

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



**ESTUDIO DEL ESPESOR DEL MORTERO EN
MUROS DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA
COCIDA**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

SANTOS SALOMON CHURA FLORES

LIMA - PERU

1994

S U M A R I O

En el presente tema, **Estudio del Espesor del Mortero en Muros de Albañilería de Arcilla Cocida**, se determinó la influencia del espesor del mortero en las propiedades de resistencia del muro de albañilería, principalmente en la resistencia a la compresión axial, resistencia a la tracción diagonal y adherencia entre la unidad y el mortero.

Para tal propósito se fabricaron pilas y muretes variando el espesor del mortero entre las unidades de albañilería, estudiándose luego las propiedades de resistencia de muro con relación al espesor del mortero después de realizado los ensayos. Encontrándose resultados satisfactorios que permitirán complementar a la escasa información existente en nuestro medio y conocer más de cerca la importancia del espesor del mortero en el muro de albañilería.

I N D I C E

SUMARIO

INTRODUCCION

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1	Albañilería	04
1.1.1	Muro de albañilería	05
1.1.2	Albañilería armada	05
1.1.3	Albañilería confinada	06
1.2	Propiedades de resistencia del muro de albañilería	06
1.2.1	Compresión axial	08
1.2.2	Compresión diagonal y cortante	11
1.3	Problemas que se presentan en el muro de albañilería	26
1.3.1	Problemas en las unidades	26
1.3.2	Problemas en el mortero	29
1.3.3	Problemas en la mano de obra	31
1.3.4	Problemas en el muro terminado	34

CAPITULO II

COMPONENTES DEL MURO DE ALBAÑILERIA

2.1	Mortero de albañilería	40
2.1.1	Componentes del mortero	41
2.1.2	Propiedades del mortero	45
2.1.3	Proporciones recomendables	51
2.2	Unidades de albañilería	57
2.1.1	Clasificación	57

CAPITULO III

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DEL MORTERO

3.1	Arena	63
3.1.1	Granulometría	63
3.1.2	Módulo de finura	64
3.1.3	Contenido de humedad	65
3.1.4	Absorción	65
3.1.5	Peso unitario	66
3.1.6	Peso específico	66
3.1.7	Superficie específica	67

3.1.8	Material que pasa la malla Nº 200	68
3.1.9	Impurezas orgánicas	69
3.1.10	Partículas friables	69
3.1.11	Resistencia a sulfatos.	70
3.2	Cemento	71
3.2.1	Propiedades físicas y composición química del cemento	71

CAPITULO IV

PROPIDADES DE LAS UNIDADES DE ALBANILERIA DE ARCILLA COCIDA

4.1	Variación de la dimensión	73
4.2	Alabeo	75
4.3	Resistencia a la compresión	76
4.4	Densidad	77
4.5	Absorción	78
4.6	Succión	79

CAPITULO V

DESCRIPCION Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS

5.1	Ensayos del mortero	83
5.1.1	Fluidez	83
5.1.2	Peso unitario	86
5.1.3	Resistencia a la compresión	87
5.1.4	Resistencia a la tracción	89
5.2	Ensayos en pilas y muretes	92
5.2.1	Corte directo en pilas.	95
5.2.2	Compresión axial en pilas	100
5.2.3	Compresión diagonal en muretes.	104

CAPITULO VI

RESULTADOS DE ENSAYOS

6.1	Cuadros de resultados	109
6.1.1	Cuadros de resultados de la arena	109
6.1.2	Cuadros de resultados de las unidades de albañilería de arcilla cocida	117
6.1.3	Cuadros de resultados del mortero	126
6.1.4	Cuadros de resultados en pilas y muretes.	130
6.1.5	Cuadro resumen y comparación de resultados.	142
6.2	Gráficos.	144

CAPITULO VII

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

7.1	Análisis de los resultados de la arena.	154
-----	---	-----

7.2	Análisis de los resultados de las unidades de albañilería de arcilla cocida	156
7.3	Análisis de los resultados del mortero	158
7.4	Análisis de los resultados en pilas y muretes	159
7.4.1	Corte directo en pilas	159
7.4.2	Compresión axial en pilas	162
7.4.3	Compresión diagonal en muretes	165

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1	Conclusiones	169
8.2	Recomendaciones	173

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ANEXO A	: Normas consultadas	180
ANEXO B	: Requerimientos para el mortero usado en albañilería	181
ANEXO C	: Fotos	188

I N T R O D U C C I O N

Desde que el hombre se vio en la necesidad de limitar o dividir espacios se viene utilizando el muro de albañilería y en las últimas décadas hasta la actualidad debido a la industrialización de sus componentes y en base a investigaciones en diferentes partes del mundo, el muro de albañilería se utiliza racionalmente y toma importancia en la construcción de edificios y viviendas de interés social principalmente en países en vías de desarrollo, sobre todo en nuestro país que por diferentes razones y menor costo, la construcción de viviendas es prácticamente haciendo el uso del muro de albañilería.

Sin embargo la forma de construirlos sigue siendo el mismo, es decir usando técnicas empíricas y consideraciones inapropiadas que pueden afectar la calidad del muro de albañilería.

En tal sentido, en busca de mejorar la calidad del muro de albañilería y teniendo en cuenta que los estudios realizados en otros países tecnológicamente más avanzados, no son directamente aplicables en nuestro medio, el presente estudio tiene como objetivo determinar la influencia del espesor del mortero en las propiedades de resistencia del muro de albañilería.

Considerando que las propiedades de las unidades es fundamental en el muro, en el presente estudio se utilizó dos tipos de unidades de arcilla cocida de uso más común en nuestro medio; el primero macizo fabricado artesanalmente y el segundo perforado con 18 huecos fabricado industrialmente; ambos tipos de unidades fueron unidos con mortero de proporción 1:4 en peso de cemento Portland Tipo I Sol y arena de la Molina.

El desarrollo del presente estudio consta de ocho capítulos que están divididos en dos partes, la primera parte teórica relacionado a la albañilería, a las propiedades de resistencia del muro y a sus componentes, que nos sirvió de base para el desarrollo del presente trabajo; la segunda parte trata de la descripción y procedimiento de los ensayos, de los análisis de los resultados y de las conclusiones y recomendaciones del tema en estudio.

Al final se adjunta los anexos que consta de la relación de normas consultadas, requerimientos del mortero para muros de albañilería y las fotos de los ensayos realizados para el presente estudio.

Todos los ensayos necesarios para el presente estudio se realizaron en el Laboratorio de Ensayos de Materiales No 01 de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.

C A P I T U L O I

ASPECTOS GENERALES

1.1 ALBAÑILERIA

Se define a la albañilería, como un arte de construir; se originó hace miles de años, cuando el hombre se vio en la necesidad de limitar espacios. Inicialmente lo hicieron con materiales rústicos como el barro y la piedra, posteriormente con materiales más elaborados como el ladrillo, cemento, cal, yeso y arena, entre otros; formando y dando origen al muro de albañilería. De ahí que muchos investigadores relacionan a la albañilería con el muro de propiamente dicho.

Desde hace un buen tiempo y en la actualidad ésta forma de construir sigue siendo la más utilizada, por ser apropiado y económico en muchas obras arquitectónicas. En la actualidad, en base al desarrollo de la resistencia de los materiales y procedimientos constructivos más elaborados en la albañilería, dieron lugar a que los elementos que limitan espacios también tengan la función de resistencia en la estructura, permitiendo así construcciones cada vez más atrevidas y resistentes.

Por estudios realizados se demostraron que la albañilería como elementos estructurales, tienen mayor resistencia a cargas gravitacionales que a cargas sísmicas, por someter a estos elementos principalmente esfuerzos de tracción, ocasionando graves fallas estructurales; de ahí surge la necesidad de reforzar la albañilería, dando origen desde luego a la albañilería armada o confinada.

1.1.1 MURO DE ALBANILERIA

Es el componente fundamental de la albañilería y está compuesto por unidades de albañilería adheridas con morteros especificados.

El muro de albañilería puede ser destinado entre otros, como simplemente un cerco, un tabique y hasta un elemento estructural portante correspondiente a una edificación. En general los muros aparte de ser elementos que sirven para cerrar una edificación o limitar espacios; deben ser resistentes reuniendo condiciones de habitabilidad, tales como, tener una adecuada capacidad de aislación térmica y acústica, además de ser impermeables y durables.

1.1.2 ALBANILERIA ARMADA

Albañilería reforzada con armadura de acero en su interior unido con concreto líquido a fin de lograr la integración de la armadura con las unidades de albañilería y actuar

conjuntamente para resistir los esfuerzos.

La presencia del acero en la albañilería armada es contrarrestar la resistencia a la tracción, mientras que el muro de albañilería junto con el concreto líquido resisten los esfuerzos de compresión.

1.1.3 ALBANILERIA CONFINADA

Albañilería reforzada principalmente con elementos de concreto armado en su perímetro o parte de ella, donde el concreto se integra con el muro y actúan como una sola unidad.

El objetivo de los elementos de confinamiento es principalmente aumentar la capacidad de deformación al conjunto, después que los muros se agrieten. Esto significa que proporcionan ductilidad y no necesariamente mayor resistencia.

1.2 PROPIEDADES DE RESISTENCIA DEL MURO DE ALBANILERIA

Desde el punto de vista de resistencia, el muro de albañilería está sujeto a un conjunto de sollicitaciones de esfuerzos originados por cargas internas y/o externas a la estructura en que forma parte el muro de albañilería. Y dado que el muro de albañilería es un material heterogéneo y anisotrópico, responde a dichas sollicitaciones de esfuerzos

en función principalmente de la resistencia de la unidad, de la interacción mortero-unidad y entre otras relacionados a las características de sus componentes, de su proceso constructivo e interacción del muro con otros elementos estructurales.

En una edificación, los muros como elementos verticales resistentes llamados muros portantes, transmiten la carga a la cimentación por la disposición de las cargas verticales, solicitando en el muro esfuerzos de compresión axial y flexión en dirección normal al plano del muro, inducido por el sistema de piso o una excentricidad de la carga axial.

Las cargas laterales por efectos de sismo, viento, etc. introducen en los muros un conjunto de solicitaciones que depende de las condiciones de continuidad en sus extremos: cuando el muro está confinado por un marco, el conjunto de solicitaciones debido a carga lateral puede simplificarse como dos cargas de compresión aplicadas en los extremos de una de las diagonales del muro; si el muro se encuentra limitado únicamente por el sistema de piso y si se desprecia la restricción al giro que éste le proporciona, puede idealizarse el muro como un voladizo sujeto a una carga lateral en su extremo superior, más una carga axial de compresión, que proviene de la suma del efecto de la carga vertical más el momento de volteo. El comportamiento de ambos tipos de muros, ha sido estudiado experimentalmente y se encontrado que los esfuerzos

críticos en ambos casos, son los esfuerzos de tracción que se presentan en dirección normal a la diagonal cargada y los esfuerzos tangenciales horizontales que existen en las caras de contacto entre la unidad y el mortero; estos dos tipos de esfuerzos provocan la falla a través de una grieta que atraviesa diagonalmente al muro.

Cuando las fuerzas laterales induzcan momentos flexionantes importantes en el muro pueden ocurrir fallas por flexocompresión, que fue estudiado por R. MELI y G. SALGADO.

Luego los esfuerzos resultantes en los muros como consecuencia de cargas verticales y laterales, serán generalmente de compresión axial y/o diagonal, corte y en ocasiones de flexocompresión o combinaciones entre ellas.

Para pretender establecer el comportamiento estructural del muro ante las sollicitaciones de esfuerzos y determinar sus propiedades de resistencia; a continuación estudiaremos sus mecanismos de falla.

1.2.1 COMPRESION AXIAL

El muro de albañilería está formado por dos componentes básicos de diferentes características de esfuerzo - deformación, que al ser sometidos a esfuerzos de compresión, éstas se deformarán en forma distinta, lo cual

hace que haya una interacción entre ambos bajo el efecto de carga vertical; la unidad y el mortero sufren deformaciones verticales junto con alargamiento transversal, si los dos materiales pudiesen deformarse libremente tendrían deformación axial y transversal distintos en función a sus propiedades elásticas respectivas, como se observa en el gráfico 1.1.a y siendo el mortero más deformable que la unidad de albañilería.

Como en las caras de contacto de las unidades con el mortero, la adherencia y fricción impiden el libre deslizamiento, esto hace que ambos sufran una deformación lateral intermedia, a que si estuviesen deformándose libremente, tal como se observa en el gráfico 1.1.b. Para sustentar esta posición, se deduce que el material más deformable, el mortero en general, soportaría restricciones en ambas direcciones, quedando sometido a un estado de compresión triaxial y el ladrillo soportaría tracciones transversales con mayor intensidad cerca de las juntas, además de la compresión axial, esto se idealiza en el gráfico 1.1.c. Luego se deduce que el material más deformable aumentará su resistencia en la prueba de compresión por la restricción al desplazamiento transversal; por el contrario la unidad siendo menos deformable reducirá su resistencia debido a las tracciones transversales en la junta, por la mayor deformación del mortero. Entonces se puede decir que los esfuerzos transversales entre los dos materiales, serán mayores

cuanto mayor sea la diferencia entre los módulos de elasticidad y que depende del espesor del mortero entre las unidades de albañilería.

De otro lado, la resistencia a la compresión del muro, que depende de la resistencia de sus componentes, también depende de un gran número de factores, en particular de la forma del muro. Así, la resistencia disminuye al aumentar la esbeltez del muro; ésta variación de la resistencia con relación a la esbeltez de la pila, ha sido estudiado por varios autores y los resultados se muestran en el gráfico 1.2

MODELO DE ENSAYO A COMPRESION AXIAL

Para obtener experimentalmente resultados de la resistencia a la compresión axial del muro real, será necesario un modelo o espécimen, que tenga las mismas características tanto de sus componentes como del procedimiento de fabricación y condiciones de trabajo, que del muro real. Así, será necesario un modelo que tenga la misma calidad de las unidades, el mismo mortero y el mismo espesor del mortero entre las unidades.

Varios autores han propuesto modelos para obtener la resistencia a la compresión del muro de albañilería, como se observa en el gráfico 1.3. Si analizamos dichos modelos, el cubo podría representar un muro doble, el murete

representaría mejor la distribución de las juntas y la pila obvia las juntas verticales. Desde el punto de vista de construcción, manipuleo y ensayo; el cubo y el murete resultan voluminosos, especialmente para unidades relativamente grandes. Considerando que los espécimenes de poca esbeltez tienen mayor dispersión en los resultados, se puede deducir que el modelo de ensayo que representa mejor en el ensayo a la resistencia a la compresión del muro, es la pila con relativa esbeltez. Gráfico 1.8.a. Este modelo también recomienda la norma peruana de albañilería E070 correspondiente a la determinación de la resistencia del muro. En la misma indica que ningún modelo de ensayo deberá tener una altura menor que 30 cms y que la esbeltez tendrá valores entre $2 < h/t \leq 5$; además corrige a los resultados por un coeficiente de esbeltez, tal como veremos más adelante al interpretar los resultados de los ensayos a la resistencia a la compresión axial en pilas.

1.2.2 COMPRESION DIAGONAL Y CORTANTE

El muro bajo sollicitaciones de cargas laterales de sismo, viento o de asentamientos diferenciales en la cimentación, inducen en su plano un conjunto de esfuerzos, que se manifiestan a través de diversos tipos de fallas, en función a la magnitud de la sollicitación a que está sometido el muro.

Cuando el muro está confinado por un marco, las solicitaciones causan deformaciones, como las mostradas en el gráfico 1.4.a, en la cual el muro resulta estar en compresión diagonal.

Otro caso es de los muros portantes en la cual están sujetos a carga vertical constante al que se le aplica una carga horizontal, tal como se muestra en el gráfico 1.5.a.

Los elementos más simples para su estudio en ambos casos se muestran en los gráficos 1.4.b y 1.5.b; donde las fallas pueden ser:

1.- **FALLA POR CORTE.**- Cuando la falla es por deslizamiento en las juntas; esto sucede cuando los esfuerzos tangenciales en la junta, exceden a la resistencia por corte proporcionada por la adherencia entre la unidad-mortero y en parte por la fricción propiciado por el esfuerzo de compresión normal a la junta.

El esfuerzo resistente al corte, puede calcularse aceptando el mecanismo de falla de COULOMB, como:

$$v = u + f \cdot \sigma$$

u = Adherencia entre la unidad y el mortero
kg/cm²
f = Coeficiente de fricción
σ = Esfuerzo de confinamiento normal al plano de la junta kg/cm².

2.- **FALLA POR TRACCION DIAGONAL.**- Cuando los esfuerzos normales a la diagonal en compresión, alcanzan la resistencia a la tracción diagonal, esto sucede en los dos casos de solitación.

3.- **FALLA POR APLASTAMIENTO.**- Falla local, generalmente ocurre en los apoyos, cuando el muro está sometido a compresión diagonal y otros efectos, como debido al momento flexionante producido por la carga lateral.

Para la determinación de los esfuerzos en la sección crítica, R. MELLY, realizó un análisis por el método de elementos finitos, en la cual considera al muro como un material homogéneo y elástico. Cuyos resultados se discuten a continuación.

Para elementos sujetos a compresión diagonal, la distribución de los tres esfuerzos que interesan se muestran en el gráfico 1.6, donde se observa que tanto el cortante como la tracción son críticos precisamente en el centro del elemento.

La variación de los esfuerzos en el centro con las proporciones del elemento, definidas por la relación h/L , se muestran en el gráfico 1.7.

El esfuerzo cortante máximo, expresado en la forma adimensional $v_c/(V/L.t)$, es aproximadamente independiente de la forma del espécimen para $0.5 \leq h/L \leq 2$, por lo tanto puede escribirse como:

$$v_c = \frac{1}{K_1} \frac{V}{L.t}$$

El esfuerzo de compresión en dirección vertical aumenta en forma casi lineal con el valor h/L y puede expresarse en la forma.

$$\sigma_o = K_2 \frac{V}{L.t} \frac{h}{L}$$

El esfuerzo principal de tracción diagonal en el centro es máximo para un elemento cuadrado de $h/L = 1$ y vale.

$$f't = 0.66 \frac{V}{L.t}$$

Si se considera que la falla por cortante ocurre cuando el esfuerzo actuante "vc" igual al resistente "v" puede escribirse.

$$\frac{1}{k_1} \frac{V}{L.t} = u + f \sigma_o = u + K_2 f \frac{V}{L.t} \frac{h}{L}$$

de donde se obtiene:

$$\frac{V}{L.t} = \frac{k_1 u}{1 - k_1.k_2.f(h/L)}$$

Para los valores de las constantes obtenidos del análisis gráfico 1.7, aproximadamente $k_1 = 0.7$ $k_2 = 0.87$, obtenemos:

$$\frac{V}{L.t} = \frac{0.7 u}{1 - 0.6 f(h/L)} \quad (1)$$

Válida aproximadamente para $0.5 \leq h/L \leq 2$

La fórmula anterior se puede lograr por un análisis teórico simple, basado en considerar esfuerzos promedios sobre la sección, tal como se presente en el gráfico 1.4.b, que en forma general, si no se consideran esfuerzos promedios, se tendrá:

$$v = \frac{K_1 u}{1 - K_3 f(h/L)}$$

La resistencia para la falla a tracción diagonal en un elemento cuadrado se obtendrá:

$$\frac{V}{L.t} = 1.5 f't \quad (2)$$

Si analizamos la ecuación (1), se observa que a medida que aumenta u y f , aumentará la resistencia al corte hasta alcanzar la falla por tracción diagonal, mejor dicho alcanzará la ecuación (2), de lo que se deduce que a valores altos de u y f , la falla es por tracción diagonal y para valores bajos la resistencia será por cortante

MODELO DE ENSAYO AL CORTE

Para interpretar el mecanismo de falla al corte en el muro de albañilería y determinar los esfuerzos tangenciales en la junta, es necesario un modelo de ensayo que nos permita obtener experimentalmente la adherencia y la fricción, basado en la teoría de COULOMB.

Para esto, existen diversos tipos de modelos, que de alguna manera buscan obtener el esfuerzo al corte; así, uno de los modelos que mejor se adecúa para tal objetivo, es el mostrado en el gráfico 1.8.b, que consiste en una pila de tres unidades completas.

El ensayo en dicho modelo, consiste en aplicar cargas horizontales de confinamiento en las caras de las unidades extremas y una carga vertical en la unidad intermedia, hasta obtener el esfuerzo de corte que venza la adherencia y la fricción entre la unidad y el mortero. Donde para diferentes valores de confinamiento, se obtendrán varios valores de falla al corte que corresponden a una variación lineal, con lo cual determinan u y f .

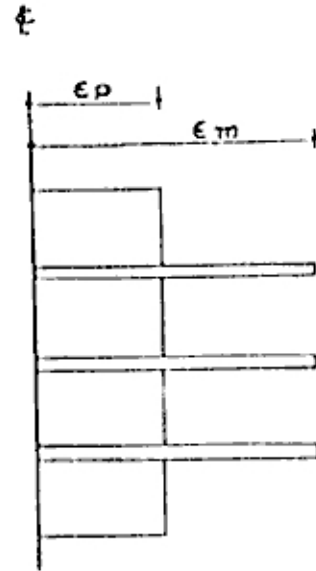
MODELO DE ENSAYO A COMPRESION DIAGONAL

De acuerdo a lo estudiado, el modelo que nos permitirá obtener la resistencia a la tracción diagonal, es el murete lo más aproximado al cuadrado, gráfico 1.8.c; es decir

cuando, $h/L \approx 1$.

Este modelo, también nos permite determinar el cortante, debido a que la falla no sólo es por tracción diagonal, también ocurre la falla por cortante.

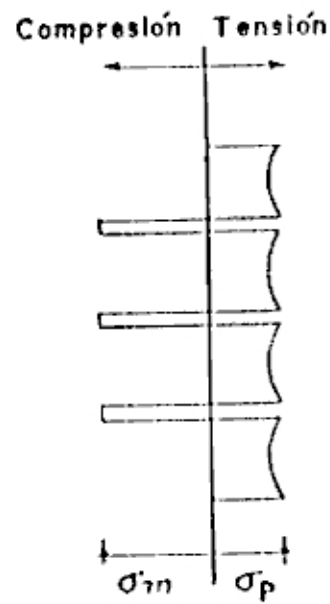
El ensayo en este modelo, consiste en someter a compresión diagonal, hasta obtener la carga de falla; tal como veremos más adelante.



a) Deformaciones transversales
si no hubiese restricciones



b) Deformaciones reales



c) Esfuerzos

GRAFICO 1.1

IDEALIZACION DE LA INTERACCION ENTRE EL MORTERO
Y EL LADRILLO (1)

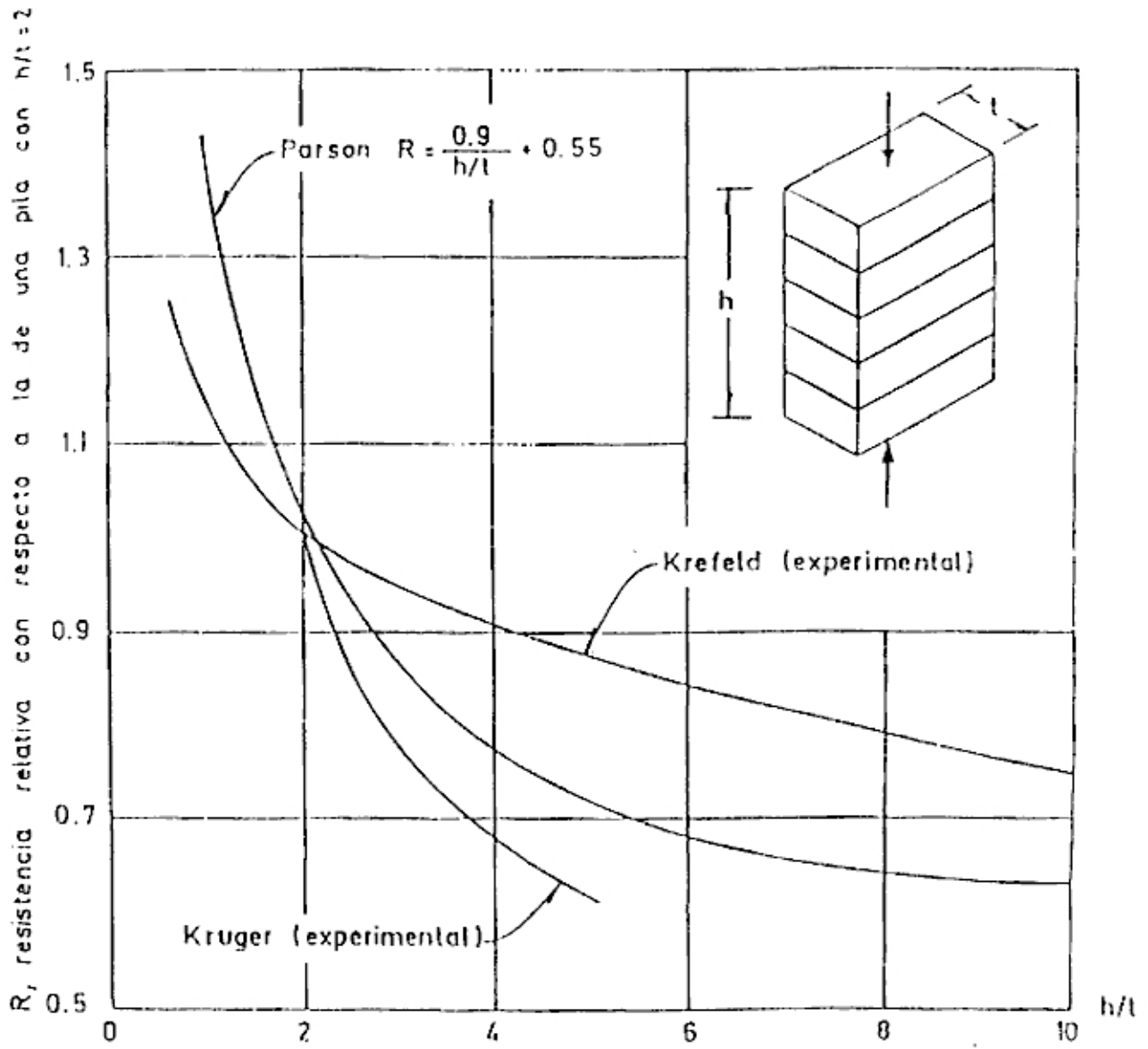
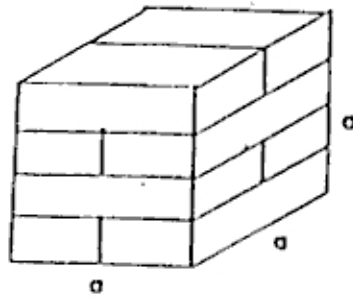


GRAFICO 1.2

VARIACION DE LA RESISTENCIA CON LA ALTURA/ESPESOR
EN PILAS (2)



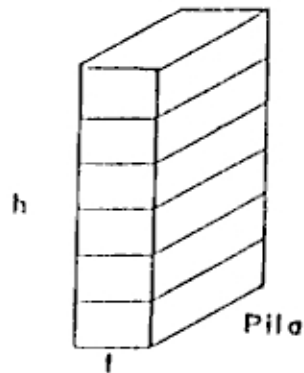
REGLAMENTO BRITANICO

Cubo



R. MELI - UNAH MEXICO

Murete

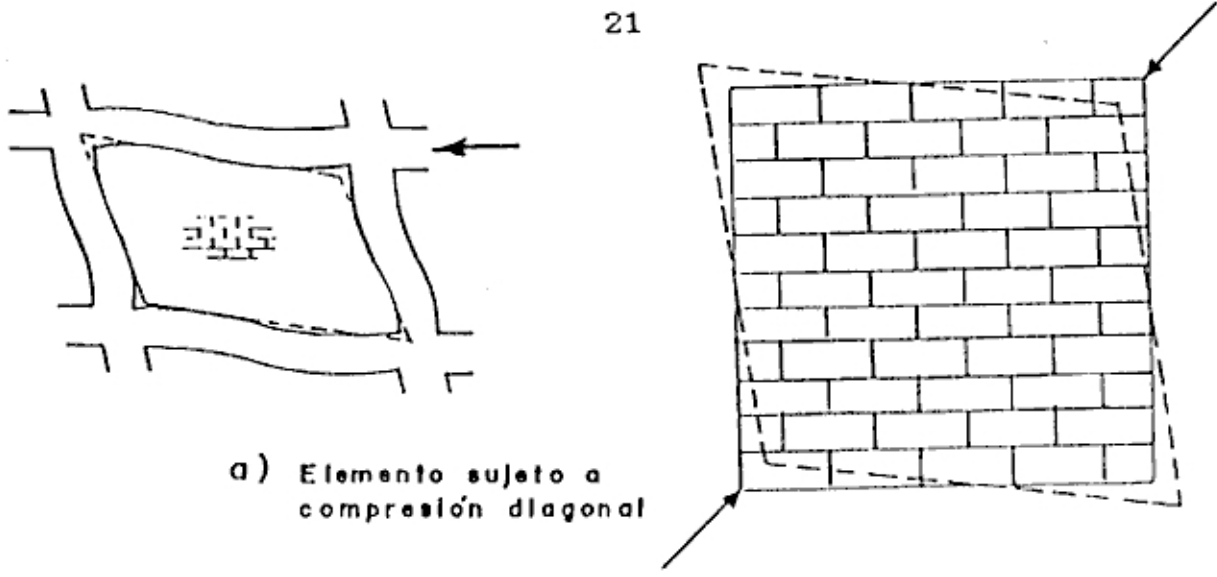


R. MELI - UNAH MEXICO
R.N.C - E070

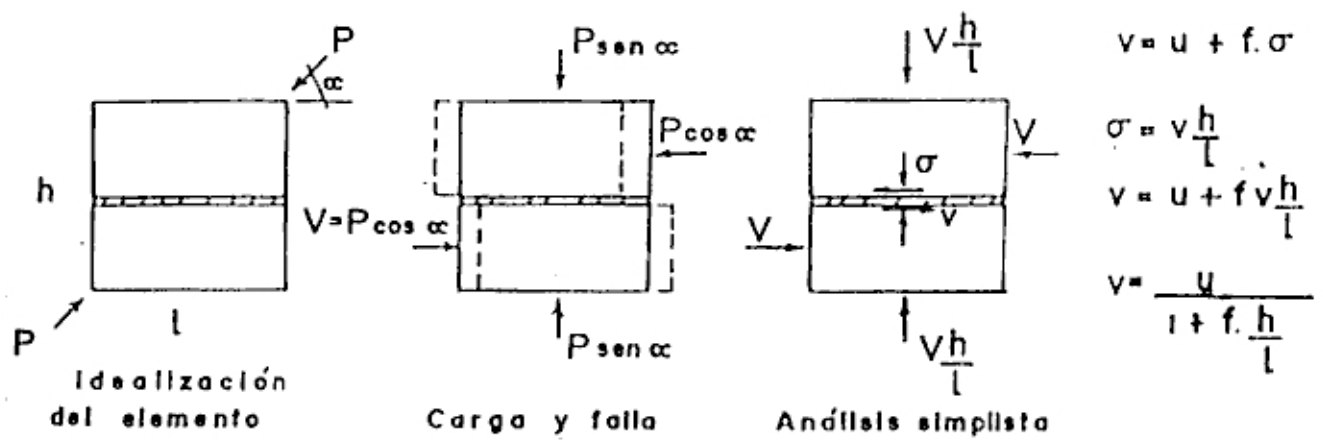
Pila

GRAFICO 1.3

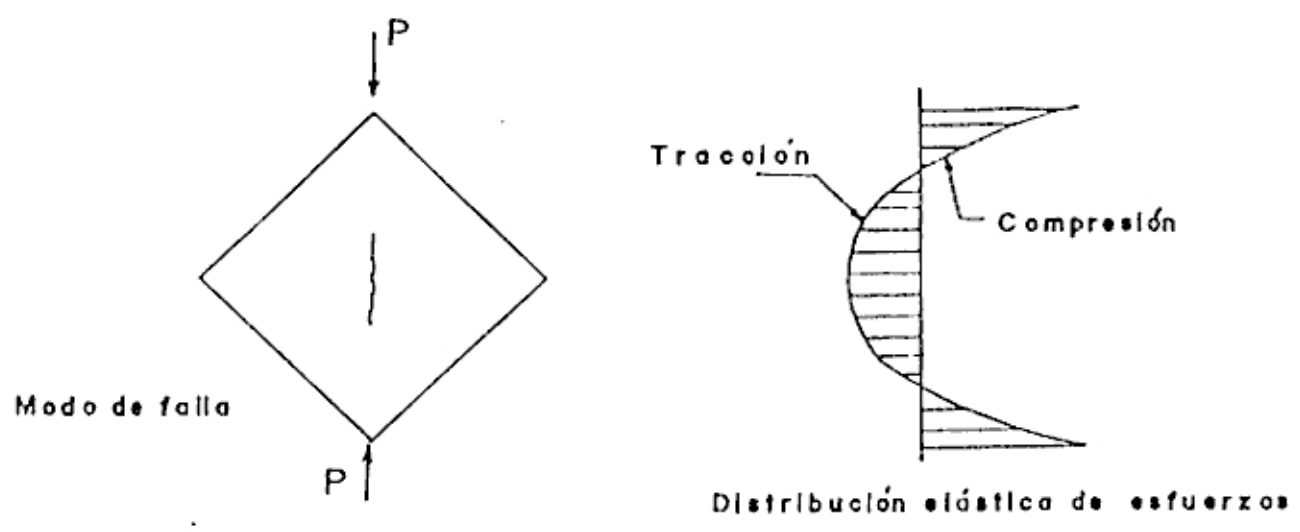
ESPECIMENES PARA ENSAYO A COMPRESION AXIAL (1)



a) Elemento sujeto a compresión diagonal



b) Falla por deslizamiento de juntas



c) Falla por tracción diagonal

GRAFICO 1.4

ELEMENTO SUJETO A COMPRESION DIAGONAL (2)

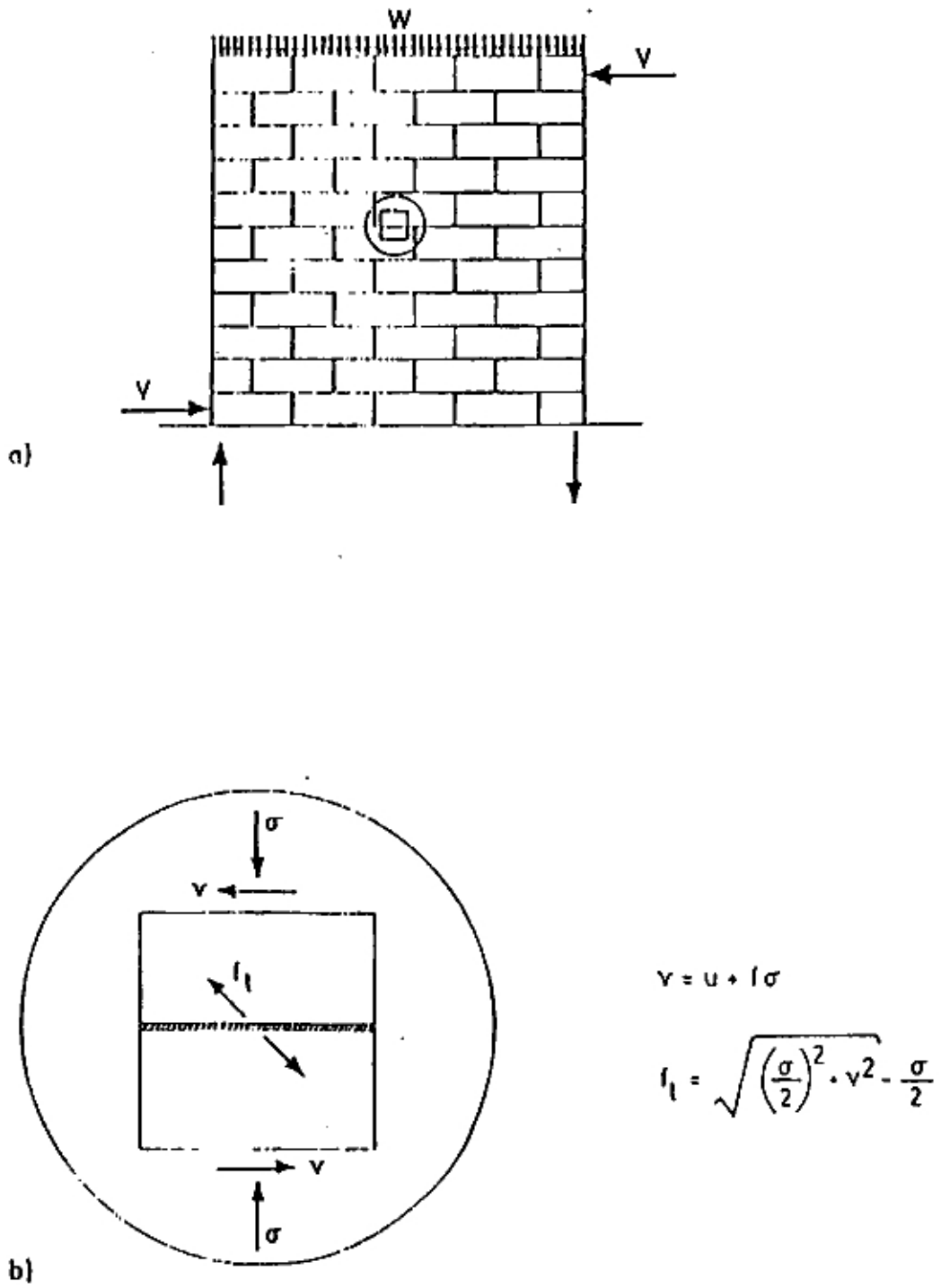
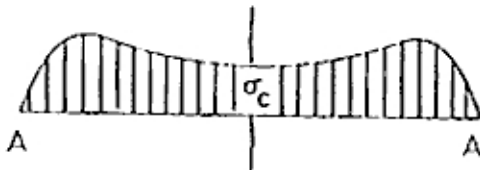
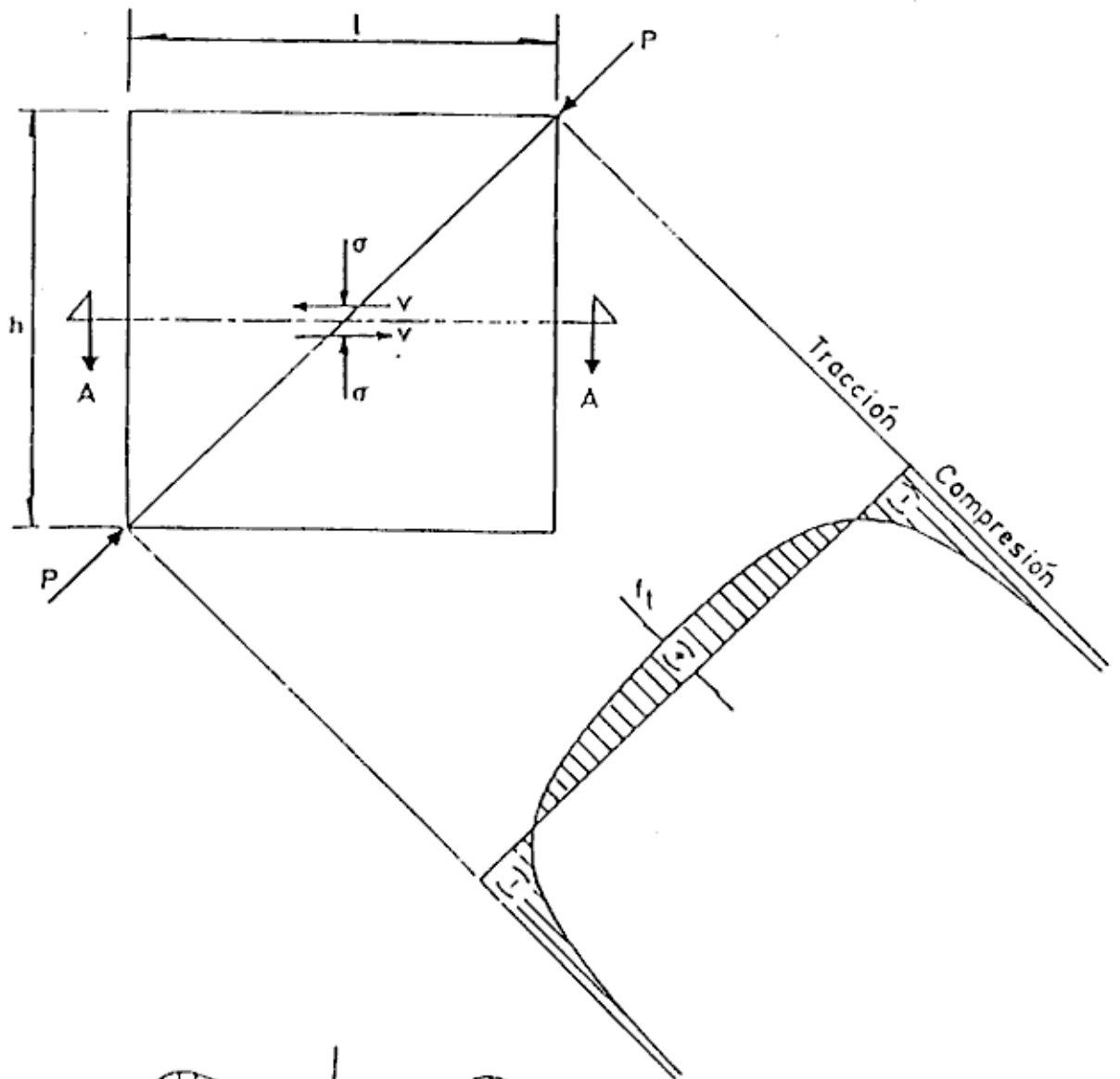
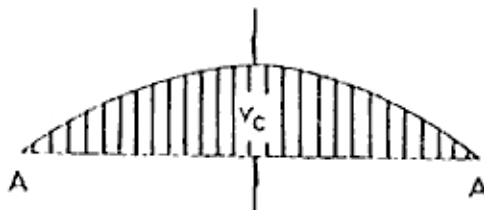


GRAFICO 1.5

ELEMENTO SUJETO A PRECOMPRESION Y CARGA LATERAL [2]



Esfuerzo normal



Esfuerzo cortante

GRAFICO 1.6

DISTRIBUCION DE ESFUERZOS EN UN ELEMENTO SUJETO A COMPRESION DIAGONAL. [2]

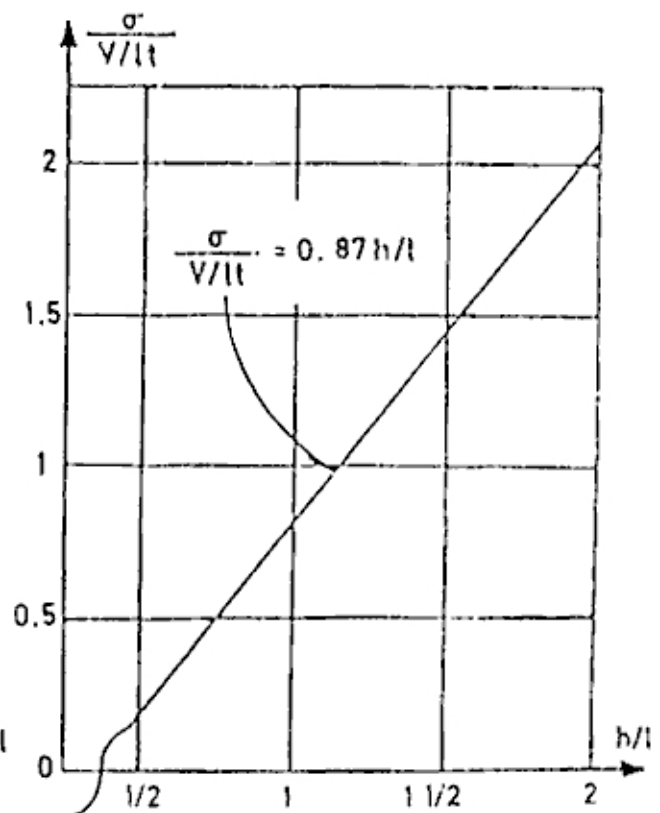
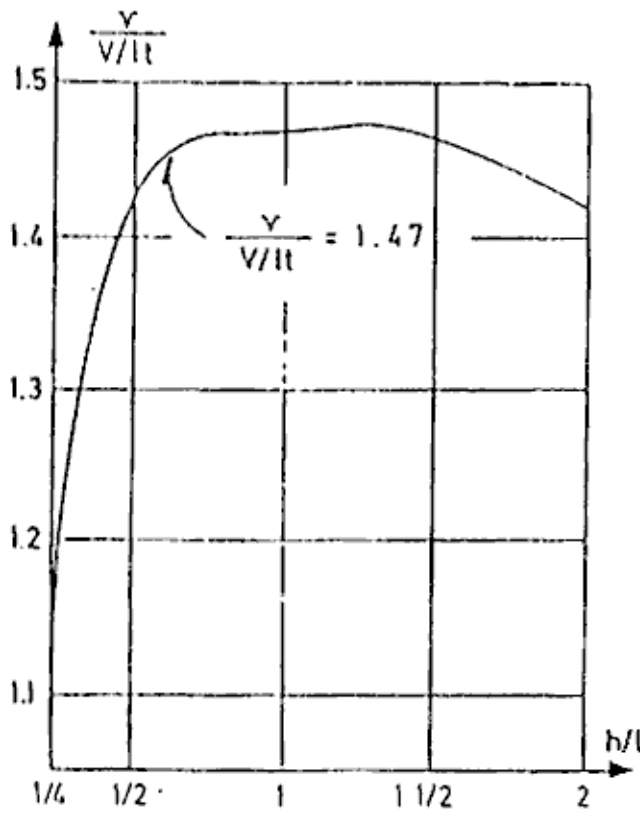
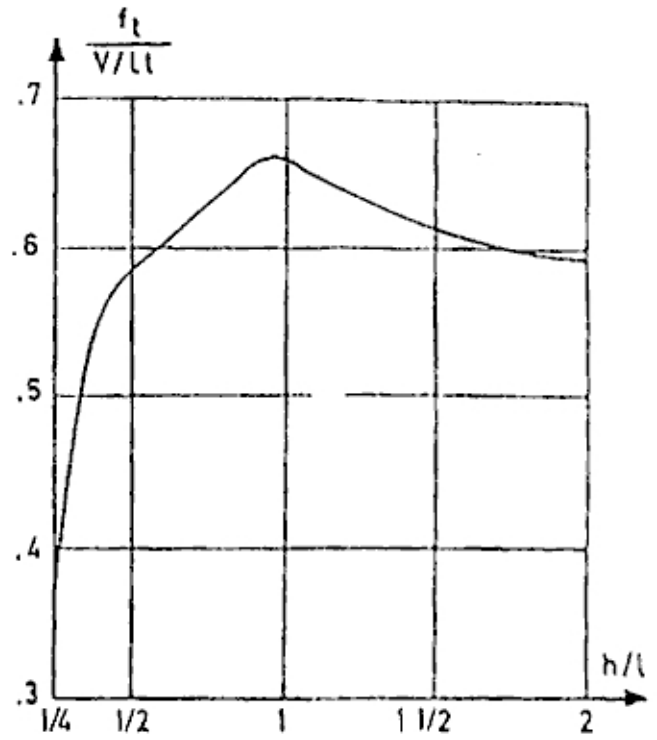
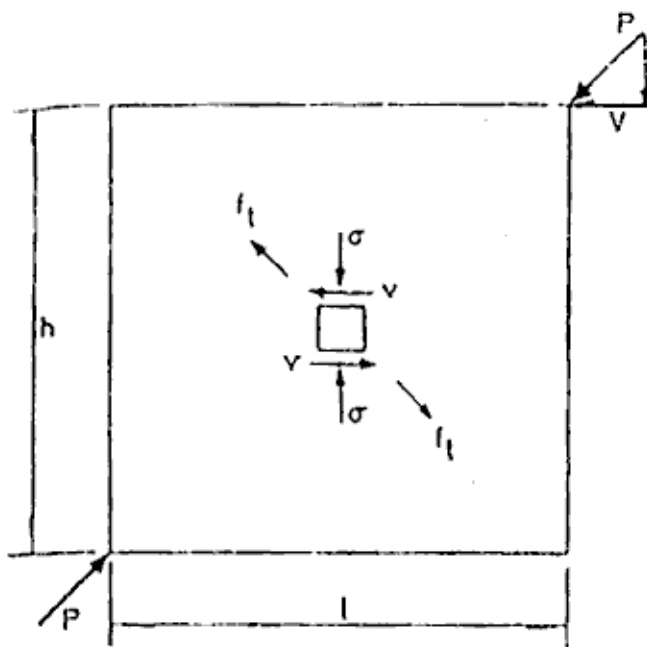
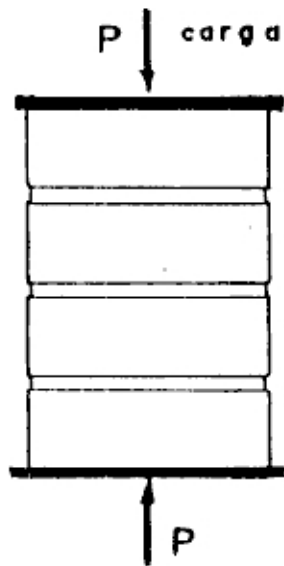


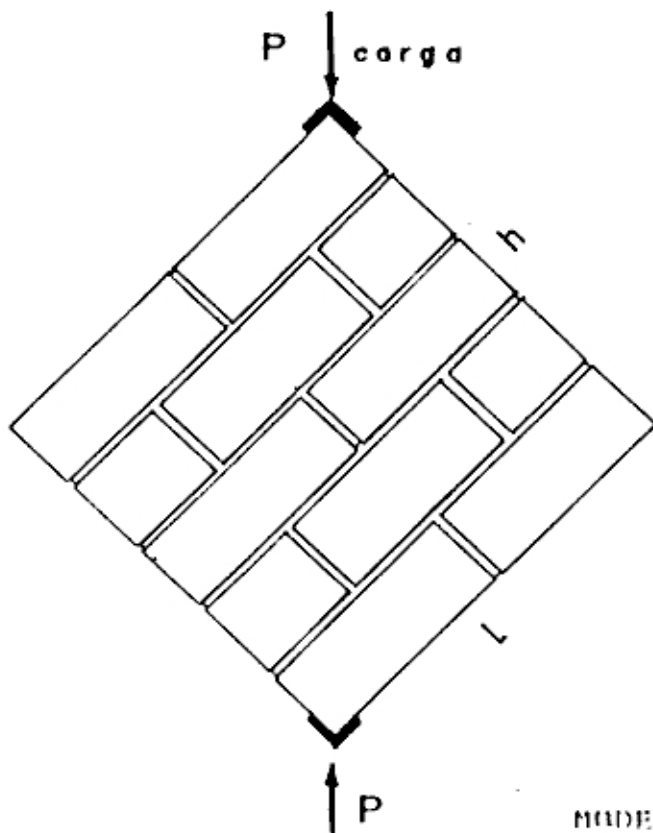
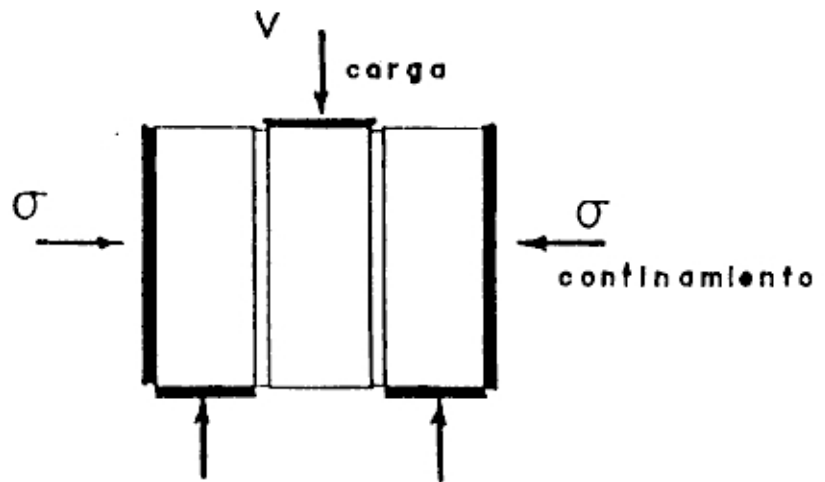
GRAFICO 1.7

VARIACION DE LOS ESFUERZOS EN EL CENTRO CON LA FORMA DEL ELEMENTO EN COMPRESION DIAGONAL [2]



a) Modelo de ensayo para resistencia a la compresión

b) Modelo de ensayo de ensayo al corte



c) Modelo de ensayo de compresión diagonal

GRAFICO 1.8

MODELOS DE ENSAYO DE PILLAS Y MURETES

1.3 PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA ALBAÑILERIA

Los problemas en el muro de albañilería, antes que en el muro terminado; se presentan en sus componentes, como en la unidad, en el mortero y en la mano de obra. Y debido a sus respectivas variabilidades tanto en su fabricación como en el proceso constructivo, dan como resultado un muro heterogéneo y anisotrópico.

Dado que la variabilidad, no son inherentes a la albañilería sino más bien, se debe a la falta de conocimiento y de control en las diferentes etapas en el proceso, desde la elaboración de sus componentes hasta la construcción con ellos; una de las tareas esenciales para el correcto desarrollo de albañilería es corregir al mínimo estos problemas.

En tal sentido, a continuación describiremos en detalle los problemas más puntuales e importantes que se presentan en el muro de albañilería de arcilla cocida.

1.3.1 PROBLEMAS EN LAS UNIDADES

Para obtener un buen muro de albañilería, es necesario una buena calidad de la unidad, reflejada principalmente en la uniformidad de sus dimensiones como en su resistencia, absorción y succión al momento de asentado de las unidades con el mortero.

La variación de las dimensiones en las unidades, generalmente originan problemas de resistencia en el muro de albañilería. Así, las unidades con dimensiones irregulares conllevan a colocar espesores de mortero no uniformes en el muro, gráfico 1.9.a; que hacen que se concentren esfuerzos en la capa delgada del mortero y mayores deformaciones en el de mayor espesor, que pueden afectar la resistencia del muro; lo mismo ocurre al dar lugar muros no verticales a un lado del muro, gráfico 1.9.b, al originar cargas excéntricas.

La resistencia de la unidad, influye mayormente en la resistencia del muro, ésta varía de acuerdo al tipo de material y de una fábrica a otra. Por tanto conviene que las unidades de albañilería tengan coeficientes de variación de resistencia bajos y que tengan valores altos de resistencia a la compresión, que señalarán por experiencias realizadas buena calidad del muro para fines estructurales y de exposición, a que tengan valores bajos que producirán muros con poca resistencia y durabilidad.

De otro lado al margen de la resistencia a la compresión de las unidades de los diversos tipos, se deberá tener en cuenta la fragilidad de la falla. Así, las unidades sólidas son más dúctiles que las unidades huecas o perforadas, que ante cargas de falla, muestran fallas frágiles y explosivas, como se comprobó en el ensayo de resistencia a la compresión en pilas con unidades macizas y

perforadas. A consecuencia de este hecho es que las unidades perforadas y huecas deben ser admitidos con condiciones; mientras que las tubulares no deberán ser admitidos en la construcción de muros portantes.

La succión de las unidades es otro problema de suma importancia que se deberá tener en cuenta antes de la construcción de los muros de albañilería. La succión de las unidades actúa directamente en la interacción mortero-unidad, gráfico 1.10; por lo tanto define el valor de la adherencia, lo cual conlleva a la necesidad de utilizar morteros trabajables y retentivos. Está demostrado, que con unidades que tienen una succión excesiva al momento del asentado no se logra uniones adecuadas con el mortero usando métodos ordinarios de construcción; cuando la succión es muy alta, el mortero debido a la rápida pérdida del agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo en la cara de la siguiente unidad, gráfico 1.9.c; consecuentemente el resultado es una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua.

De otro lado para que exista una buena adherencia a parte de tener la unidad una superficie rugosa, deberá tener una succión adecuada, gráfico 1.10, en la cual, cuando el mortero entra en contacto con la unidad ésta succiona agua del mortero y como el agua contiene solubles de cemento, esta se cristaliza en los poros capilares de la unidad.

originando así la adherencia entre la unidad y el mortero. Para obtener en la unidad una succión adecuada en el asentado es necesario reducir la succión mediante el humedecimiento de las unidades tal como veremos más adelante, al tratar la succión correspondiente a las unidades. En todo caso como la succión es la medida normalizada de la velocidad inicial de la absorción de agua, se deberán considerar aceptables una absorción de 10 a 13% en unidades de albañilería de arcilla cocida.

1.3.2 PROBLEMAS EN EL MORTERO

Los problemas en el mortero se presentan en estado fresco y endurecido, están a la función a las características y proporción de sus componentes que influyen la calidad del muro de albañilería.

La no uniformidad de las proporciones de los componentes al mezclarlos, pueden empobrecer o enriquecer la mezcla; que de hecho inducen variaciones en la resistencia del muro de albañilería.

La resistencia del mortero, influye en la calidad del muro; las evidencias sobre este aspecto es que los morteros de resistencias altas admiten menor deformación que las de menor resistencia, afectando así a la resistencia del muro; esto se justifica más aún por estudios realizados por Bulding Research Station [6], sobre el comportamiento de

albañilería de los ladrillos sometidos a carga axial, mostraron que existe mayores resistencias a la compresión de las albañilerías, para morteros de proporción 1:3 de cemento-arena en volumen y sin cal. Por lo tanto conviene tener en los muros de albañilería, morteros de resistencias altas que garanticen muros resistentes, durables e impermeables al agua.

La trabajabilidad, es la propiedad de primera orden en el mortero y constituye un principal problema en la albañilería; así, los morteros deben tener un máximo de trabajabilidad que permitan facilitar la extensión del mortero penetrando en las irregularidades de la superficie de las unidades y se obtengan juntas completamente llenas. Cuando el mortero pierde agua por la demora en el asentado, pierde su trabajabilidad, es lícito restituir el agua o reemplazar el mortero y recuperar su trabajabilidad, siempre en cuando ésta recuperación sea como máximo 2 1/2 horas después de preparado el mortero con agua, de acuerdo a la norma ASTM C270.

En obra conviene en todo momento mantener una trabajabilidad uniforme en todo el proceso y evitar al mínimo el reemplazo del mortero, lo cual nos permitirá obtener muros más homogéneos y de resistencias uniformes; de lo contrario, se obtendrán muros con resistencia altas en algunos puntos y bajos en otros, como consecuencia muros no uniformes más heterogéneos y anisotrópicos.

1.3.3 PROBLEMAS EN LA MANO DE OBRA

Junto con los problemas relativos a la unidad y al mortero, se presenta el problema de la mano de obra; a diferencia de los primeros en que influyen indirectamente, la mano de obra influye directamente en la calidad del muro de albañilería. Así, poco o casi nada nos serviría tener componentes de calidad, sin tener un uso adecuado de éstos en la construcción del muro. A este respecto Mc Burney [2], comparó dos calidades de mano de obra; una controlada, donde los muros fueron construidos por un albañil trabajando por horas y cuidadosamente supervisado; el otro llamado comercial, este fue asignado a un albañil sin control. El resultado fue el siguiente: los muros construidos con la mano de obra comercial, sin control, tuvieron una resistencia de 60% de los muros construidos con mano de obra controlada.

Los efectos más críticos que devienen de la mano de obra, que influyen en las propiedades de resistencia del muro de albañilería, son las que se describen a continuación:

El mal uso de los componentes en el proceso constructivo del muro de albañilería, como: una dosificación no uniforme de los componentes del mortero, uso de morteros no trabajables, uso indiscriminado de morteros retemplados y por último no tener en cuenta la succión de las unidades

sobre todo cuando éstas tienen succiones altas: que influirán en la calidad del muro de albañilería como, hemos visto anteriormente.

El llenado incompleto de las juntas horizontales y verticales, que dan lugar a muros más heterogéneos, al no existir una unión eficaz entre las unidades de albañilería, consecuentemente resulta muros débiles propensos a fallas por sismos y permeables al agua.

El espesor del mortero entre las unidades, que dejando de lado a las que están condicionadas por razones estéticas, es de suma importancia sobre todo en muros portantes; dependen fundamentalmente de la calidad de la mano de obra. Esta comprobado, como hemos estudiado, que en general para espesores mayores que 1.5 cms en la junta, disminuyen la calidad del muro de albañilería.

Y respecto al espesor del mortero, se hizo una encuesta en muros de albañilería de arcilla cocida construidos y en construcción en la ciudad de Lima, dejando de lado a los muros de razón estética; los datos y resultados obtenidos se muestran en los cuadros 1.1 y 1.2 respectivamente. que graficándolos mediante un histograma de frecuencias, gráfico 1.12, se puede observar que la mayor frecuencia 35% corresponden a los espesores de 2.4 cms a 2.9 cms, seguido por un 33% correspondientes a los espesores de 1.8 cms a 2.3 cms: en otras palabras, los espesores fluctúan mayormente de 1.8 cms a 2.9 cms; además el promedio del

espesor del mortero es de 2.378 cms. con una variabilidad de 26.9%. Por tanto se puede afirmar, que los espesores exceden a los recomendables o especificados, atentando la calidad de la resistencia del muro de albañilería; problema latente que se debe tener en cuenta en adelante.

CUADRO 1.1 : ESPESORES DEL MORTERO EN MUROS DE ALBANILERIA DE ARCILLA COCIDA

0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.0
2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2
2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.4
2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9
2.9	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
3.2	3.2	3.3	3.4	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	4.1

100 DATOS

LIMA ENE - 84

ESPESOR PROMEDIO : 2.378 cms

DESVIACION ESTANDARD : 0.641

COEF. DE VARIACION : 26.90 %

CUADRO 1.2 : FRECUENCIA DE LOS ESPESORES DEL MORTERO EN MUROS DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA COCIDA

ESPEJOR DEL MORTERO cms	No	FRECUENCIA %
0.6 - 1.1	03	03
1.2 - 1.7	10	10
1.8 - 2.3	33	33
2.4 - 2.9	35	35
3.0 - 3.5	15	15
3.6 - 4.1	04	04

GRAFICO 1.12

LIMA RNE - 94

Un buen ritmo de construcción que garantice la calidad del muro de albañilería y no afecte la productividad elevando el costo, es deseable en toda construcción; cuando el ritmo es exagerado, se puede obviar procedimientos importantes, como: el llenado incompleto de las juntas, espesores en las juntas variables, muros sin plomo y/o alineamiento; que pueden afectar la calidad del muro de albañilería.

1.3.4 PROBLEMAS EN EL MURO TERMINADO

Los problemas en el muro terminado empieza cuando termina el proceso constructivo del mismo. A continuación describiremos los problemas más importantes que se presentan en el muro terminado.

El curado con agua en los muros de albañilería de arcilla cocida son perjudiciales, afectan a la durabilidad del

muro. debido a que favorecen al fenómeno de la eflorescencia; lo que no ocurre en los muros con bloques de concreto, que si favorecen a la adherencia entre las unidades y el mortero.

La eflorescencia, es el principal problema en el muro terminado. Este fenómeno se origina de la composición misma de la unidad y el mortero donde están estrechamente relacionados con la humedad. En el gráfico 1.10, vemos como pequeñas cantidades de sales, usualmente sulfatos que pueden estar presentes en las unidades de albañilería y en la arena con que se elabora el mortero o que se encuentran como álcalis en el cemento; son suficientes para producirse este fenómeno en el periodo en el cual el muro esté secando.

Otra forma de producirse este fenómeno, es cuando el muro está en contacto con la humedad del suelo, que contiene salitre (Nitrato de Sodio) soluble en el agua, que al evaporarse y por capilaridad se suman a los sulfatos que contienen las unidades; luego emergen a la superficie, que se manifiestan tornándose de color blanco.

Cuando la eflorescencia es severa, puede ser destructiva; en este caso, las sales solubles se cristalizan en la superficie de la unidad, que terminan por desintegrarla.

En la construcción, siendo el agua que potencializa la eflorescencia. Durante el asentado de las unidades de arcilla cocida, sólo deben ser humedecidas lo estrictamente necesario como para tener una adecuada adherencia con el mortero; mientras que en el muro terminado se debe evitar

el contacto con los suelos humedecidos, sobre todo con los suelos salitrosos.

El agrietamiento es otro problema en el muro terminado, este problema es de carácter estructural; si bien es cierto que la resistencia vertical, es la mayor resistencia que ofrece el muro; también es cierto que la resistencia diagonal es la más vulnerable y ésta se manifiesta en el muro, a través de fallas en la dirección diagonal debido a deformaciones que inducen esfuerzos de resistencia a la tracción diagonal y al ser éstas muy reducidas. Estas deformaciones que finalmente originan agrietamientos en el muro de una edificación, pueden ser originadas por: restricciones a cambios volumétricos de los materiales, asentamientos diferenciales en el terreno que está la cimentación, cargas de gravedad, cargas de viento, sismo, explosiones y vibraciones; que se deberán tener en cuenta, en el diseño de albañilería de una edificación.



a) Unidades de espesor irregular, aumentan los esfuerzos del lado en que la junta es más delgada.

b) Unidades de ancho irregular originan cargas excéntricas.



c) Si la succión de agua es excesivo el mortero pierde plasticidad y se redondea hacia los extremos. Bajo carga axial existe concentración de esfuerzos en el centro y bajo carga excéntrica se reduce la resistencia.

GRAFICO 1.9

EFEECTO DE LA IRREGULARIDAD Y LA SUCCION DE AGUA DE LAS UNIDADES EN LA RESISTENCIA A COMPRESION AXIAL EN MUROS DE ALBANILERIA DE ARCILLA CUCIDA [2]

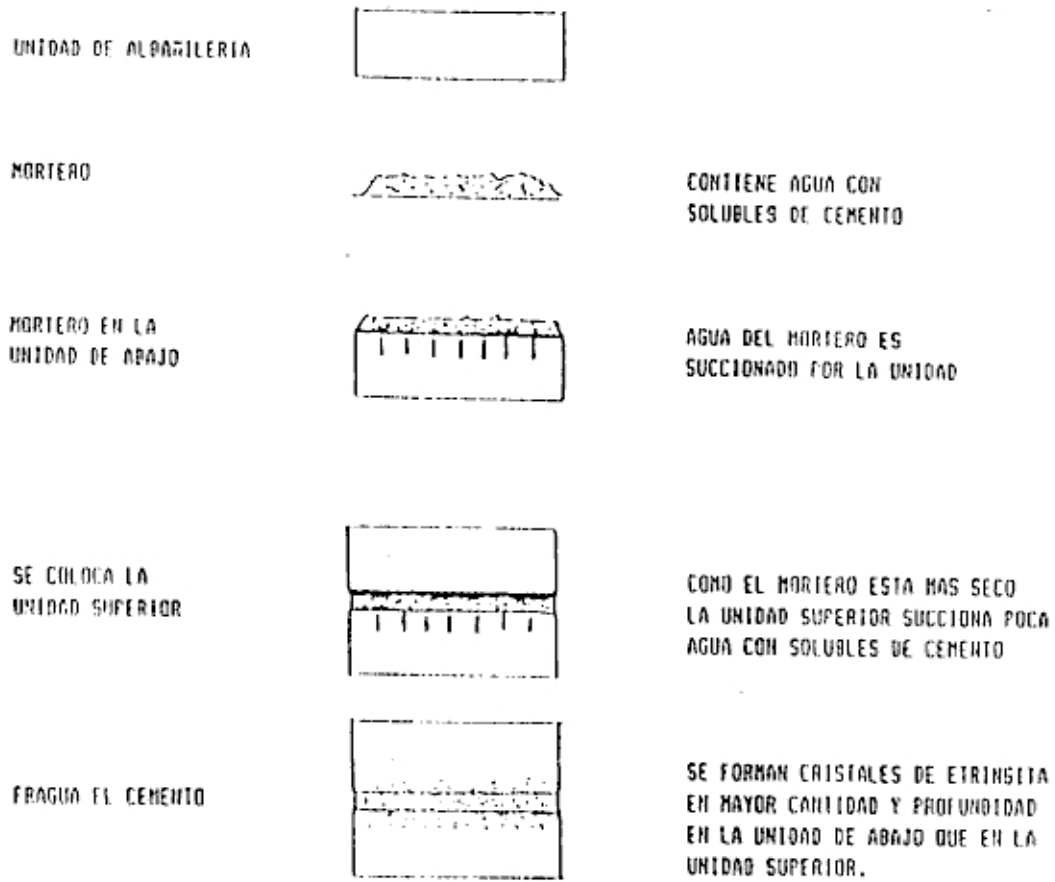


GRAFICO 1.10

MECANICA DE LA ADHERENCIA [5]

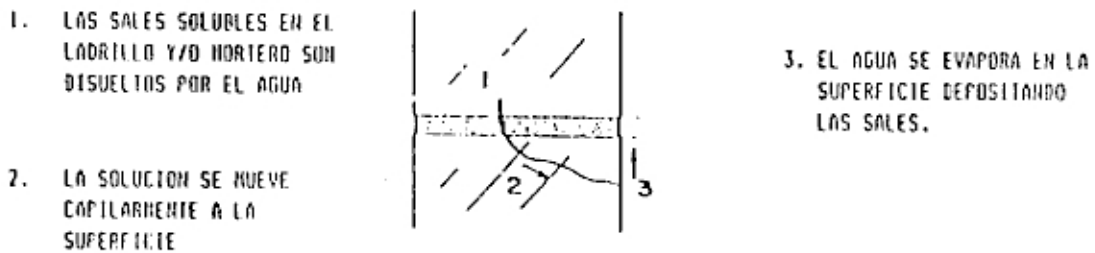


GRAFICO 1.11

MECANICA DE LA EFLORESCENCIA [5]

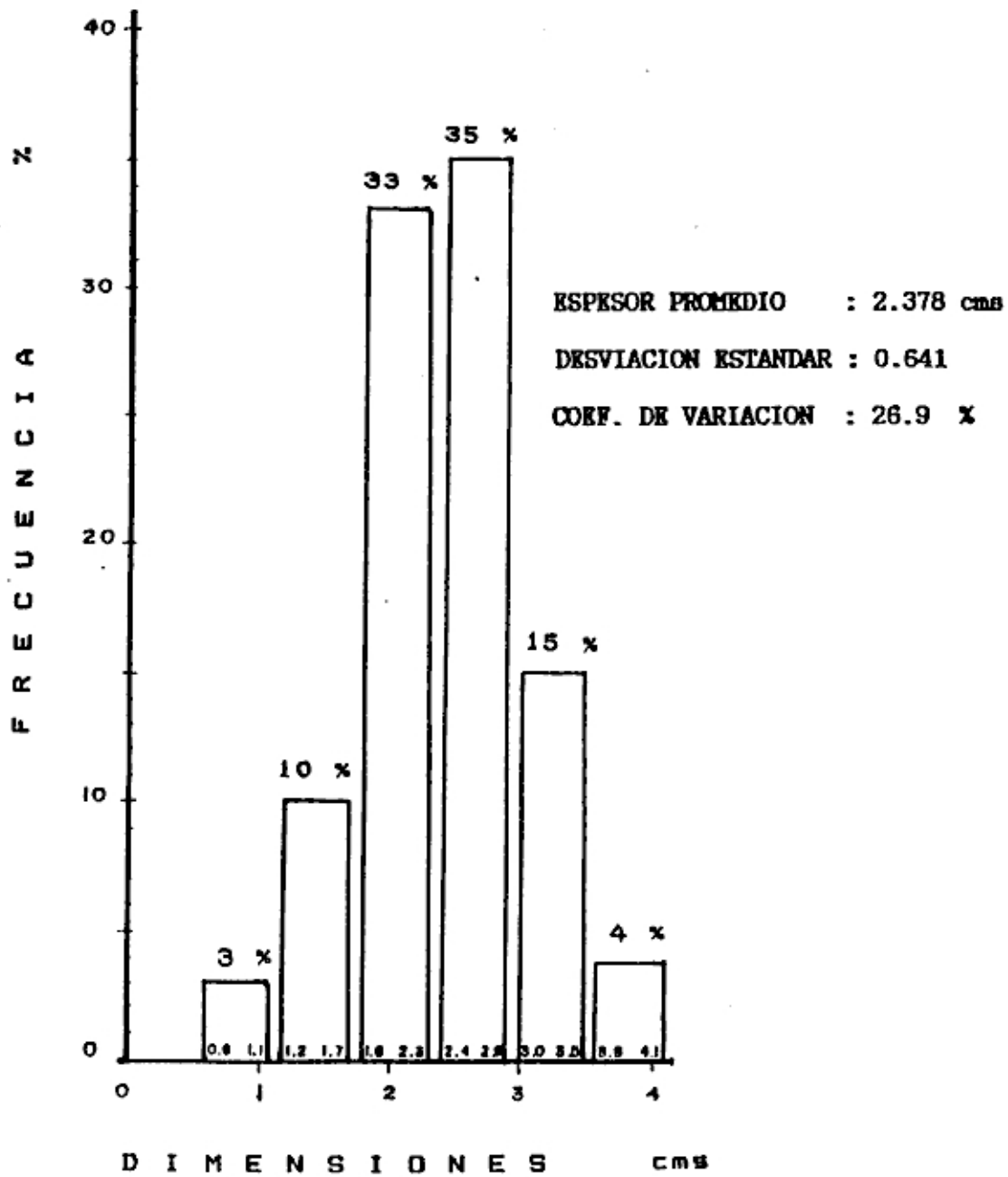


GRAFICO 1.12

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA DE ESPESORES DEL MORTERO ENTRE LAS UNIDADES EN MUROS DE ALBANILERIA DE ARCILLA COCIDA. LIMA ENERO - 1994.

C A P I T U L O I I

COMPONENTES DEL MURO DE ALBAÑILERIA

El mortero es una mezcla compuesta de un aglomerante, arena y agua; son empleados en el muro de albañilería, revoque de superficies, montaje de bloques y elementos prefabricados; además en trabajos especiales como decorativos, entre otros.

2.1 MORTERO DE ALBAÑILERIA

El mortero de albañilería sirve como adhesivo para unir las unidades de albañilería, con el objeto de formar muros resistentes, durables e impermeables.

La función del mortero en el muro de albañilería es doble, en primer lugar debe proveer cama uniforme para las unidades de tal manera que se extienda con facilidad y penetre en las irregularidades y hendiduras de los mismos, corrigiendo así sus imperfecciones e irregularidades; en segundo lugar sirve como adhesivo para unir las unidades de albañilería del muro.

2.1.1 COMPONENTES DEL MORTERO

A la fecha los componentes del mortero son generalmente el cemento Portland, arena y agua con o sin adición de cal. En algunos países es común también el empleo del mortero con cemento de albañilería, generalmente con la adición de cemento Portland cuando se trata de albañilería portante.

1.- CEMENTO

Los cementos aceptados en la preparación de morteros de albañilería normalmente son los cementos Portland de los Tipos I , II y ocasionalmente el Tipo III, además los cementos adicionados y los cementos de albañilería.

Los cementos Portland son aglomerantes hidráulicos normalizados obtenidos pulverizando clinker, que consiste esencialmente en silicatos cálcicos hidráulicos a los que se le ha incorporado como adición eventual el sulfato de calcio y otros productos que no excedan el 1% en peso del total, siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. ASTM C150.

Los cementos adicionados, son aglomerantes hidráulicos normalizados obtenidos de la mezcla íntima y uniforme de cemento Portland y de puzolanas o escorias, finalmente molidas en molienda junto con el clinker. ASTM C595.

El cemento de albañilería, son aglomerantes hidráulicos fabricados exclusivamente para la preparación de morteros, usados en trabajos de albañilería. Se obtienen mediante la pulverización del clinker Portland y/o materiales que aún careciendo de propiedades hidráulicas o puzolánicas, mejoran la plasticidad y la retención de agua del mortero. ASTM C91.

INFLUENCIA

El cemento en el mortero fija la resistencia a la compresión y el valor de la adherencia con las unidades de albañilería; adicionalmente colabora en su retentividad y trabajabilidad. Los morteros con excesos de cemento aumenta la contracción de fragua que tiende a retraer el mortero disminuyendo la durabilidad de la adherencia.

Si bien es cierto, el cemento es el componente esencial del mortero, sin cal tienden a ser ásperos y pocos retentivos y en consecuencia difíciles de trabajar.

Los cementos adicionados debido a su mayor finura como a su endurecimiento más lentos producen morteros más retentivos y de menor consistencia que los cementos Portland, además producen morteros menos resistentes.

2.- LA CAL

Al producto que resulta de la descomposición de las rocas calizas, mediante el calor se le denomina cal viva y al reaccionar con el agua produce un polvo amorfo de color blanco, denominada cal hidratada, que constituye un aglomerante y mezclado con una cantidad conveniente de agua forma una pasta con fluidez variable.

La cal hidratada es muy usado en morteros de albañilería; sobre todo en proporciones convenientes con el cemento y la arena mejoran las cualidades de plasticidad y retentividad del mortero.

INFLUENCIA

Debido a la finura de la cal tiene la particularidad de reducir la consistencia y aumentar la plasticidad y retentividad de los morteros, gráfico 2.1. Si bien reduce la consistencia, se deberá añadir más agua para obtener el temple deseado con lo que se reducen la resistencia del mortero.

La cal, al proveer al mortero plasticidad y retentividad posibilita que la mezcla pueda ser trabajable y esparcida en superficies de contacto en forma uniforme; adicionalmente la retentividad permite que el valor de la adherencia se haga uniforme con las unidades.

3.- LA ARENA

La arena usado en morteros pueden ser natural o fabricado: en general todas las arenas pueden aplicarse en la elaboración de morteros siempre y cuando satisfagan los requerimientos de la norma ASTM C144.

INFLUENCIA

La arena en el mortero disminuye la contracción de fragua del mortero a niveles manejables al proveer una estructura indeformable. Las arenas de grano grueso aumentan la resistencia a la compresión del mortero y producen morteros ásperos, mientras que las arenas de grano fino reducen la resistencia y la adherencia.

La forma redondeada o angulosa de los granos de la arena influyen en las propiedades del mortero por lo tanto, debe preferirse arenas de granulometría completa, bien graduadas que produzcan morteros trabajables y adhesivos.

4.- EL AGUA

Las normas generalmente recomiendan que el agua ha utilizarse en el mortero sea adecuado como para beber, con lo cual se asegura que está libre de materias orgánicas y otras impurezas.

INFLUENCIA

El agua es el componente principal en el estado plástico del mortero, determina la consistencia de mortero, es decir su trabajabilidad, y para lograr una máxima adherencia debe buscarse una máxima consistencia compatible al manipuleo del mortero con el badilejo.

Para recuperar la consistencia perdida por el secado del mortero, se pueden añadir agua siempre y cuando esto se haga antes del inicio de la fragua de cemento, dicho inicio puede establecerse conservadoramente de una a dos horas y media luego de preparado el mortero.

2.1.2 PROPIEDADES DEL MORTERO

1.- TRABAJABILIDAD

Propiedad en la cual el mortero adquiere cierto grado de plasticidad y que ésta permita colocar las unidades de albañilería en forma alineada y regular, asegurando la extensión de la adherencia penetrando el mortero en los intersticios de la unidad de albañilería.

En la actualidad no existe un método para poder cuantificar la trabajabilidad, en laboratorio se le relaciona con las propiedades de la consistencia y retentividad del mortero; mientras que en obra es fácilmente reconocible por un buen

albañil.

2.- CONSISTENCIA

Es la propiedad en la cual el mortero tiene la cualidad de fluir y depende directamente de la cantidad de agua en el mortero.

La consistencia ideal depende al tipo de uso que se le da al mortero y en la práctica se puede precisar que, para tener una óptima trabajabilidad la consistencia o fluidez debe estar entre 110% y 140%.

La cuantificación de la consistencia se realiza midiendo la fluidez, que es el porcentaje de flujo de acuerdo a la norma ASTM C91

3.- RETENTIVIDAD

Propiedad del mortero en la cual es capaz de mantener su trabajabilidad durante el proceso de asentado de las unidades, manteniendo el agua de mezclado y resistir la succión por parte de las unidades.

Los morteros con reducida retención, ceden agua con facilidad y consecuentemente pierden trabajabilidad endureciéndose en corto tiempo y dificultando el asentado de la próxima unidad.

En unidades de alta succión es importante la retención del agua, ya que éstas pueden absorber el agua necesario del fraguado del mortero, lo que reduce notablemente su resistencia y la adherencia con la unidad.

La medida de la retención de agua es mediante la relación entre la fluidez después del vacío y la fluidez antes de la prueba del vacío. ASTM C91.

4.- RESISTENCIA A LA COMPRESION

Propiedad fundamental del mortero, en el cual influyen la calidad de sus componentes, principalmente del tipo de aglomerante y sus proporciones.

La resistencia a la compresión del mortero aumenta con el tiempo y su valor máximo, llega a los 28 días de fabricado; en el gráfico 2.2, se observa la influencia de la cal en el mortero, donde a mayor proporción de cal cuando la relación arena-cemento es baja, disminuye la resistencia a la compresión; pero cuando la relación arena-cemento es alta, la cal tiene poca influencia y la resistencia a la compresión baja considerablemente.

La granulometría de la arena influye en la resistencia a la compresión del mortero; del cuadro 2.1, se observa que en morteros con arenas de buen porcentaje de grano grueso se obtienen mayores resistencias.

CUADRO 2.1 : EFECTO DE GRANULOMETRIA DE LA ARENA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL MORTERO

GRANULOMETRIA ARENA	RESISTENCIA A 28 DIAS kg/cm ²	
	COMPRESION	TRACCION
Fina	270	37
Intermedia	345	54
Gruesa	385	47
Gruesa con finos	335	41
Fina con gruesos	315	46

MORTERO 1:1:6 (CEMENTO-CAL-ARENA)

REF. [2]

5.- RESISTENCIA A LA TRACCION

Esta propiedad tiene poca importancia en los muros de albañilería, en el caso de presentarse las fallas por tracción, éstas ocurrirán entre la unidad y el mortero; mientras que en otras direcciones la falla depende principalmente de la resistencia en tracción de la unidad; sin embargo esta propiedad tiene importancia para morteros que se usan para revestimientos, según Sánchez [4], muestra que los factores que influyen en la resistencia a la tracción son las mismas de la resistencia a la compresión.

Mientras por estudios realizados por R. Meli [2], relaciona a dichas resistencias mediante la ecuación más aproximada y general.

$$F't = 1.85 \sqrt{F'c} - 4.8 \text{ kg/cm}^2$$

$F't$ = resistencia en la tracción del mortero kg/cm²

$F'c$ = resistencia a la compresión del mortero kg/cm²

6.- ADHERENCIA

Propiedad más importante del mortero en la cual mantiene unida a las unidades del muro de albañilería. Esta propiedad no es absoluta del mortero, en ellas influye aparte de sus componentes, el tipo de unidad y la mano de obra, entre otros.

De ésta propiedad depende la resistencia, durabilidad, permeabilidad y en parte la resistencia del muro.

La adherencia se produce cuando la unidad de albañilería sobre sus poros succiona solubles de cemento en agua del mortero; por lo tanto, mientras el mortero sea más fluido, será más fácil la extensión y el contacto íntimo del mortero con las unidades de albañilería, mejorando así la adherencia; según Lamaná [6], obtuvo mejor resultados con morteros con una fluidez de 140%.

De los componentes, según el gráfico 2.3.a, se observa que la máxima adherencia se encuentra cuando la relación arena-cemento esta entre 3 y 4; y en el gráfico 2.3.b, se observa que se obtiene valores máximos para la relación cal-cemento menores que la unidad.

De otro lado, morteros de baja retentividad y con excesos de cemento son ásperos y tienden a contraerse originando una adherencia localizada y pobre; mientras que los

morteros con cal aumentan la retentividad manteniendo el mortero plástico y extendiendo el valor de la adherencia.

En resumen, buscar un buen resultado de la adherencia es obtener una fuerte unión entre las unidades de albañilería y que el mortero en las juntas sean resistentes, durables e impermeables; por tanto mayor resistencia del muro.

7.- CAMBIOS VOLUMETRICOS

Propiedad en la cual el mortero sufre cambios volumétricos debido a la contracción inicial de la fragua y secado, como a cambios de temperatura y humedad. Estos cambios son responsables de la pérdida parcial de la adherencia entre la unidad y el mortero y de producir fisuras en el mortero al ser limitados sus deformaciones por la unidad.

La importancia de éste fenómeno es mayor cuánto más diferentes sean las características de deformación de los materiales.

Las contracciones por fraguado depende de la cantidad de agua de la relación arena-cemento y del tipo de cemento; a mayor cemento mayor será la contracción y a mayor cantidad de arena menor será la contracción.

8.- PROPIEDADES ELASTICAS

El mortero es más deformable que las unidades de albañilería como hemos visto al estudiar las propiedades de resistencia del muro y es responsable en gran parte de las reformaciones bajo carga del muro.

Los morteros con cal son más dúctiles y deformables que los de cemento, como se observa en el gráfico 2.4

2.1.3 PROPORCIONES RECOMENDABLES

De acuerdo a lo descrito en los puntos anteriores, los componentes de mortero influyen en las propiedades del mortero y éstas en el muro de albañilería, es decir, que el mortero aparte de tener buena resistencia, durabilidad y adherencia con las unidades, debe proveerle al muro propiedades de resistencia de acuerdo a su uso. Por lo tanto, los componentes y sus proporciones en el mortero juegan un rol muy importante en el muro de la albañilería.

La norma ASTM C270, siendo la más difundida recomienda las proporciones mostradas en el cuadro 2.2, de acuerdo a las propiedades específicas de resistencia a la compresión y propiedades de los materiales usados en el mortero.

CUADRO 2.2 : MORTEROS RECOMENDADOS POR LA ASTM C270

TIPO DE MORTERO	CEMENTO Vol	CEMENTO DE ALBAÑILERIA Vol	CAL Vol	RESISTENCIA COMPRESION kg/cm ²	TIPO DE TRABAJO EN QUE SE RECOMIENDA
M	1	1	0	175	- Muros de carga con unidades de alta resistencia. - Cimientos.
	1	0	1/4		
S	1/2	1	0	127	- Muros de carga con unidades de baja resistencia.
	1	0	1/4 a 1/2		
N	0	1	0	53	- Elementos no estructurales expuestos a la intemperie.
	1	0	1/2 a 1 1/4		
O	0	1	0	25	- Elementos no estructurales no expuestos a la intemperie.
	1	0	1 1/4 a 2 1/2		
K	1	0	2 1/2 a 4	5	

ARENA: NO MENOS DE 2 1/4 NI MAS DE 3 VECES LA SUMA DE LOS VOLUMENES SEPARADOS DE LOS AGLOMERANTES

La norma técnica de edificación E070, recomienda los morteros de cemento Portland tipo I con o sin cal hidratada específicamente, como se muestra en el cuadro 2.3 y no resentan requisito alguno de propiedad de los mismos.

El Reglamento Nacional de construcciones, recomienda sus proporciones para muros portantes y no portantes, especificando algunas propiedades del mortero como se muestra en el cuadro 2.4

CUADRO 2.3: MORTEROS RECOMENDADOS POR LA NORMA E070

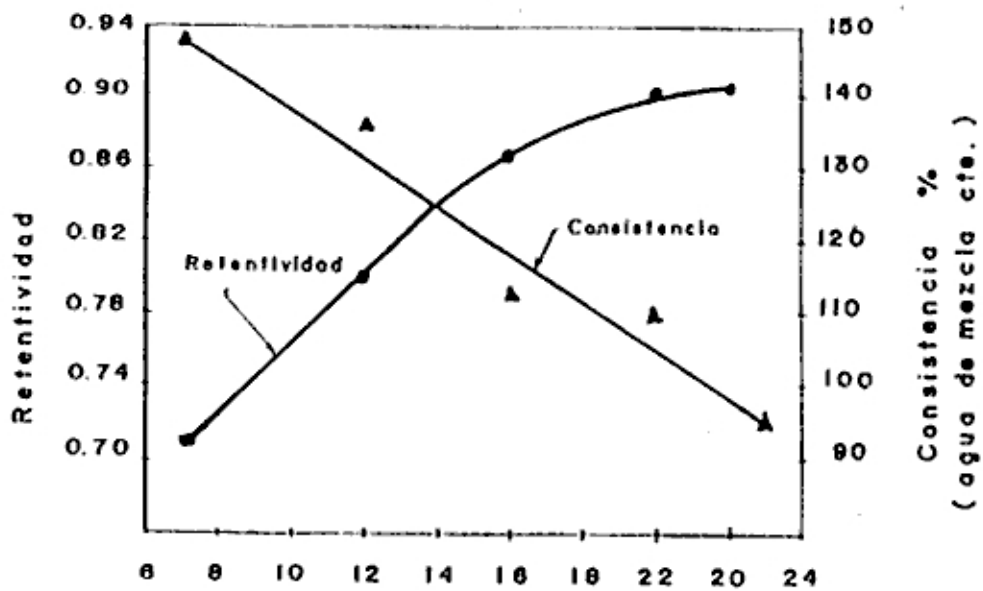
CEMENTO PORTLAND TIPO I Y CAL HIDRATADA			
TIPO	CEMENTO	CAL	ARENA
P1-C	1	1	4
P2-C	1	1	5
NP-C	1	1	6
CEMENTO PORTLAND TIPO I			
P1	1	0	4
P2	1	0	5
NP	1	0	6

PROPORCIONES EN VOLUMEN.

CUADRO 2.4 : MORTEROS RECOMENDADOS POR EL R.N.C.

MORTEROS EN MUROS PORTANTES				
T I P O	CEMENTO: CAL ARENA Vol	RESISTENCIA MINIMA EN COMPRESION kg/cm ²	ENCOGIMIENTO LINEAL PROMEDIO EN 40 HRAS. %	RETRACCION DE AGUA %
M-1	1: 0: 3	175	0.22	35
M-2	1: 0: 4	100	---	---
S-1	1:1/2:4 1/2	100	EST. 0.26	EST. 30-70
MORTEROS EN MUROS NO PORTANTES Y EN ACABADOS				
S-2	1:0:5	60	---	---
N	1:1:6	50	0.30	60 - 80
O	1:2:9	25	0.48	80

Como se puede observar, las normas ASTM nos dan una mayor amplitud de requerimientos y especificaciones acerca de los morteros de cemento y arena con o sin cal, usados en albañilería.



Cal en % del volumen total del mortero

GRAFICO 2.1

RETENTIVIDAD Y CONSISTENCIA VS LA CAL (5)

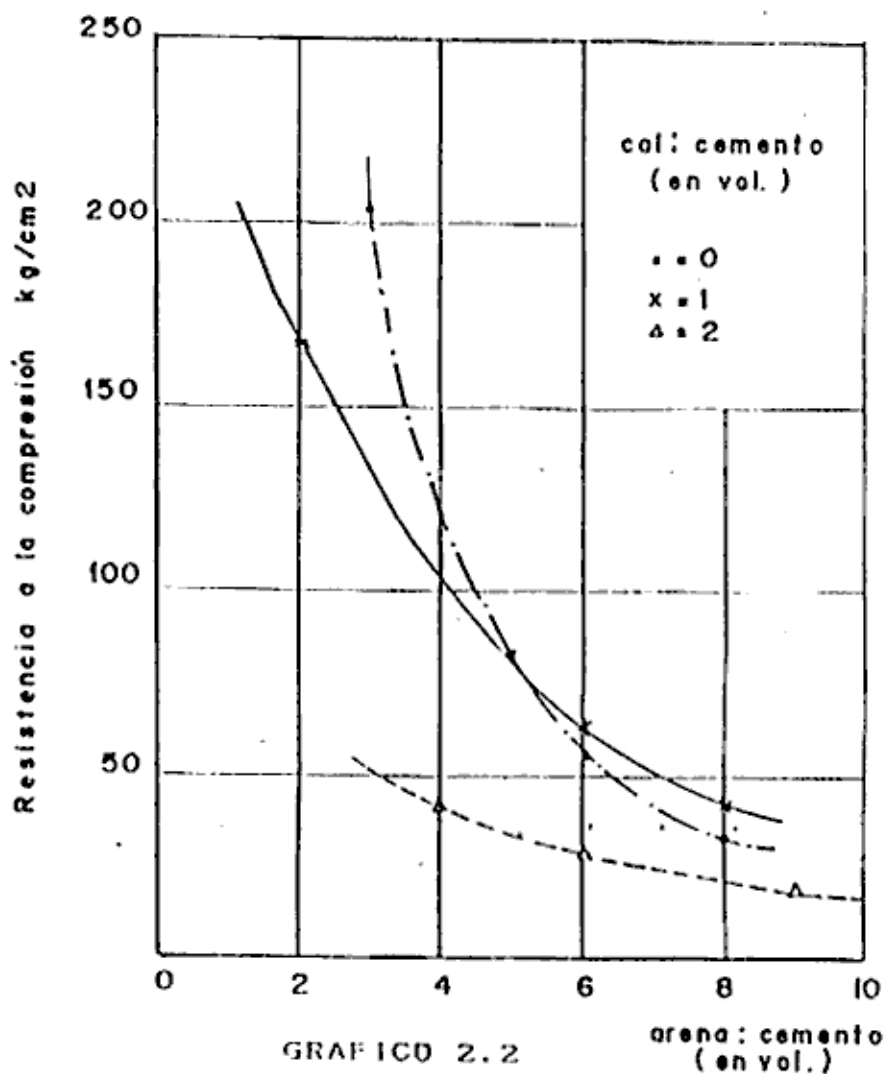


GRAFICO 2.2

arena:cemento
(en vol.)

INFLUENCIA DE LA ARENA EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESION EN MORTEROS (4)

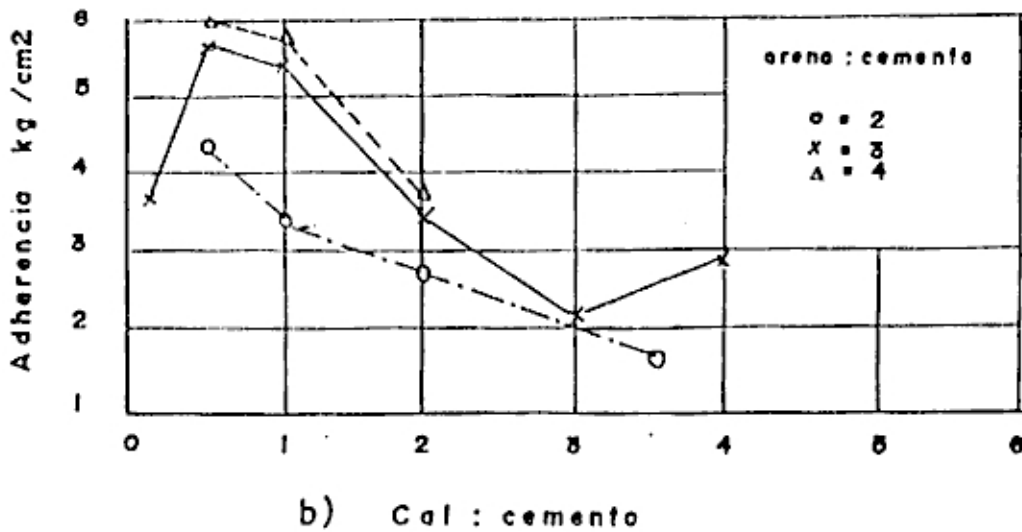
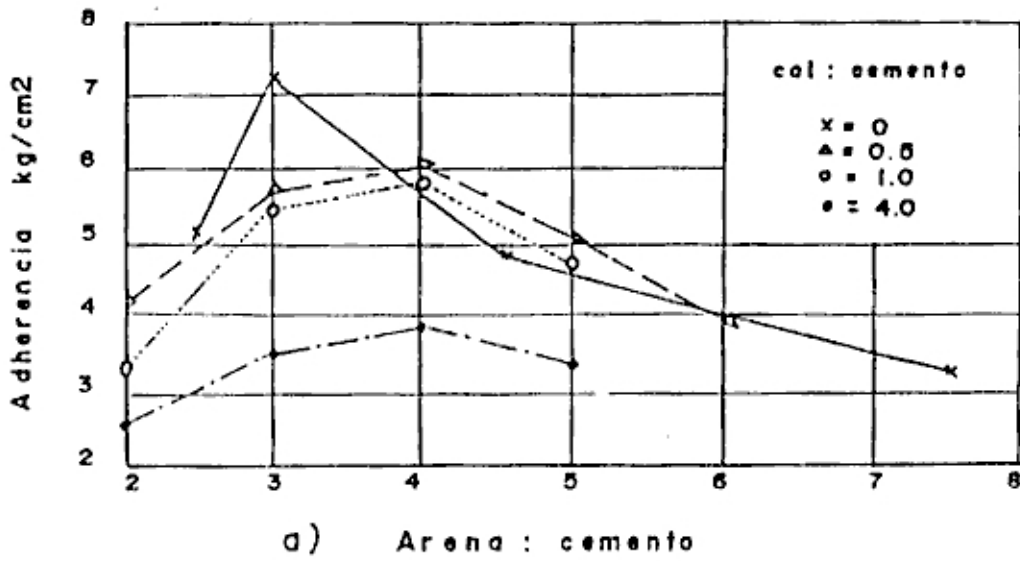


GRAFICO 2.3

INFLUENCIA DE LAS PROPORCIONES DEL MORTERO EN LA ADHERENCIA (2)

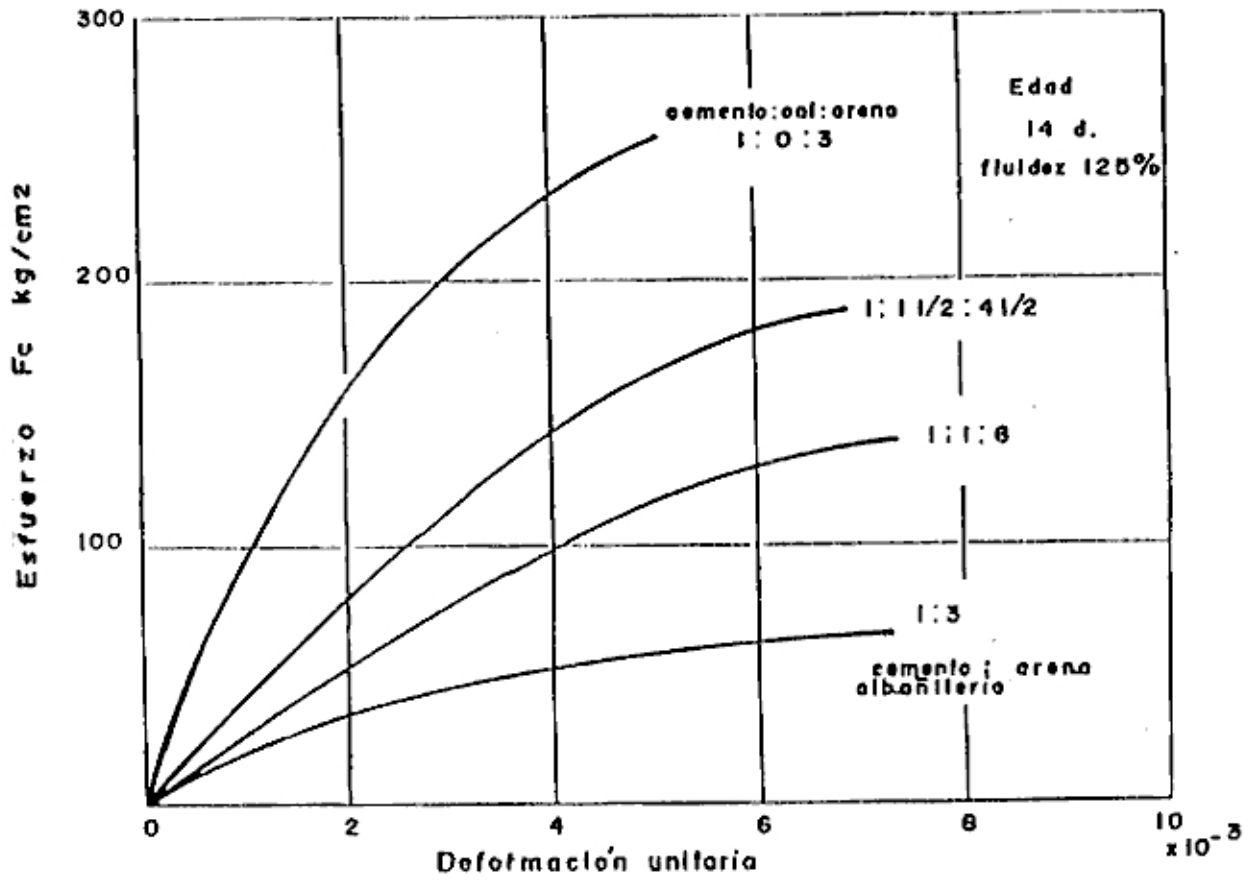


GRAFICO 2.4

CURVAS DE ESFUERZO - DEFORMACION EN MORTEROS (2)

2.2 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

La unidad de albañilería es el componente básico en la albañilería unidos con el mortero deben formar muros resistentes, durables e impermeables al agua.

2.2.1 CLASIFICACION

Las unidades de albañilería se clasifican:

1.- SEGÚN LA MATERIA PRIMA USADO EN SU FABRICACIÓN, EL METODO DE FABRICACIÓN Y FORMA DE LA UNIDAD.

a) SEGUN SU FORMA

a1 SOLIDA

Unidad en el que cualquier sección paralela a la superficie de asiento tiene un área neta equivalente al 75% ó más del área bruta de la sección.

a2 PERFORADO O HUECO

Cuando la unidad, en su sección paralela la superficie de asiento tiene un área neta equivalente menor al 75% del área bruta de la misma sección.

a3 TUBULAR

Quando la unidad tiene huecos paralelos a la superficie de asiento.

b) SEGUN LA MATERIA USADA EN SU FABRICACION**b1 DE ARCILLA**

Son fabricados con arcilla natural mezclados con arena y limo, dosificados en forma apropiada de tal manera que al amasarse con agua, debe ser plástica permitiendo ser formados en moldes o extrusoras con facilidad y después de ser cocidos no deben mostrar fisuras o agrietamientos.

En nuestro medio las unidades de arcilla cocida difieren en sus propiedades debido a la variedad de arcilla que se usan en su fabricación y al método de fabricación de los mismos. Así los ladrillos fabricados industrialmente son de mejor calidad que los artesanales.

Las unidades de arcilla cocida usualmente se les denominan ladrillos y se fabrican sólidos, perforados y tubulares. El color de éstas unidades normalmente es de amarillo a rojo.

b2 DE CONCRETO

Son fabricados a base de cemento y agregados; graduados, moldeados en formas especiales, asistidos por vibración o presión mecánica.

Las mezclas pueden ser dosificadas para producir unidades de resistencias variables dentro de un mismo tipo de unidad.

Las unidades de concreto comúnmente se les denomina bloques de concreto, se fabrican sólido y hueco. El color de estas unidades es gris o gris verdoso.

b3 SILICO - CALCAREAS

Son fabricados a base de cal, arena natural o roca triturada o en combinación de ellas, debidamente dosificados; elaborado, prensado, secado y endurecido a vapor bajo condiciones especiales de presión y temperatura.

Las mezclas pueden ser dosificados para producir unidades de variadas calidades, ellas se diferencian casi exclusivamente por su resistencia a la compresión.

Las unidades silico - calcáreas se caracterizan por tener reducida variabilidad dimensional, por ser muy perfilados y de textura suave, las que depende en alguna medida de las características de la arena.

Las unidades cilíndricas - calcáreas, se fabrican sólidas, huecas y perforadas. Su color natural es generalmente blanco grisáceo, amarillo o rosado dependiendo de la arena empleada.

c) SEGUN EL METODO DE FABRICACION

c1 INDUSTRIAL

Es la unidad de albañilería, fabricada con maquinaria que amasa, moldea y prensa o extruye la masa de arcilla obteniéndose unidades de poca variabilidad en sus propiedades y de buena calidad; las caras laterales tienen texturas muy suaves casi pulidas, mientras que las caras de asiento tienen texturas ásperas.

La unidad producida industrialmente se caracteriza por su uniformidad en sus dimensiones, forma más perfilada y su alta resistencia; por este método se fabrican unidades macizas, perforadas y tubulares.

c2 ARTESANAL

Unidad de albañilería fabricada con procedimientos predominantemente artesanales; el amasado y el moldeado es hecho manualmente con moldes de madera arenados o moldes metálicos; produciendo unidades de textura variable dependiendo del tipo de molde.

Estas unidades se caracterizan por tener variabilidad en sus propiedades y dimensiones; por éste método generalmente se fabrican unidades de albañilería macizas.

2.- SEGUN ITINTEC

Clasifica en 5 Tipos a las unidades de arcilla cocida, de acuerdo a sus propiedades como se muestra en el cuadro 2.5

TIPO I.- Resistencia, y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

TIPO II.- Resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.

TIPO III.- Resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

TIPO IV.- Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condicionales de servicio rigurosas.

TIPO V.- Resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

CUADRO 2.5 : CLASIFICACION DE LAS UNIDADES DE ALBANILERIA DE ARCILLA COCIDA. ITINTEC 331.017

T I P O		I	II	III	IV	V		
P R O P I E D A D E S	O B L I G A T O R I A S	VARIACION DE LA DIMENSION	HASTA 10 cm	± 8	± 7	± 5	± 4	± 3
		Máx	HASTA 15 cm	± 6	± 6	± 4	± 3	± 2
		1	MÁS DE 15 cm	± 4	± 4	± 3	± 2	± 1
	ALABEO Máx mm		10	8	6	4	2	
	RESISTENCIA A LA COMPRESION Min kg/cm ²		S.L. 60	S.L. 70	95	130	180	
	DENSIDAD Min gr/cm ³		1.50 S.L.	1.60 1.55	1.60	1.65	1.7	
PROPIEDADES OPCIONALES	ABSORCION MAXIMA Máx %		S.L. S.L.	S.L. S.L.	25	22	22	
	COEFICIENTE DE SATURACION MÁX		S.L. S.L.	S.L. S.L.	0.90	0.88	0.88	

S.L. = SIN LIMITE

NOTA 1: La variación de la dimensión se aplica para todas y cada una de las dimensiones del ladrillo y está referida a las dimensiones especificadas.

NOTA 2: El alabeo se aplica para concavidad y convexidad.

NOTA 3: La resistencia a la compresión se aplica respecto al área bruta en unidades macizas y respecto al área neta en unidades perforadas.

NOTA 4: El ensayo de absorción máxima solo es exigible cuando el ladrillo estará en contacto directo con lluvia intensa, terreno húmedo o agua.

NOTA 5: El coeficiente de saturación sólo es exigible para condición de intemperismo severo.

C A P I T U L O I I I

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES DEL MORTERO

3.1 ARENA

La arena empleada en la preparación del mortero fue procedente de La Cantera "La Molina"; a continuación determinaremos sus principales características físicas mediante ensayos en laboratorio. Los resultados se muestran en el Capítulo VI.

3.1.1 GRANULOMETRIA

Se refiere a la distribución de las partículas de la arena y se determina mediante el análisis granulométrico, que consiste en dividir una muestra de arena en muestras de igual tamaño según las aberturas de los tamices utilizados en el ensayo.

La arena de la Molina en estado natural debido a que no se encuentra dentro los límites especificados por las por las normas ASTM C144 y E-070, se eliminaron los pesos retenidos en la malla No 4 y 80% aproximadamente de la malla No 8; con los cuales la arena resultante se encuentra dentro de

las especificaciones de dichas normas.

En laboratorio siguiendo el procedimiento descrito por la ITINTEC 400.012, se obtienen los resultados mostrados los cuadros 01, 02 y en el gráfico 01.

3.1.2 MODULO DE FINURA

Es un indicador del tamaño promedio ponderado de una muestra de arena, más no representa la distribución de las partículas de la misma.

La norma E070 fija los límites del valor numérico del módulo de finura de 1.6 al 2.5 en arenas usadas en morteros de albañilería; cuantitativamente según la ITINTEC 400.011 el módulo de finura, es la centésima parte del número que resulta de sumar los porcentajes retenidos acumulados en los tamices empleados al efectuar el ensayo de granulometría.

De los resultados obtenidos en el cuadro 02, tendremos:

$$(3.5 + 27.7 + 52.0 + 74.6 + 88.4) / 100 = 2.46$$

Módulo de finura = 2.46

3.1.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la cantidad de agua que contiene la arena en estado natural y depende de las condiciones del ambiente en que se encuentra la zona de trabajo.

La determinación del contenido de humedad de la arena, consiste en pesar cierta cantidad aproximadamente de 500 grs de una muestra de arena y llevarlo hasta peso constante; se expresa como el porcentaje del peso del agua contenido en la arena con relación al peso de la muestra. En laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 03.

3.1.4 ABSORCION

Es la cantidad de agua absorbida por la arena después de ser sumergido 24 horas en agua.

Para determinar la absorción de la arena, luego de saturado por 24 horas se extiende la muestra para secarla hasta llegar al estado saturado superficialmente seco, éste estado se determina mediante un tronco de cono especial según el procedimiento descrito por la ITINTEC 400.022, cuando se llega al estado saturado superficialmente seco se llevan la muestra hasta peso constante; se expresa como porcentaje del peso seco de la muestra.

En laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 04.

3.1.5 PESO UNITARIO

Es el peso que ocupa la arena un determinado volumen unitario; el peso unitario es suelto cuando en un recipiente de geometría normalizada, se llena la arena suavemente sin ningún tipo de presión; el peso unitario es compactado cuando en el mismo recipiente se llena la arena en 3 capas, compactando cada capa con 25 golpes con una varilla de metal de 5/8" de diámetro y extremo redondeado; el peso unitario se expresa generalmente en kg/m³.

Siguiendo el procedimiento descrito en la norma ITINTEC 400.017, en laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en los cuadros 05 y 06.

3.1.6 PESO ESPECIFICO

Se refiere al peso específico de masa, que es la relación entre el peso y el volumen del material incluyendo los poros permeables e impermeables propios del mismo. Para determinar el peso específico de la arena según la norma ITINTEC 400.022, consiste en introducir en un balón de 500 ml, un peso de arena en estado saturado superficialmente seco con suficiente agua como para poder eliminar las burbujas de aire agitando el conjunto, una vez eliminada

las burbujas de aire, se completa de agua en el balón hasta la marca de 500 ml: luego pesamos el conjunto con lo que obtendremos por diferencia el volumen de la arena, en ese instante el conjunto es llevado hasta que la arena llegue a peso constante, determinando luego el peso seco de la arena.

En laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 07.

3.1.7 SUPERFICIE ESPECIFICA

Es la suma de las áreas superficiales por unidad de peso de la arena. Para su determinación se tendrá en cuenta que todas las partículas son esféricas y el tamaño medio de las partículas, es el promedio del diametro del tamiz en que son retenidas y el tamiz inmediatamente superior que pasa: teniendo en cuenta dichas consideraciones, se puede demostrar para el cálculo de la superficie específica la siguiente fórmula:

$$S.E = \frac{0.06}{PE} (\frac{P1}{d1} + \frac{P2}{d2} + \frac{P3}{d3} + \dots + \frac{Pn}{dn})$$

P1, P2, P3, Pn = % retenidos en cada tamiz

d1, d2, d3, dn = diámetro promedio de las partículas de la arena

PE = Peso específico de masa de la arena.

Con los datos de la granulometría, obtenemos la superficie específica de la arena, como se muestra el cuadro 08.

3.1.8 MATERIAL QUE PASA LA MALLA No 200

Es el material fino, constituido por arcillas y limos cuyo diámetro es menor de 0.075 mm, que se encuentra unido a los granos de la arena o en partículas sueltas. Este material en cantidades apreciables afecta la adherencia de la arena con la pasta e incrementa el consumo de agua, debilitando la resistencia del mortero.

Para la determinación de este material según el procedimiento descrito en la norma ITINTEC 400.018, consiste en lavar la muestra de la arena y pasar el agua de lavado a través del tamiz No 200; La pérdida de material resultante del lavado se calcula como un porcentaje de la muestra original y es expresada como la cantidad del material que pasa la malla No 200. La pérdida de material resultante del lavado se calcula como un porcentaje de la muestra original y es expresada como la cantidad del material que pasa la malla No 200.

En laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 09.

3.1.9 IMPUREZAS ORGANICAS

Son sustancias orgánicas originadas por la descomposición de elementos vegetales como el humus, gredas orgánicas, entre otros. Estas impurezas pueden afectar las reacciones de hidratación del cemento, modificando el fraguado y reduciendo la resistencia del mortero.

Su determinación se realiza mediante el procedimiento descrito en la norma ITINTEC 400.013.

En estudios hechos por Marquina sobre "arenas de construcción", encontró que en las canteras de la ciudad de Lima, como de la Molina, no presentan materia orgánica y son aptos para la preparación de morteros.

3.1.10 PARTICULAS FRIABLES

Son sustancias perjudiciales que afectan la calidad del mortero. Su determinación según la norma ITINTEC 400.015 consiste en extender una muestra seca previamente lavada en el tamiz No 200 y retenida entre los tamices No 4 al No 16, en una capa delgada sobre el fondo de un recipiente, luego las partículas pueden desintegrarse con los dedos pulgar e índice hasta reducirla a material más fino; se clasifican como terrones de arcilla o partículas friables luego de que todas las partículas desintegrables se han roto, la muestra se tamiza por vía húmeda sobre el tamiz No. 20

El porcentaje de partículas friables y terrones de arcilla se expresa como el cociente del peso de las partículas friables y terrones de arcilla tamizadas, entre el peso de la muestra.

En laboratorio se obtuvieron los resultados mostrados en el cuadro 10.

3.1.11 RESISTENCIA A LOS SULFATOS

El comportamiento del mortero expuesto a la congelación guarda relación con la estructura de poros de la arena, si la arena tiene un alto porcentaje de absorción, sucede que al absorber agua y ésta pasa de estado líquido a sólido por congelamiento, provoca tensiones internas que pueden ocasionar el agrietamiento o desintegración del mortero.

Su determinación según la norma de ITINTEC 400.016, consiste en sumergir muestras de arena previamente lavadas y secas, en una solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, preparado de acuerdo a la norma durante 16 horas ni más de 18 horas, de manera que queden totalmente cubiertas por la solución; después de cumplida el período, se retiran las muestras dejándolas escurrir llevándolas a un horno hasta obtener un peso constante; la muestras a temperatura ambiente se somete a un nuevo período de inmersión, repitiendo éste ciclo el número de veces requerido.

La evaluación cuantitativa del ensayo, se realiza por un promedio compensado, calculado a partir del porcentaje de pérdida, para cada fracción granulométrica, teniendo como base el escalonado de la muestra original osea, los porcentajes retenidos en los tamices indicados.

En laboratorio siguiendo el procedimiento descrito por la norma ITINTEC 400.016 y utilizando una solución de sulfato de sodio, se efectuaron tres ciclos y los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 11.

3.2 CEMENTO

En el presente estudio, se utilizó el cemento Portland Tipo I Sol, siendo permitido su uso en la preparación de morteros de albañilería por la norma ASTM C270.

3.2.1 PROPIEDADES FISICAS Y COMPOSICION QUIMICA DEL CEMENTO

Las propiedades físicas y composición química del cemento Portland Tipo I Sol se muestran en los cuadros 3.1 y 3.2.

CUADRO 3.1
PROPIEDADES FISICAS DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL

PRSO ESPECIFICO	3.11 gr/cm ³
FINURA	2968 cm ² /gr
FRAGUADO	
INICIAL VICAT	194 min
FINAL VICAT	299 min
INICIAL GILLMORE	215 min
FINAL GILLMORE	320 min
CONTENIDO DE AIRE	6.60 %
RESISTENCIA A LA COMPRESION	
3 DIAS	131 kg/cm ²
7 DIAS	257 kg/cm ²
28 DIAS	389 kg/cm ²

REF [11]

CUADRO 3.2
COMPOSICION QUIMICA DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL

DIOXIDO DE SILICIO	SiO ₂	19.7 %
OXIDO DE MAGENSIO	MgO	2.93 %
OXIDO FERRICO	Fe ₂ O ₃	3.08 %
OXIDO DE ALUMINO	Al ₂ O ₃	7.7 %
OXIDO DE CALCIO	CaO	50.2 %
ANHIDRIDO SULFURICO	SO ₃	3.07 %
PERDIDA POR CALCINACION		2.7 %
RESIDUO INSOLUBLE		0.3 %
SILICATO TRICALCICO	C ₃ S	43.39 %
SILICATO DICALCICO	C ₂ S	23.75 %
ALUMINATO TRICALCICO	C ₃ A	15.35 %
FERRIALUMINATO TETRACALCICO	C ₄ AF	8.37 %

REF [11]

C A P I T U L O I V

PROPIEDADES DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA COCIDA

Para el presente estudio, se usaron dos tipos de arcilla cocida de uso más común en la construcción de muros de albañilería en nuestro medio. La primera unidad conocido como King Kong macizo de 8.5x12.5x21 fabricado artesanalmente y la segunda unidad conocido como King Kong perforado con 18 huecos de 9x13.5x24 fabricado industrialmente; ambas unidades proceden de la zona de Huachipa - Lima.

Las propiedades de las unidades que a continuación se estudian, corresponden a las obligatorias especificados por la norma ITINTEC 331.017, indicado en el cuadro 2.5 y entre otras que son necesarios para la construcción de los muros de albañilería. Los resultados se muestran en el Capítulo VI

4.1 VARIACION DE LA DIMENSION

En principio las unidades de albañilería generalmente no concuerdan con sus dimensiones especificadas; existen diferencias de largo, ancho y alto, consecuentemente éstas

variaciones geométricas se manifiestan en la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes.

Para su determinación según la norma ITINTEC 331.018, consiste en medir cada unidad el largo, ancho y alto con una precisión de 1 mm, cada medida se obtiene como el promedio de las 4 medidas entre los puntos medios de los bordes terminales de cada cara.

Se expresa, la variación como el porcentaje de cada dimensión restante de cada dimensión especificada, en el valor obtenido de promediar la dimensión de todas las muestras, dividiendo éste valor por la dimensión especificada y multiplicado por cien; es decir, se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{DE - MP}{DE} \times 100$$

V = Variación de la dimensión	%
DE = Dimensión especificada	mm
MP = Medida promedio en cada dimensión	mm

Los resultados obtenidos en laboratorio se muestran en los cuadros 13 y 14.

4.2 ALABRO

En vista de la no uniformidad en sus dimensiones en las unidades de albañilería existe deformaciones en las superficies de asiento, principalmente en forma de concavidad o convexidad.

MEDICION DE CONCAVIDAD

Se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinalmente o sobre una diagonal de una de las caras mayores del ladrillo. Se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima, se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido.

MEDICION DE CONVEXIDAD

Se emplea alternativamente uno de los dos procedimientos siguientes:

a) Se coloca el borde recto de la regla sea sobre una diagonal dos arista opuestas de una de las caras mayores del ladrillo. Se introduce en cada vértice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal, para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida.

b) Se apoya el ladrillo por la cara a medir sobre una superficie plana se introduce cada una de las cuñas en dos

vértices opuestos diagonalmente o en dos aristas, buscando el punto para el cual en ambas cuñas se obtenga la misma medida.

Se expresa al alabeo como el promedio de los valores correspondientes a concavidad y convexidad obtenidos en mm.

Los resultados obtenidos en laboratorio se muestran en los cuadros 13 y 14.

4.3 RESISTENCIA A LA COMPRESION

Es la propiedad más importante de la unidad de albañilería, sus valores indican la calidad estructural y la exposición del muro. Para su determinación se realizó el ensayo de compresión axial de acuerdo a la norma ITINTEC 331.018; donde se utilizaron unidades completas refrentados o alisados sus superficies de asiento con mortero plástico compuesto de cemento Portland y yeso en partes iguales, 24 horas antes del ensayo; luego la unidad es colocado en una máquina de compresión TINIUS OLSEN de 150 tns de capacidad, cuyo plato está provisto de una rótula esférica; la carga es aplicada en forma uniforme y continua en una velocidad controlada hasta llegar a la falla de la unidad.

La resistencia a la compresión $f'c$ de las unidades, se calcula con la siguiente fórmula:

$$f'c = F/A$$

$f'c$ = Resistencia a la compresión kg/cm²
 F = Carga de falla en la unidad kg
 A = Area bruta o neta de la superficie de asiento cm²
 de la unidad

Para los ladrillos perforados, es necesario calcular el volumen del espécimen según el ensayo de densidad y aplicar la siguiente ecuación:

$$A = V/h$$

V = Volumen de ladrillo cm³
 h = Altura del ladrillo cm

Los resultados obtenidos en laboratorio se muestran en los cuadros 15 y 16.

4.4 DENSIDAD

Propiedad en la cual nos permite determinar el peso por unidad de volumen nominal de las unidades de albañilería.

Su determinación según la norma de ITINTEC 331.018, consiste en obtener el peso seco G_3 de la unidad en un horno entre 110°C y 115°C; luego se coloca el espécimen en un recipiente lleno de agua hirviendo, disponiéndola de modo que el líquido pueda circular libremente por los costados, manteniéndolo durante 3 horas de bullición; se

pesa el espécimen sumergido obteniendo G2, equilibrando previamente la balanza con el dispositivo de suspensión y el espécimen sumergido; luego se retira el espécimen de los recipientes secando el agua superficial con un trapo húmedo y se pesa obteniéndose G1.

La densidad se determina de la siguiente manera:

$$\text{Volumen : } V = G1 - G2 \quad \text{cm}^3$$

$$\text{Densidad: } D = G3/V \quad \text{gr/cm}^3$$

G1 = Masa del espécimen saturado (3 hrs de ebullición) gr
 G2 = Masa del espécimen saturado sumergido gr
 G3 = Masa del espécimen seco gr

Los resultados obtenidos en laboratorio se muestran en los cuadros 17 y 18.

4.5 ABSORCION

Propiedad que nos indica la porosidad de las unidades de albañilería y es medida por la cantidad de agua absorbida por la unidad sumergido en agua durante 24 horas.

Su determinación según la norma ITINTEC 331.018 consiste en obtener el peso seco de unidades enteras o mitades en un horno de temperatura de 110°C y 115°C; luego se colocan los especímenes en un recipiente lleno de agua, manteniéndolos completamente sumergidas durante 24 horas, asegurando que

la temperatura del baño esté comprendida entre 15°C y 30°C; luego se retiran los especímenes del baño secando el agua superficial con trapo húmedo y se pesan.

Las absorción se expresa en porcentaje y se calcula con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{G4 - G3}{G3} \times 100 \quad \%$$

A = Contenido de agua absorbida %
 G3 = Masa del espécimen seco grs
 G4 = Masa del espécimen saturado 24 horas en agua grs

Los resultados obtenidos en laboratorios se muestran en los cuadros 19 y 20.

4.6 SUCCION

Es la absorción de agua durante un minuto cuando la superficie de asiento de la unidad se encuentra en contacto con el agua. La succión nos indica la avidéz de agua de la unidad en la cara de asiento y influye en el valor de la adherencia entre la unidad y el mortero.

Cuando la succión es alta, el mortero pierde agua rápidamente endureciéndose de la misma manera, impidiendo una unión íntima con la unidad superior originado así una adherencia pobre e incompleta, consecuentemente muros de baja resistencia como permeables al agua.

Esta propiedad no está normada ni se presenta como requisito ya que todo ladrillo investigado excede el límite; sin embargo la norma ITINTEC considera la prueba de succión para unidades de arcilla que no requieren tratamiento saturado en agua.

Se considera que, para succiones superiores a 20 gr/200 cm²/min, es necesario previo al asentado de las unidades saturarlo o humedecerlo siguiendo técnicas simples para poder lograr una adecuada succión que se requiere en el asentado de las unidades con el mortero.

En el ensayo de succión, para fines de investigación según el procedimiento descrito por la norma ITINTEC 331.018, se empleó unidades secas; los resultados se muestran en los cuadros 21 y 22.

Mientras para el proceso constructivo de las pilas y muretes, se determinó la succión adecuada de asentado de las unidades mediante la saturación en agua durante 2 min y 4 min, en las unidades perforadas y macizas respectivamente; los resultados se muestran en los cuadros 23 y 24.

La succión se calcula por la siguiente expresión:

$$S = \frac{(P_f - P_o)}{A} \times 200$$

- S = Succión gr/200 cm²/min
- Po = Peso inicial de la unidad gr
- Pf = Peso final de la unidad, después de 1 min en la prueba gr
- A = Area neta de contacto de la unidad con el agua en la prueba de succión cm²

Para fines del proceso constructivo y control de la succión en el asentado de las unidades; los términos de la ecuación anterior representan:

- S = Succión de la unidad después de saturado en agua durante un tiempo determinado gr/200 cm²/min
- Po = Peso de la unidad después de saturado en agua e inmediatamente antes de la prueba de succión gr
- Pf = Peso de la unidad después de 1 min en la prueba de succión gr

C A P I T U L O V

DESCRIPCION Y PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS

El presente capítulo, trata de la descripción y procedimientos de ensayos en morteros, pilas y muretes; realizados en el laboratorio de ensayo de materiales de la UNI; con la finalidad de obtener la influencia del espesor del mortero en las propiedades de resistencia del muro de albañilería de arcilla cocida.

En el presente estudio, se utilizó el mortero con una proporción 1:4 en peso, de cemento Portland Tipo I Sol y arena de La Molina, a pesar de que las normas en general consideran proporciones en volumen, con la finalidad de tener un buen control de los componentes del mortero.

Los resultados y el análisis de cada ensayo se presentan en los capítulos VI y VII, respectivamente.

5.1 ENSAYOS DEL MORTERO

El mortero en su estado fresco indudablemente su propiedad más importante es la trabajabilidad que está relacionado directamente con la fluidez del mortero; mientras que en su estado endurecido, es la adherencia con las unidades, sin dejar de lado a la resistencia a la compresión y tracción.

Entre las propiedades del mortero, en su estado fresco, estudiaremos la fluidez y el peso unitario; en su estado endurecido veremos la resistencia a la compresión y tracción.

Como la adherencia no es una propiedad absoluta del mortero, sino más bien se mide en relación a la unidad; ésta propiedad se determinará en forma indirecta con el ensayo de corte directo en pilas.

5.1.1 FLUIDEZ

La fluidez del mortero, es una medida indirecta de la trabajabilidad del mortero y se mide como un porcentaje del incremento en el diámetro de un tronco de cono de 4" de diámetro inicial en la base, colocado sobre una mesa de flujo, la cual se somete a 25 golpes durante 15 segundos, dejándola caer sobre una altura de 1/2"; de acuerdo a la norma ASTM C91

Para conseguir morteros con una fluidez determinada, es suficiente la modificación de la cantidad de agua; para el presente estudio, se adoptó un flujo dentro de $110 \pm 5\%$ para el mortero, que fue usado en la determinación de las demás propiedades del mortero y en la fabricación de las pilas y muretes materia en estudio.

1.- EQUIPOS Y/O APARATOS

Mesa de flujo con tronco de cono de 4" de diámetro en la base y 2" de altura.

Mezcladora de 1/6 HP, con 3 velocidades incluido recipiente y paleta.

Balanza al décimo de gramo.

Probeta graduada de 500 ml.

Vernier, vasijas y espátula.

2.- PROCEDIMIENTO

Pesamos el cemento y la arena en la proporción 1:4 en peso y separados, así como la cantidad de agua en forma aproximada como para obtener la fluidez deseada.

Obtenemos el mortero de consistencia plástica en la mezcladora de 3 velocidades (lenta, media y rápida), de la siguiente manera:

- 1° CEMENTO + AGUA; con velocidad cero.
- 2° CEMENTO + AGUA = PASTA; con velocidad lenta durante 30 segundos.
- 3° PASTA + ARENA = MORTERO; con velocidad lenta durante 60 segundos.
- 4° MORTERO ; con velocidad media durante 30 segundos.
- 5° MORTERO ; con velocidad rápida durante 90 segundos y detenemos la mezcladora.
- 6° OBTENEMOS EL MORTERO PLASTICO.

Luego colocamos el mortero sobre el cono dispuesto en forma centrada en la mesa de flujo en dos capas, enrazamos y sacamos el cono verticalmente, dejando dispuesto el mortero en la mesa de flujo; inmediatamente después se deja caer desde una altura de 12 mm, 25 veces en 15 segundos por medio de una leva rotatoria incorporada en la mesa de flujo y determinamos el diámetro promedio con el vernier.

Repetimos el mismo procedimiento variando la cantidad de agua hasta obtener la fluidez deseada.

3.- EXPRESION DE LOS RESULTADOS

Obtenido el diámetro del mortero inmediatamente después de realizado el ensayo, se expresa la fluidez en porcentaje y se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$F = \frac{D - 100}{100} \times 100 \quad \%$$

F = Fluidez del mortero %
 D = Diámetro promedio del mortero después de 25 golpes en 15 segundos en la mesa de flujo. mm

En el cuadro 26 se muestran los resultados obtenidos en laboratorio.

5.1.2 PESO UNITARIO

Es el peso del mortero en estado plástico que ocupa un volumen unitario de un recipiente normalizado. Para determinar el peso unitario del mortero se siguió el procedimiento descrito en la norma ASTM C138.

1.- EQUIPOS Y/O APARATOS

Mesa de flujo con tronco de cono de 4" de diámetro en la base y 2" de altura.

Mezcladora de 1/6 HP con 3 velocidades incluido recipiente y paleta.

Balanza al décimo de gramo.

Probeta graduada 500 ml.

Recipiente metálico de 400 ml con pisón normalizado.

Espátula.

2.- PROCEDIMIENTO

Preparamos en la mezcladora el mortero 1:4 en peso, de cemento y arena, con la misma cantidad de agua determinado en el ensayo de fluidez del mortero.

Colocamos el mortero en el recipiente normalizado, en 3 capas con 25 golpes cada una con el pisón; luego enrasamos y pesamos el conjunto.

3.- EXPRESION DE RESULTADOS

El peso unitario del mortero, resulta de dividir el peso del mortero obtenido por diferencia de pesos, entre el volumen del recipiente; se expresa en gr/cm^3 o kg/m^3 .

En el cuadro 27 se muestra los resultados obtenidos en laboratorio.

5.1.3 RESISTENCIA A LA COMPRESION

La resistencia a la compresión del mortero, se obtiene mediante la rotura de especímenes cúbicos de mortero endurecido de 5 cm de lado, de acuerdo a la norma ASTM C109. En el presente estudio se ensayaron a los 07, 14, 28 y 42 días de edad.

1.- EQUIPOS Y/O APARATOS

Mezcladora de 1/6 HP con 3 velocidades incluido recipiente y paleta.

Máquina TINIUS OLSEN de 150 Tn de capacidad

Balanza al décimo de gramo

Molde metálico standard, para cubos de 5cms de lado con pisón normalizado

Probeta graduada de 500 ml.

Recipiente para curado

Vasijas y espátula

2.- PROCEDIMIENTO

Preparamos en la mezcladora el mortero 1:4 en peso, de cemento y arena, con la misma cantidad de agua determinado en el ensayo de fluidez del mortero.

Colocamos el mortero plástico en los moldes metálicos, en dos capas con 32 golpes uniformemente distribuidos en cuatro vueltas y cada vuelta en ángulo recto con la anterior; terminado la operación, se enrasa y se deja en el molde durante 24 horas.

Después de 24 horas, desmoldamos los especímenes cúbicos de mortero y colocamos en el recipiente de curado con suficiente agua como para cubrirlos, hasta una o dos horas antes del ensayo.

En el ensayo; colocamos el espécimen en forma centrada en la plataforma de la máquina de compresión TINIUS OLSEN, se aplica la carga a una velocidad uniforme y continua hasta llegar a la falla de espécimen.

Repetimos el mismo procedimiento para los demás especímenes

3.- EXPRESION DE RESULTADOS

La resistencia a la compresión del mortero, resulta de dividir la carga de falla en el ensayo entre el área resistente del espécimen de mortero y se expresa en kg/cm².

En el cuadro 28 y gráfico 02, se muestran los resultados obtenidos en laboratorio de la resistencias a la compresión del mortero.

5.1.4 RESISTENCIA A LA TRACCION

La resistencia a la tracción del mortero, se obtiene mediante la rotura de especímenes cilíndricos de mortero endurecido de 5 cms de diámetro y 10 cms de alto, siendo esta una adecuación de la prueba de tracción directa del concreto, ASTM C496; que consiste en cargar diametralmente sobre la generatriz al espécimen cilíndrico hasta obtener la falla por tracción diametral.

En el presente estudio se ensayaron especímenes a los 07, 14, 28 y 42 días de edad.

1.- EQUIPOS Y/O APARATOS

Mezcladora de 1/6 HP con 3 velocidades incluido recipiente y paleta.

Máquina TINIUS OLSEN de 150 tn de capacidad

Balanza al décimo de gramo

Moldes cilíndricos metálicos de 5 x 10 cms. con pisón normalizado.

Listones metálicos

Probeta graduada de 500 ml.

Recipiente para curado

Vasijas y espátula

2.- PROCEDIMIENTO

Preparamos el mortero 1:4 en peso, de cemento y arena, con misma cantidad de agua determinado en el ensayo de fluidez del mortero.

Colocamos el mortero plástico en los moldes cilíndricos, en dos capas y cada capa con 25 golpes uniformemente distribuidas con el pisón normalizado; terminado la operación, se enrasa y se deja en el molde durante 24 horas.

Después de 24 horas, desmoldamos los especímenes cilíndricos de mortero y colocamos en el recipiente de curado con suficiente agua como para cubrirlos, hasta una o

dos horas antes del ensayo.

Previo al ensayo; se determina el plano de falla del espécimen, indicando el mismo con líneas diametrales.

En el ensayo; colocamos el espécimen cilíndrico en la plataforma de la máquina de compresión TINIUS OLSEN en forma centrado y con el plano de falla vertical, indicado por las líneas diametrales; para asegurar de repartir uniformemente la carga en el plano de falla, se coloca listones metálicos a lo largo de las generatrices.

Se aplica la carga a una velocidad uniforme y continua hasta llegar a la falla del espécimen.

Repetimos el mismo procedimiento para los demás especímenes.

3.- EXPRESION DE RESULTADOS

La resistencia a la tracción del mortero, se calcula por la fórmula mostrada y se expresa en kg/cm².

$$F_t = \frac{2 P}{\pi DL}$$

F _t	=	Resistencia a la tracción del mortero	kg/cm ²
P	=	Carga de falla	kg
D	=	Diámetro del espécimen	cms
L	=	Longitud del espécimen	cms

Los resultados de la resistencia a la tracción del mortero se muestran en el cuadro 29 y gráfico 03.

5.2 ENSAYOS EN PILAS Y MURETES

A continuación mediante ensayos experimentales en pilas y muretes, determinaremos las principales propiedades de resistencia del muro de albañilería, variando el espesor del mortero entre las unidades con la finalidad de determinar su influencia en dichas propiedades.

Antes de hacer una descripción general del procedimiento seguido en la fabricación de las pilas y muretes, se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Se uso el mortero 1:4 en peso, de cemento Portland TIPO I SOL y arena de la Molina.

Antes del uso del mortero, se preparó el mortero patrón con una fluidez entre $110 \pm 5 \%$, determinado en el ensayo de fluidez del mortero; con la finalidad de reconocer a la vista y al manipuleo con el badilejo la trabajabilidad del mortero.

b) Se usó dos tipos de unidades de albañilería de arcilla cocida:

Ladrillo King Kong macizo de 8.5 x 12.5 x 21 -

Huachipa; fabricado artesanalmente.

Ladrillo King Kong perforado 18 huecos de 9 x 13.5 x 24 - Huachipa; fabricado industrialmente.

Donde previo al uso, el control de la succión en dichas unidades se realizó mediante la inmersión en agua durante 2 min y 4 min en las unidades perforadas y macizas respectivamente.

Además, antes de la fabricación de los especímenes de ensayo, se preparó el área de trabajo que nos permitió el adecuado desplazamiento del personal y almacenamiento de los especímenes antes del ensayo.

Se preparó una plataforma horizontal rígida, que nos sirvió de base para el asentado de las unidades y de soporte de los especímenes de ensayo.

PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE LAS PILAS Y MURETES

Los trabajos en la fabricación de las pilas y muretes, materia en estudio, se efectuaron dentro de las mejores prácticas constructivas y de correcta ejecución. Obteniéndose especímenes perfectamente alineados, aplomados y de juntas completamente llenas de mortero, con dimensiones uniformes para un espesor determinado en estudio.

El procedimiento seguido, que es válido para pilas y muretes es el siguiente:

- 1o Sobre la plataforma fijamos una línea horizontal que nos sirve de base para el alineamiento de las primeras unidades y la verticalidad de las unidades superiores.
- 2o Listo las unidades y el mortero, colocamos la primera fila, perfectamente alineada, llenando las juntas verticales con una presión ligera con el badilejo, garantizando el llenado completo y el contacto íntimo del mortero con la unidad.
- 3o La siguiente fila colocamos sobre una capa completa de mortero, ejerciendo cierta presión sobre la unidad y teniendo en cuenta en todo momento la horizontalidad como la verticalidad de las unidades con el nivel y plomada.
- 4o Llenamos las juntas verticales de acuerdo a lo descrito en el paso 2o
- 5o Repetimos los paso 3o y 4o, hasta culminar el espécimen de ensayo.

El control del espesor del mortero en todo el proceso fue controlado con el escantillón y fueron uniformes para cada

espécimen, con un determinado espesor del mortero en estudio entre las unidades de albañilería.

Para garantizar la uniformidad y minimizar la variabilidad de los resultados, en todo el proceso constructivo, se evitó el uso del mortero retemplado y se usó una sola mano de obra.

5.2.1 CORTE DIRECTO

Ensayo que nos permite determinar el esfuerzo cortante del muro, la adherencia y el coeficiente de fricción entre la unidad y el mortero.

Este ensayo se basa en la teoría y mecanismo de falla del físico e ingeniero francés C.A. COULOUMB; que consiste de acuerdo al modelo considerado en el presente estudio, gráfico 1.10.b, en mantener constante una carga de confinamiento perpendicular a las caras de las unidades extremas y cargar sobre la unidad intermedia en forma paralela a las juntas, hasta obtener la falla.

Para el presente estudio, se utilizaron especímenes con espesores del mortero entre las unidades de 0.5, 1.0, 2.0 y 3.0 cms; que fueron fabricados según el procedimiento descrito anteriormente.

1.- EQUIPOS Y/O APARATOS

Pórtico de perfiles de acero, construido e instalado, en el laboratorio de ensayo de materiales de la UNI.

Dos tensores de acero de 1" de diámetro, regulable y dispuesto sobre dos perfiles de acero de 3" x 6" x 1.20 mts.

Dos gatos hidráulicos SOILTEST con capacidad para 30 Tns con manómetro graduado cada 500 kgs.

Medidor de deformaciones estáticas en milivoltios STRAIN METER.

Planchas de acero para la distribución de cargas de confinamiento y corte.

2.- PROCEDIMIENTO

Para cada tipo de unidad y espesor del mortero, se fabricaron 12 especímenes como máximo y 09 como mínimo; debidamente identificados con código y fecha para el rol de ensayos a los 28 días.

48 horas antes del ensayo se refrentan las caras donde estarán sometidos a esfuerzos, para distribuir uniformemente las cargas en el ensayo; haciendo uso de mortero plástico de cemento y yeso en partes iguales.

Se instala el sistema físico mecánico correspondiente al ensayo de corte directo con los tensores horizontalmente y

el marco metálico vertical fijos, que nos permitan aplicar cargas de confinamiento y corte. Foto 01.

Instalado el sistema, disponemos el espécimen en la misma posición mostrada en la Foto F01, perfectamente centrado.

Aplicamos la carga de confinamiento con un gato hidráulico en posición horizontal, manteniéndolo constante.

Aplicamos la carga verticalmente con el otro gato a la unidad intermedia hasta llevarlo a la falla.

Obtenemos las lecturas en el STRAIN METER conectado a ambos gatos, en milivoltios, donde 150 mv equivalen a 1000 kgs de carga de los gatos hidráulicos.

Repetimos el procedimiento para los demás especímenes, incrementado la carga de confinamiento en las unidades extremas del espécimen.

3.- MODOS DE FALLAS

En respuesta a la sollicitación del esfuerzo de corte en el ensayo, la falla ocurría generalmente por deslizamiento entre la unidad y el mortero. Foto F02, éstas fallas ocasionalmente fueron acompañados por fallas por corte del mortero o de la unidad, como se muestra en la Foto F03.

Para un determinado espesor del mortero en las unidades, los valores de carga en el ensayo, relativamente en la medida que se incrementaba el confinamiento, se incrementaba el valor de la carga de falla al corte.

4.- EXPRESION DE RESULTADOS

La resistencia al corte, se obtiene directamente de la carga de falla entre el área de corte correspondiente a la suma de las áreas en contacto con el mortero y las unidades: se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$v = \frac{V}{A}$$

v	= Resistencia al corte	kg/cm ²
V	= Carga de corte	kg
A	= Area de corte	cm ²

A cuyos resultados de ensayos, se les corrige multiplicando por el coeficiente: $C = 1 - cv$

cv = coeficiente de variación de los resultados en el ensayo

La adherencia y el coeficiente de fricción, se obtiene aceptando el mecanismo de falla de C.A. COULOMB, mediante el ajuste lineal de mínimos cuadrados[10] en función a los esfuerzos de corte y confinamiento, obtenidos en los ensayos.

La fórmula que relaciona dichos parámetros es la siguiente:

$$v = u + f \cdot \sigma$$

v = Resistencia al corte kg/cm²
u = Adherencia entre la unidad y el mortero kg/cm²
f = coeficiente de fricción en la junta

Del ajuste lineal tendremos:

$$u = \frac{(\sum V) (\sum \sigma^2) - (\sum \sigma) (\sum \sigma V)}{n (\sum \sigma^2) - (\sum \sigma)^2}$$

$$f = \frac{n (\sum \sigma V) - (\sum \sigma) (\sum V)}{n (\sum \sigma^2) - (\sum \sigma)^2}$$

n = número de puntos, correspondiente a la recta en referencia

Con los resultados obtenidos en laboratorio, correspondientes a cada tipo de unidad y espesor del mortero, obtenemos los valores del esfuerzo cortante para cada confinamiento; como el promedio de tres valores, como se muestran en los cuadros del 30 al 35.

El ajuste lineal por mínimos cuadrados con los resultados, se muestran en el cuadro 36; para una mejor interpretación y análisis de los resultados, se obtienen los gráficos 04 y 05, correspondientes a las unidades consideradas en el

presente estudio.

5.2.2 COMPRESION AXIAL

La resistencia que mejor responde a cargas verticales en el muro, es la resistencia a la compresión axial.

El ensayo consiste en someter a carga axial verticalmente, a la pila mostrado en el gráfico 1.10.a, hasta llegar a la falla.

Para el presente estudio, se utilizaron pilas con espesores del mortero de 0.5, 1.0, 2.0 y 3.0 cms y su fabricación se realizó de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente.

1.- EQUIPOS Y/O APARATOS

Máquina TINIUS OLSEN de 150 Tn de capacidad.

Planchas de acero de 6" x 8" x 1", para la distribución uniforme de la carga de prueba.

2.- PROCEDIMIENTO

Para cada tipo de unidad y espesor del mortero, se fabricaron 03 pilas, debidamente identificados con código y fecha, para el rol de ensayos a los 28 días.

48 horas antes del ensayo se refrentaron las caras de asiento de las pilas, con la finalidad de obtener una distribución uniforme de la carga de prueba en el ensayo, para ello se coloca una capa de mortero plástico compuesto de cemento y yeso en partes iguales.

Se prepara la máquina de compresión TINIUS OLSEN, cuyo plato está provisto de una rótula, que permite el acomodo y un perfecto contacto de las caras de asiento de la pila con los platos de carga.

Disponemos la pila en forma centrada en la plataforma de ensayo, tal como se muestra en la Foto F04, de tal manera, que la dirección de la carga coincida con el eje del espécimen de ensayo.

Aplicamos la carga uniformemente y a una velocidad constante, hasta llegar a la falla de la pila.

Repetimos el mismo procedimiento para los demás especímenes

3.- MODOS DE FALLA

Una vez aplicada la carga de compresión en el ensayo, las fallas generalmente se manifiestan, al inicio por pequeñas fisuras verticales en los apoyos, Foto F05, extendiéndose después sobre la altura de la pila, como muestra en la Foto F06, hasta llegar a la falla.

Otras fallas que se observaron fueron las de fractura en las unidades Foto F07 y aplastamiento que se manifiesta en las unidades extremas que se encuentran en contacto con la carga de prueba, Foto F08.

Estas fallas a veces están acompañados por el desprendimiento de las unidades con el mortero, originando grietas horizontales. Foto F09, esto confirma que las deformaciones del mortero origina las grietas verticales cuando la adherencia entre la unidad y el mortero es buena, por ser ésta más deformable que la unidad.

Después de las grietas visibles y cuando el espécimen llega a la resistencia última, nos damos cuenta cuando la aguja de la máquina ya no marca; el espécimen sigue resistiendo hasta llegar a la falla frágil, esto se manifiesta cuando las unidades se dividen; siendo esta falla más frágil en las unidades perforadas que las unidades macizas.

Con relación a los valores de carga durante el ensayo se observó, para ambas unidades, en la medida que aumenta el espesor del mortero entre las unidades, disminuye los valores de carga.

4.- EXPRESION DE LOS RESULTADOS

La resistencia a la compresión se determina dividiendo la carga de falla entre el área de la sección resistente de

cada pila. Se calcula por la siguiente fórmula.

$$f'm = \frac{P}{A}$$

P = Carga de rotura Kgs.
 A = Area de la sección resistente cm²

Para las unidades perforadas, el área resistentes en este caso se considera el área bruta según el R.N.C - E070, debido a que la superficie de asiento se llena completamente de mortero.

A los valores obtenidos por dicha fórmula se le corrige multiplicando por el factor:

$$C1 \times C2$$

C1 = Coef. corrección por esbeltez, se obtiene de la tabla mostrada en el cuadro 5.1

C2 = Factor de corrección cuando el coeficiente de variación es mayor de 0.10 y se calcula por la siguiente expresión:

$$C2 = 1 - 1.5 (Cv - 0.10)$$

Cv = Coeficiente de variación de los resultados

CUADRO 5.1 : COEFICIENTE DE CORRECCION POR ESBELTEZ E070

h/t	2	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
Coef C1	0.73	0.80	0.86	0.91	0.95	0.98	1.00

PARA LOS VALORES INTERMEDIOS SE INTERPOLA LINEALMENTE

En los cuadros 37 y 38, se muestran los resultados de los ensayos a la compresión axial en pilas y para una mejor interpretación y análisis de los resultados se obtiene el gráfico 07, correspondiente a las unidades consideradas en el presente estudio.

5.2.3 COMPRESION DIAGONAL

Ensayo que nos permite determinar la resistencia a la tracción diagonal del muro, que consiste en someter a esfuerzos de compresión diagonal al murete mostrado en el gráfico 1.10.c. hasta llegar a la falla en la dirección diagonal.

Para el presente estudio, se utilizaron muretes con espesores del mortero entre las unidades de 1.0, 2.0 y 3.0 cms; su fabricación se realizó de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente.

1.- EQUIPOS Y/O APARATOS

Pórtico de perfiles de acero, construido e instalado en el laboratorio de ensayos de materiales de la UNI.

Gato hidráulico SOILTEST, con capacidad para 30 Tns con manómetro graduado cada 500 kgs.

Dos ángulos de aceros de 3" x 3" x 1/4" y de 15 cms de longitud, reforzado con planchas de acero.

Base de concreto monolítico, Nivel de mano.

2.- PROCEDIMIENTO

Para cada tipo de unidad y espesor del mortero, se fabricaron 3 muretes, debidamente identificados con código y fecha para el rol de ensayos a los 28 días.

48 horas antes del ensayo, los muretes se refrentaron con mortero plástico de cemento y yeso en partes iguales las esquinas de la diagonal que son sometidos a compresión, utilizando los ángulos de acero como molde; éste trabajo se realiza sobre una superficie horizontal rígida y teniendo en cuenta en todo momento la verticalidad de la diagonal de prueba del murete.

Se instala fijamente el gato hidráulico en la viga superior del pórtico de ensayo, en posición vertical y con el pistón hacia abajo.

Se coloca en la dirección del eje del gato, el muro de concreto monolítico rígido con una superficie superior perfectamente horizontal, con la finalidad de apoyar el murete diagonalmente y evitar la prolongación innecesaria del pistón del gato hidráulico que puede originar desviaciones de la dirección de la carga en el ensayo.

En el ensayo, se dispone el murete de tal manera que la diagonal coincida con el eje del gato hidráulico verticalmente, para ello se acciona el gato sólo hasta

hacer contacto con la diagonal del murete y luego aplomarlo correctamente dejándolo listo para aplicar la carga de prueba, como se muestra en la Foto F10

Aplicamos la carga con el gato hidráulico, en forma continua y manteniendo una velocidad de carga constante; hasta llegar a la falla diagonal del murete. Foto F11

3.- MODOS DE FALLA

Luego de aplicar la carga hasta llegar a la falla diagonal del murete, generalmente no se pudo apreciar a simple vista las fisuras iniciales, más bien las fallas fueron violentas originando diversos agrietamientos a lo largo de la diagonal.

De acuerdo a lo estudiado anteriormente, podemos decir que generalmente los muretes fallaron por tracción diagonal como se observan en las fotos mostrados correspondientes al ensayo de compresión diagonal.

Los muretes con unidades perforadas, principalmente fallaron por tracción diagonal, como se observan en las Fotos . F11 y F12, algunas veces acompañados por deslizamientos en las juntas, es decir por corte; como se muestra en la Foto F13

Mientras que en los muretes con unidades macizas, las fallas por tracción diagonal fueron generalmente acompañados por corte en las juntas, como se muestran en las Fotos F14 y F15

Otras fallas que se presentaron, fueron las de aplastamiento, que se presentan en los apoyos, debido a que están en contacto con la carga; como se muestran en las Fotos F16 y F17

Con relación a los valores de la carga de la falla, se obtuvieron generalmente valores mayores para espesores menores que las de mayor espesor, para ambos tipos de unidades.

4.- EXPRESION DE LOS RESULTADOS

El esfuerzo principal de tracción diagonal es máximo en el centro y la resistencia a la falla por tracción diagonal se obtendrá con la siguiente ecuación:

$$f't = vc/1.5$$

Donde el esfuerzo cortante en los muretes se determina mediante la siguiente expresión:

$$vc = \frac{V}{L.t} = \frac{P}{d.t}$$

P =	Carga de falla en compresión en la dirección diagonal del murete	kg
d =	Longitud de la diagonal	cms
L =	Largo del murete	cms
V =	Carga de corte en la dirección de la junta horizontal del murete	kg

A cuyos resultados se le afecta por el coeficiente de corrección en función de la variación de los resultados de los ensayos en laboratorio.

$$C = (1 - C_v)$$

C_v = Coeficiente de variación de los resultados en los ensayos.

En los cuadros 39 y 40, se muestran los resultados de los ensayos de compresión diagonal en muretes; en dicho cuadro también se indican los valores de los esfuerzos cortantes actuantes y teóricos en las juntas, de acuerdo a lo estudiado en el acápite 1.2.2, correspondiente a las propiedades de compresión diagonal y corte del muro.

Para una mejor interpretación y análisis de los resultados, se obtienen los gráficos 09 y 10, correspondiente a los muretes materia en estudio

C A P I T U L O V I

RESULTADOS DE ENSAYOS

6.1 CUADROS

6.1.1 CUADROS DE RESULTADOS DE LA ARENA

CUADRO

- | | |
|----|--|
| 01 | Ensayo de granulometría |
| 02 | Composición granulométrica |
| 03 | Ensayo de contenido de humedad |
| 04 | Ensayo de absorción |
| 05 | Ensayo de peso unitario suelto |
| 06 | Ensayo de peso unitario compactado |
| 07 | Ensayo de peso específico |
| 08 | Ensayo de superficie específica |
| 09 | Ensayo de material que pasa la malla No 200 |
| 10 | Ensayo de partículas friables |
| 11 | Ensayo de durabilidad metodo de sulfato de sodio |
| 12 | Resumen de las características físicas de la arena |

CUADRO 01
ENSAYO DE GRANULOMETRIA

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)			PESO RETENIDO PROMEDIO
	ENSAY. I	ENSAY. II	ENSAY. III	
No 4	0	0	0	0
8	18.9	15.0	19.0	17.6
16	121.2	113.7	128.3	121.0
30	124.3	119.4	121.0	121.6
50	113.8	116.2	109.2	113.1
100	68.6	74.2	64.2	69.0
FDO	53.2	61.5	58.3	57.7

ITINTEC 400.012

CUADRO 02
COMPOSICION GRANULOMETRICA

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

TAMIZ	PESO RETENIDO		% ACUMULADO	
	gr	%	RETENIDO	PASA
No 4	0	0	0	100
8	17.6	3.5	3.5	96.5
16	121.0	24.2	27.7	72.3
30	121.6	24.3	52.0	48.0
50	113.1	22.6	74.6	25.4
100	69.0	13.8	88.4	11.6
FDO	57.7	11.6	100	0

ITINTEC 400.012

CUADRO 03
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

ENSAYO	No 1	2	3
A PESO ARENA HUMEDA	500.0	500.0	500.0 grs
B PESO ARENA SECA	489.4	490.4	489.3 grs
C PESO DEL AGUA (A-B)	10.6	9.6	10.7 grs
D CONTENIDO DE HUMEDAD C/B x 100	2.2	2.0	2.2%
CONTENIDO DE HUMEDAD		2.1 %	

CUADRO 04
ENSAYO DE ABSORCION

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

ENSAYO	No 1	2	3
A PESO ARENA SUPERF. SECA	587.1	501.5	592.5 grs
B PESO ARENA SECA	567.1	484.2	593.3 grs
C ABSORCION (A-B)/B	3.5	3.5	3.3 %
ABSORCION		3.4 %	

ITINTEC 400.022

CUADRO 05
ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

ENSAYO	No 1	2	3
A PESO DE LA ARENA SUELTA + RECIP	7.264	7.258	7.262 Kgs
B PESO DEL RECIPIENTE	2.837	2.837	2.837 Kgs
C PESO DE LA ARENA SUELTA	4.417	4.421	4.425 Kgs
D CONSTANTE 1/ (1/10 pie 3)	353.150	353.150	353.150 m-3
E PESO UNITARIO SUELTO CxD	1559.9	1581.3	1562.7 Kg/m3
PESO UNITARIO SUELTO		1561.3 Kg/m3	

ITINTEC 400.017

CUADRO 06
ENSAYO DE PESO UNITARIO
COMPACTADO

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

ENSAYO	No 1	2	3
A PESO ARENA COMPACTADO + RECIP.	7.949	7.926	7.936 Kgs
B PESO DEL RECIPIENTE	2.837	2.837	2.837 Kgs
C PESO DE LA ARENA COMPACTADA	5.112	5.089	5.099 Kgs
D CONSTANTE 1/ (1/10 pie 3)	353.150	353.150	353.150 m-3
E PESO UNITARIO COMPACTADO C x D	1805.3	1797.2	1800.7 Kg/m3
PESO UNITARIO COMPACTADO		1801.1 Kg/m3	

ITINTEC 400.017

CUADRO 07
ENSAYO DE PESO ESPECIFICO

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

ENSAYO	No 1	2	3	
A PESO ARENA SAT.SUP.SECA	500.0	500.0	500.0	grs
B PESO ARENA + BALON + AGUA	1007.4	1004.4	1005.5	grs
C PESO ARENA + BALON	699.3	699.3	699.1	grs
D PESO DEL AGUA (B-C)	308.1	305.1	306.4	grs
E VOLUMEN ARENA (500-D)	191.9	194.9	193.6	cm3
F PESO ARENA SECA + RECIPIENTE	563.8	567.7	570.2	grs
G PESO DEL RECIPIENTE	76.2	76.8	76.5	grs
H PESO ARENA SECA (F-G)	487.6	490.9	493.7	grs
I PESO ESPECIFICO H/E	2.54	2.52	2.55	gr/cm3
PESO ESPECIFICO		2.54 gr/cm3		

ITINTEC 400.022

CUADRO 08
ENSAYO DE SUPERFICIE ESPECIFICA

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

TAMIZ	ABERTURA cm.	PESO RETEN. P %	DIAM.PROMEDIO d cms	P/d %/cm
1/4"	0.951	0		
No 4	0.476	0	0.714	0
8	0.238	3.5	0.354	9.804
16	0.119	24.2	0.179	135.196
30	0.0595	24.3	0.089	273.034
50	0.0297	22.6	0.045	502.222
100	0.0149	13.8	0.022	627.273
Pt	0.0000	11.6		
S.E = (0.06 / 2.54) 1547.529				SUMA 1547.529
SUPRRFICIE ESPECIFICA			36.6 cm2/gr	

CUADRO 09
ENSAYO DE MATERIAL QUE PASA LA
MALLA No 200

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

ENSAYO	No 1	2	3
A PESO INICIAL SECO DE LA ARENA	511.3	494.6	507.4 gr
B PESO SECO DE LA ARENA LAVADA	480.6	453.9	468.9 gr
C MAT. QUE PASA LA MALLA No 200 (A-B) x100 A	6.0	8.2	7.6 %
MATERIAL QUE PASA LA MALLA No 200			7.3 %

ITINTEC 400.018

CUADRO 10
ENSAYO DE PARTICULAS FRIABLES

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

ENSAYO	No 1	2	3
A PESO INICIAL DE LA ARENA SECA	200.0	200.0	200.0 grs
B PESO FINAL DE LA ARENA SECA	199.3	198.9	198.6 grs
C PESO PART. FRIABLES (A-B)	0.7	1.1	1.4 grs
D PARTICULAS FRIABLES $\frac{C}{A} \times 100$	0.35	0.55	0.70 %
PARTICULAS FRIABLES		0.53 %	

ITINTEC 400.015

CUADRO 11
ENSAYO DE DURABILIDAD
METODO DE SULFATO DE SODIO

ARENA DE LA MOLINA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/93

TAMIZ	PESO RETENIDO %	PESO INICIAL grs	PESO FINAL grs	PERDIDA DE PESO %	PERDIDA CORREGIDA %
No 4					
8	* 3.5	100	-	7	0.245
16	24.2	100	93	7	1.694
30	24.3	100	96	4	0.972
50	22.6	100	89	11	2.486
100	13.8	-	-	-	-
SUMA					5.397
DURABILIDAD METODO DE SULFATO DE SODIO					5.4 %

ITINTEC 400.016

* ITINTEC 400.016 : LOS PESOS RETENIDOS SERAN POR LO MENOS DE 5 % DE LA MUESTRA TAMIZADA. EN CASO CONTRARIO, ESE TAMAÑO NO SE ENSAYARA, PERO CON EL FIN DE CALCULAR LOS RESULTADOS DE ENSAYO, SE CONSIDERARA QUE TIENE LA MISMA PERDIDA QUE EL TAMAÑO PROXIMO MAYOR O PROXIMO MENOR, CUALQUIERA DE LOS QUE ESTEN PRESENTES.

CUADRO 12
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES
CARACTERISTICAS FISICAS DE LA
ARENA

ARENA DE LA MOLINA	
GRANULOMETRIA	DENTRO DE LOS LIMITES ASTM, E 070
MODULO DE FINURA	2.46
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.1 %
ABSORCION	3.4 %
PESO UNITARIO SUELTO	1561.3 Kg/m ³
PESO UNITARIO COMPACTADO	1801.1 Kg/m ³
PESO ESPECIFICO	2.54 gr/cm ³
SUPERFICIE ESPECIFICA	36.6 cm ² /gr
IMPUREZAS ORGANICAS	NO TIENE
MATERIAL QUE PASA LA MALLA No 200	7.3 %
PARTICULAS FRIABLES	0.53 %
DURABILIDAD METODO SULFATO DE SODIO	5.4 %

6.1.2 CUADROS DE RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ALBANILERIA DE ARCILLA COCIDA

CUADRO

- 13 Ensayo de variación de la dimensión y alabeo ; ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24
- 14 Ensayo de variación de la dimensión y alabeo ; ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21
- 15 Ensayo de compresión axial; ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24
- 16 Ensayo de compresión axial; ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21
- 17 Ensayo de densidad; ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24
- 18 Ensayo de densidad; ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21
- 19 Ensayo de absorción; ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24
- 20 Ensayo de absorción; ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21
- 21 Ensayo de succión; ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24
- 22 Ensayo de succión; ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21
- 23 Ensayo de succión previo saturado en agua de la unidad; ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24
- 24 Ensayo de succión previo saturado en agua de la unidad ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21
- 25 Resumen de las propiedades físicas de las unidades de albañilería de arcilla cocida

ENSAYO DE DIMENSION Y ALABEO
LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS DE 9 x 13.5 x 24 HUACHIPA

L.E.M.

SANTOS CHURA FLORES

01/09/93

VARIACION DE LA DIMENSION

ITINTEC 331.018

LADRILLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
LARGO mm	239	239	238	239	238	237	239	238	240	239	238
	238	238	237	240	237	236	238	238	239	240	
	237	239	238	239	238	237	240	239	238	239	
	238	240	238	239	239	236	239	237	239	238	
DP	238	239	238	239	238	237	239	238	239	239	
U %	+0.8	+0.4	+0.8	+0.4	+0.8	+ 1	+0.4	+0.80	+0.4	+0.4	
ANCHO mm	133	133	133	133	134	132	133	132	135	134	134
	133	134	135	134	134	133	133	133	135	135	
	134	134	135	135	134	133	134	132	134	134	
	133	134	134	135	134	132	134	134	134	134	
DP	133	134	134	134	134	133	134	133	135	134	
U %	+1.5	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7	+1.5	+0.7	+1.5	0	+0.7	
ALTO mm	88	91	91	92	91	92	93	89	88	90	91
	87	91	93	93	90	91	92	90	89	89	
	88	92	92	92	90	91	92	92	87	91	
	87	90	91	93	90	90	91	91	89	90	
DP	88	91	92	93	90	91	92	91	88	90	
U %	+2.2	-1.1	-2.2	-3.3	0	-1.1	-2.2	-1.1	+2.2	0	

ALABEO mm.

ITINTEC 331.018

CONCAUIDAD	4	3	2	4	4	3	3	1	3	4
CONVEXIDAD	3	2	1	3	2	3	4	2	0	0

EL % VARIACION MAXIMO EN LA DIMENSION ES - 3.3 % CUMPLE HASTA TIPO IV
 EL MAXIMO ALABEO ES DE 4 mm, CUMPLE HASTA TIPO IV

ENSAYO DE DIMENSION Y ALABEO**LADRILLO KING KONG MACIZO DE 8.5 x 12.5 x 21 HUACHIPA**

L.E.M.

SANTOS CHURA FLORES

01/09/93

VARIACION DE LA DIMENSION

ITINTEC 331.018

LADRILLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	PROMEDIO
LARGO mm	211	207	207	211	209	209	207	205	212	207	210
	214	208	207	211	212	210	213	207	213	211	
	210	210	208	212	212	211	212	209	214	211	
	212	210	209	213	212	212	213	208	213	210	
DP	212	209	208	212	211	211	211	207	213	210	
U %	-1	+0.5	+1	-1	-0.5	-0.5	-0.5	+1.4	-1.4	0	
ANCHO mm	120	118	119	121	124	127	121	122	123	125	122
	120	118	118	117	121	122	119	125	120	122	
	124	123	122	119	118	121	121	120	122	124	
	121	120	125	122	121	125	125	120	125	126	
DP	121	120	121	120	121	124	122	122	123	124	
U %	+3.2	+4	+3.2	+4	+3.2	+0.8	+2.4	+2.4	+1.6	+0.8	
ALTO mm	84	85	83	85	87	85	85	81	82	86	85
	84	84	81	85	87	87	84	82	85	86	
	84	85	83	86	88	88	85	80	86	85	
	83	84	82	85	86	87	86	81	87	86	
DP	84	85	82	85	87	87	85	81	85	86	
U %	+1.2	0	+3.5	0	-2.4	-2.4	0	+4.7	0	-1.2	

ALABEO mm.

ITINTEC 331.018

CONCAUIDAD	4	2	6	2	8	4	2	3	4	3
CONVEXIDAD	6	4	4	0	6	6	6	5	8	3

EL % VARIACION MAXIMO EN LA DIMENSION ES + 4.7 % CUMPLE HASTA TIPO III

EL MAXIMO ALABEO ES DE 8 mm. CUMPLE HASTA TIPO II

CUADRO 15**ENSAYO DE COMPRESION AXIAL**

LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

L.B.M UNI SANTOS CHURA FLORES 09/09/93

ESPEC.	A. BRUTA cm ²	A. NETA cm ²	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm ²	
				A. BRUTA	A. NETA
1	322.33	231.17	40000	124.08	173.03
2	311.89	220.68	27500	88.17	124.61
3	313.88	222.67	35500	113.10	159.43
4	323.20	231.99	42000	129.95	181.04
5	320.18	228.97	38000	118.68	165.96
RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL f ^b				114.80	160.81

ITINTEC 331.018

CUADRO 16**ENSAYO DE COMPRESION AXIAL**

LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

L.B.M UNI SANTOS CHURA FLORES 08/09/93

ESPEC.	AREA BRUTA cm ²	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm ²
1	261.99	19100	72.90
2	252.89	16500	65.25
3	254.40	21800	85.69
4	255.31	14650	57.38
5	254.00	18900	74.41
RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL f ^b			71.13 Kg/cm ²

ITINTEC 331.018

CUADRO 17**ENSAYO DE DENSIDAD**

LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 11/09/93

ESPEC.	PESO SECO G3	P. SATURADO SUMERGIDO G2	P. SATURADO 3HRS EBULLIC. G1	VOLUMEN G1-G2 cm3	DENSIDAD G3/Vol gr/cm3
1	3600	2211	4062	1851	1.94
2	3370	2058	3812	1754	1.92
3	3589	2195	4064	1869	1.92
4	3515	2160	4005	1845	1.91
5	3522	2146	3993	1847	1.91
DENSIDAD				1.92 gr/cm3	

ITINTEC 331.018

CUADRO 18**ENSAYO DE DENSIDAD**

LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 09/09/93

ESPEC.	PESO SECO G3	P. SATURADO SUMERGIDO G2	P. SATURADO 3HRS EBULLIC. G1	VOLUMEN G1-G2 cm3	DENSIDAD G3/Vol gr/cm3
1	3855	2297	4417	2120	1.82
2	3705	2212	4275	2063	1.80
3	3486	2037	3985	1948	1.79
DENSIDAD				1.80 gr/cm3	

ITINTEC 331.018

CUADRO 19**ENSAYO DE ABSORCION**

LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 14/09/93

ESPEC.	PESO SECO G3	P. SATURADO 24 HORAS G4	ABSORCION A %
1	1893	2164	14.32
2	1973	2243	13.68
3	1701	1941	14.11
4	1685	1909	13.29
5	1689	1916	13.44
A B S O R C I O N			13.8 %

ITINTEC 331.018

CUADRO 20**ENSAYO DE ABSORCION**

LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 14/09/93

ESPEC.	PESO SECO G3	P. SATURADO 24 HORAS G4	ABSORCION A %
1	1733	1969	13.62
2	1667	1922	15.30
3	1569	1844	17.53
4	1593	1837	15.32
5	1686	1925	14.18
A B S O R C I O N			15.2 %

ITINTEC 331.018

CUADRO 21**ENSAYO DE SUCCION**

LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 16/09/93

ESPEC.	P. INICIAL SECO Po grs	PESO FINAL Pf grs	AREA CONTACTO A cm2	SUCCION S gr/200cm2/min
1	3600	3660	223.63	54
2	3370	3438	225.50	60
3	3589	3644	215.29	49
4	3515	3562	227.24	41
5	3522	3584	227.45	55
* SUCCION 52 gr/200cm2/min				

ITINTEC 331.018

CUADRO 22**ENSAYO DE SUCCION**

LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 16/09/93

ESPEC.	P. INICIAL SECO Po grs	PESO FINAL Pf grs	AREA CONTACTO A cm2	SUCCION S gr/200cm2/min
1	3650	3755	256.52	82
2	3512	3612	254.40	79
3	3751	3845	261.64	72
4	3713	3824	260.40	85
5	3463	3549	252.89	68
* SUCCION 77 gr/200cm2/min				

ITINTEC 331.018

* DICHS VALORES SON SUPERIORES A 20 gr/200cm2/min. FIJADO POR LA ITINTEC.

CUADRO 23**ENSAYO DE SUCCION PREVIO SATURADO
EN AGUA DE LA UNIDAD**

LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 18/09/93

ESPEC.	P. INICIAL Po grs *	PESO FINAL Pf grs **	AREA CONTACTO A cm2	SUCCION S gr/200cm2/min
1	3855	3876	221.86	19
2	3895	3911	224.24	14
3	3985	4009	225.50	21
4	4015	4030	225.58	13
5	3520	3538	220.53	16
SUCCION 17 gr/200cm2/min				

ITINTEC 331.018

* PESO DESPUES DE SUMERGIDO 2 MINUTOS EN AGUA.

** PESO DESPUES DEL ENSAYO DE SUCCION SEGUN ITINTEC 331.018.

CUADRO 24**ENSAYO DE SUCCION PREVIO SATURADO
EN AGUA DE LA UNIDAD**

LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 18/09/93

ESPEC.	P. INICIAL Po grs *	PESO FINAL Pf grs **	AREA CONTACTO A cm2	SUCCION S gr/200cm2/min
1	4334	4359	257.42	19
2	4153	4182	256.52	23
3	3699	3730	255.60	24
4	3694	3716	253.20	17
5	4114	4143	255.31	23
SUCCION 21 gr/200cm2/min				

ITINTEC 331.018

* PESO DESPUES DE SUMERGIDO 4 MINUTOS EN AGUA.

** PESO DESPUES DEL ENSAYO DE SUCCION SEGUN ITINTEC 331.018

CUADRO 25

**RESUMEN DE LAS PROPIEDADES
FISICAS Y MECANICAS DE LAS
UNIDADES DE ALBANILERIA DE
ARCILLA COCIDA**

L.E.M UNI

SANTOS CHURA FLORES

SET/93

P R O P I E D A D	LADRILLO KING KONG HUACHIPA	
	PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24	MACIZO 8.5 x 12.5 x 21
DIMENSIONES cms		
LARGO	23.8	21.0
ANCHO	13.4	12.2
ALTO	9.1	8.5
VARIACION DE LA DIMENSION MAX. %		
MAYOR DE 15 cms	+ 1.0	+ 1.4
HASTA 15 cms	+ 1.5	+ 4.0
HASTA 10 cms	- 3.3	+ 4.7
ALABEO MAX. mm		
CONCAVIDAD	4	8
CONVEXIDAD	4	8
PESO Kg	3.45	3.68
RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL Kg/cm ²		
AREA BRUTA	114.80	71.13
AREA NETA	160.8	-
DENSIDAD gr/cm ³	1.92	1.80
ABSORCION %	13.8	15.2
SUCCION gr/200cm ² /min	52	77
SUCCION PREVIO SATURADO EN AGUA gr/200cm ² /min	17	21
CLASIFICACION	TIPO IV PERFORADO	TIPO II MACISO

6.1.3 CUADROS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN EL MORTERO**CUADRO**

- 26 Ensayo de fluidez
- 27 Ensayo de peso unitario
- 28 Ensayo de resistencia a la compresión
- 29 Ensayo de resistencia a la tracción por compresión diametral.

CUADRO 26**ENSAYO DE FLUIDEZ**

MORTERO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA
DE LA MOLINA PROPORCION 1:4 EN PESO

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 24/08/93

MORTERO	CEMENTO c grs	ARENA grs	AGUA a ml	RELACION ON a/c	DIAMETRO PROMEDIO D mm	FLUJO F %
1	300	1200	360	1.20	206	106
2	300	1200	375	1.25	211	111
3	300	1200	390	1.30	215	115
FLUIDEZ					110.7 %	

MORTERO EN ESTADO FRESCO

ASTM C91

CUADRO 27**ENSAYO DE PESO UNITARIO**

MORTERO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA
DE LA MOLINA PROPORCION 1:4 EN PESO

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES 24/08/93

MORTERO	PESO RECIP. grs	P.MORTERO CON RECIP. grs	PESO DEL MORTERO grs	VOLUMEN DEL RECIP. cm3	PESO UNIT. MORTERO gr/cm3
1	758	1592	834	400	2.085
2	758	1593	835	400	2.088
3	759	1591	833	400	2.083
PESO UNITARIO				2085 Kg/m3	

MORTERO EN ESTADO FRESCO

ASTM C138

CUADRO 28
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION

MORTERO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA
 DE LA MOLINA. PROPORCION 1:4 EN PESO

L.R.M UNI SANTOS CHURA FLORES OCT/93

ESPECIMEN	EDAD días	CARGA COMPRES. Kg	AREA DE RESIST. cm2	RESISTENCIA COMPRESION Kg/cm2	RESISTENCIA COMPRESION PROMEDIO Kg/cm2
1 2 3	07	2450 2350 2500	25.0 25.5 26.0	98.00 92.2 96.2	95.5
4 5 6	14	3375 3150 3215	25.5 25.0 25.5	132.4 126.0 126.1	128.2
7 8 9	28	3850 3640 3650	25.0 26.0 25.0	154.0 140.0 146.0	146.7
10 11 12	42	3580 3530 3450	26.5 25.0 25.0	135.1 141.2 138.0	138.1

MORTERO EN ESTADO ENDURECIDO

ASTM C109

CUADRO 29

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL**

MORTERO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA
DE LA MOLINA PROPORCION 1:4 EN PESO

L.E.M UNI SANTOS CHURA FLORES OCT/93

ESPECIMEN	EDAD días	LONGIT. L cms	DIAMET. D cms	CARGA P Kgs	RESIST. TRACCION Kg/cm2	RESISTEN. TRACCION PROMEDIO Kg/cm2
1 2 3	07	10.4 10.0 10.0	5.3 5.3 5.3	850 925 940	9.8 11.1 11.3	10.7
4 5 6	14	10.1 10.2 10.2	5.3 5.3 5.3	1150 1125 1100	13.7 13.2 13.0	13.3
7 8 9	28	10.1 10.1 10.2	5.3 5.3 5.3	1280 1350 1300	15.2 16.1 15.3	15.5
10 11 12	42	10.1 10.0 10.1	5.3 5.3 5.3	1180 1150 1200	14.0 13.8 14.3	14.0

MORTERO EN ESTADO EDURECIDO

ASTM C496

6.1.4 CUADROS DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS EN PILAS Y MURKETES**CUADRO**

- | | | |
|----|-------------|--|
| 30 | 31, 32 y 33 | Ensayo de corte directo en pilas; ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24 |
| 34 | y 35 | Ensayo de corte directo en pilas; ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21 |
| 36 | | Ensayo de corte directo en pilas; ajuste lineal por mínimos cuadrados. |
| 37 | | Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24 |
| 38 | | Ensayo de resistencia a la compresión axial en pilas ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21 |
| 39 | | Ensayo de compresión diagonal en muretes; ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24 |
| 40 | | Ensayo de compresión diagonal en muretes; ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21 |

CUADRO 30

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

LADRILLO KING KONG PERFORADO DE 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

ESPEJOR DEL MORTERO e 0.5 cms						
ESFUERZO CONFIN. σ Kg/cm ²	AREA DE CORTE A cm ²	CARGA CONFIN. F Kgs	CARGA CORTE V Kgs	ESFUER. CORTE v Kg/cm ²	v D cv c	ESFUERZO DE CORTE CORREGIDO v
1.0	625.9	313	3767	6.02	v 6.527	6.09
	636.6	318	4333	6.81	D 0.440	
	622.2	311	4200	6.75	cv 6.7 % c 0.933	
1.5	617.7	459	4200	6.87	v 6.985	6.82
	629.1	472	3000	4.77*	D 0.163	
	633.5	475	4500	7.10	cv 2.3 % c 0.977	
2.0	644.0	644	4967	7.71	v 7.890	7.72
	615.2	615	4867	7.91	D 0.171	
	625.4	625	5033	8.05	cv 2.2 % c 0.978	
2.5	637.2	797	5133	8.06	v 8.097	7.91
	642.9	804	5100	7.93	D 0.188	
	626.2	783	5200	8.30	cv 2.3 % c 0.977	

EDAD PROMEDIO 30 DIAS

* NO SE CONSIDERA EN EL CALCULO

v ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO

D DESVIACION ESTANDAR

cv COEFICIENTE DE VARIACION DE LOS RESULTADOS

c COEFICIENTE DE CORRECCION

CUADRO 31

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

LADRILLO KING KONG PERFORADO DE 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

ESPESOR DEL MORTERO e 1.0 cms						
ESFUERZO CONFIN. σ Kg/cm ²	AREA DE CORTE A cm ²	CARGA CONF. F Kgs	CARGA CORTE V Kgs	ESFUER. CORTE v Kg/cm ²	v D cv c	ESFUERZO DE CORTE CORREGIDO v
1.0	633.5 617.0 637.8	317 309 319	4333 4867 4733	6.84 7.89 7.42	v 7.383 D 0.526 cv 7.1 % c 0.929	6.86
1.5	619.1 620.4 625.1	464 465 469	5360 4925 5420	8.66 7.94 8.67	v 8.423 D 0.419 cv 5 % c 0.950	8.00
2.0	630.7 617.0 634.6	631 617 635	4973 4673 5087	7.88 7.57 8.01	v 7.82 D 0.226 cv 2.9 % c 0.971	7.59
2.5	631.1 615.7 633.9	789 770 793	5600 5667 6000	8.87 9.20 9.47	v 9.180 D 0.300 cv 3.3 % c 0.967	8.88

EDAD PROMEDIO 30 DIAS

- v ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO
D DESVIACION ESTANDAR
cv COEFICIENTE DE VARIACION DE LOS RESULTADOS
c COEFICIENTE DE CORRECCION

CUADRO 32

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

LADRILLO KING KONG PERFORADO DE 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

ESPESOR DEL MORTERO e 2.0 cms						
ESFUERZO CONFIN. σ Kg/cm ²	AREA DE CORTE A cm ²	CARGA CONFIN. F Kgs	CARGA CORTE V Kgs	ESFUER. CORTE v Kg/cm ²	v D cv c	ESFUERZO CORTE CORREGIDO v
1.0	603.2 617.5 629.1	302 309 315	3840 2333 4180	6.37 3.78* 6.64	v 6.505 D 0.191 cv 2.9 % c 0.971	6.32
1.5	627.2 630.8 618.1	470 473 464	3907 2200 3800	6.23 3.49* 6.15	v 6.190 D 0.057 cv 0.9 % c 0.991	6.13
2.0	629.8 625.1 630.4	630 625 630	5427 5347 5440	8.62 8.55 8.63	v 8.60 D 1.044 cv 0.5 % c 0.995	8.56 *
2.5	631.1 636.2 620.9	789 795 776	4420 4493 4280	7.00 7.06 6.89	v 6.983 D 0.086 cv 1.2 % c 0.988	6.90

EDAD PROMEDIO 30 DIAS

* NO SE CONSIDERA EN EL CALCULO

 v ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO

D DESVIACION ESTANDAR

cv COEFICIENTE DE VARIACION DE LOS RESULTADOS

c COEFICIENTE DE CORRECCION

CUADRO 33

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

LADRILLO KING KONG PERFORADO DE 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

ESPEJOR DEL MORTERO e 3.0 cms						
ESFUERZO CONFIN. σ Kg/cm ²	AREA DE CORTE A cm ²	CARGA CONF. F Kgs	CARGA CORTE V Kgs	ESFUER. CORTE v Kg/cm ²	v D cv c	ESFUERZO DE CORTE CORREGIDO v
1.0	628.1 630.2 607.1	314 315 304	3060 3080 2853	4.87 4.89 4.70	v 4.820 D 0.104 cv 2.2 % c 0.978	4.71
1.5	618.3 645.6 615.7	464 484 462	3173 3460 3147	5.13 5.36 5.11	v 5.200 D 0.139 cv 2.7 % c 0.973	5.06
2.0	641.4 618.3 629.3	641 618 629	3073 2853 2033	4.79 4.61 3.23*	v 4.700 D 0.127 cv 2.7 % c 0.973	4.57
2.5	648.0 645.6 623.0	810 810 779	3613 3593 3340	5.58 5.56 5.36	v 5.500 D 0.122 cv 2.2 % c 0.978	5.38

EDAD PROMEDIO 30 DIAS

* NO SE CONSIDERA EN EL CALCULO

- v ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO
 D DESVIACION ESTANDAR
 cv COEFICIENTE DE VARIACION DE LOS RESULTADOS
 c COEFICIENTE DE CORRECCION

CUADRO 34

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

ESPESOR DEL MORTERO e 1.0 cms						
ESFUERZO CONFIN. σ Kg/cm ²	AREA DE CORTE A cm ²	CARGA CONF. F Kgs	CARGA CORTE V Kgs	ESFUER. CORTE v Kg/cm ²	v D cv c	ESFUERZO DE CORTE CORREGIDO v
1.0	476.7 487.7 469.0	238 244 235	2586 2733 1620	5.42 5.61 3.46*	v 5.515 D 0.134 cv 2.4 % c 0.976	5.38
1.5	504.0 488.8 499.8	378 366 375	3580 3367 3486	7.10 6.89 6.97	v 6.987 D 0.106 cv 1.5 % c 0.985	6.88
2.0	493.5 490.1 481.9	494 490 482	2960 3300 3080	6.00 6.73 6.39	v 6.373 D 0.365 cv 5.7 % c 0.943	6.01

EDAD PROMEDIO 30 DIAS

* NO SE CONSIDERA EN EL CALCULO

v ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO

D DESVIACION ESTANDAR

cv COEFICIENTE DE VARIACION DE LOS RESULTADOS

c COEFICIENTE DE CORRECCION

CUADRO 35

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

UNIDAD KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PRSO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

ESPEJOR DEL MORTERO e 2.0 cms						
ESFUERZO CONFIN. σ Kg/cm ²	AREA DE CORTE A cm ²	CARGA CONF. F Kg.	CARGA CORTE V Kgs.	ESFUER. CORTE v Kg/cm ²	v D cv c	ESFUERZO DE CORTE CORREGIDO v
1.0	499.6	250	2927	5.86	v 5.667	5.47
	475.0	238	2687	5.66	D 0.190	
	478.4	244	2620	5.48	cv 3.4 % c 0.966	
1.5	482.0	362	2400	4.98	v 5.407	5.04
	487.9	366	2753	5.64	D 0.370	
	478.5	359	3680	5.60	cv 6.8 % c 0.932	
2.0	485.3	486	2900	5.98	v 6.160	5.99
	484.2	484	2993	6.18	D 0.171	
	483.3	483	3053	6.32	cv 2.8 % c 0.972	
ESPEJOR DEL MORTERO e 3.0 cms						
1.0	498.0	249	2587	5.19	v 5.123	4.97
	499.8	250	2613	5.23	D 0.151	
	476.7	238	2360	4.95	cv 2.9 % c 0.971	
1.5	469.0	352	2100	4.48	v 4.613	4.49
	494.2	371	2293	4.64	D 0.122	
	499.8	375	2360	4.72	cv 2.6 % c 0.974	
2.0	499.7	500	2805	5.61	v 5.440	5.28
	495.6	496	2680	5.41	D 0.157	
	476.0	476	2525	5.30	cv 2.9 % c 0.971	

EDAD PROMEDIO 30 DIAS

- v ESFUERZO CORTANTE PROMEDIO
D DESVIACION ESTANDAR
cv COEFICIENTE DE VARIACION DE LOS RESULTADOS
c COEFICIENTE DE CORRECCION

CUADRO 36

ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS
AJUSTE POR MINIMOS CUADRADOS

ESFUERZO CORTANTE VS CONFINAMIENTO

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24 HUACHIPA						
ESPE- SOR e cms	PTOS n	$\Sigma \sigma$	Σv	$\Sigma \sigma^2$	$\Sigma \sigma \times v$	$v=u + f.\sigma$
0.5	4	7.0	28.54	13.50	51.535	4.909+1.272 σ
1.0	4	7.0	31.33	13.50	56.240	5.855+1.130 σ
2.0	3	5.0	19.35	9.50	32.765	5.714+0.441 σ
3.0	4	7.0	19.72	13.50	34.890	4.398+0.304 σ
LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21 HUACHIPA						
1.0	3	4.50	18.27	7.25	27.720	5.145+0.630 σ
2.0	3	4.50	16.50	7.25	25.010	4.720+0.520 σ
3.0	3	4.50	14.74	7.25	22.265	4.448+0.310 σ

REF : CUADROS 30,31,32,33,34 Y 35

v ESFUERZO CORTANTE EN LA JUNTA Kg/cm²
u ADHERENCIA ENTRE LA UNIDAD Y EL MORTERO Kg/cm²
f COEFICIENTE DE FRICCIÓN
 σ ESFUERZO DE CONFINAMIENTO Kg/cm²
e ESPEJOR DEL MORTERO EN LAS JUNTAS

$$u = \frac{(\Sigma V) (\Sigma \sigma^2) - (\Sigma \sigma) (\Sigma \sigma.V)}{n (\Sigma \sigma^2) - (\Sigma \sigma)^2}$$

$$f = \frac{n (\Sigma \sigma.V) - (\Sigma \sigma) (\Sigma V)}{n (\Sigma \sigma^2) - (\Sigma \sigma)^2}$$

CUADRO 37

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION AXIAL EN PILAS

LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

AREA RESISTENTE PROMEDIO 318.92 cm ²					
ESPELOR DEL MORTERO e cms	CARGA ROTURA P Kgs	RESIST. COMPRES. f'm Kg/cm ²	f'm PROMEDIO D DESV. EST Cv COEF. VAR C1 CORRECC.	h ALTURA t ESPELOR h/t ESB. C2 CORREC	RESISTENCIA COMPRESION CORREGIDO f'm f'm x C1xC2
0.5	25050 21975 23275	78.55 68.90 72.98	f'm 73.48 D 4.844 Cv 6.6 % C1 1.0	h 37.9 t 13.4 h/t 2.83 C2 0.84	61.7
1.0	21845 25050 24500	68.49 78.55 76.82	f'm 74.620 D 5.379 Cv 7.2 % C1 1.0	h 39.4 t 13.4 h/t 2.94 C2 0.85	63.4
1.5	24275 21790 23240	76.12 68.32 72.87	f'm 72.437 D 3.918 Cv 5.4 % C1 1.0	h 40.9 t 13.4 h/t 3.05 C2 0.86	62.3
2.0	18975 10950 17650	59.50 34.33* 55.34	f'm 57.420 D 2.942 Cv 5.1 % C1 1.0	h 42.4 t 13.4 h/t 3.16 C2 0.88	50.5
3.0	14250 15000 13500	44.68 47.03 42.33	f'm 44.680 D 2.350 Cv 5.3 % C1 1.0	h 45.4 t 13.4 h/t 3.39 C2 0.90	40.2

EDAD PROMEDIO 29 DIAS

R.N.C. E-070

* NO SE CONSIDERA EN EL CALCULO

AREA RESISTENTE = AREA BRUTA SEGUN E070

CUADRO 38

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION AXIAL EN PILAS

LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI SANTOS CHURA FLORES NOV/93

AREA RESISTENTE PROMEDIO 256.2 cm ²					
ESPEJOR DEL MORTERO e cms	CARGA ROTURA P Kgs	RESIST. COMPRES. f'm Kg/cm ²	f'm PROMEDIO D DESV. EST Cv COEF. VAR C1 CORRECC.	h ALTURA t ESPEJOR h/t ESB. C2 CORREC	RESISTENCIA COMPRESION CORREGIDO f'm f'm x C1xC2
0.5	13200 14175 16200	51.52 55.33 63.23	f'm 56.693 D 5.793 Cv 10.5 % C1 0.933	h 35.5 t 12.2 h/t 2.91 C2 0.85	47.9
1.0	15550 7000 14150	60.69 27.32 * 55.23	f'm 57.960 D 3.861 Cv 6.7 % C1 1.0	h 37.0 t 12.2 h/t 3.03 C2 0.86	49.8
2.0	11825 10100 12850	46.16 39.42 50.16	f'm 45.247 D 5.428 Cv 12.0 % C1 0.970	h 40.0 t 12.2 h/t 3.28 C2 0.89	39.1
3.0	10775 8850 10300	42.06 34.54 40.20	f'm 38.933 D 3.917 Cv 10.1 % C1 0.999	h 43.0 t 12.2 h/t 3.52 C2 0.91	35.4

EDAD PROMEDIO 29 DIAS

R.N.C. E-070

* NO SE CONSIDERA EN EL CALCULO.

AREA RESISTENTE = AREA BRUTA SEGUN E-070

CUADRO 39
ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL EN MURETES

LADRILLO KING KONG PERFORADO 10 HUECOS 9 x 13.5 x 24

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.H. UNI

SANTOS CHURA FLORES

OCT/93

ESPESOR DEL MORTERO EN LAS JUNTAS e cms	LONG	ALT	DIAG	ESPE	CARGA	TIPO	CARGA	ESFUERZO	vc PROMED.	ESFUERZO	h L PROM	ESFUERZO CORTE EN LAS JUNTAS $v = \frac{0.7 u}{1 - 0.6 f \cdot \frac{h}{L}}$ Kg/cm2
	L	h	d	t	P	DE FALLO EN EL ENSAYO	DE CORTE V $v = \frac{P \cdot L}{d}$ Kg	$v_c = \frac{V}{L \cdot t}$ Kg/cm2	cv COEF. V c CORRECC vc ESFUERZ CORTANT CORREG.	TRACCION DIAGONAL MAXIMO $f' t = \frac{vc}{1.5}$		
1.0	49.0	50.1	69.9	13.4	9750	TD	6109	9.34	vc 9.50	6.20	1.015	u = 5.055 f = 1.130 v = 13.14
	49.1	49.2	69.5	13.4	9200	TD	6500	9.00	cv 2.9%			
	49.7	49.5	69.4	13.4	8950	TD	6210	9.52	c 0.971 vc 9.30			
2.0	49.9	53.5	73.2	13.4	7100	TD	4040	7.24	vc 7.045	4.51	1.069	u = 5.714 f = 0.441 v = 5.50
	50.0	53.0	72.9	13.4	3500	FA	2401	3.50 *	cv 3.9 %			
	50.1	53.0	73.5	13.4	6750	TD	4601	6.05	c 0.961 vc 6.77			
3.0	50.6	57.0	76.0	13.4	5100	TD	3360	4.96	vc 5.140	3.15	1.120	u = 4.390 f = 0.304 v = 3.07
	51.5	57.5	77.2	13.4	5000	TD-C	3069	5.61	cv 0.0 %			
	51.2	56.4	76.2	13.4	4950	TD-C	3326	4.05	c 0.920 vc 4.73			

TD : FALLA POR TRACCION DIAGONAL
TD-C : FALLA POR TRACCION DIAGONAL MAS CORTE
FA : FALLA POR APLASTAMIENTO

EDAD PROMEDIO DE LOS MURETES 32 DIAS

* NO SE CONSIDERA EN EL CALCULO

u=ADHERENCIA f=COEFICIENTE DE FRICCION

Ref: CUADRO 36

CUANDO EL VALOR DE "v" TIENDE APROXIMARSE AL VALOR DE "vc" LA FALLA PUEDE CONSIDERARSE COMO FALLA POR TRACCION DIAGONAL TD.

CUADRO 36
ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL EN MURETES

LADRILLO KING KONG MACIZO 6.5 x 12.5 x 21

HUACHIPA

MORTERO 1:4 DE CEMENTO ARENA EN PESO

L.E.M. UNI

SANTOS CHURA FLORES

OCT/93

ESPEJOR DEL MORTERO EN LAS JUNTAS ● cms	LONG	ALT	DIAG	ESPE	CARGA DE FALLA P Kg	TIPO DE FALLA EN EL ENSAYO	CARGA DE CORTE V=P. $\frac{L}{d}$ Kg	ESFUERZO CORTANTE $v_c = \frac{V}{L \cdot t}$ Kg/cm ²	v _c PROMED. cv COEF.V c CORRECC v _c ESFUERZ CORTANT CORREG.	ESFUERZO TRACCION DIAGONAL MAXIMO $f' t = \frac{v_c}{1.5}$	$\frac{h}{L}$ PROM	ESFUERZO CORTE EN LAS JUNTAS $v = \frac{0.7 u}{1 - 0.6 f \cdot \frac{h}{L}}$ Kg/cm ²
	L cms	h cms	d cms	t cms								
1.0	43.4	46.0	63.0	12.2	5000	TD	3945	7.45	v _c 6.945 cv 10.3%	4.15	1.007	u = 5.145 f = 0.630 v = 6.11
	43.8	48.0	64.9	12.2	5100	TD-C	3442	6.44	c 0.897 v _c 6.23			
2.0	43.5	50.1	66.3	12.2	4750	TD	3117	5.87	v _c 5.630	3.53	1.132	u = 4.720 f = 0.520 v = 5.11
	45.0	49.5	66.9	12.2	4400	TD-C	2960	5.39	cv 6.0 %			
	44.1	50.4	67.0	12.2	2100	FA	1302	2.57 *	c 0.940 v _c 5.29			
3.0	45.5	53.9	70.5	12.2	4100	TD-C	2646	4.77	v _c 4.54	2.91	1.186	u = 4.440 f = 0.310 v = 3.99
	46.0	54.6	71.4	12.2	3750	TD-C	2416	4.31	cv 7.2 % c 0.920 v _c 4.21			

TD : FALLA POR TRACCION DIAGONAL
 TD-C : FALLA POR TRACCION DIAGONAL MAS CORTE
 FA : FALLA POR APLASTAMIENTO

EDAD PROMEDIO DE LOS MURETES 32 DIAS
 * NO SE CONSIDERA EN EL CALCULO
 u=ADHERENCIA f=COEFICIENTE DE FRICCION
 Ref: CUADRO 36

CUANDO EL VALOR DE "v" TIENDE APROXIMARSE AL VALOR DE "v_c" LA FALLA PUEDE CONSIDERARSE COMO FALLA POR TRACCION DIAGONAL TD.

**6.1.5 CUADRO RESUMEN Y COMPARACION DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS
EN MORTEROS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA Y EN PILAS Y MURETES**

CUADRO

41 Resumen y comparación de resultados

CUADRO 41
RESUMEN Y COMPARACION DE RESULTADOS
 L.E.M. UNI SANTOS CIURA FLORES DIC/93

ESPEJOR DEL MORTERO e cm	DENSIDAD gr/cm ³	RESIST. COMP. UNIDAD f' b Kg/cm ²	RESIST. COMP. AXIAL PILAS f' m Kg/cm ²	ADHEREN u Kg/cm ²	FRICC. f	ESFUERZO CORTANTE RESISTENTE EN LA JUNTA v Kg/cm ²	ESFUERZO CORTANTE ACTUAL v c Kg/cm ²	TRACC. DIAGONAL MAXIMO f' t Kg/cm ²	$\frac{v}{v c}$	$\frac{f' m}{f' b}$	$\frac{v c}{\sqrt{f' m}}$	$\frac{f' t}{\sqrt{f' m}}$
LADRILLO KING KONG PERFORADO 10 HUECOS DE 9 x 13.5 x 24 TIPO IV HUACHIPA												
0.5			61.7	4.909	1.272	---	---	---	---	0.54	---	---
1.0			63.4	5.855	1.130	13.14	9.30	6.20	1.41	0.55	1.17	0.70
1.5	1.92	114.00	62.3	---	---	---	---	---	---	0.54	---	---
2.0			50.5	5.714	0.441	5.50	6.77	4.51	0.82	0.44	0.95	0.63
3.0			40.2	4.398	0.304	3.07	4.73	3.15	0.82	0.35	0.75	0.50
LADRILLO KING KONG MACIZO DE 0.5 x 12.5 x 21 TIPO II HUACHIPA												
0.5			47.9	---	---	---	---	---	---	0.67	---	---
1.0			49.0	5.145	0.630	6.11	6.23	4.15	0.90	0.70	0.80	0.59
2.0	1.00	71.13	39.1	4.720	0.520	5.11	5.29	3.53	0.97	0.55	0.85	0.56
3.0			35.4	4.440	0.310	3.99	4.21	2.01	0.95	0.50	0.71	0.47

ARENA DE LA MOLINA

CEMENTO PORTLAND SOL TIPO I

MORTERO 1:4 DE CEMENTO Y ARENA EN PESO

FLUIDEZ = 110.7 %

P.UNIT. = 2005 kg/m³

RESIST. COMPRESION F' c = 146.7 kg/cm²

RESIST. TRACCION F' t = 15.5 kg/cm²

$$u = \frac{0.7 u}{1 - 0.6 \frac{h}{L}}$$

u = ADHERENCIA

f = COEFIC. FRICCION

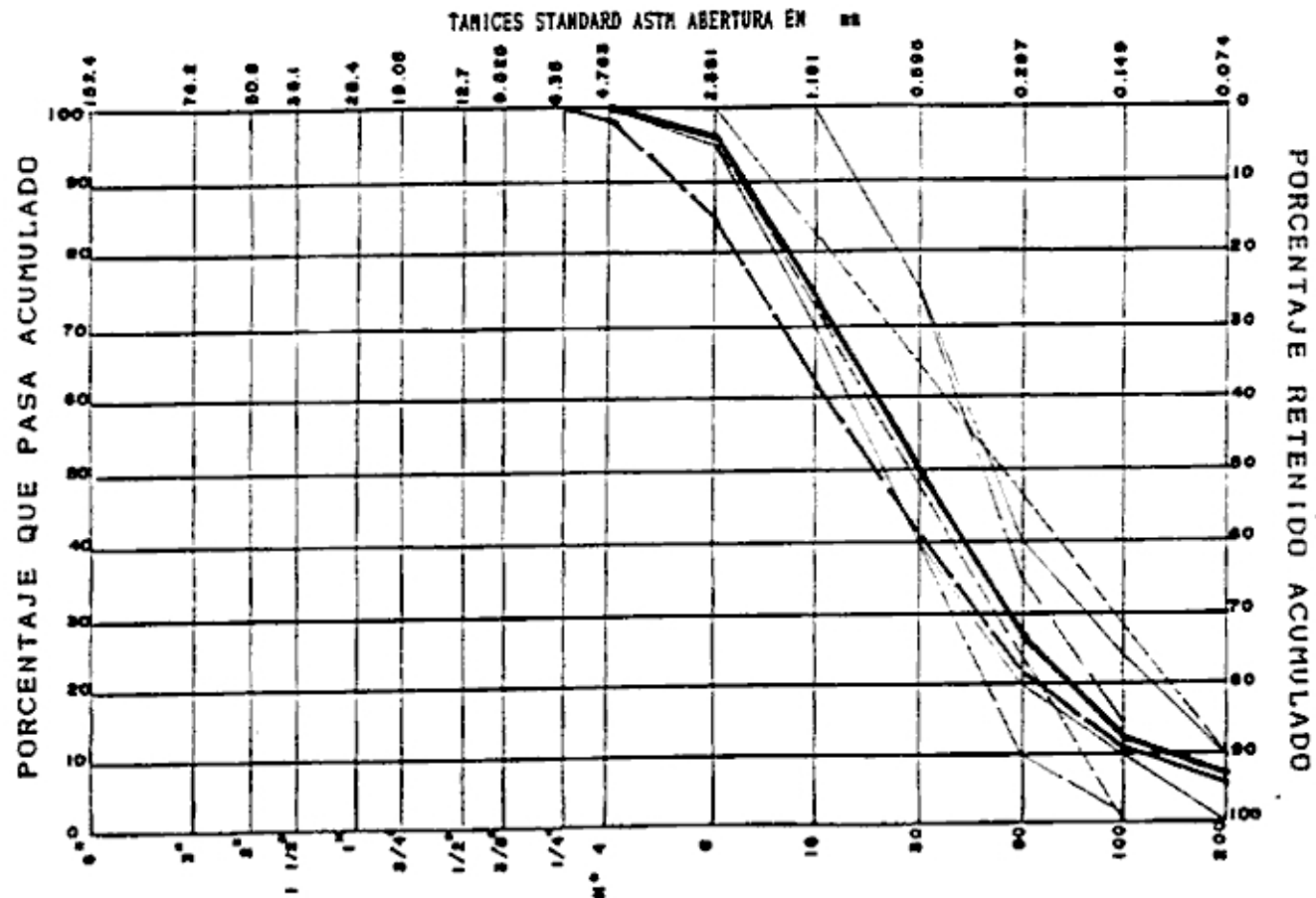
6.2 GRAFICOS

GRAFICO

- 01 Ensayo de granulometría de la arena; curva granulométrica
- 02 Ensayo de resistencia a la compresión del mortero; resistencia a la compresión - edad
- 03 Ensayo de resistencia a la tracción del mortero; resistencia a tracción - edad
- 04 Ensayo de corte directo en pilas; esfuerzo cortante - confinamiento, ladrillo king kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24
- 05 Ensayo de corte directo en pilas; esfuerzo cortante - confinamiento, ladrillo king kong macizo de 8.5x12.5x21
- 06 Ensayo de corte directo en pilas; adherencia - espesor del mortero
- 07 Ensayo de resistencia a la compresión en pilas; resistencia a compresión axial - espesor del mortero
- 08 Ensayo de resistencia a la compresión en pilas; resistencia a la compresión axial - esbeltes h/t
- 09 Ensayo de compresión diagonal en muretes; resistencia a la tracción diagonal - espesor del mortero
- 10 Ensayo de compresión diagonal en muretes; esfuerzo cortante actuante y resistente teórico - espesor del mortero

GRAFICO 01
ENSAYO DE GRANULOMETRIA DE LA
ARENA

CURVA GRANULOMETRICA



- ARENA DE LA MOLINA EN ESTADO NATURAL
- ARENA DE LA MOLINA TAMIZADO USADO EN EL PRESENTE ESTUDIO
- LIMITES ASTM : ARENA NATURAL PARA MORTEROS
- LIMITES ASTM : ARENA FABRICADA PARA MORTEROS
- LIMITES E-070 : ARENA PARA MORTEROS

GRAFICO 02

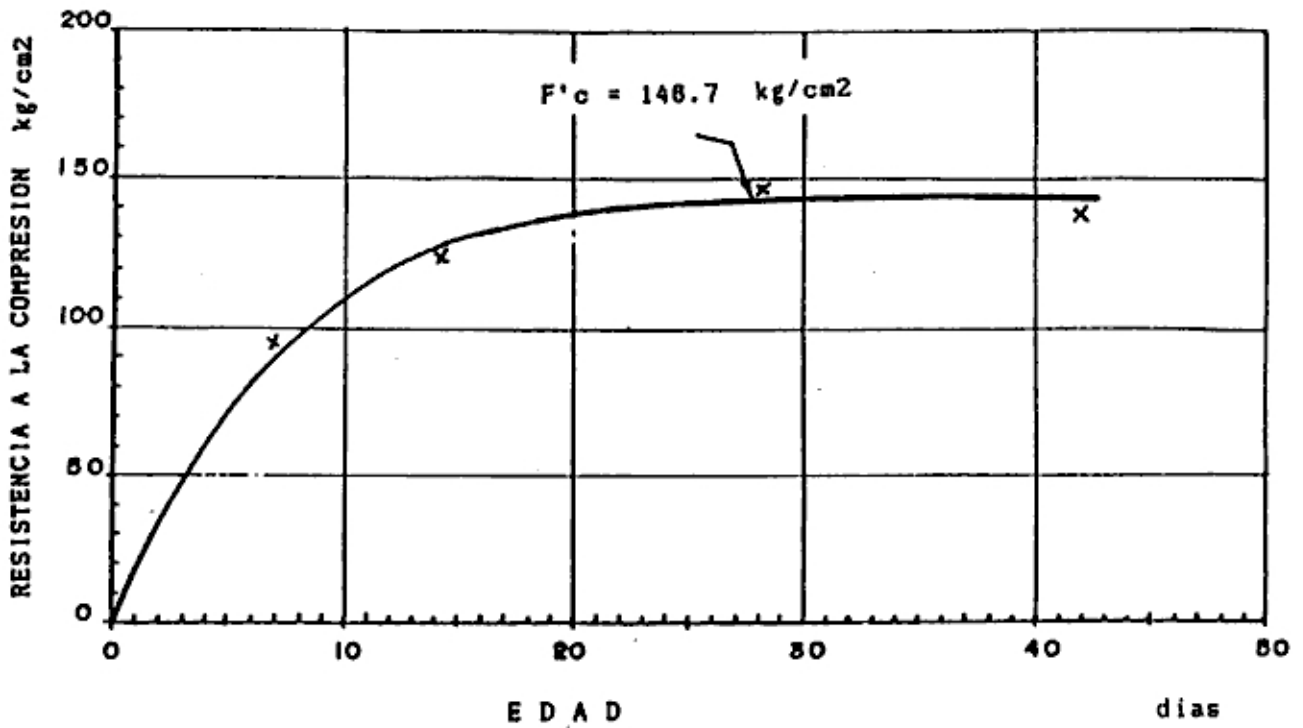
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION DEL MORTERO

GRAFICO 03

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
TRACCION DEL MORTERO

RESISTENCIA A LA TRACCION POR COMPRESION DIAMETRAL

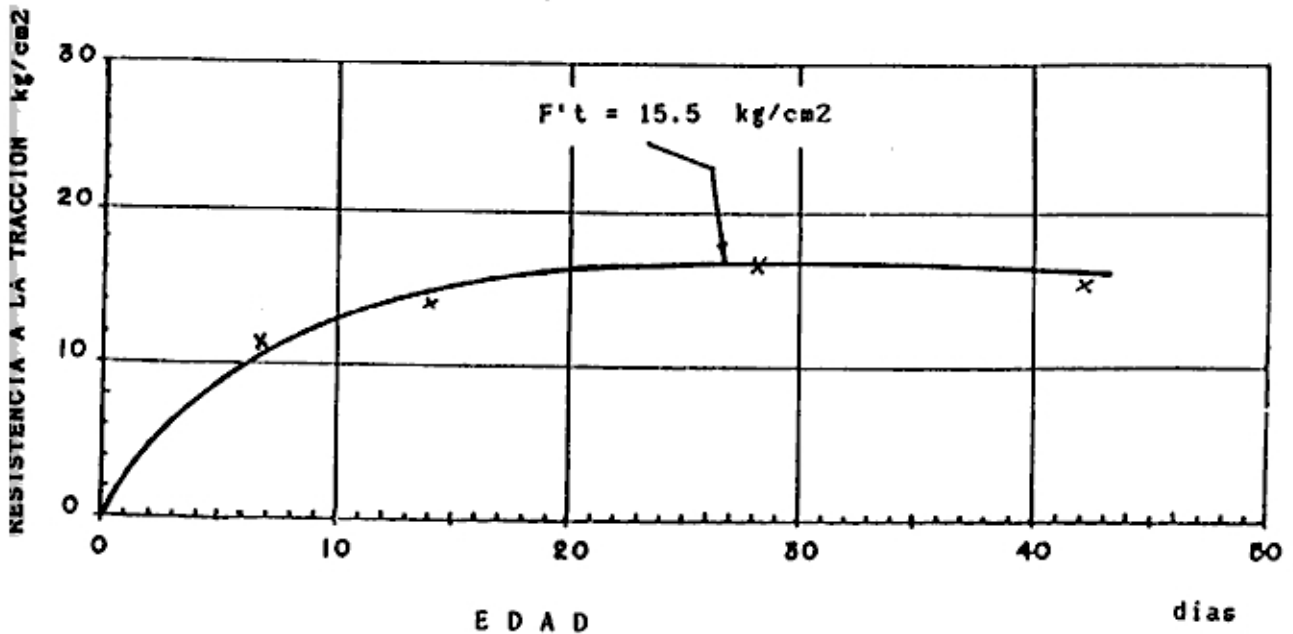
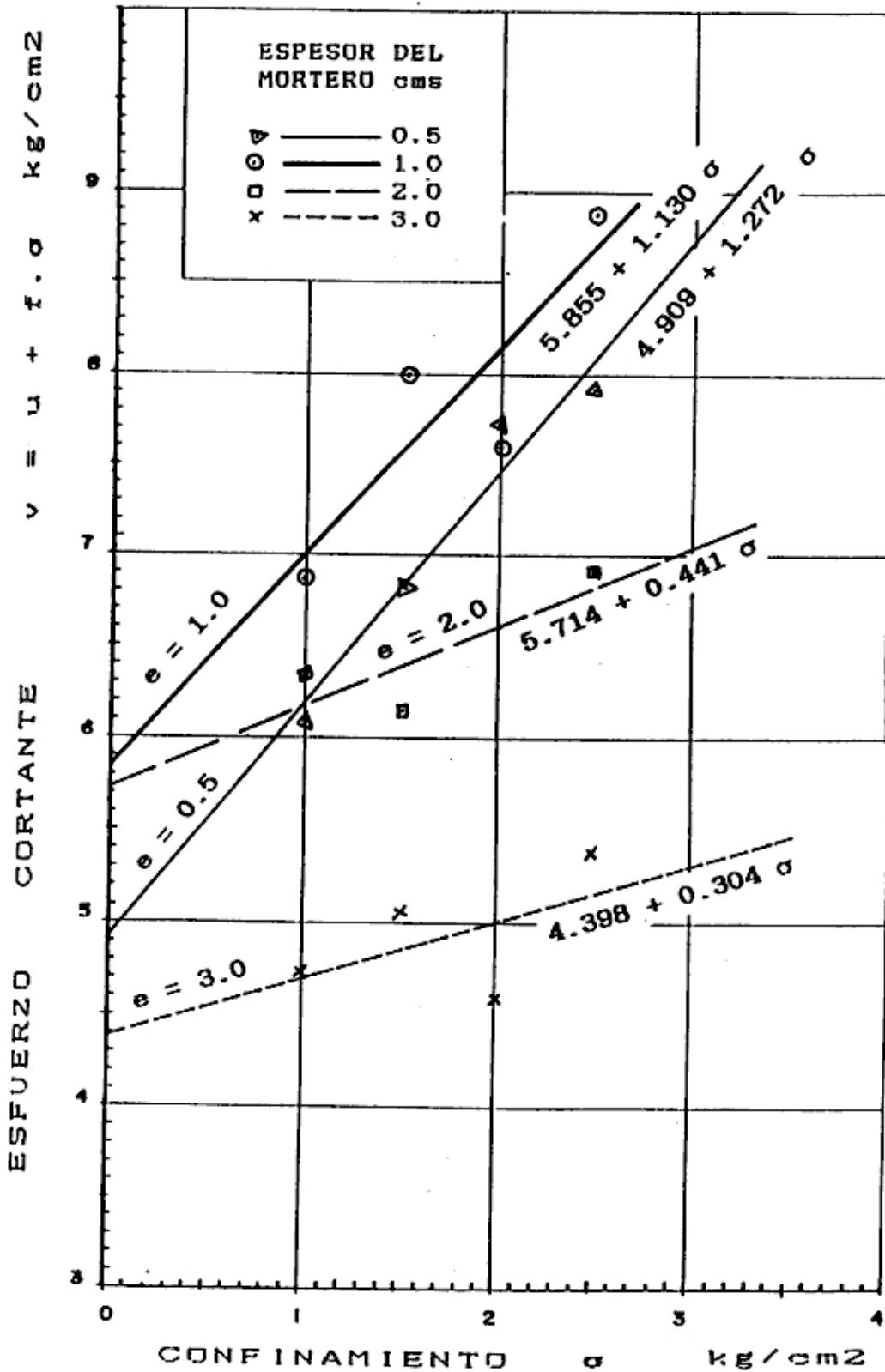


GRAFICO 04
ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN
PILAS
LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS DE 9 x 13.5 x 24



MORTERO 1:4 EN PESO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA DE LA MOLINA.

u = ADHERENCIA Kg/cm²

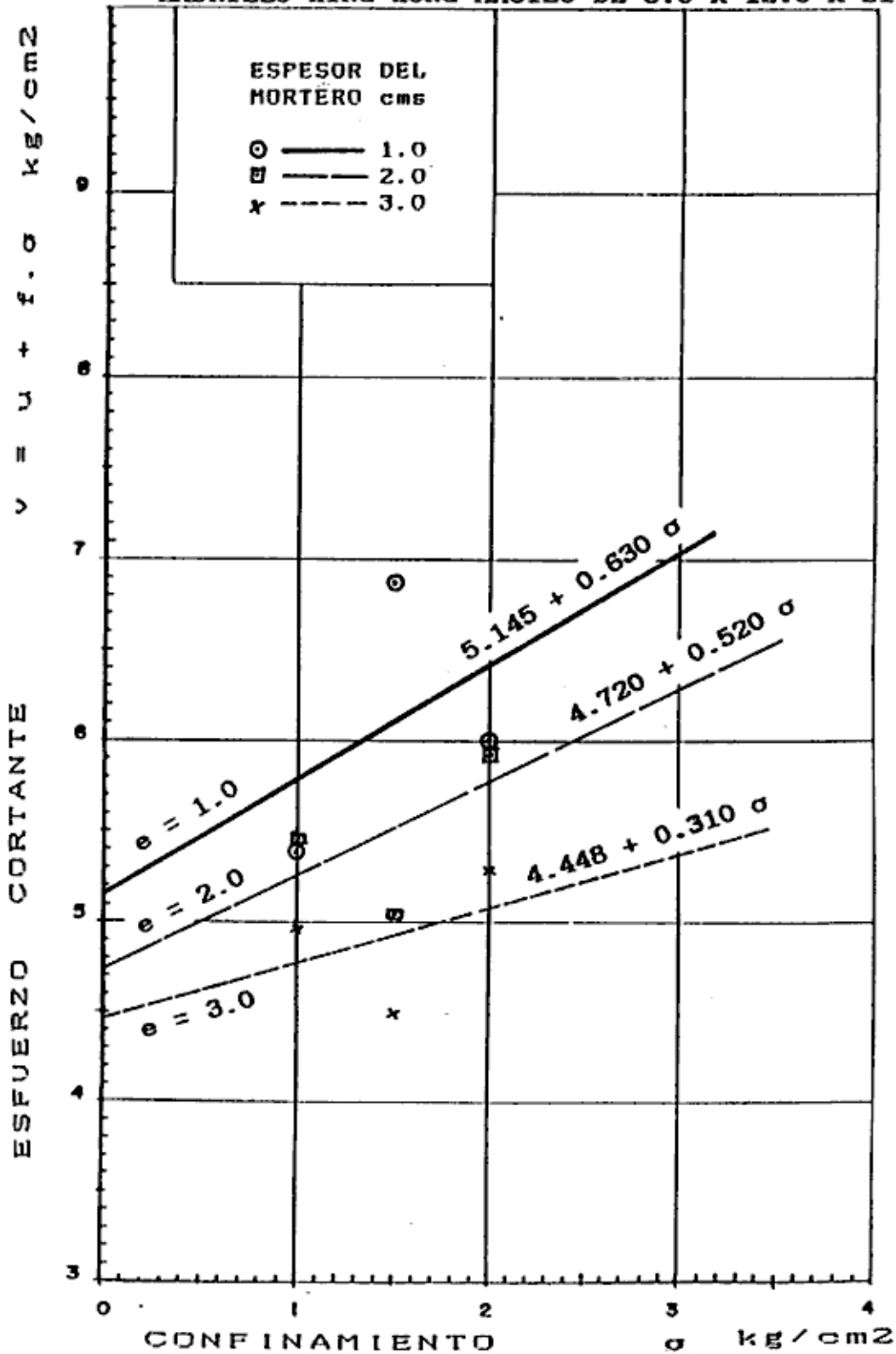
f = COEFICIENTE DE FRICCIÓN (PENDIENTE DE LA RECTA)

REF. CUADRO 36

L.E.M. UNI NOV/93

GRAFICO 05 ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

LADRILLO KING KONG MACIZO DE 8.5 x 12.5 x 21



MORTERO 1:4 EN PESO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA DE LA MOLINA.

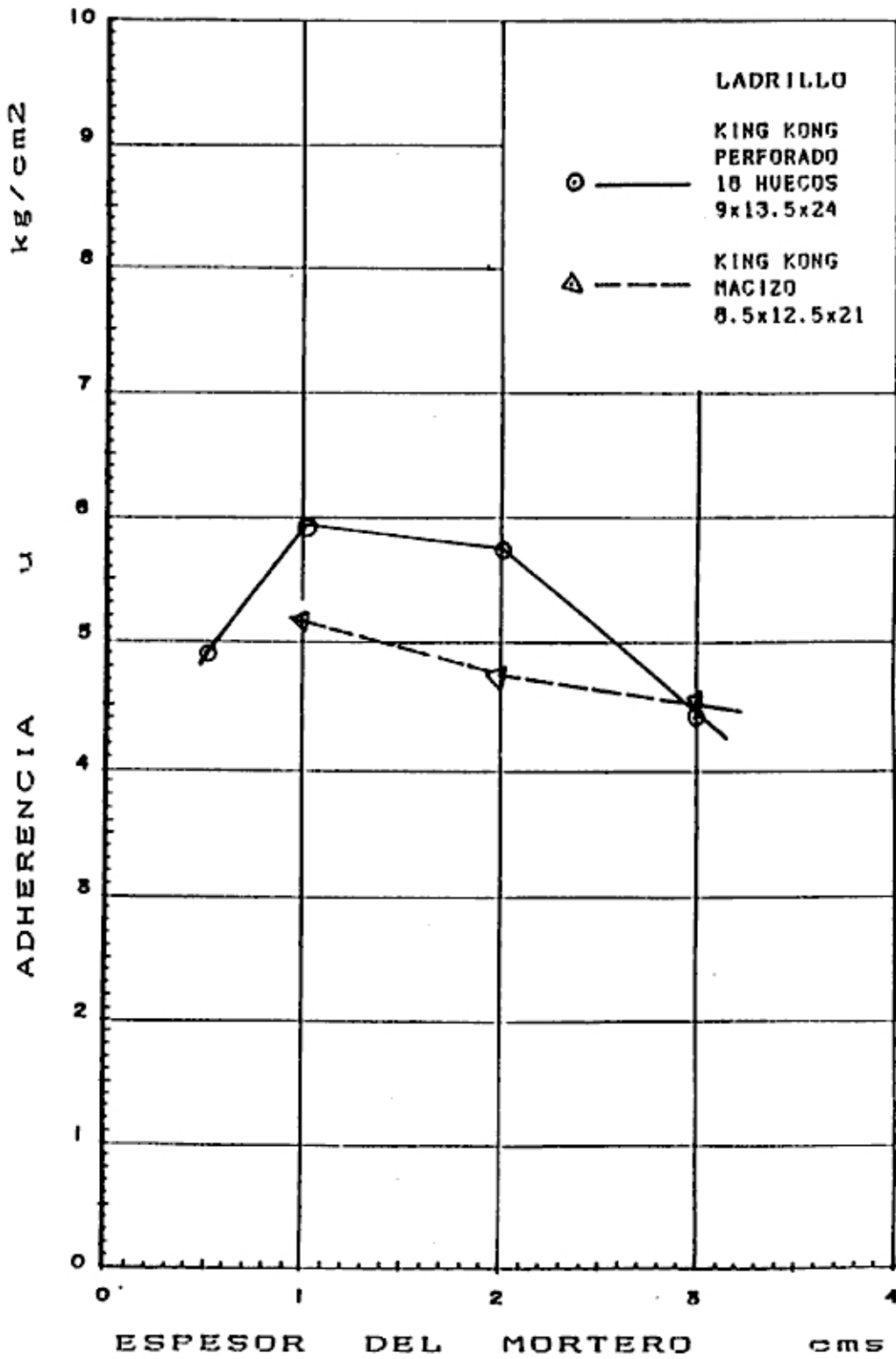
u = ADHIRENCIA Kg/cm²

f = COEFICIENTE DE FRICCIÓN (PENDIENTE DE LA RECTA)

RRF. CUADRO 36

L.K.M. UNI NOV/93

GRAFICO 06 ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN PILAS

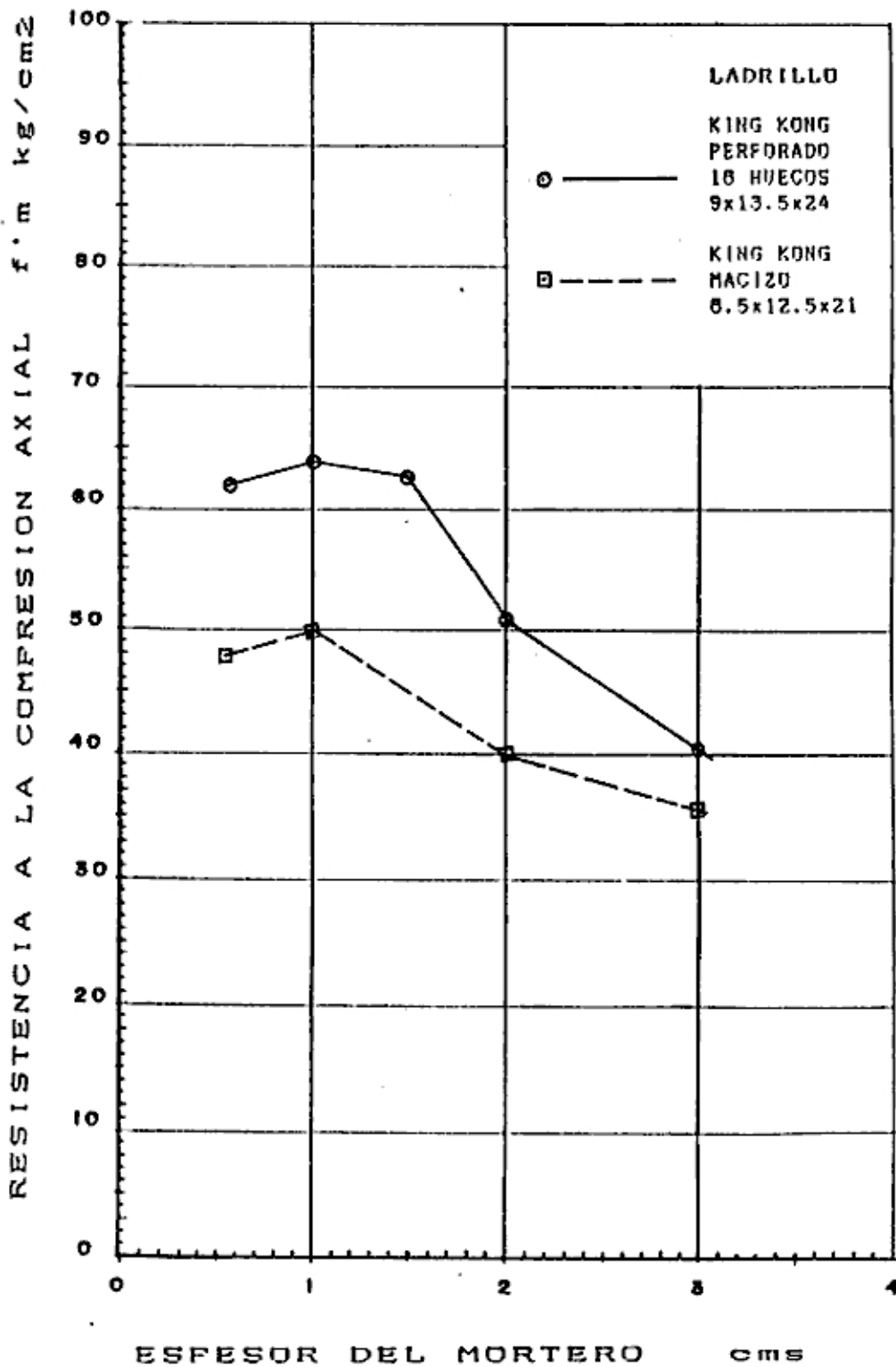


MORTERO 1:4 EN PESO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA DE LA MOLINA.

REF. CUADRO 36

L.B.M. UNI NOV/93

GRAFICO 07
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION EN PILAS

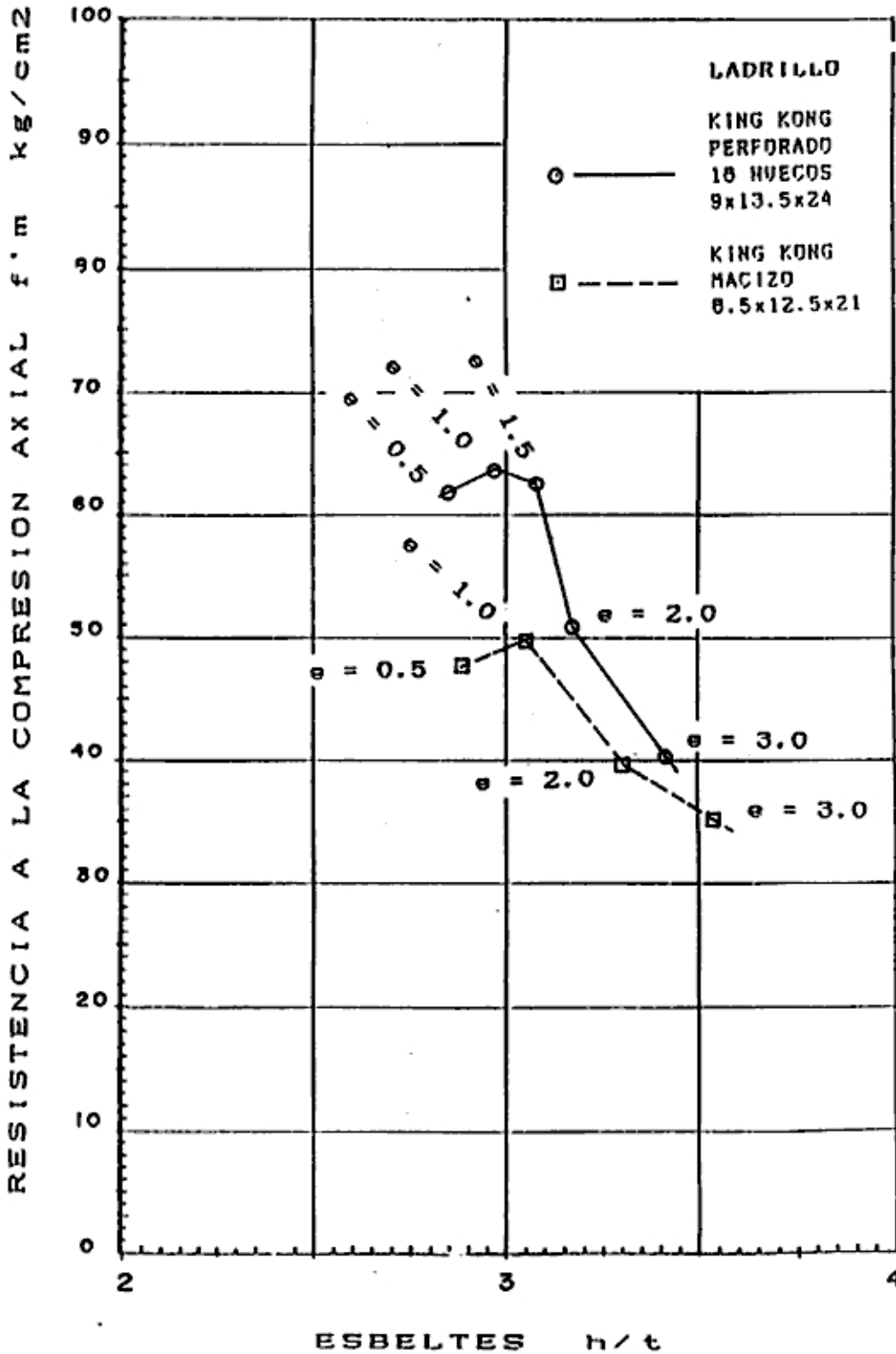


MORTERO 1:4 EN PESO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA DE LA MOLINA.

REF. CUADRO 37 Y 38

L.E.M. UNI NOV/9

GRAFICO 08
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA
COMPRESION EN PILAS



MORTERO 1:4 EN PESO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA DE LA MOLINA.

e = ESPESOR DEL MORTERO EN LA JUNTA

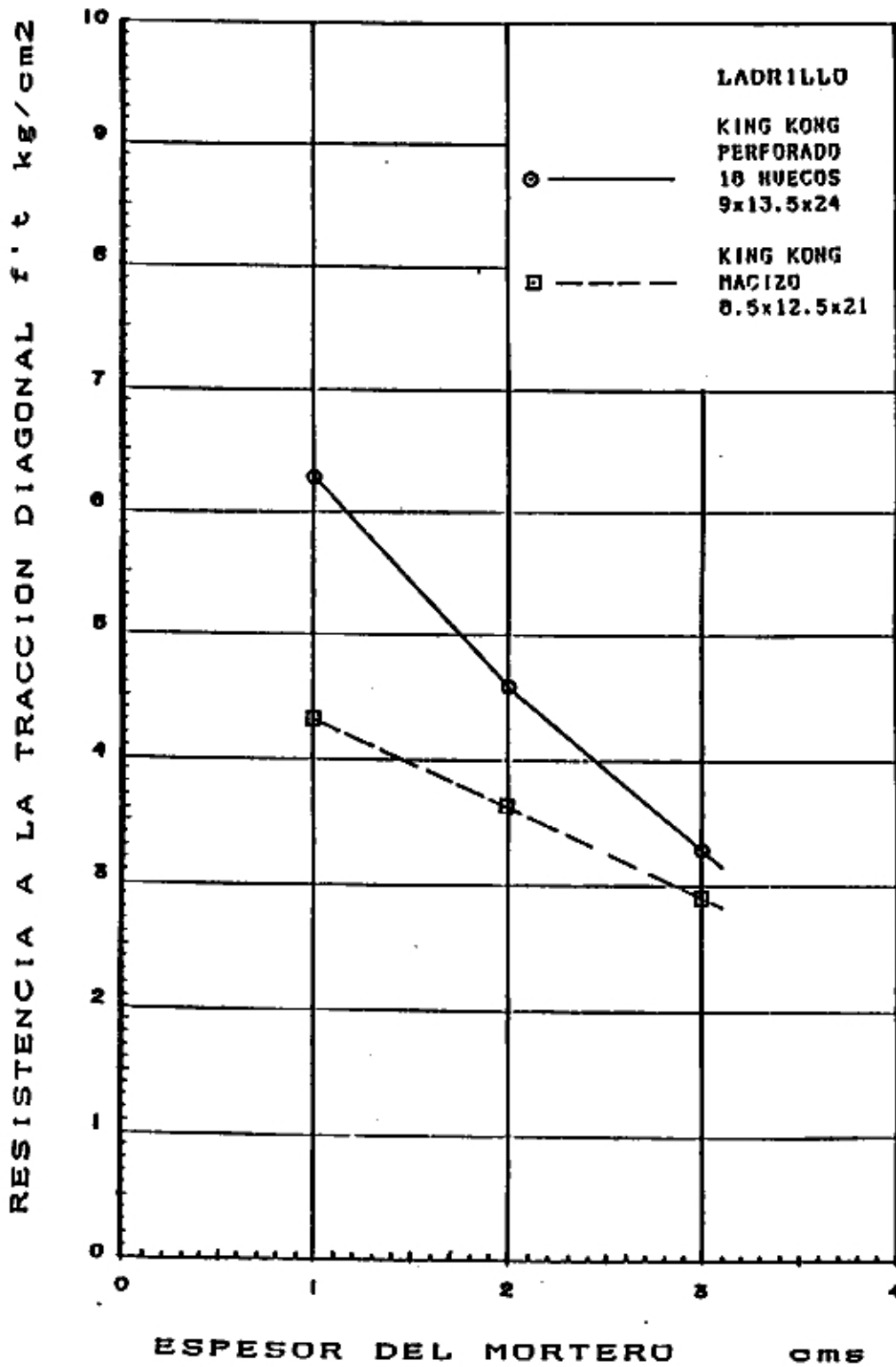
h = ALTURA DE LA PILA

t = ESPESOR DE LA PILA

REF. CUADRO 37 Y 38

L.R.M. UNI NOV/83

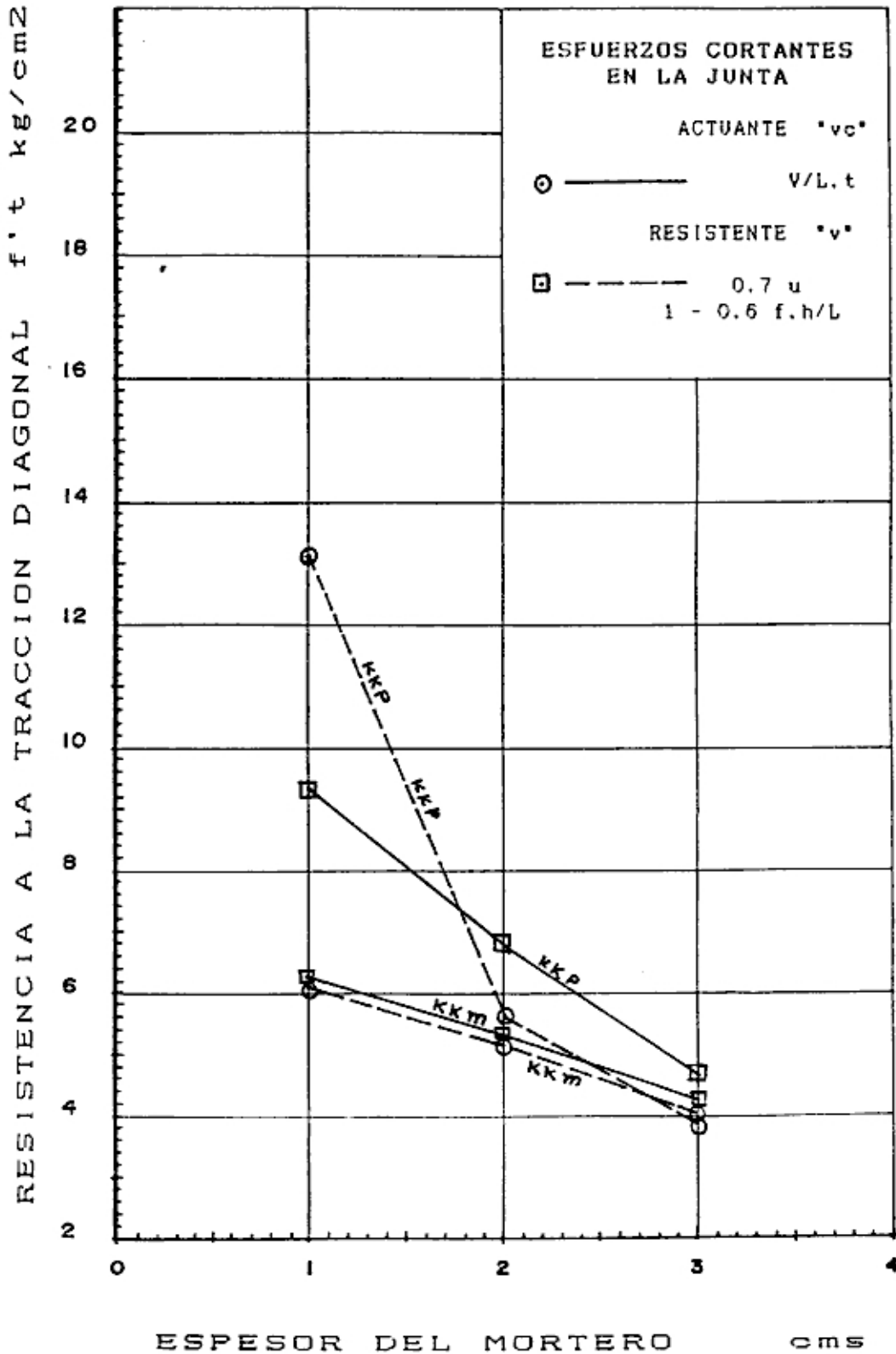
**GRAFICO 09
ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL
EN MURETES**



MORTERO 1:4 EN PESO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA DE LA MOLINA.
REF. CUADROS 39 Y 40

L.E.M UNI NOV/93

GRAFICO 10 ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL EN MURETES



MORTERO 1:4 EN PESO DE CEMENTO PORTLAND TIPO I SOL Y ARENA DE LA MOLINA.

KKP : KING KONG PERFORADO 18 HUCOS DE 9x13.5x24

KKm : KING KONG MACIZO DE 8.5x12.5x21

REF. CUADROS 39 Y 40

L.K.M UNI NOV/93

C A P I T U L O V I I

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

El presente capítulo trata del análisis y comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, tanto de los materiales componentes del muro de Albañilería como en pilas y muretes; con la finalidad de determinar la influencia del espesor del mortero en las propiedades de resistencia del muro de albañilería.

7.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS EN LA ARENA

La arena usada en la preparación del mortero en la fabricación de pilas y muretes fue arena de La Molina, en la cual se eliminó los pesos retenidos en la malla No 4 y el 80% de la malla No 8 mediante el tamizado. A continuación analizaremos los resultados obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio.

La Granulometría de la arena, gráfico 01, se encuentra dentro los límites establecidos por las normas ASTM C144 y E070. Tiene como máximo 48.5 % de peso retenido entre dos mallas consecutivas, siendo menor al 50 %; además tiene 22.6 % y 13.8 % de pesos retenidos en las mallas No 50 y

No 100, respectivamente, por lo tanto son menores al 25 % limitado por la norma ASTM C144; el material más fino que la malla No 200 es de 7.3 %, siendo menor al 10 % límite máximo fijado por la norma ASTM C144 y E070; el módulo de finura 2.46 se encuentra entre 1.6 y 2.5 de acuerdo a la norma E070.

El contenido de humedad de 2.1 % de la arena, indica que no presenta humedad superficial debido a que este valor es menor a la absorción de 3.4 %.

La arena esta libre de impurezas orgánicas y tiene 0.53 % de partículas friables, siendo menor al 1 % fijado por la norma ASTM C144 y E070.

La durabilidad de 5.4 % determinado por el método de sulfato de Sodio, es menor al 10 % límite máximo según la norma ASTM C144.

El Peso Unitario suelto 1561.3 Kg/m³, Peso Unitario compactado 1801.1 Kg/m³, Peso específico 2.54 gr/cm³ y la superficie específica 36.6 cm²/gr de la arena, se encuentran dentro los valores usuales correspondientes a la arena de la Molina. Estas propiedades no son limitados por las normas correspondientes a las arenas usados en morteros de albañilería.

7.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA DE ARCILLA COCIDA

Las unidades utilizados en la fabricación de las pilas y muretes fueron de dos tipos, ambas de arcilla cocida, procedentes de la zona de Huachipa, el primero fabricado industrialmente ladrillo King Kong perforado con 18 huecos de 9 x 13.5 x 24 y el segundo fabricado artesanalmente ladrillo King Kong macizo de 8.5 x 12.5 x 21. A continuación analizaremos los resultados obtenidos de los ensayos realizados con dichas unidades. Cuadro 25.

Las unidades de arcilla cocida ladrillos King Kong perforado 18 huecos de 9x13.5x24; con el % de variación máximo en la dimensión de -3.3 % , alabeo máximo de 4 mm, resistencia a la compresión axial de 160.8 Kg/cm² con respecto al área neta y 114.80 Kg/cm² respecto al área bruta, densidad de 1.92 gr/cm³, absorción de 13.8 % corresponden a la unidad tipo IV de la clasificación ITINTEC 331.018. Nos indica que se trata de un ladrillo de resistencia y durabilidad altas aptos para construcciones en condiciones de servicios rigurosos.

Las unidades de arcilla cocida ladrillos King Kong macizo de 8.5 x 12.5 x 21; con el % de variación máximo en la dimensión de +4.7 % , cumple hasta tipo III; mientras con un alabeo máximo de 8mm, resistencia a la compresión de 71.13 Kg/cm², densidad de 1.80 gr/cm³ y una absorción de 15.2 %

cumplen hasta tipo II de la clasificación ITINTEC 321.018; que es la que corresponde a esta unidad. Nos indica que se trata de un ladrillo de resistencia y durabilidad bajas aptos para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

La succión obtenida de acuerdo a la norma ITINTEC 331.018 es de 52.0 y 77.0 gr/200cm²/min en los ladrillos King Kong perforado y macizo respectivamente, dichos valores son mayores a 20 gr/200cm²/min limitado por la ITINTEC en unidades de arcilla cocida usados en muros de albañilería; para lo cual en estas unidades, modificando la succión mediante la inmersión de estas en agua durante 2 minutos y 4 minutos, se obtienen succiones de 17 y 21 gr/200cm²/min en los ladrillos King Kong perforado y macizo respectivamente, dichos valores son cercanos a 20 gr/200cm²/min, con las cuales las unidades están aptos para el asentado en muros de albañilería de arcilla cocida.

La densidad del ladrillo King Kong perforado es superior a la del ladrillo King Kong macizo; de igual manera la resistencia a la compresión que varía de acuerdo a la densidad de las unidades. Esto confirma a estudios realizados por varios investigadores donde la densidad esta relacionada con la resistencia a la compresión de la unidad; a mayores valores de la densidad indicarán mayor resistencia y durabilidad en la unidad y en el muro de albañilería.

7.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DEL MORTERO

El mortero usado en la fabricación de pilas y muretes fue de la proporción 1:4 en peso, de cemento Portland sol tipo I y arena de La Molina. A continuación analizaremos los resultados obtenidos en los ensayos del mortero usado en la fabricación de pilas y muretes.

La fluidez del mortero, cuadro 26, fue de 110.7 % para una relación de agua/cemento de 1.25 aproximadamente, por experiencias realizadas que se trata de un mortero con una adecuada trabajalidad ;se encuentra entre $110 \pm 5\%$ de fluidez fijado por la norma ASTM C270 correspondiente a morteros usados en muros de albañilería.

El peso unitario, cuadro 27, para la misma fluidez del mortero tiene un valor de 2085 Kg/m³ se encuentra dentro de los valores usuales de morteros usados en muros de albañilería y no tiene restricción por parte de las normas referentes a morteros en albañilería.

La resistencia a la compresión F'_c del mortero, cuadro 28, para la misma fluidez a los 28 días es de 146.7 Kg/cm², dicho valor es superior a 127 Kg/cm² que corresponde al mortero TIPO S según las especificaciones de propiedad de la norma ASTM C270 referente a morteros de albañilería y es superior a 100 Kg/cm² correspondiente al mortero TIPO M-2 fijado por el R.N.C. para morteros usados en muros

portantes. Lo cual nos indica que el mortero usado es apto para la construcción de muros de albañilería.

La resistencia a la tracción $F't$ del mortero, cuadro 29, para la misma fluidez a los 28 días es de 15.5 Kg/cm² y representa aproximadamente 10.6 % de la resistencia a la compresión $F'c$ del mortero. Por lo tanto se encuentra dentro de los valores prácticos de la resistencia a la tracción de morteros usados en muros de albañilería. Este valor también se puede aproximar con la ecuación dado por R.MELI [2], $F't = 1.85 \sqrt{F'c} - 4.8$ Kg/cm², de donde se obtiene una resistencia a la tracción del mortero de 17.6 Kg/cm² y sólo difiere en + 2.1 Kg/cm² con el valor obtenido en el laboratorio. Esto confirma la relación que existe entre dichas resistencia y que los factores que influyen en la resistencia a la compresión serán las mismas en la resistencia la tracción del mortero.

7.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS EN PILAS Y MURETES

7.4.1 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE CORTE DIRECTO EN PILAS

De los resultados obtenidos en el ensayo de corte directo en Pilas, se confirma la linealidad que existe del esfuerzo cortante con el esfuerzo normal de confinamiento aplicado en muros de albañilería, propuesto por R. Meli [2]; además el esfuerzo cortante está en función a la adherencia de la unidad con el mortero y el coeficiente de fricción

propiciado por el esfuerzo normal de confinamiento perpendicular a las juntas.

Los valores de la adherencia y el coeficiente de fricción, cuadro 36, gráficos 04 y 05; estas se mantienen constantes para cada tipo de unidad y espesor del mortero. Como los valores del coeficiente de fricción son bajos, la adherencia determina mayormente la resistencia al corte entre las unidades de albañilería.

El valor de la adherencia en relación al espesor del mortero en las juntas de las pilas con ambos tipos de unidades es el siguiente :

ESPESOR DEL MORTERO EN LAS JUNTAS e cms	ADHERENCIA u Kg/ cm ²			
	LADRILLO KING KONG 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24		LADRILLO KING KONG MACIZO 8,5 x 12.5 x 21	
	u	%	u	%
0.5	4.909	83.8	--	---
1.0	5.855 *	100.0	5.145	100.0
2.0	5.714	97.6	4.720	91.7
3.0	4.398	75.1	4.448	86.5

* Valor máximo

Ref. Cuadro 36

Se puede observar que en los ladrillos perforados se obtiene un valor máximo de la adherencia para el espesor del mortero de un centímetro, gráfico 06, y con respecto a este valor máximo disminuyen en : 2.4 % para dos

centímetros. 24.9 % para tres centímetros y 16.2 % para medio centímetro; luego se puede afirmar que la variación de la adherencia para los espesores del mortero de uno a dos centímetros es mínima. De la misma manera ocurre con las unidades macizas en relación al valor máximo de la adherencia correspondiente al espesor del mortero de un centímetro, disminuyen en 8.3 % y 13.5 % para los espesores de dos y tres centímetros respectivamente; siendo escasa la variación de la adherencia para los espesores de uno a dos centímetros del mortero. Por lo tanto, para que exista una adecuada adherencia entre el mortero y la unidad en muros de albañilería considerando ambos tipos de unidades, los espesores del mortero deben estar entre uno a dos centímetros; además en general, para cualquier espesor de la junta del mortero los valores de adherencia obtenidos en los ladrillo King Kong perforado de 18 huecos son mayores a los valores obtenidos en los ladrillos King Kong macizos; esto se debe a que el anclaje mecánico del mortero es mayor en los huecos de los ladrillos perforados, que en los poros de los ladrillos macizos. Luego podemos afirmar, que aparte de la calidad del mortero reflejado en su trabajabilidad y la calidad de la unidad reflejado por la rugosidad de la superficie en contacto con el mortero junto con la succión, el valor de la adherencia entre la unidad y el mortero también depende del espesor del mortero entre las unidades del muro de albañilería.

Por lo tanto, en muros con ambos tipos de unidades; si consideramos un confinamiento constante, que en la práctica es evidenciado por el peso propio del muro; el esfuerzo cortante entre las unidad y el mortero, disminuirá en la medida que aumente el espesor del mortero, sobre todo cuando los espesores son superiores a dos centímetros.

7.4.2 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE COMPRESION AXIAL EN PILAS

De los resultados obtenidos en la resistencia a la compresión axial en pilas, cuadros 37 y 38, observamos que se obtienen resistencia superiores en pilas con ladrillos King Kong perforados 18 huecos de 9 x 13.5 x 24, que en pilas con ladrillos King Kong macizos de 8.5 x 12.5 x 21; esto se debe a que las unidades perforadas son de mejor calidad que las unidades macizas evidenciado principalmente por su resistencia como hemos visto anteriormente

La resistencia a la compresión axial con respecto al espesor del mortero, como se muestra en el siguiente cuadro; observamos que con unidades perforadas se obtiene el valor máximo de la resistencia a la compresión para el espesor del mortero de un centímetro y con relación a dicho valor máximo la resistencia a la compresión disminuyen en : 2.7 % para medio centímetro, 1.7 % para uno y medio centímetros, 20.3 % para dos centímetros y 36.6 % para tres centímetros de espesor del mortero.

ESPESOR DEL MORTERO EN LAS JUNTAS e cms	RESISTENCIA A LA COMPRESION AXIAL f'm Kg/cm2			
	LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24		LADRILLO KING KONG MACIZO 8,5 x 12.5 x 21	
	f'm	%	fm	%
0.5	61.7	97.3	47.9	96.2
1.0	63.4 *	100.0	49.8 *	100.0
1.5	62.3	98.3	--	--
2.0	50.5	79.7	39.1	78.5
3.0	40.2	63.4	35.4	71.1

* Valores máximos

Ref. Cuadro 37 y 38

Del mismo modo, unidades macizas se obtiene el valor máximo de la resistencia a la compresión para el espesor del mortero de un centímetro y con relación a dicho valor máximo para los demás espesores disminuyen en : 3.8 % para medio centímetro, 21.5 % para dos centímetros y 28.9 % para tres centímetros de espesor del mortero.

Luego podemos afirmar que la resistencia a la compresión en muros con ambos tipos de ladrillos estudiados, se obtendrán valores máximos de la resistencia a la compresión cuando el espesor del mortero estén entre 0.5 cm a 1.5 cm y que para espesores superiores a 1.5 cms la resistencia a la compresión del muro disminuirá linealmente, como se observa en el gráfico 07.

La variación de la resistencia a la compresión axial del muro con el espesor del mortero, se debe a que el mortero es más deformable que la unidad, sobre todo cuando los morteros son de baja resistencia siendo más deformables que los resistentes, como se observa en el gráfico 2.4. Por tanto podemos afirmar que en muros de albañilería bajo carga axial, con espesores del mortero gruesas entre las unidades, habrán mayores deformaciones en las juntas que producirán mayores tracciones transversales en el muro y como consecuencia muros menos resistentes.

El índice de la resistencia a la compresión de acuerdo a la forma del elemento que depende de la esbeltez h/t , con relación al espesor del mortero, gráfico 08; la resistencia con ambos tipos de unidades en estudio, disminuyen rápidamente al aumentar la esbeltez de tres a tres y medio centímetros, es decir aproximadamente para espesores del mortero de un centímetro a tres centímetros; lo cual nos indica que si queremos obtener un índice de resistencia a la compresión máximo teniendo en cuenta la esbeltez en función del espesor del mortero esta deberá ser aproximadamente $h/t = 3$, que corresponde aproximadamente para un espesor del mortero de un centímetro.

La relación de la resistencias a la compresión de la pila con la unidad $f'm/f'b$, cuadro 41; en pilas con ladrillos King Kong perforados 18 huecos de 9 x 13.5 x 24 se obtiene

como máximo de 0.55 para el espesor de un centímetro y como mínimo de 0.35 correspondiente a un espesor de tres centímetros de espesor del mortero; mientras que para los ladrillos King Kong macizo de 8.5 x 12.5 x 21, se obtiene un valor máximo 0.70 para el espesor un centímetro y como mínimo de 0.50 correspondiente a tres centímetros de espesor del mortero. Estos valores se encuentran dentro de los valores experimentales estudiados por otros autores en muros de albañilería y nos indica que la predicción de la resistencia a la compresión del muro a partir de la resistencia de la unidad no pueden darse valores generales, dependen de la calidad del mortero, del tipo de unidad y del espesor del mortero entre las unidades de albañilería

7.4.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE COMPRESION DIAGONAL EN MURETES.

De los resultados obtenidos, cuadros 39 y 40, en general se puede observar que la resistencia a la tracción diagonal se obtienen valores superiores en muretes con ladrillos King Kong perforados 18 huecos de 9 x 13.5 x 24, que en muretes con ladrillos macizos de 8.5 x 12.5 x 21, esto se debe a que la adherencia y el esfuerzo cortante en las juntas son superiores con unidades perforadas que con unidades macizas como hemos visto anteriormente.

Los valores de la resistencia a la tracción diagonal máximo con relación al espesor del mortero, se observa en el

siguiente cuadro:

ESPESOR DEL MORTERO EN LAS JUNTAS e cms	RESISTENCIA TRACCION DIAGONAL MAXIMO f't Kg/cm ²			
	LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9 x 13.5 x 24		LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5 x 12.5 x 21	
	f't	%	f't	%
1.0	6.20	100.0	4.15	100.0
2.0	4.51	72.7	3.53	85.1
3.0	3.15	50.8	2.81	67.7

En dicho cuadro, observamos que para muretes con ambas unidades se obtienen valores máximos de la resistencia a la tracción máxima, para el espesor del mortero de un centímetro y luego disminuyen con el espesor del mortero de la siguiente manera: para muretes con unidades perforadas disminuyen en 27.3 % y 49.2 % para dos y tres centímetros respectivamente; igual manera en muretes con unidades macizas disminuyen el 14.9 % y 32.3 % para dos y tres centímetros respectivamente. Estos resultados podemos observar mejor en el gráfico 09, que nos permite afirmar que en muros con ambos tipos de unidades en estudio, la resistencia a la tracción máxima disminuye linealmente para espesores del mortero superiores 1.0 cms.

La relación que existe entre el esfuerzo cortante resistente y el esfuerzo cortante actuante v/v_c ; el primero

que depende de la adherencia y la fricción entre el mortero y la unidad, el segundo que está en función a la sollicitación externa, que aparece cuando el muro esta en compresión diagonal hasta llegar a la falla en la dirección diagonal; se muestran en el cuadro 41, donde observamos que los valores se mantienen constantes cercanos a la unidad es decir que "v" tiende aproximarse a "vc" gráfico 10; lo cual nos indica que los muretes fallaron por tracción diagonal, confirmando a los resultados obtenidos en los cuadros 39 y 40, donde generalmente los muretes fallaron por tracción diagonal y ocasionalmente acompañados por corte sobre todo en muretes con unidades perforadas.

Luego podemos afirmar que en muros con un determinado espesor del mortero en las juntas, donde se obtengan valores de la adherencia y fricción altos; estos desarrollarán mejor la resistencia al corte con la cual el muro fallará por tracción diagonal antes que falle por corte en las juntas. Es decir los muros con unidades perforadas desarrollarán mejor la resistencia al corte que los muros con unidades macizas, debido a que los valores de la adherencia y coeficiente de fricción en muros con unidades perforadas son mayores que en los muros con unidades macizas, cuadro 41, y que estas dependen del espesor del mortero como hemos visto anteriormente.

En cuanto a las relaciones : $vc/\sqrt{f'm}$ y $f't/\sqrt{f'm}$, como se muestran en el cuadro 41, se encuentran dentro de los

valores usuales en muros de albañilería estudiados por otros autores como R. MELI [2], donde encuentra:

$$\frac{v_c}{\sqrt{f'm}} = 0.80 \quad \text{y} \quad \frac{f't}{\sqrt{f'm}} = 0.50$$

y con respecto al espesor del mortero estas relaciones varían de acuerdo a sus componentes : v_c , $f't$ y $f'm$, como hemos visto, estas disminuyen con el espesor del mortero que hacen que disminuyan dichas relaciones con el espesor del mortero, cuadro 41, además el valor obtenido para un determinado espesor del mortero es generalmente superior en especímenes compuesto por unidades perforadas que con unidades macizas.

Por lo tanto podemos afirmar que la predicción de los valores del esfuerzo cortante v_c y la resistencia a la tracción diagonal $f't$ a partir de la resistencia a la compresión de muro $f'm$, no puede hacerse sin antes realizar ensayos previos de las resistencias: v_c , $f't$ y $f'm$, que nos permita definir dichas relaciones para cada tipo de unidad teniendo en cuenta el espesor del mortero.

C A P I T U L O V I I I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación determinaremos las conclusiones y recomendaciones más puntuales del tema en referencia.

8.1 CONCLUSIONES

1.- De los materiales usados en el presente estudio se concluye lo siguiente:

La arena cumple con los requerimientos de la norma ASTM C144 y E070.

El cemento Portland Tipo I Sol, cumple con las especificaciones de la norma ASTM C270.

El mortero 1 : 4 en peso de cemento y arena tiene una resistencia y trabajabilidad óptima.

Las unidades de arcilla de acuerdo a la normas ITINTEC 331.017 se clasifican como :

Ladrillo King Kong perforado : TIPO IV
18 huecos de 9 x 13.5 x 24

Ladrillo King Kong macizo : TIPO II
de 8.5 x 12.5 x 21

Para no afectar la adherencia y el endurecimiento del mortero en el asentado fue necesario sumergir en agua durante 2 min y 4 min las unidades perforadas y macizas respectivamente antes de su uso, con las cuales se obtienen succiones cercanos a 20gr/200 cm²/min.

2.- El espesor del mortero, determina en general las propiedades de resistencia del muro de albañilería.

3.- El rango del espesor del mortero, donde las propiedades de resistencia de muro son máximos, es el siguiente:

PROPIEDADES DE RESISTENCIA DEL MURO	ESPESOR DEL MORTERO cms	
	LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9x13.5x24	LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5x12.5x21
ADHERENCIA	1.0 a 2.0	1.0 a 2.0
COMPRESION AXIAL	0.5 a 1.5	0.5 a 1.5
TRACCION DIAGONAL	1.0 -	1.0 -

4.- El rango del espesor del mortero donde las propiedades de resistencia del muro disminuyen, es el siguiente:

PROPIEDADES DE RESISTENCIA DEL MURO	ESPESOR DEL MORTERO cms	
	LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9x13.5x24	LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5x12.5x21
ADHERENCIA	< 1.0 ó > 2.0	<1.0 ó >2.0
COMPRESION AXIAL	- > 1.5	- >1.5
TRACCION DIAGONAL	- > 1.0	- >1.0

5.- Para ambos ladrillos, las resistencias alcanzan los valores máximos para el espesor del mortero de 1.0 cms.

6.- Los muros con ladrillos perforados en general tienen mayor resistencia que los muros con ladrillos macizos, como se muestran en el siguiente cuadro:

PROPIEDADES DE RESISTENCIA DEL MURO	RESISTENCIA MAXIMA %	
	LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9x13.5x24	LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5x12.5x21
ADHERENCIA	100	88
ESFUERZO CORTANTE *	100	81
COMPRESION AXIAL	100	79
TRACCION DIAGONAL	100	67

! Para el espesor del mortero 1.0 cms
esfuerzo confinamiento 1.5 kg/cm².

7.- La relación de las propiedades de resistencia del muro, para el espesor del mortero entre 0.5 cms a 1.5 cms, donde las resistencias son máximas, se obtiene como promedio :

MURO CON TIPO DE UNIDAD	f'_m/f'_b	$vc/\sqrt{f'_m}$	$f'_t/\sqrt{f'_m}$
LADRILLO KING KONG PERFORADO 18 HUECOS 9x13.5x24	0.54	1.17	0.78
LADRILLO KING KONG MACIZO 8.5x12.5x21	0.69	0.88	0.59

8.- Como conclusión general, para ambos muros de albañilería de arcilla cocida con ladrillos considerados en el presente estudio y similares a ellas, de acuerdo a los resultados obtenidos, bajo condiciones máximas de los valores de la adherencia, del esfuerzo cortante, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción diagonal; el espesor del mortero debe estar entre 0.5 a 1.5 cms.

8.2 RECOMENDACIONES

1.- Como hemos mostrado, el espesor del mortero en general influye en la calidad del muro de albañilería; en obra se debe evitar espesores de mortero inferiores a 0.5 cms y superiores a 1.5 cms; con los cuales aparte de asegurar la mayor resistencia del muro, la resistencia a la compresión; se asegura la adherencia entre la unidad y el mortero, consecuentemente los valores del cortante en las juntas y con ellos la tracción diagonal, siendo ésta última la más vulnerable de las resistencias del muro.

2.- Es recomendable sobre todo en muros que soportan carga, que su construcción esté en manos de un operario competente y en lo posible controlado, ya que el espesor del mortero en el muro de albañilería depende directamente de la mano de obra.

3.- Para diseño, las unidades perforadas consideradas en el presente estudio de acuerdo a los resultados obtenidos, donde se obtienen propiedades de resistencia del muro satisfactorios, se pueden emplear en forma óptima y racionalmente, en procesos adecuados de diseño estructural en condiciones de servicio con exigencias rigurosos en el muro.

4.- En el ensayo, el índice de la resistencia a la compresión de acuerdo a la forma del elemento que depende de la esbeltes h/t y teniendo en cuenta el espesor del mortero, ésta deberá ser aproximadamente $h/t = 3.0$, que corresponde aproximadamente para el espesor del mortero de 1.0 cm entre las unidades de las pilas.

5.- Las unidades con succiones elevadas pueden afectar la adherencia y el óptimo endurecimiento del mortero, sobre todo cuando los espesores del mortero sean cercanos a la unidad, donde la calidad del muro es máximo; por tanto se recomienda realizar un estudio, para luego normar, la succión en unidades de arcilla cocida que requieren tratamiento de saturación con agua, ya que la ITINTEC sólo considera la prueba de succión para unidades de arcilla cocida que no requieren tratamiento de saturación con agua; como sabemos por estudios realizados por otros autores y en el presente estudio, las unidades de arcilla cocida usados en nuestro medio tienen succiones elevadas, es decir superan largamente a la succión de asentado de 20 gr/200cm²/min.

6.- Para obtener un buen muro de albañilería es recomendable que tenga:

Espesores del mortero los más uniformes posibles
cercanos a 1 cms.

Unidades de calidad garantizada

Dosificación uniforme de los componentes del mortero

Morteros trabajables y resistentes**Uniformidad en el proceso constructivo**

7.- Como recomendación final, debe ser de interés general proseguir con el presente estudio con otros tipos de unidades como en bloques de cemento, unidades silico-calcarios, etc.; debido a que existe poca información en nuestro país y que el presente estudio sólo pretenda servir como modelo.

B I B L I O G R A F I A

- [1] TITULO : **Propiedades Mecánicas de la Mampostería**
AUTOR : R. Meli y A. Reyes
EDICION : Instituto de Ingeniería UNAM - México 1971
BIBLIOTECA : ININVI
CONTENIDO : Comportamiento estructural de muros de mampostería; efectos de las solicitaciones básicas y selección de ensayos.
- [2] TITULO : **Diseño de Muros de Mampostería**
AUTOR : R. Meli
EDICION : Instituto de Ingeniería UNAM - México 1971
BIBLIOTECA : ININVI
CONTENIDO : Propiedades mecánicas de la mampostería: compresión axial, compresión diagonal y cortante
Efectos del mortero, de las unidades y de la calidad de la mano de obra en la mampostería.
- [3] TITULO : **Comportamiento de Muros de Mampostería sujetos a carga lateral**
AUTOR : R. Meli y G. Salgado
EDICION : Instituto de Ingeniería UNAM - México 1969
BIBLIOTECA : ININVI
CONTENIDO : Resistencia a carga lateral en la mampostería, recomendaciones para el diseño sísmico.
- [4] TITULO : **Estudio de las propiedades de Compresión axial, Corte y Tracción diagonal de un Muro de Albañilería de arcilla cocida**
AUTOR : Sanchez R. Alberto
EDICION : Lima - Perú 1972
BIBLIOTECA : UNI - FIC
CONTENIDO : Características generales del muro de albañilería de arcilla cocida, componentes y sus propiedades
- [5] TITULO : **Albañilería Estructural**
AUTOR : Hector Gallegos Vargas
EDICION : Lima - Perú 1990
BIBLIOTECA : CIP
CONTENIDO : Albañilería; mortero y sus propiedades; mecánica de la adherencia y eflorescencia; problemas en el muro terminado

- [6] TITULO : **Estudio del Mortero de Albañilería**
 AUTOR : Sotero LLontop Rodrigo
 EDICION : Lima - Perú 1974
 BIBLIOTECA : UNI - FIC
 CONTENIDO : Mortero; propiedades del mortero;
 procedimientos de ensayo del mortero;
 problemas en nuestras construcciones
- [7] TITULO : **Comportamiento Estructural de la
 Mampostería Construida con Ladrillos de
 Concreto de 14x14x29 de Fabricación
 artesanal**
 AUTOR : Feliciano Elías Hernandez Francia
 EDICION : Lima - Perú 1993
 BIBLIOTECA : UNI - FIC
 CONTENIDO : Propiedades mecánicas de la mampostería;
 procedimiento e interpretación de
 resultados de ensayos en pilas y muretes
- [8] TITULO : **Normas de Ensayos**
 AUTOR : Instituto de Investigación Tecnológica
 Industrial y Normas Técnicas; ITINTEC
 EDICION : Lima - Perú 1987,1989
 BIBLIOTECA : Laboratorio Ensayo Materiales; UNI - FIC
 CONTENIDO : Requerimientos y Normas de ensayo de
 agregados, morteros y unidades de
 albañilería
- [9] TITULO : **Reglamento Nacional de Construcciones**
 AUTOR : Camara Peruana de la Construcción;
 CAPECO
 EDICION : Lima - Perú 1988
 BIBLIOTECA : CAPECO
 CONTENIDO : Definiciones; descripción y requisitos
 de los materiales usados en albañilería;
 Norma E-070 de Albañilería
- [10] TITULO : **Estadística**
 AUTOR : Murray R. Spiegel
 EDICION : Mc. Graw - Hill México 1978
 BIBLIOTECA : UNI - FIC
 CONTENIDO : Frecuencia, Desviación Estándar,
 Coeficiente de Variación, Media,
 Histograma de Frecuencia y Ajuste Lineal
 por el Método de Mínimos Cuadrados.

[11] TITULO : Utilización de Arenas Kolicas en Bloques
de Concreto Vibrado
AUTOR : Walter Armas Mejia
EDICION : Lima - Perú 1988
BIBLIOTECA : UNI - FIC
CONTENIDO : Propiedades Físicas y Composición
Química del Cemento Portland Tipo I Sol.