la Falla.

La mayoría de los especímenes fallaron por la cara del desplome, con la aparición de una grieta horizontal en la pieza, de ahí se continuaba a lo largo de la pila, lo cual muestra que el espécimen falla por compresión del lado del desplome.

III.2.4.4 Obtención de la resistencia media ($f'm$) (Compresión)

PRUEBA DE VERTICALIDAD EN COMPRESION SIMPLE					
	Dimensiones Reales			Desplome en su Altura	Carga de Falla (kg)
	Ancho (cm)	Largo (cm)	Altura (cm)		
1	11.7	39.2	59.3	0.00674	20 500
2	11.7	39.2	59.3	0.008	20 950
3	11.7	39.2	59.7	0.005	19 900
4	11.7	39.2	59.6	0.005	20 500
5	11.7	39.2	59.7	0.008	14 800
6	11.7	39.2	59.5	0.0067	11 700
7	11.7	39.2	59.4	0.01	20 450
8	11.7	39.2	59	0.008	20 500
9	11.7	39.2	59.2	0.00	23 300

Desplome medio = 0.0072

Carga media de Falla (\bar{P}) = 19177.7 kg.

Desviación estandar = 3581 kg.

Esfuerzo medio de Falla ($f'm$) = $\frac{\bar{P}}{A_b} = \frac{19177.7}{458.64}$

$f'm = 42.0 \text{ kg/cm}^2$

III.2.4.5 Observaciones.

La historia de Falla fué diferente a la observada en la prueba base, sin embargo, la resistencia en promedio fue la misma; por consiguiente, podremos concluir que el desplome (.0072) no influyó considerablemente en el comporta-

miento del espécimen ante esfuerzo de compresión Simple.

III.2.5 Sub-programa experimental (Tiempo de Fraguado en el Mortero)

III.2.5.1 Materiales.

Fueron iguales a los utilizados en la prueba base, aunque ahora el mortero de la Junta se dejó Fragar por \pm 5 hrs. Adquiriendo una resistencia media a los 21 días igual a $1321.25/25 = 52.85 \text{ kg/cm}^2$

III.2.5.2 Descripción del Ensayo.

Será igual a el descrito en la prueba base; Excepto que para éste experimento el mortero será utilizado después de que haya transcurrido un tiempo de Fraguado mayor a 5 hrs. El tiempo de Fraguado se refiere a el transcurrido después del mezclado inicial, posteriormente se hará un remezclado, agregando solamente agua para que la mezcla adquiriera nuevamente una manejabilidad adecuada.

III.2.5.3 Historial de la Falla.

Los especímenes presentaron grietas verticales a lo largo de toda su altura, por ambas caras, de ahí se presentó la Falla.

La historia de la Falla fué muy parecida a la ocurrida en la prueba base. Excepto que ningún espécimen presentó grietas horizontales.

III.2.5.4 Obtención de la resistencia media $f'm$ (Compresión)

PRUEBA DE TIEMPO DE FRAGUADO EN EL MORTERO DE JUNTA. COMPRESION SIMPLE				
No de Espec.	Dimensiones Reales			Carga de Falla (kg)
	Ancho (cm)	Largo (cm)	Altura (cm)	
1	11.8	19.2	59.5	15 450
2	11.8	19.2	59.5	16 500
3	11.8	19.2	59.2	18 500
4	11.8	19.2	59.5	15 800
5	11.8	19.2	59	19 550
6	11.8	19.2	59.3	16 450
7	11.8	19.2	59.5	23 500
8	11.8	19.2	59.2	19 050
9	11.8	19.2	59.8	14 700

Carga media de Falla (\bar{P}) = 17722.2 kg.

Desviación estandar = 2743 kg.

Esfuerzo medio de Falla ($f'm$) = $\frac{\bar{P}}{A_b} = 38.64 \text{ kg/cm}^2$

$f'm = 38.64 \text{ kg/cm}^2$

III.2.5.5 Observaciones.

La Junta de menor calidad provoca que la pieza se rompa por tensión, osea que la Junta al pulverizarse localmente provoca inestabilidad en el espécimen. Por lo mismo, su resistencia es 14% menor que la resistencia de la prueba base; con base en lo anterior concluimos que el "tiempo de fraguado en el mortero" influye considerablemente, en el comportamiento de mamposteria, ante esfuerzos de compresión simple.



Pila de prueba, cargada en compresión axial.

IV. CAUSAS QUE HACEN VARIAR LA RESISTENCIA AL CORTANTE

Las causas que influyen en el comportamiento estructural de un elemento son muy variadas, como en el caso de resistencia a compresión.

En capítulos anteriores se ha explicado el significado de resistencia al cortante, asimismo se dijo que el esfuerzo de cortante da origen a dos tipos de falla, por tensión diagonal y por esfuerzo tangencial en las Juntas. Sabido ésto solo nos resta mencionar algunas de las causas importantes que influyen en el comportamiento de un elemento, ante fuerzas de cortante.

En general, diremos que las causas que hacen variar el comportamiento de un elemento influyen tanto para su esfuerzo cortante como para esfuerzo de compresión. Con base en lo anterior someteremos a prueba a las mismas variables que se eligieron para ser estudiadas bajo esfuerzo de compresión. Estas son:

- a) Tamaño de Junta
- b) Verticalidad del elemento
- c) Tiempo de fraguado de mortero (en juntas)

La definición de cada una de estas variables está

dada en el capítulo anterior.

IV.1 PROGRAMA EXPERIMENTAL

IV.I.I Aclaraciones previas.

Al igual que en el cap. anterior vamos a experimentar 3 diferentes casos, por lo que debemos hacer un programa experimental para cada prueba. También se ha dicho que los resultados de cada una de las pruebas se va a comparar con los resultados de una prueba base. De tal manera que haremos un programa experimental especial para la prueba base.

Para cada una de las 3 causas de variación tendremos igual material e igual desarrollo experimental que para los de la prueba base, excepto a cambios que se tendrán para la variable sometida a prueba. Esto será explicado con detalle en cada sub-programa experimental.

Se ha dicho que para la prueba de cortante existen dos posibilidades de falla. En el historial de falla para cada prueba, se van a concluir el tipo de falla correspondiente (por tensión diagonal ó por esfuerzo cortante en juntas).

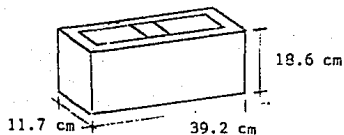
IV.1.2 Sub programa experimental (Prueba base).

IV.1.2.1 Materiales

Las piezas tienen las mismas características que las utilizadas en la prueba de compresión: Piezas de Concreto huecas.

$$\text{Resistencia media a la compresión: } f'p = \frac{26593.75 \text{ Kg}}{458.64 \text{ cm}^2}$$

$$f'p = 58.0 \text{ kg/cm}^2$$



Las piezas utilizadas fueron escogidas al azar de diferentes lotes de fabricación.

El mortero utilizado igual que para la prueba de

compresión; fue con un proporcionamiento igual a 1 parte de Cemento, 1/2 parte de cal por 4 partes de arena (granulometría) pasa malla # 4 , arena suelta). Las partes unitarias fueron medidas por Volumen. La cantidad de agua se suministró buscando que la mezcla tuviera una manejabilidad adecuada.

La resistencia media del mortero probada a los 21 días
 fué de $\frac{1991.11}{25} = 79.6 \text{ Kg/cm}^2$

IV.1.2.2 Descripción del ensaye.(Compresion diagonal)

El ensaye está basado en lo pre-escrito en el capítulo (II) referente a "El ensaye de cortante- por compresión diagonal".

Como ya se ha dicho, para estudiar el comportamiento a carga lateral en mampostería, y en particular su resistencia a cortante, se utiliza el ensaye de un murete sujeto a compresión diagonal. El murete sometido a compresión diagonal podrá fallar por esfuerzo tangencial en las Juntas.

El espécimen está formado por una y media pieza de longitud con el número de hiladas necesario para tener un espécimen

cimen cuadrado, dando lugar a un murete de $1 \frac{1}{2}$ pieza de base, por 3 piezas de altura.

El espécimen será probado a compresión diagonal como artificio utilizado para poder observar el comportamiento ante fuerzas laterales.

Falla típica en muretes con tamaño de junta = 2 cm.

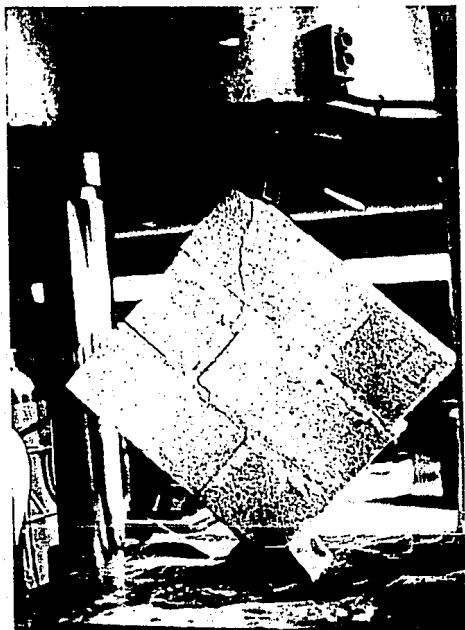


FIG. 10 Murete de prueba a compresión diagonal.

El espesor de la Junta igual a 1.5 cm. por ambas caras como se muestra en la Fig. 10.

Se cuidará que el mortero sea colocado inmediatamente después de haber elaborado la mezcla, o en su defecto utilizar la mezcla durante un tiempo menor a 2 hrs. después de haber hecho el mezclado inicial.

Se ensayaran 9 espécimenes o muretes, todos construídos por un mismo operario. Las piezas no se humedecieron, sino que fueron colocadas en las condiciones que se encontraban (secas).

Los muretes se construyeron cuidando la verticalidad por ambas caras, además de cuidar el nivel de cada pieza al colocarla. La construcción de los muretes fue a base de cuatrapear las piezas, como se muestra en la figura (10).

Después construídos los espécimenes, fueron conservados en condiciones naturales por un tiempo de 3 semanas.

Las placas con que se distribuye la carga al espécimen son pequeñas, para evitar que proporcionen confinamiento que reduzca los esfuerzos de tensión.

El murete cargado y la disposición de la prueba se muestra en la figura (10). El espécimen fue nivelado y alineada la carga, posteriormente se lleva a la falla registrando únicamente la carga máxima y la configuración del agrietamiento.

Los ensayos fueron efectuados en una máquina universal (Prensa Universal) en el laboratorio de materiales de la F.I.

III.1.2.3 Historia de la falla

La falla fué provocada por esfuerzo en Juntas, siguiendo una trayectoria en dirección de la fuerza aplicada. Sin embargo, 3 de los 9 especímenes probados fallaron por rensión diagonal, agrietandose piezas y Junta indiferentemente en dirección de la fuerza aplicada. El agrietamiento en ambos casos fué casi instantáneo.

III.1.2.4 Obtención de la resistencia media (cortantes) (\bar{V})

El espécimen podrá fallar por tensión diagonal (T.D.)
o por esfuerzo tangencial en las Juntas (J).

PRUEBA BASE					
Cortante por compresión diagonal					
No. Espec.	Dimensiones Reales		Area bruta de la diag (cm ²)	Carga de falla (Kg)	Cortante (v) (Kg/cm ²)
	Ancho (cm)	Diagonal (cm)			
1	11.7	84.00	982.8	3.400	3.46
2	11.7	84	982.8	4 100	4.171
3	11.7	83.5	977.0	5 200	5.32
4	11.7	84	982.8	4 500	4.57
5	11.7	84	982.8	5 400	5.5
6	11.7	84	982.8	4 200	4.27
7	11.7	84	982.8	2 600	2.64
8	11.7	83.5	977.0	3 600	3.684
9	11.7	83.00	971.1	4 150	4.27

Calculo de esfuerzo de cortante (V)

$V = \text{Carga de falla} \div \text{area bruta de la diagonal}$

Diagonal. Es la recta que une los dos apoyos de aplicación de la carga.

Area bruta de la diagonal = ancho X Long. de diagonal.

El esfuerzo de cortante medio (\bar{V}) = 4.21 kg/cm^2 .

La desviación estandar = 0.89

III.1.2.5 Observaciones

Los espécimenes fallados por tensión diagonal tuvieron un esfuerzo de cortante muy parecido al cortante obtenido en los especimenes fallados por esfuerzo tangencial en las Juntas. Con base en lo anterior podríamos decir, que aun aumentando la resistencia en el mortero de Junta no alcanzaríamos mayor resistencia a cortante.

IV.1.3 Sub-programa experimental (Tamaño de Junta)

IV.1.3.1 Materiales

Igual a los considerados en la prueba base.

IV.1.3.2 Descripción de ensaye

Igual al proceso llevado a cabo en la prueba base. Excepto que para ésta prueba se va a cambiar el tamaño de Junta. El espesor de Junta (EJ) será aproximadamente de 2 cm. Se entiende que ésta prueba es diferente a la prueba base, únicamente en el tamaño de Junta, por ser ésta la prueba sometida a estudio (experimental).

IV.1.3.3 Historia de falla

Todos los especímenes fallaron por esfuerzo tangencial en las juntas.

El agrietamiento fue inmediato a lo largo de las juntas verticales y horizontales, siguiendo la trayectoria de aplicación de la carga.

IV.1.3.4 Obtención de la resistencia media (\bar{V}) (cortante)

PRUEBA DE ESPESOR DE JUNTA					
Cortante por compresión diagonal					
No. de Espec.	Dimensiones Reales		Área bruta de la diag. (cm ²)	Carga de falla (Kg)	Cortante (v) (Kg/cm ²)
	Ancho (cm)	Diagonal (cm)			
1	11.7	85.5	1000.35	2 910	2.9
2	11.7	85.5	1000.35	3 750	3.748
3	11.7	85.5	1000.35	3 290	3.288
4	11.7	85.0	994.5	1 920	1.93
5	11.7	84	982.8	3 120	3.17
6	11.7	85.5	1000.35	2 510	2.51
7	11.7	85.5	1000.35	3 500	3.5
8	11.7	84.5	988.6	4 120	4.16
9	11.7	86.0	1006.2	2 420	2.4

Esfuerzo de cortante medio (\bar{V}) = 3.1 kg/cm²

Desviación estandar = 0.70

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

IV.1.3.5 Observaciones

Todos los muretes fallaron por esfuerzo tangencial en Junta. Al respecto diremos que el esfuerzo de cortante se redujo en un 36% respecto del obtenido en la prueba base. De lo anterior concluimos que el espesor de la Junta es determinante en el comportamiento del elemento ante esfuerzo cortante.

IV.1.4 Sub-programa experimental (Verticalidad del muro)

IV.1.4.1 Materiales

Iguales a los utilizados en la prueba base

IV.1.4.2 Descripción del ensaye

Seguimos un procedimiento similar a el de la prueba base. Excepto que ahora el murete se va a construir desplomado (desplome = .007) en el total de su altura. Observamos que difiere de la prueba base solo en el desplome, porque éste es una de las causas de variación que se va ha estudiar.

IV.1.4.3 Historia de la falla

La falla fue provocada por esfuerzo tangencial en

las juntas, exclusivamente. El agrietamiento fue inmediato a lo largo de Juntas verticales y horizontales, siguiendo la trayectoria de aplicación de la carga.

IV.1.4.4 Obtención de la resistencia media (V) (Cortantes)

PRUEBA DE VERTICALIDAD					
Cortante por compresión diagonal					
No. de Espec.	Dimensiones Reales		Area brut de la diag (cm ²)	Carga de falla (Kg)	Cortante (v) (Kg/cm ²)
	Ancho (cm)	Diagonal (cm)			
1	11.7	84.5	988.65	3.500	3.54
2	11.7	84.5	988.65	2 440	2.46
3	11.7	84.0	982.8	3 820	3.86
4	11.7	84.5	988.65	3 780	3.82
5	11.7	84.5	982.8	5 100	5.15
6	11.7	84.0	982.8	3 200	3.23
7	11.7	85.0	994.5	3 370	3.38
8	11.7	84.5	988.65	2 670	2.7
9	11.7	83	971.1	3 640	3.74

Esfuerzo cortante medio (\bar{V}) = 3.54 Kg/cm²

Desviación estandar = .77

IV.1.4.5 Observaciones

EL desplome es una variable más o menos determinante en el comportamiento del elemento ante fuerzas laterales, ya que se observó un decremento en resistencia del 19% comparado con los resultados de la prueba base. Con base en lo anterior podemos decir que la influencia de verticalidad es menor que la ejercida por el ancho de Junta; por tanto, será mejor dejar desplomado un muro con .007 de su altura, que dejar un muro construido con espesor de Juntas igual a 2 cm.

IV.1.5 Sub-programa experimental (tiempo de fraguado en el Mortero).

IV.1.5.1 Materiales

Fueron iguales a los utilizados en la prueba base, aunque ahora el mortero de la Junta se dejó fraguar + 6 - 5 hrs. adquiriendo una resistencia media a los 21 días igual a $1321.25/25 = 52.85 \text{ kg/cm}^2$

IV.1.5.2 Descripción del ensaye

El procedimiento sera igual a el que se describió en la prueba base, excepto que para éste experimento, el mortero utilizado en la construcción de los muretes, va ha ser colocado como Junta después de que haya transcurrido un tiempo mayor a 4 hrs. apartir del mezclado inicial. Para éste momento la mezcla habra fraguado, por lo que se tendrá que hacer un remezclado suministrando agua suficiente para que la mezcla adquiriera nuevamente una manejabilidad adecuada.

IV.1.5.3 Historia de falla

Todos los especímenes fallaron por esfuerzo tangencial en la Junta. El agrietamiento fué a lo largo de las juntas verticales y horizontales, siguiendo la trayectoria de aplicación de carga.

IV.1.5.4 Obtención de la resistencia media (\bar{V}) cortante.

PRUEBA DE TIEMPO DE FRAGUADO Cortante por compresión diagonal					
No. de Espec.	Dimensiones reales Ancho (cm)	Dimensiones reales Diagonal (cm)	Area brut. de diag. (cm ²)	Carga de falla (kg)	Cortante (v) (kg/cm ²)
1	11.7	84	982.8	3050	3.1
2	11.7	84.3	986.31	2050	2.07
3	11.7	83	971.1	3220	3.315
4	11.7	83.5	976.95	2360	2.43
5	11.7	83	971.1	2970	3.06
6	11.7	83	971.1	2210	2.27
7	11.7	84.3	986.31	3400	3.44
8	11.7	85	994.5	3120	3.13
9	11.7	83.5	976.95	3025	3.11

Esfuerzo de cortante medio (\bar{V}) = 2.88 kg/cm²

Desviación estandar = 0.49

IV.1.5.5 Observaciones

El tiempo de fraguado del mortero utilizado en Juntas, es determinante en el comportamiento de la mampostería ante esfuerzo de cortante o cargas laterales. Aunque aparentemente el murete cumple con todos los requisitos del R.D.F. para mampostería, el espécimen fallará por esfuerzo tangencial en la junta, debido a la baja resistencia del mortero, la cual fue provocada por dejar fraguar la mezcla mucho tiempo (> 4hrs).

El tiempo de fraguado del mortero, es una de las variables más "engañosas", pues a simple vista es difícil saber si el mortero fue colocado dentro del límite de tiempo después del mezclado inicial.

V. CONCLUSIONES

En la siguiente tabla aparece un resumen de resultados correspondiente a las pruebas desarrolladas en este trabajo.

RESUMEN DE ESFUERZOS MEDIOS DE FALLA		
TIPO DE PRUEBA	COMPRESION SIMPLE ESFUERZO PROMEDIO DE FALLA (Kg/cm ²)	CORTANTE POR C.D. ESFUERZO PROMEDIO DE FALLA (Kg/cm ²)
PRUEBA BASE CUMPLE R.D.F.	44.0	4.21
TAMAÑO DE JUNTA DOS CENTIMETROS	44.5	3.1
VERTICALIDAD DESPLOME 0.0072	42.0	3.54
TIEMPO DE FRAGUADO >4.5 HRS.	38.64	2.88

V.I COMPARACION DE RESULTADOS ENTRE PRUEBA BASE Y ALGUNAS CAUSAS DE VARIACION EN EL COMPORTAMIENTO DE MANPOSTERIA.

CONCLUSION

Esfuerzo de compresión simple

Podremos afirmar que las variables en estudio, dentro de -

los rangos señalados, no influyen notablemente en el comportamiento de la mampostería ante esfuerzos de compresión axial. Sin embargo se pudo observar que para la prueba de "tiempo de fraguado", el esfuerzo a compresión simple disminuyó en un 14% respecto de la prueba base; es decir que para compresión simple solo es importante cuidar la calidad del mortero en Junta, dándole menos importancia a la verticalidad, dentro del rango establecido.

CONCLUSION

Esfuerzo de cortante

Las variables sometidas ha estudio resultaron ser de gran importancia en el comportamiento de la mampostería ante fuerzas laterales, ya que las pruebas de "Tamaño de Junta", "verticalidad" y "tiempo de fraguado" tuvieron una notable disminución en su resistencia del 33% comparado con la "prueba base". De lo anterior podemos afirmar que en general el diseño de mampostería se rige por cargas laterales, no obstante debe revisarse por compresión.

Podremos concluir también que es relevante la importancia del "Tiempo de fraguado" en el mortero después de su mezclado inicial, pues ésta causa fue la que provocó menor

resistencia a cortante.

Por otro lado, es de vital importancia encontrar un medio, adecuado, por el cual elevemos la adherencia entre pieza y Junta, ya que al lograr ésto incrementaremos la resistencia del muro en un 33% promedio. En consecuencia será mejor aprovechada la resistencia de las piezas, pues estaremos buscando un equilibrio de resistencia entre pieza y Junta. Sugerimos que la adherencia sea incrementada mediante un cementante. Además de que éste sea incorporado en la cal de albañilería, ya que el maestro albañil casi siempre proporciona cal en la mezcla que utiliza para juntar mampostería, con el fin de tener manejabilidad en la mezcla.

Con el proporcionamiento del cementante, no tan solo, compensamos algunas causas de variación en el comportamiento de mampostería, sino que también estaremos formulando un nuevo hábito en la elaboración de mezcla, para junta de mampostería.

REFERENCIAS

- I ROBERTO MELI P, ALEJANDRO REYES.
Propiedades Mecánicas de la mampostería.
UNAM.
- II H.K. HILSDORF.
Investigation into the failure mechanism of brick masonry loaded by axial compression.
Proc. International conference on masonry structural systems, Austin, Texas (dic. 1962).
- III C.B. MONK,
"A historical survey and analysis of compressive strength of brick masonry",
Structural clay products Institute, Informe No. 12, Washington (1967).
- IV STRUCTURAL CERAMICS ADVISORY GROUP.,
"Model specification for load-bearing clay brick work",
Building science committee, E.C.R.A. Special publication No. 56, Londres (1967).
- V S.R. BENJAMIN, H.A. WILLIAMS,
"The behavior of one story brick walls",
Proc. ASCE, Vol. 84, NOST 4 (Jul. 1958)
- VI Normas Técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de mampostería.
Del Reglamento en el Distrito Federal, 1987.
- VII ROBERTO MELI P., OSCAR HERNANDEZ B.
Propiedades de piezas para mampostería producidas en el

Distrito Federal.
UNAM.