

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFORME DE TESIS**

“Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna”

**PARA OPTAR:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

Bach. Cabrera Alvarez, Christopher Jhoel

TACNA – PERÚ

2018

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Tesis**

**“Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna”**

**Tesis sustentada y aprobada el 28 de Junio de 2018; estando el jurado calificador integrado por:**

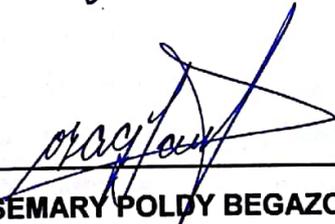
**PRESIDENTE:**

  
\_\_\_\_\_  
**MTRO. ING. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE**

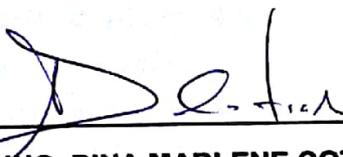
**SECRETARIO:**

  
\_\_\_\_\_  
**MTRO. WILBER PERCY MENDOZA RAMÍREZ**

**VOCAL:**

  
\_\_\_\_\_  
**ING. ROSEMARY POLDY BEGAZO SALAS**

**ASESOR:**

  
\_\_\_\_\_  
**MTRO. ING. DINA MARLENE COTRADO FLORES**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Christopher Jhoel Cabrera Alvarez, en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado (a) con DNI 46553585.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor (a) de la tesis titulada:

“Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna”.

La misma que presento para optar:

Título Profesional de Ingeniero Civil.

2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.

3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.

4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.

5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 28 de Junio del 2018

---

Bach. Christopher Jhoel Cabrera Alvarez

DNI: 46553585

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado las fuerzas y permitirme llegar a éste propósito. A mi padre Joel porque nunca dejo de apoyarme para lograr el objetivo. A mis hermanos Jessica, Walter y Verónica que a pesar de la distancia siempre creyeron en mí. A mi hermana Erika que sé que está orgullosa desde el cielo. A Brigitte, mi hermanita que está muy orgullosa por este gran logro, de quien aprendí a luchar hasta el final y nunca darme por vencido, así todo esté cuesta arriba. Te amo y siempre te amaré hermani. A Diana Jiménez mi novia que siempre me dio ánimos para seguir adelante y creyó en mí. Finalmente, a mi madre Berena, artífice de éste gran logro, sin ella nada de esto sería realidad, quien creyó y lucho día a día para permitirme llegar hasta ésta instancia, quien me ayudó siempre e incondicionalmente. A toda mi familia y amigos que siempre estuvieron para mí.

Christopher Jhoel Cabrera Alvarez

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a todos mis profesores e ingenieros, porque me enseñaron que todo es posible con esmero y dedicación. A mis padres que nunca dejaron de creer en mí y me apoyaron en cada decisión tomada. A mis amigos con los que pase buenos y malos momentos en mi etapa de estudiante. Y le agradezco a Dios por haberme mostrado el camino correcto.

Christopher Jhoel Cabrera Alvarez

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5. HIPÓTESIS.....	6
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	6
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO .....	7
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	7
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL.....	7

2.1.2. A NIVEL NACIONAL.....	7
2.2. BASES TEÓRICAS.....	10
2.2.1. REQUISITOS MÍNIMOS SEGÚN LA NORMA E. 070 ALBAÑILERÍA.....	10
2.2.2. RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA .....	12
2.2.3. DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA .....	13
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	14
2.3.1. ALBAÑILERÍA O MAMPOSTERÍA.....	14
2.3.2. ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	14
2.3.3. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA.....	14
2.3.4. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA HUECA.....	14
2.3.5. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA (o MACIZA) .....	15
2.3.6. MORTERO.....	15
2.3.7. MURO PORTANTE .....	15
2.3.8. PRISMAS .....	15
CAPÍTULO III.....	17
MARCO METODOLÓGICO.....	17
3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	17
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	17
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	17
3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	17
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	17
3.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	17
3.2.2. MUESTRA DE ESTUDIO .....	18
3.3. VARIABLES.....	18
3.3.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES.....	18
3.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES .....	19
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....	21

3.4.1. ACCIONES Y ACTIVIDADES.....	21
3.4.2. MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS .....	22
3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	24
3.5.1. PROCESAMIENTO .....	24
3.5.2. ANÁLISIS DE DATOS .....	27
CAPÍTULO IV .....	28
RESULTADOS .....	28
4.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL.....	28
4.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL.....	29
4.3. FALLAS PRESENTES EN LOS ENSAYOS .....	30
4.3.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL .....	30
4.3.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL .....	31
CAPÍTULO V .....	32
DISCUSIÓN.....	32
5.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS .....	32
CONCLUSIONES.....	36
RECOMENDACIONES.....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
ANEXOS .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1. Mapa Sísmico del Perú - 2016.....	2
Figura 1.2. Colapso de vivienda debido al sismo del 23 de junio del año 2001 en Tacna .....	3
Figura 1.3. Muro de una Vivienda de la Ciudad de Tacna.....	5
Figura 2.1. Pilas con Ladrillos Hércules I con 1.5 cm de espesor .....	15
Figura 2.2. Muretes con Ladrillos Hércules I con 1.5 cm de espesor .....	16
Figura 3.1. Ensayo de Murete de ladrillo de arcilla Hércules I.....	22
Figura 3.2. Unidad de Albañilería – Ladrillo Hércules I .....	23
Figura 3.3. Cemento Yura.....	24
Figura 4.1. Ensayo de Compresión Axial .....	30
Figura 4.2. Falla escalonada en muretes. ....	31
Figura 4.3. Falla por Deslizamiento en murete.....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. Valores de Ensayos en Unidades de ladrillo de arcilla Hércules I con espesor de 1 cm. ....	8
Tabla 2.2. Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes del ladrillo de arcilla Hércules I con espesor de 1 cm. ....	9
Tabla 2.3. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales – NTE. E. 070 Albañilería.....	10
Tabla 2.4. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales – NTE. E. 070 Albañilería .....	11
Tabla 2.5. Métodos para determinar $f'_m$ y $v'_m$ – NTE. E. 070 Albañilería.....	12
Tabla 2.6. Resistencias Características de la Albañilería Mpa ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) – NTE. E. 070 Albañilería.....	13
Tabla 3.1. Operacionalización de las Variables .....	20
Tabla 3.2. Características del ladrillo Hércules I .....	23
Tabla 4.1. Medidas de las Pilas de Ladrillos de arcilla Hércules I .....	28
Tabla 4.2. Resultados de los ensayos de Compresión Axial de pilas de Ladrillos de arcilla Hércules I .....	29
Tabla 4.3. Resultados de los ensayos de Compresión Diagonal de los muretes ....	29

Tabla 5.1. Resistencias Características de la Albañilería.....	32
Tabla 5.2. Resistencias Características de la Albañilería.....	33
Tabla 5.3. Comparación de valores de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes del ladrillo de arcilla Hércules I .....	34
Tabla 6.1. Cuadro de Resultados comparados con la NTE E070 Albañilería.....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Anexo 2. Panel Fotográfico

Anexo 3. Informe de ensayos - CISMID

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad evaluar las resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna. Para realizar este trabajo de tesis, se tuvo que construir 5 pilas y 5 muretes. Los materiales fueron llevados desde la ciudad de Tacna a la ciudad de Lima. Se utilizó ladrillo Hércules I proveniente de la ladrillera Maxx, asimismo cemento Yura Tipo I. La proporción del mortero fue de 1:4, con un espesor de 1.5 cm. Todos los especímenes fueron ensayados en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería. Se concluye que el promedio de las resistencias características a la compresión axial ( $f'_m$ ) es igual a 48.60 kgf/cm<sup>2</sup> y al corte ( $v'_m$ ) igual a 5.92 kgf/cm<sup>2</sup>, los cuales según el cuadro de “Resistencias Características de la Albañilería de la NTE. E. 070 Albañilería”; caracterizan al ladrillo como un Ladrillo King Kong Artesanal y ladrillo Tipo III, de una resistencia y durabilidad media y apto para construcciones de albañilería de uso general, concluyendo que no cumple con los parámetros establecidos en la norma para un ladrillo industrial. Asimismo, recomendamos realizar estudios en otros laboratorios certificados y comparar resultados obteniendo datos promedios; fortaleciendo futuras investigaciones relacionadas al tema.

**Palabras claves:** Albañilería confinada, Ensayo de compresión axial, Ensayo de compresión diagonal, Ladrillo de arcilla, Hércules I.

## ABSTRACT

The purpose of this research work is to evaluate the resistances in masonry prisms with mortar of 1.5 cm thickness of clay bricks (Hercules I) manufactured in the city of Tacna. To carry out this thesis work, we had to build 5 piles and 5 walls. The materials were taken from the city of Tacna to the city of Lima. We used Hercules I brick from the Maxx brick, also Yura Type I cement. The proportion of the mortar was 1: 4, with a thickness of 1.5 cm. All the specimens were tested in the Structures Laboratory of the Peruvian-Japanese Center for Seismic Research and Disaster Mitigation (CISMID) of the National University of Engineering. It is concluded that the average of the characteristic resistance to the axial compression ( $f'm$ ) is equal to 48.60 kgf / cm<sup>2</sup> and to the cut ( $v'm$ ) equal to 5.92 kgf / cm<sup>2</sup>, which according to the table "Resistances Characteristics of the Masonry of the NTE. E. 070 Masonry "; they characterize brick as a King Kong Craft Brick and Type III brick, of medium strength and durability and suitable for general purpose masonry constructions, concluding that it does not comply with the parameters established in the standard for an industrial brick. Likewise, we recommend carrying out studies in other certified laboratories and comparing results obtaining average data; strengthening future research related to the subject.

**Key Works:** Confined masonry, Axial compression test, Diagonal compression test, Clay brick, Hercules I.

## INTRODUCCIÓN

Los terremotos en el mundo causan la destrucción de las edificaciones, ya sean pequeñas o grandes, siendo uno de los primeros “daños” después de ocurrir un evento sísmico de gran intensidad, en su mayoría debido al colapso de las viviendas se tiene como consecuencia pérdidas humanas y materiales; buscando hoy en día prevenir y disminuir éstas pérdidas y daños.

En el Perú, la informalidad para construir viviendas en las zonas urbanas va en aumento. En la ciudad de Tacna, se están desarrollando nuevos grupos poblacionales que no tienen una planificación. La gran mayoría de viviendas son informales y el sistema estructural predominante es la albañilería confinada. Muchas personas a pesar de la presencia de informalidades en su vivienda (materiales incorrectos, irregularidades, malas condiciones del suelo, etc.) continúan en dicho lugar. En varios movimientos ocurridos anteriormente demostraron una alta vulnerabilidad este tipo de viviendas.

Las viviendas de Tacna tienen en su construcción como unidad de albañilería predominante al Blocker II (ladrillo de arcilla) y Bloqueta (bloque de concreto), los cuales en varios estudios han demostrado que son altamente vulnerables frente a un evento sísmico. Por otro lado, para las construcciones formales generalmente se suele utilizar los ladrillos de arcilla “Hércules I”, sin embargo recientemente tesis de la Universidad Privada de Tacna desarrollaron una investigación relacionada a las resistencias características del ladrillo de arcilla “Hércules I” con un espesor de mortero de 1 cm, pero actualmente las construcciones tienen un espesor mayor al indicado.

En ese sentido, basándose en los criterios de la norma NTE E.070 Albañilería (2006) se elaboró el presente trabajo de investigación titulado “Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna”; con el fin de contribuir al estudio de las unidades de albañilería ya mencionadas. Dicho estudio se realizó en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería.

De tal manera contribuir con información técnica y así basarse en ensayos experimentales para estudiar el impacto de movimientos sísmicos, considerándolo un tema importante.

Este trabajo se encuentra estructurado en 05 capítulos. En el capítulo I, se determina la problemática de los ladrillos de arcilla, la justificación, los objetivos y las hipótesis.

El capítulo II, está referido al fundamento teórico científico, es decir el marco referido a la albañilería, antecedentes de estudios de ladrillos, explicando la tesis base para seguir con la presente investigación. Asimismo se da a conocer algunos conceptos básicos para la presente tesis.

En el capítulo III, se desarrolla el marco metodológico que detalla todo el procedimiento que siguió la presente tesis, tipo de investigación, nivel y diseño, población y muestra considerada para el estudio, variables, técnicas e instrumentos para la recolección de datos y finalmente el procesamiento y análisis de datos utilizados en la investigación explicando los ensayos realizados.

El capítulo IV, presenta los resultados de la investigación a partir de la descripción del trabajo y presentación de las tablas que muestran los resultados ensayados de cada espécimen y el resultado final que entrará en discusión.

El capítulo V, presenta la discusión de cada uno de los resultados y de la hipótesis. Luego se da a conocer las conclusiones del trabajo y recomendaciones relacionadas con los objetivos y las hipótesis planteadas.

Finalmente, en referencias bibliográficas se presenta un listado de las referencias consultadas para la ejecución de este trabajo de investigación y se presenta 03 anexos los que detallan en el Anexo 01 la matriz de consistencia, en el Anexo 02 el Panel Fotográfico y en el Anexo 03 se presenta la recopilación de los especímenes ensayados en el laboratorio de estructuras del CISMID-UNI.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Nuestro país básicamente se encuentra ubicada en la zona denominada “Cinturón de Fuego del Pacífico”, donde las estadísticas han registrado un 85 % de la actividad sísmica del mundo. Es decir nos encontramos en una zona de alta sismicidad (COEN).

América del Sur es anualmente escenario de varios eventos sísmicos con magnitudes mayores de 5; actividad sísmica que obedece a la dinámica interna de la tierra, originado por el movimiento de las Placas de Nazca hacia la Placa Continental. En la ciudad de Tacna se han registrado distintos eventos sísmicos, siendo estos relacionados con el proceso de subducción de las placas Continental y Nazca (Investigación UNJBG).

La población de Tacna actualmente no está capacitada para actuar en caso se produzca un evento sísmico de gran magnitud, a pesar de que hace algunos años se vienen realizando simulacros de sismo a cargo de la organización del Instituto Nacional de Defensa (INDECI).

En la ciudad podemos observar viviendas comúnmente agrupadas en manzanas, hechas de albañilería. Gran parte de estas viviendas están construidas sin la norma oficial E 0.70, a causa de ello presentan distintas patologías en su construcción (espesor de morteros incorrectos, materiales no normados, malas condiciones del suelo, etc.).

También observamos que algunas viviendas han alcanzado su tiempo de vida útil y las nuevas edificaciones que se vienen construyendo sobre las demoliciones de las mismas, esto debido al crecimiento poblacional.

Las viviendas en Tacna comúnmente son construidas con la unidad de albañilería denominada Blocker II (bloque de arcilla), bloqueta (bloque de concreto) y adobe (barro y paja), los cuales han sido sometidos a estudios dando como resultado que estos al ser utilizados en los muros portantes de las viviendas informales de la ciudad, son altamente vulnerables si se diera un evento sísmico. Y

en una vivienda de construcción formal, generalmente se usa la unidad de albañilería Hércules I.

Teniendo en cuenta todos los datos anteriores y considerando el alto riesgo sísmico en el cual se encuentra la ciudad de Tacna, se realizó el estudio “Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1,5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna”

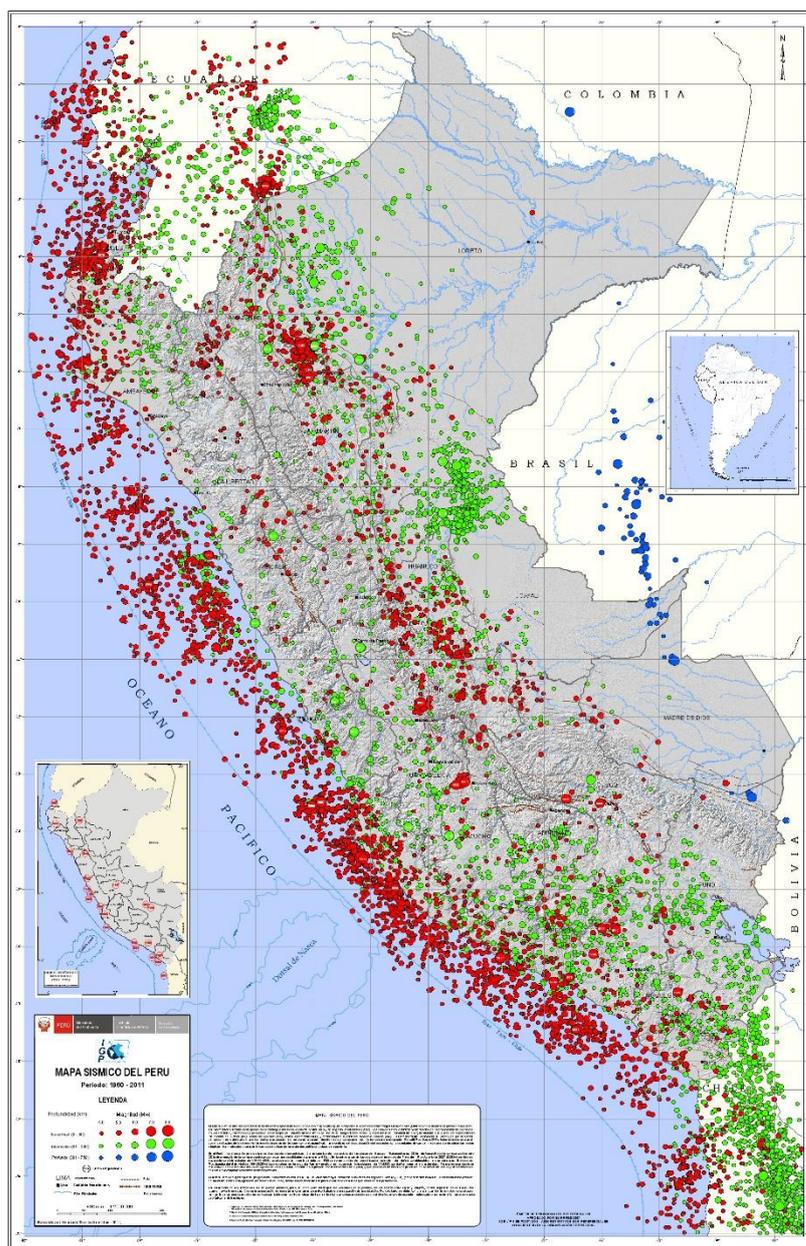


Figura 1.1. Mapa Sísmico del Perú - 2016

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Descripción: La Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida (SCTS) del Instituto Geofísico del Perú (IGP) ha realizado la actualización del mapa sísmico del Perú (Figura 1) a

fin que los organismos del Estado y ONGs dispongan de información de base para todos los proyectos y tareas que se ejecuten en el país en la Gestión de Riesgo de Desastres.

El Dr. Hernando Tavera como responsable de la dirección de la SCTS, indica que "Los mapas sísmicos del Perú son instrumentos temáticos que ayudan a comprender que vivimos en un país por excelencia muy sísmico, y estos peligros siempre están presentes mientras el planeta Tierra exista, siendo el único camino para la población el aprender a convivir con ellos". Además, "El mapa muestra la distribución espacial de todos los sismos ocurridos desde el año 1960 hasta Diciembre del 2016, todos con magnitudes mayores - iguales a 4.0 Mw. Estos eventos fueron clasificados en función de la profundidad a la cual ocurren en superficiales, intermedios y profundos remarcando que en nuestro país los sismos están presentes hasta profundidades del orden de 700 km".



*Figura 1.2. Colapso de vivienda debido al sismo del 23 de junio del año 2001 en Tacna*

Descripción: Vivienda con primer piso colapsado por flexibilidad de pórticos y ausencia de muros

Fuente: ALEJANDRO MUÑOZ (CIP)

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para la formulación del problema nos hacemos las preguntas:

Interrogante principal:

¿Cuáles son los valores de resistencias características en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna?

Interrogantes secundarias:

- A. ¿Los prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla Hércules I, cumplen con los requisitos mínimos de la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones?
- B. ¿Cuál es la clasificación de los ladrillos de arcilla Hércules I con mortero de espesor de 1.5 cm?

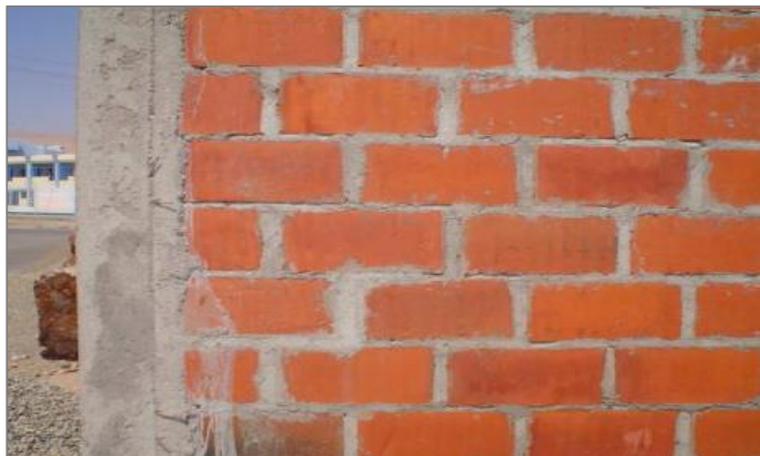
## 1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo se justifica en base a lo siguiente:

Desde el aspecto sísmico; en el Sur del Perú se han registrado varios eventos sísmicos, los cuales están relacionados con la ubicación del Perú en la zona denominada "Cinturón de Fuego del Pacífico". La ciudadanía de Tacna no se encuentra capacitada para actuar en caso se produzca un terremoto de gran intensidad tal fue el caso del terremoto del 23 de junio del año 2011 ocurrido en todo el Sur del Perú, donde varias viviendas demostraron su alta vulnerabilidad.

Desde el aspecto constructivo, hoy en día gran cantidad de obras de ingeniería utilizan muros de albañilería como elemento constructivo. Actualmente existen investigaciones relacionadas a las resistencias características de los ladrillos de arcilla "Hércules I" con espesor de 1 cm, pero en Tacna las construcciones tienen un espesor de mortero mayor. Basándose en los criterios de la norma NTE E.070 Albañilería (2006) el espesor del mortero deberá ser de 1 cm a 1.5 cm, pero no existen investigaciones que evalúen la resistencia en prismas de albañilería con un espesor de mortero de 1.5 cm de ladrillos de arcilla Hércules. Por eso, esta investigación se realizó con la intención de generar información que nos permita tener la resistencia de pilas (f'm) y muretes (v'm) en prismas con un espesor de 1.5 cm, y así poder tener datos que se puedan utilizar como referencia para mejorar el diseño de la albañilería en las futuras edificaciones.

Desde el aspecto normativo; según la Norma E-070 “Albañilería”, especifica que el espesor de las juntas de mortero será como mínimo 1 cm y el espesor máximo será 1.5 cm. Sin embargo es muy común observar en las diferentes construcciones que el espesor de la junta de mortero varía siendo mayor a lo especificado en la norma, es por eso que en esta investigación se buscó tener la resistencia de pilas (f'm) para espesor de junta de mortero de 1.5 cm, acercándose más a la realidad del espesor del mortero presente en edificaciones actuales en la Ciudad de Tacna.



*Figura 1.3. Muro de una Vivienda de la Ciudad de Tacna*

Descripción: Muro de unidades de arcilla con distintos espesores de mortero.

Fuente: Propia

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar las resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna.

### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Comparar los resultados obtenidos de los prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla Hércules I con los requisitos mínimos de la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.
- b) Clasificar los ladrillos de arcilla Hércules I con mortero de espesor de 1.5 cm, según la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.

## **1.5. HIPÓTESIS**

### **1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Los prismas de albañilería (pilas y muretes) son especímenes cuyos ensayos de compresión axial y diagonal, permiten determinar los valores de resistencias características a compresión axial ( $f'm$ ) y compresión diagonal ( $v'm$ ), de la albañilería.

### **1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

#### **A. Hipótesis específica 1**

Los resultados obtenidos de los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican que cumple con los requisitos mínimos indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.

#### **B. Hipótesis específica 2**

Los resultados obtenidos de los prismas de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican su clasificación de acuerdo a los parámetros indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Para evaluar las resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos arcilla Hércules I fabricados en la ciudad de Tacna, fue necesario consultar diferentes fuentes o trabajos a nivel nacional e internacional relacionados al tema de estudio, para obtener una base de datos y luego desarrollar una discusión con respecto al tema del presente estudio.

##### 2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Como antecedente tenemos el siguiente estudio:

**FERNANDEZ, MARÍN, VARELA Y VARGAS (2009)**, en su artículo de investigación “**Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto**”, explica que en la Ciudad de Mérida (México) no cuentan con normativas relacionadas a la mampostería, que estén correctamente basadas en características y propiedades de los materiales y procedimientos constructivos de la zona. Realizando una investigación para concluir con normas técnicas, realizando 18 muretes de mampostería contruidos con bloques huecos de concreto y mortero. Determinando posteriormente la resistencia a compresión diagonal de la mampostería. Observando fallas típicas, entre ellas: la primera falla observada fue en la junta bloque-mortero fallando sobre la diagonal y en otras por deslizamiento sobre las juntas horizontales. Finalmente propone un valor de diseño para la resistencia a compresión diagonal de  $1.8 \text{ kg/cm}^2$  y determinó la relación promedio entre los módulos de cortante y de elasticidad de la mampostería igual a 0.42 (Fernández et al., 2009).

##### 2.1.2. A NIVEL NACIONAL

Como antecedentes a nivel nacional presentamos los siguientes estudios:

**SÁENZ CORREA, M. (2016)** en su trabajo de investigación “**Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería**”, explica que en un alto porcentaje de edificaciones predomina los muros de albañilería, para lo que determinó la influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería, utilizando ladrillos

fabricados artesanalmente. Realizaron 60 pilas de ladrillos en total variando el espesor (1 cm, 1.5 cm, 2 cm, 3 cm y 4 cm). Además realizó ensayos clasificatorios: variación dimensional, alabeo, compresión simple y ensayos no clasificatorios: succión, absorción, ensayos de pilas, ensayos de mortero (compresión axial), determinándose la resistencia de los ladrillos ( $f'b$ ), resistencia de pilas ( $f'm$ ) Clasificando el ladrillo artesanal como Clase II de acuerdo a la norma E. 070. Finalmente los ensayos en pilas variando el espesor se pudo concluir que el porcentaje de la resistencia a la compresión de una pila de albañilería disminuye hasta un 15% por cada incremento de 1 cm en el espesor de la junta de mortero hasta 4.0 cm.

**ARBILDO HUAMANÍ, B.; ROJAS PACO, M. (2017)** en su trabajo de investigación “**Ensayo de compresión axial y compresión diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna**”, tuvieron como finalidad la determinación de las propiedades del bloque de arcilla “Hércules I”, el cual se analizó si es recomendable para la construcción de viviendas en la Ciudad de Tacna y así también la determinación de la factibilidad del uso en las diferentes viviendas de la ciudad de Tacna. A fin de contribuir a mitigar el impacto de los futuros terremotos, deben tenerse en cuenta las medidas apropiadas para proteger la vida humana, por lo que la evaluación de la vulnerabilidad debe ser un tema importante. Este estudio propone además estudiar la vulnerabilidad a viviendas de albañilería confinadas típicas hechas de ladrillos de arcilla.

*Tabla 2.1. Valores de Ensayos en Unidades de ladrillo de arcilla Hércules I con espesor de 1 cm.*

<b>ENSAYOS</b>		<b>UNIDADES</b>	<b>LADRILLO MAXX BLOCKER II</b>
<b>VARIACIÓN DIMENSIONAL</b>	<i>Largo</i>	%	0.99
	<i>Ancho</i>	%	0.57
	<i>Alto</i>	%	-0.58
<b>ALABEO</b>	<i>Concavidad</i>	mm	5.32
	<i>Convexidad</i>	mm	0.73
<b>PORCENTAJE DE VACÍOS</b>		%	39.30
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fb)</b>		kg-f/cm <sup>2</sup>	126.5
<b>ABSORCIÓN</b>		%	14.10
<b>SUCCIÓN</b>		gr/200cm <sup>2</sup> -min	33.5

*Fuente: Arbildo Huamaní, B., & Rojas Paco, M. (2017). Ensayo de compresión axial y compresión diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna.*

Tabla 2.2. Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes del ladrillo de arcilla Hércules I con espesor de 1 cm.

LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN	$f'm$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	IDENTIFICACIÓN	$v'm$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	
CISMID UNI (UPT, 2017)	PILA10-M01	55.85	MURETE10-M01	7.42	
	PILA10-M02	77.54	MURETE10-M02	7.10	
	PILA10-M03	74.39	MURETE10-M03	5.82	
	PILA10-M04	44.01	MURETE10-M04	3.94	
	PILA10-M05	63.34	MURETE10-M05	7.02	
	Promedio	63.03		6.26	
	D.E	13.72		1.43	
	Corregido	49.3		4.83	
	Nota: D.E desviación estándar				

Fuente: Arbildo Huamaní, B., & Rojas Paco, M. (2017). Ensayo de compresión axial y compresión diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. REQUISITOS MÍNIMOS SEGÚN LA NORMA E. 070 ALBAÑILERÍA

#### 2.2.1.1. CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES PARA FINES ESTRUCTURALES

Según la NTE E.070 ALBAÑILERÍA (2006) se especifica que para el diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 3.

Tabla 2.3. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales – NTE. E. 070 Albañilería

TABLA					
CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERIA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACION DE LA DIMENSION (máximo en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERISTICA A COMPRESION f'b mínimo en Mpa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	±8	±6	±4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	±7	±6	±4	8	6.9(70)
Ladrillo III	±5	±4	±3	6	9.3(95)
Ladrillo IV	±4	±3	±2	4	12.7(130)
Ladrillo V	±3	±2	±1	2	17.6(180)
Bloque P <sup>(1)</sup>	±4	±3	±2	4	4.9(50)
Bloque NP <sup>(2)</sup>	±7	±6	±4	8	2.0(20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes.

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes.

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2006)

#### 2.2.1.2. LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN

Según la NTE E.070 ALBAÑILERÍA (2006) se especifica que el uso o aplicación de la unidad de albañilería dependiendo del tipo deberá utilizarse de acuerdo a lo especificado en la Tabla 4. Considerando que las zonas sísmicas son las indicadas en la anterior NTE E.030 Diseño Sismorresistente.

Tabla 2.4. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales  
– NTE. E. 070 Albañilería

TABLA			
LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2 Y 3		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta 2 pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Alveolar	Sí Celdas totalmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout	Sí Celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	No	No	Sí
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

\* Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2006)

### 2.2.1.3. PRUEBAS EN UNIDADES

Según la NTE E.070 ALBAÑILERÍA (2006) se especifica las siguientes pruebas en unidades de albañilería:

a) Muestreo: El cual será realizado en campo, seleccionando al azar la muestra representativa a estudiar, las que se utilizan para realizar los ensayos de variación de dimensiones y de alabeo. Luego cinco de las unidades se utilizarán para realizar el ensayo de compresión, otras cinco se utilizarán para el ensayo de absorción y luego 5 se ensayarán en succión. Además, se utilizaran ladrillos de la muestra representativa para la elaboración de las pilas y los muretes.

b) Resistencia a la Compresión, basándose en las Normas NTP 399.613 y NTP 399.604. Resaltando que la resistencia a compresión axial característica de la unidad de albañilería ( $f'_b$ ) será el resultado de la diferencia del promedio de la muestra menos la desviación estándar.

c) Variación Dimensional, basándose en las Normas NTP 399.613 y 399.604.

d) Alabeo, basándose en la Norma NTP 399.613.

e) Absorción, basándose en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

## 2.2.2. RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

En el Capítulo 5 de la NTE E.070 ALBAÑILERÍA (2006) se especifica:

La resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'_m$ ) m f y a corte ( $v'_m$ ) se determinará de manera empírica (recurriendo a tablas o registros históricos de resistencia de las unidades) o mediante ensayos de prismas, de acuerdo a la importancia de la edificación y a la zona sísmica donde se encuentre, según se indica en la Tabla 7.

Tabla 2.5. Métodos para determinar  $f'_m$  y  $v'_m$  – NTE. E. 070 Albañilería

TABLA									
MÉTODOS PARA DETERMINAR $f'_m$ y $v'_m$									
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA	EDIFICIOS DE 1 A 2 PISOS			EDIFICIOS DE 3 A 5 PISOS			EDIFICIOS DE MÁS DE 5 PISOS		
	Zona Sísmica			Zona Sísmica			Zona Sísmica		
	3	2	1	3	2	1	3	2	1
( $f'_m$ )	A	A	A	B	B	A	B	B	B
( $v'_m$ )	A	A	A	B	A	A	B	B	A

A: Obtenida de manera empírica conociendo la calidad del ladrillo y mortero

B: Determinadas de los ensayos de compresión axial de pilas y de compresión diagonal de muretes mediante ensayos de laboratorio de acuerdo a lo indicado en las NTP 399.605 y 399.621

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2006)

Cuando se construyan conjuntos de edificios, la resistencia de la albañilería  $f'_m$  y  $v'_m$  deberá comprobarse mediante ensayos de laboratorio previos a la obra y durante la obra. Los ensayos previos a la obra se harán sobre cinco especímenes.

Los prismas serán elaborados en obra, utilizando el mismo contenido de humedad de las unidades de albañilería, la misma consistencia del mortero, el mismo espesor de juntas y la misma calidad de la mano de obra que se empleará en la construcción definitiva.

Los prismas serán almacenados a una temperatura no menor de 10°C durante 28 días.

La resistencia característica  $f'_m$  en pilas y  $v'_m$  en muretes se obtendrá como el valor promedio de la muestra ensayada menos una vez la desviación estándar.

El valor de  $v'_m$  para diseño no será mayor de  $0.319 \sqrt{f'_m}$  MPa ( $\sqrt{f'_m}$  Kg/cm<sup>2</sup>)

En el caso de no realizarse ensayos de prismas, podrá emplearse los valores mostrados en la Tabla 9, correspondientes a pilas y muretes construidos con mortero 1:4 (cuando la unidad es de arcilla) y 1: ½ : 4 (cuando la materia prima es sílice-cal o concreto), para otras unidades u otro tipo de mortero se tendrá que realizar los ensayos respectivos.

Tabla 2.6. Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm<sup>2</sup>) – NTE. E. 070 Albañilería

TABLA				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES
		f' b	f' m	v' m
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)
	King Kong Industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)
	Rejilla Industrial	21.1 (215)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
Sílice - Cal	King Kong Normal	15.7 (160)	10.8 (110)	1.0 (9.7)
	Dédalo	14.2 (145)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
	Estándar y mecano (*)	14.2 (145)	10.8 (110)	0.9 (9.2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4.9 (50)	7.3 (74)	0.8 (8.6)
		6.4 (65)	8.3 (85)	0.9 (9.2)
		7.4 (75)	9.3 (95)	1.0 (9.7)
		8.3 (85)	11.8 (120)	1.1 (10.9)

(\*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(\*\*) El valor f' b se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de f' c=13.72 Mpa (140Kg/cm<sup>2</sup>).

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2006)

### 2.2.3. DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

Las construcciones más populares en las zonas urbanas del Perú son las de albañilería o mampostería confinada con una altura de 2 a 3 pisos las cuales son utilizadas para uso de viviendas, oficinas, entre otros. En la ciudad de Tacna se observa en su gran mayoría viviendas de 2 pisos. El proceso de construcción de las edificaciones de albañilería se identifica por empezar con la construcción del muro, luego se procede a variar los elementos de confinamiento verticales, para terminar conjuntamente con la viga y la losa del piso superior. Esta secuencia constructiva produce un comportamiento en conjunto de los materiales implicados.

La técnica de diseño es adaptable a edificaciones de albañilería o mampostería confinada las cuales han sido construidas con unidades de albañilería sólida (con porcentaje de vacíos en la cara de asiento de hasta 30% del área total), teniendo en cuenta que los muros expuestos a esfuerzos axiales deben ser menores o igual que 0.15 de f'm (resistencia a compresión de prismas de albañilería). Además, es importante señalar que la construcción debe tener la cantidad de muros adecuado en ambas direcciones.

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

### **2.3.1. ALBAÑILERÍA O MAMPOSTERÍA**

La albañilería también conocida como mampostería es aquel material estructural compuesto por "unidades de albañilería", que pueden estar asentadas con mortero o apiladas incorporadas con concreto líquido o grout.

### **2.3.2. ALBAÑILERÍA CONFINADA**

La albañilería confinada es una de las técnicas de construcción más usadas actualmente para la construcción de viviendas.

La albañilería confinada es la que está reforzada en todo su alrededor con elementos de concreto armado; es decir aquella donde se empieza con la construcción del muro para luego reforzarla con elementos de confinamiento que son las columnas y vigas. En el caso del primer piso, el elemento de confinamiento en la parte inferior es la cimentación de concreto.

### **2.3.3. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA**

En las edificaciones de albañilería las unidades empleadas son esencialmente hechas de arcilla, sílice-cal y de concreto. Las cuales se nombran ladrillos o bloques de acuerdo a su forma de manipulación, peso y tamaño, es decir cuando son manipuladas con una sola mano se le denominan ladrillos y por lo contrario si ésta es manipulada con ambas manos se le denominan bloques.

Además, las unidades de albañilería se clasifican de acuerdo al porcentaje de vacíos o huecos que presenta en su superficie de asentado.

### **2.3.4. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA HUECA**

Se denomina unidad de albañilería Hueca cuando la sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

### 2.3.5. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA (o MACIZA)

Se denomina unidad de albañilería Sólida o también conocida como unidad maciza, cuando la sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta en el mismo plano. Son la que a simple vista no tienen huecos en cantidad y gran tamaño, es decir el área perpendicular de los huecos a la cara de asiento deben cubrir un área no mayor al 30%.

### 2.3.6. MORTERO

Es el material utilizado para unir vertical y horizontalmente a las unidades de albañilería. Material compuesto por agregado fino, cemento y agua.

### 2.3.7. MURO PORTANTE

El muro portante es aquel que es construido y diseñado con el fin de lograr transmitir cargas verticales y horizontales de un nivel superior a uno inferior hasta llegar a la cimentación. Componiendo la estructura de la edificación con una continuidad en sus muros verticalmente.

### 2.3.8. PRISMAS

Son especímenes representativos elaborados de las unidades de arcilla. Dentro de las cuales están las pilas y los muretes.

#### 2.3.8.1. PILAS

Las pilas se realizan para ensayar y determinar la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f'm$ ) y su carga máxima. Este espécimen consiste en un prisma de unidades colocadas una sobre otras. Ver Figura 4.



Figura 2.1. Pilas con Ladrillos Hércules I con 1.5 cm de espesor

Fuente: Propia

### 2.3.8.2. MURETES

Los muretes se realizan para ensayar y determinar la resistencia de la albañilería a corte ( $v'm$ ). Es un espécimen el cual es ensayado para medir de una manera más precisa la tensión diagonal de la albañilería, teniendo medidas mínimas de 60 x 60 cm. Ver Figura 5.



*Figura 2.2. Muretes con Ladrillos Hércules I con 1.5 cm de espesor*

Fuente: Propia

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Por el tipo de investigación, éste cumple con las condiciones de una investigación explicativa, basándose en acontecimientos pasados; permitiendo explicar, comprender e interpretar el por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones. Con este tipo de investigación se busca encontrar las causas del problema. Utilizándose conocimientos aplicados a la Ingeniería civil, a fin de aplicarlas en el proceso de investigación del presente informe y dicha información procesada sirva de base para el análisis de futuros sucesos en la ciudad de Tacna.

##### **3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

Por el nivel de investigación, según los objetivos el presente estudio se refiere a un nivel comprensivo.

##### **3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

La naturaleza del estudio de la investigación se caracteriza por ser de un diseño de laboratorio y de un diseño de campo en el área de la Gestión del Riesgo.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO**

##### **3.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO**

En la Ciudad de Tacna han ocurrido en varias ocasiones sismos destructores; siendo nuestra población en estudio, debido a que diferentes infraestructuras construidas actualmente presentan diversas patologías en su construcción, resaltando la variación del espesor del mortero en los muros de albañilería.

Las viviendas construidas en la ciudad de Tacna varían de acuerdo al material de construcción predominante, para el presente estudio se resalta que estudiaremos a las viviendas que presenten la unidad de albañilería “Hércules I” con mortero de espesor de 1.5 cm..

### **3.2.2. MUESTRA DE ESTUDIO**

La muestra de estudio serán las unidades de albañilería “Hércules I”, para lo que se seleccionando al azar la muestra representativa a estudiar, la muestra representativa fue aproximado de 120 unidades se utilizarán para realizar los prismas para luego concluir con los ensayos de compresión axial y diagonal.

### **3.3. VARIABLES**

#### **3.3.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES**

##### **3.3.1.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

###### **3.3.1.1.1. LADRILLOS DE ARCILLA HÉRCULES I**

Es aquella unidad cuya dimensión y peso permite que sea manejable con una sola mano.

Para la presente investigación se realizará el estudio en ladrillos de arcilla “Hércules I” de la empresa “Ladrillos Maxx”, la cual tiene su planta de producción en Parque Industrial Mz. G. Lt. 02 en la Ciudad de Tacna.

##### **3.3.1.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

###### **3.3.1.2.1. RESISTENCIAS EN PRISMAS DE ALBAÑILERÍA**

Las resistencias en prismas de albañilería se determinarán con los ensayos de compresión axial y ensayo de compresión diagonal, con mortero de espesor de 1.5 cm.

#### **ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL**

Este ensayo es parte del procedimiento de construcción y se realiza en pilas de albañilería, utilizada para lograr el cumplimiento de la mampostería con la resistencia a la compresión especificada ( $f'm$ ). También se puede utilizar para propósitos de investigación de manera que el ensayo brinda procedimientos como guía y parámetros de control.

#### **ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL**

Este tipo de ensayo se realiza para determinar la resistencia a la compresión diagonal (corte), en muretes de albañilería de una dimensión mínima 600 mm x 600 mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal, originando de esa manera una falla por tracción diagonal que hace que el espécimen se fisure en la dirección paralela a la aplicación de la carga.

### **3.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES**

#### **3.3.2.1. HIPÓTESIS PRINCIPAL**

Los prismas de albañilería (pilas y muretes) son especímenes cuyos ensayos de compresión axial y diagonal, permiten determinar los valores de resistencias características a compresión axial ( $f'm$ ) y compresión diagonal ( $v'm$ ), de la albañilería.

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

Resistencias a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería.

#### **3.3.2.2. HIPÓTESIS SECUNDARIA A**

Los resultados obtenidos de los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican que cumple con los requisitos mínimos indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

Resultados obtenidos de los ensayos en los prismas de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I.

#### **3.3.2.3. HIPÓTESIS SECUNDARIA B**

Los resultados obtenidos de los prismas de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican propiedades para clasificarlos

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

Resultados obtenidos de los ensayos en los prismas de albañilería.

Tabla 3.1. Operacionalización de las Variables

HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	PARÁMETROS DE ACEPTACIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>				
Los prismas de albañilería (pilas y muretes) son especímenes cuyos ensayos de compresión axial y diagonal, permiten determinar los valores de resistencias características a compresión axial (f'm) y compresión diagonal (v'm), de la albañilería.	Hércules I	La investigación se realizará el estudio en ladrillos de arcilla "Hércules I" de la empresa "Ladrillos MAX".	Aceptable	De acuerdo al muestreo realizado a las unidades de arcilla se considerará si la muestra es aceptable o no para seguir con el estudio.
			No Aceptable	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>				
Los resultados obtenidos de los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican que cumple con los requisitos mínimos indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.	Resistencia a la Compresión Axial (f'm)	También se puede utilizar para propósitos de investigación de manera que el ensayo brinda procedimientos como guía y parámetros de control.	(f'm) kgf/cm <sup>2</sup>	-LADRILLO ARTESANAL: 35 kgf/cm <sup>2</sup> - 64 kgf/cm <sup>2</sup>
				-LADRILLO INDUSTRIAL: 65 kgf/cm <sup>2</sup> - 84 kgf/cm <sup>2</sup>
Los resultados obtenidos de los prismas de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican propiedades para clasificarlos	Resistencia a la Compresión Diagonal (v'm)	Se obtiene ensayando muretes de albañilería de una dimensión mínima 600 mm x 600 mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal.	(v'm) kgf/cm <sup>2</sup>	-LADRILLO ARTESANAL: 5.1 kgf/cm <sup>2</sup> - 8.0 kgf/cm <sup>2</sup>
				-LADRILLO INDUSTRIAL: 8.1 kgf/cm <sup>2</sup> - 9.1 kgf/cm <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia

### **3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1. ACCIONES Y ACTIVIDADES**

En el presente trabajo de investigación se evaluó la resistencia en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm con ladrillos de arcilla Hércules I, realizando el ensayo de compresión axial y compresión diagonal.

Para llevar a cabo este trabajo se realizaron las siguientes actividades:

1. Se inició con la Revisión Bibliográfica relacionada a tema.
2. Se continuó con la adquisición de materiales de construcción, de la siguiente forma:
  - En la ciudad de Tacna se compraron los ladrillos de arcilla “Hércules I” de la ladrillera Martorell y cemento Yura Tipo IP, para luego realizar el envío de los materiales a la ciudad de Lima en el laboratorio de estructuras CISMID-UNI.
  - En la Ciudad de Lima se compró el agregado para el mortero y se utilizó el agua de la misma ciudad.
3. Luego se procedió con la construcción de especímenes de albañilería, donde la técnica de construcción utilizada fue:
  - Limpieza de los ladrillos para luego asentarlos con mortero en proporción volumétrica 1:4 (cemento-arena). Con espesor del mortero de 1.5 cm. Se ensayaron 5 pilas y 5 muretes.
  - Se esperó 28 días como mínimo para que el mortero alcance la resistencia máxima.
4. Se realizó ensayos en Prismas de albañilería, 5 pilas y 5 muretes los cuales se realizaron en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería. En la Figura 3.1 se muestra el ensayo de compresión diagonal realizado en uno de los muretes.



*Figura 3.1. Ensayo de Murete de ladrillo de arcilla Hércules I*

*Fuente: Propia*

5. Por último se procedió con la elaboración del informe Final, comparando los resultados de los ensayos realizados con la primera investigación desarrollada del “Hércules I” (espesor de mortero de 1 cm), para concluir la importancia del estudio. Se especifican los pasos que se tomaron para controlar los ensayos, señalando la normativa considerada y el procedimiento respectivo.

### **3.4.2. MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS**

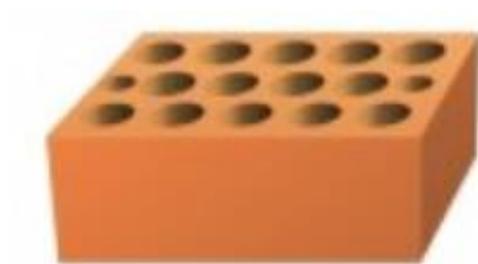
#### **3.4.2.1. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA**

Se utilizó ladrillo de arcilla denominado “Hércules I” (Ver Figura 8), con las siguientes características según se muestra en la Tabla 8, datos que son proporcionados por el fabricante en su página web.

*Tabla 3.2. Características del ladrillo Hércules I*

<b>Tipo de Unidad de Albañilería</b>	Ladrillo de arcilla.
<b>Dimensiones</b>	Ancho: 14 cm
	Alto: 10 cm
	Largo: 24 cm
<b>Usos y Aplicaciones</b>	Reemplaza al King Kong de sogá.
<b>Características</b>	Ladrillo resistente.

*Fuente: Página web de ladrillos Maxx*



*Figura 3.2. Unidad de Albañilería – Ladrillo Hércules I*

Descripción: Se observa la Unidad de Albañilería de arcilla – Ladrillo Hércules I, donde se aprecia su vacío de pequeños orificios, de la ladrillera Maxx.

*Fuente: Página web de ladrillos Maxx*

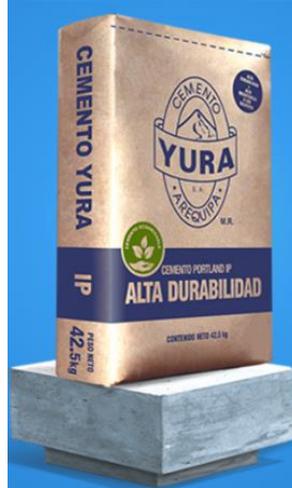
#### **3.4.2.2. CEMENTO**

Se utilizó para el mortero “Cemento Yura” (Ver Figura 9), el cual es utilizado comúnmente por los pobladores de la Ciudad de Tacna.

Es un cemento especificado por la misma empresa como un cemento de última, colaborando con el medio ambiente, de acuerdo con la NTP 334.090 y la Norma ASTM C 595, recomendado para todo tipo de obra civil; con las siguientes características dadas por el fabricante:

- Alta resistencia ante los sulfatos
- Bajo calor de hidratación.
- Mayor impermeabilidad.
- Mayor resistencia a la compresión.
- Mejor trabajabilidad.

- Considerado el cemento bandera por cumplir con las exigencias de los cementos Tipo I, II y V. Además de tener una buena performance en ataques severos.
- Peso de bolsa: 42.5 kg.



*Figura 3.3. Cemento Yura*

Descripción: Se observa la imagen de una bolsa de Cemento Yura IP que es comúnmente utilizada por los pobladores de la Ciudad de Tacna para la construcción de sus viviendas.

*Fuente: Página web de Yura*

### **3.4.2.3. AGREGADO Y AGUA**

Para el mortero se utilizó agregado y agua, los cuales corresponden a la Ciudad de Lima.

## **3.5. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

### **3.5.1. PROCESAMIENTO**

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación y lograr con el objetivo se desarrollaron ensayos los cuales están basados en procedimientos y cálculos basados en normas; los cuales se detallan y explican en los siguientes puntos.

#### **3.5.1.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL**

##### **3.5.1.1.1. NORMATIVIDAD**

Basado en la norma ITINTEC 399.605

### 3.5.1.1.2. CONDICIONES GENERALES

Este ensayo cubre los procedimientos de construcción y prueba de unidades de mampostería, que es utilizada para determinar el cumplimiento de la resistencia a la compresión ( $f'm$ ). También utilizarlo para propósitos de investigación de manera que el ensayo brinde procedimientos como guía y parámetros de control. Los procedimientos también son aplicables en la determinación de la resistencia a la compresión de unidades de arcilla extraídas en el campo.

### 3.5.1.1.3. EQUIPO

El equipo o la máquina para el ensayo, debe tener la capacidad y velocidad de carga en compresión. Y 5 pilas de ladrillas de arcilla Hércules I.

### 3.5.1.1.4. PROCEDIMIENTO

El procedimiento consiste en varias fases. La primera es la construcción del prisma, la cual se debe realizar con los mismos materiales y proporciones utilizadas en la obra. La segunda fase consiste en el curado del prisma. La tercera fase es el coronamiento o capping.

La última fase consiste en el desarrollo del ensayo en la máquina de compresión axial y ver la falla del prisma, donde se obtiene la carga máxima y el modo de falla. La resistencia de la mampostería se obtiene de la carga máxima dividida entre el área neta ( $P/A$ ). Esta resistencia se corrige por un factor geométrico que depende de la relación longitud y altura ( $h/t$ ).

### 3.5.1.1.5. CÁLCULO

- Para hallar la resistencia de cada pila ( $f'm$ ).

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

Dónde:

P= Carga aplicada en la Pila en kgf

A= Área de la Pila en cm<sup>2</sup>.

- Esbeltez

$$E = \frac{h}{t}$$

Dónde:

$h$  = altura de la Pila en cm.

$t$  = ancho de la Pila en cm.

### **3.5.1.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL**

#### **3.5.1.2.1. NORMATIVIDAD**

Basado en la norma ITINTEC 399.621

#### **3.5.1.2.2. CONDICIONES GENERALES**

Este ensayo es para determinar la resistencia de la compresión diagonal (corte) en muretes de mampostería de una dimensión mínima de 600 mm x 600 mm. Se aplica una carga a lo largo de una diagonal del murete, así de esta manera origina una falla por tracción diagonal, haciendo que el murete se fisure paralelamente donde se aplica la carga. Se consideró un espesor del mortero de 1.5 cm.

#### **3.5.1.2.3. EQUIPOS**

El equipo o la máquina para el ensayo, debe tener la capacidad y velocidad de carga en compresión.

#### **3.5.1.2.4. PROCEDIMIENTO**

Se puso el murete en una posición centrada y recta. En este caso, los muretes fueron construidos con unidades perforadas, así que se relleno con mortero de cemento-arena 1:3, solamente a las unidades que entran en contacto con las escuadras. Una vez relleno esas unidades con mortero, se coloca una capa de refrentado o de yeso en el murete, donde van ubicadas las escuadras.

Antes de aplicar la carga se colocan dos sensores en el centro de la diagonal del murete en dirección "x" y "y", una en cada cara, para medir la deformación en estos sentidos. Estos van conectados directamente a una laptop para obtener la curva esfuerzo/deformación por corte (módulo de corte).

Se aplicó la carga a una velocidad conveniente hasta la mitad del valor máximo esperado, después de lo cual se ajustaron los controles del equipo de manera que el resto de la carga se aplique uniformemente.

#### **3.5.1.2.5. CALCULO**

- Esfuerzo cortante:

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

Dónde:

P= Carga aplicada en el Murete (kgf)

A= Área del Murete (cm<sup>2</sup>)

### **3.5.2. ANÁLISIS DE DATOS**

Luego de realizar todos los ensayos ya explicados anteriormente se procede a realizar un análisis de datos, los cuales están expuestos en el CAPÍTULO IV: RESULTADOS y serán comparados con otros datos de estudios anteriores en el CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

Los resultados de los ensayos realizados fueron ordenados de la siguiente forma:

- 4.7. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL
- 4.8. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL
- 4.9. FALLAS PRESENTES EN LOS ENSAYOS
  - 4.9.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL
  - 4.9.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL

#### 4.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

En la Tabla 15 se muestran las dimensiones de las pilas y en la tabla 16 se muestran los resultados del ensayo de compresión axial en pilas realizados con unidades asentadas con mortero de espesor de 10 mm.

*Tabla 4.1. Medidas de las Pilas de Ladrillos de arcilla Hércules I*

Identificación	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Esbeltez	Factor de Corrección
<b>PILA15-M01</b>	23.7	14.00	55.40	331.80	3.960	0.948
<b>PILA15-M02</b>	23.7	14.00	55.00	331.80	3.930	0.947
<b>PILA15-M03</b>	23.7	14.00	55.00	331.80	3.930	0.947
<b>PILA15-M04</b>	23.7	14.00	55.30	331.80	3.950	0.948
<b>PILA15-M05</b>	23.7	14.00	55.50	331.80	3.960	0.949

*Fuente: Elaboración Propia*

Tabla 4.2. Resultados de los ensayos de Compresión Axial de pilas de Ladrillos de arcilla Hércules I

Identificación	Carga Máxima (Tf)	Resistencia a la Compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
<i>PILA15-M01</i>	23.4	66.90
<i>PILA15-M02</i>	19.2	54.80
<i>PILA15-M03</i>	20.1	57.50
<i>PILA15-M04</i>	19.9	56.70
<i>PILA15-M05</i>	15.9	45.40
<b>Promedio</b>		56.26
<b>Desviación Estándar</b>		7.67
<b>Resistencia Característica a la Compresión axial</b>		<b>48.6</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se encontró que la resistencia a la compresión axial es de 48.60 kgf/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es de 7.67 kgf/cm<sup>2</sup>.

#### 4.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL

En la Tabla 17 se muestran las dimensiones y resultados de los ensayos de compresión diagonal en los muretes realizados.

Tabla 4.3. Resultados de los ensayos de Compresión Diagonal de los muretes

Identificación	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (Tonf)	Esfuerzo (kgf/cm <sup>2</sup> )
<i>MRT-6</i>	67.2	66.0	14.1	1328.09	9.63	7.25
<i>MRT-7</i>	66.0	66.0	14.0	1306.73	7.53	5.76
<i>MRT-8</i>	65.7	66.1	14.1	1314.08	8.22	6.25
<i>MRT-9</i>	66.4	66.8	14.2	1337.46	8.59	6.42
<i>MRT-10</i>	65.6	66.0	13.3	1237.64	8.22	6.65
					<b>Promedio</b>	6.47
					<b>Desviación Estándar</b>	0.55
					<b>Resistencia Característica al Corte</b>	<b>5.92</b>

Fuente: Elaboración Propia

Se determinó la resistencia al corte máximo de 5.92 kgf/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es de 0.55 kgf/cm<sup>2</sup>.

### 4.3. FALLAS PRESENTES EN LOS ENSAYOS

#### 4.3.1. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

A continuación se describen las fallas representativas que se apreciaron en el ensayo de compresión axial en las pilas construidas de ladrillo de arcilla “Hércules I” con un espesor de 1.5 cm.

Las pilas presentan comúnmente un tipo de falla frágil, concentrándose los esfuerzos en las caras laterales, provocando que fallen imprevistamente.



*Figura 4.1. Ensayo de Compresión Axial*

*Fuente: Propia*

En la Figura 4.1 se muestra una de las fallas que presentaron las pilas de ladrillo de arcilla Hércules I fue por agrietamiento vertical, descascarándose en ciertas partes. Presentando una pequeña grieta vertical atravesando los ladrillo y mortero, en la lado más esbelto de la pila.

#### 4.3.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL

A continuación se describen las fallas representativas que se apreciaron en el ensayo de compresión diagonal en los muretes construidos de ladrillo de arcilla “Hércules I” con un espesor de 1.5 cm en proporción 1:4.

Dentro de las fallas que presentaron los ladrillos de arcilla Hércules I fue una falla escalonada, es decir la falla es escalonada a través de las juntas, lo que minimizó la resistencia a fuerza cortante, observando y verificando a la vez la mala adherencia entre el mortero y el ladrillo de arcilla. Por otro lado, otra de las fallas que presentaron los muretes de ladrillo de arcilla Hércules I fue por deslizamiento en la parte superior en contacto con el cabezal o escuadra de la máquina, además se observa una falla por agrietamiento vertical, es decir que la falla atravesó tanto la unidad como el mortero. Ver Figura 4.2 y 4.3.



*Figura 4.2. Falla escalonada en muretes.*

*Fuente: Propia*



*Figura 4.3. Falla por Deslizamiento en murete.*

*Fuente: Propia*

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

En cuanto a las hipótesis específicas:

**Como hipótesis específica 1, se había planteado:**

**“Los resultados obtenidos de los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican que cumple con los requisitos mínimos indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones”.**

Parte de la discusión es comparar los resultados con la norma E. 070 Albañilería, además de contribuir a la conclusión final de uno de los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación.

#### - ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

El ensayo de compresión axial se determinó la resistencia de la albañilería a compresión axial ( $f_m$ ), utilizando las pilas elaboradas con las unidades de albañilería “Hercules I”, con un espesor del mortero de 1.5 cm. Se encontró que la resistencia a la compresión axial es de 48.60 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es de 7.67 kg/cm<sup>2</sup>. El ladrillo Hércules I con la resistencia a compresión axial antes mencionada y según la tabla 9 de la Norma técnica de edificaciones E.070 (Albañilería, Resistencias características de la Albañilería), el ladrillo estaría considerado como un ladrillo King Kong Artesanal.

Tabla 5.1. Resistencias Características de la Albañilería

TABLA 9 (**)				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD $f_b$	PILAS $f_m$	MURETES $v_m$
	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
Arcilla	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
Silice-cal	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: NTE E.070 Albañilería (2006)

- *ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL*

El ensayo de compresión diagonal determinó la resistencia de la albañilería a corte ( $v_m$ ), utilizando los muretes elaboradas con las unidades de albañilería “Hércules I”, con un espesor del mortero de 1.5 cm.

Se determinó la resistencia al corte máximo promedio de 5.92 kg/cm<sup>2</sup> y la desviación estándar es de 0.55 kg/cm<sup>2</sup>.

El ladrillo Hércules I con la resistencia al corte antes mencionado y según la tabla 9 de la Norma técnica de edificaciones E.070 (Albañilería, Resistencias características de la Albañilería), el ladrillo estaría considerado como un ladrillo King Kong Artesanal.

*Tabla 5.2. Resistencias Características de la Albañilería*

<b>TABLA 9 (**)</b>				
<b>RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa ( kg / cm<sup>2</sup>)</b>				
<b>Materia Prima</b>	<b>Denominación</b>	<b>UNIDAD</b> $f_b$	<b>PILAS</b> $f_m$	<b>MURETES</b> $v_m$
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

*Fuente: NTE E.070 Albañilería (2006)*

Entonces de los resultados obtenidos de los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican que NO cumple con los requisitos mínimos indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones, ya que el ladrillo de arcilla “Hércules I” utilizado es un LADRILLO INDUSTRIAL.

**Como hipótesis específica 2, se había planteado:**

**“Los resultados obtenidos de los prismas de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican su clasificación de acuerdo a los parámetros indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones”.**

De la hipótesis específica 1 discutida anteriormente se determinó que el ladrillo Hércules I estaría clasificado como un ladrillo de arcilla artesanal.

De acuerdo a los ensayos realizados en los prismas de albañilería (pilas y muretes) de ladrillos de arcilla “Hércules I” con espesor de 1.5 cm en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería, se logró comparar los resultados obtenidos con los resultados de la primera investigación desarrollada por tesis anteriores. Realizando un cuadro comparativo tal como se muestra en el cuadro a continuación.

*Tabla 5.3. Comparación de valores de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes del ladrillo de arcilla Hércules I*

LABORATORIO CISMID	COMPRESIÓN AXIAL		COMPRESIÓN DIAGONAL	
	IDENTIFICACIÓN	$f'm$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	IDENTIFICACIÓN	$v'm$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
HÉRCULES I	PILA10-M01	55.8	MRT-6	7.42
	PILA10-M02	77.5	MRT-7	7.10
	PILA10-M03	74.4	MRT-8	5.83
	PILA10-M04	44.0	MRT-9	3.94
	PILA10-M05	63.3	MRT-10	7.02
	Promedio	63.02		6.26
	D.E	13.72		1.43
	Corregido	49.3		4.8
HÉRCULES I	PILA15-M01	66.90	MRT-6	7.25
	PILA15-M02	54.80	MRT-7	5.76
	PILA15-M03	57.50	MRT-8	6.25
	PILA15-M04	56.70	MRT-9	6.42
	PILA15-M05	45.40	MRT-10	6.65
	Promedio	56.26		6.47
	D.E	7.67		0.55
	Corregido	48.6		5.92

Nota: D.E desviación estándar

*Fuente: Elaboración Propia*

Realizando un análisis comparativo podemos verificar que el ladrillo de arcilla Hercules I se aproxima más a un Ladrillo Artesanal que a un Ladrillo Industrial.

**Finalmente, como hipótesis general se había planteado:**

**“Los prismas de albañilería (pilas y muretes) son especímenes cuyos ensayos de compresión axial y diagonal, permiten determinar los valores de resistencias características a compresión axial ( $f'm$ ) y compresión diagonal ( $v'm$ ), de la albañilería”.**

De acuerdo a los ensayos realizados en los prismas de albañilería (pilas y muretes) de ladrillos de arcilla “Hércules I” con espesor de 1.5 cm en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería, se determinó los valores de las resistencias características a compresión axial ( $f'_m$ ) igual a 48.60 kgf/cm<sup>2</sup> y compresión diagonal ( $v'_m$ ) igual a 5.92 kgf/cm<sup>2</sup>.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones en base a los objetivos específicos y general son:

### Primera conclusión

De los resultados obtenidos de los prismas de albañilería de ladrillos “Hércules I”, realizando una comparación con los requisitos mínimos de la NTE E070 (Albañilería), se concluye que:

- Según la tabla nro. 9, cuando no se realiza ensayos se debe asumir para la unidad de arcilla King Kong Industrial un valor de  $f'b$  de 145 Kgf/cm<sup>2</sup>,  $f'm$  de 65 Kgf/cm<sup>2</sup> y  $v'm$  de 8.1 Kgf/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, los resultados de los ensayos realizados en los prismas de ladrillos de arcilla Hércules I ( $f'm$  de 48.6 Kgf/cm<sup>2</sup> y  $v'm$  de 5.92 Kgf/cm<sup>2</sup>), tiene resistencias menores a lo establecido en la norma para un ladrillo industrial.

Tabla 6.1. Cuadro de Resultados comparados con la NTE E070 Albañilería.

TABLA 9 (NTE 070 ALBAÑILERÍA)		RESULTADOS				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm <sup>2</sup> )		(kg/cm <sup>2</sup> )				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD	PILAS	MURETES	PILAS	MURETES
		$f'b$	$f'm$	$v'm$	$f'm$	$v'm$
Arcilla	King Kong Artesanal	5.4 (55)	3.4 (35)	0.5 (5.1)	<b>48.6</b>	<b>5.92</b>
	King Kong Industrial	14.2 (145)	6.4 (65)	0.8 (8.1)		

Fuente: Elaboración Propia

### Segunda conclusión

El ladrillo de arcilla “Hércules I” se clasificó como un LADRILLO ARTESANAL, y ladrillo Tipo III, de una resistencia y durabilidad media y apto para construcciones de albañilería de uso general. Más no es clasificado como un Ladrillo Tipo V de resistencia y durabilidad muy altas, apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

### **Conclusión General**

Se realizó ensayos en 5 pilas y 5 muretes construidos con ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna, los cuales fueron necesarios para tener un resultado promedio.

Las resistencias características a la compresión axial ( $f'm$ ) es igual a 48.60 kgf/cm<sup>2</sup> y al corte ( $v'm$ ) igual a 5.92 kgf/cm<sup>2</sup>, los cuales según el cuadro de "Resistencias Características de la Albañilería de la NTE. E. 070 Albañilería"; caracterizan al ladrillo como un Ladrillo King Kong Artesanal y ladrillo Tipo III, de una resistencia y durabilidad media y apto para construcciones de albañilería de uso general, concluyendo que no cumple con los parámetros establecidos en la norma para un ladrillo industrial.

## RECOMENDACIONES

### **Primera**

Según la variedad de investigaciones realizadas por docentes y tesis de la Universidad Privada de Tacna relacionadas a las diferentes unidades de albañilería presentes en las viviendas de la Ciudad de Tacna, se recomienda informar sobre los datos obtenidos de los diferentes ensayos realizados y realizar una recopilación de datos obtenidos en investigaciones anteriores. Para luego, desarrollar cuadros comparativos y de resistencias características, comparando con los parámetros que indica la NTE E070 (Albañilería) para los diferentes tipos de unidades de albañilería que se producen y fabrican en la ciudad de Tacna.

### **Segunda.**

Se recomienda a las autoridades realizar un control de calidad e inspección de los materiales durante el proceso constructivo. Debido a que el ladrillo de arcilla Hércules I fue calificado como un ladrillo Tipo III, de una resistencia y durabilidad media y apto para construcciones de albañilería de uso general.

### **General**

Se recomienda realizar más investigaciones experimentales de las resistencias características y otros ensayos que estudien propiedades características del ladrillo de arcilla "Hércules I" ya que aún no se profundiza del todo este tema relacionado al ladrillo ya mencionado, por ejemplo, realizar estudios o ensayos a escala real de muros con ladrillo de arcilla Hércules I.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero Martínez, J., & Cotrado Flores, D. (2016). *Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros contruidos con Blocker II*. Tacna - Perú.
- Acero Martínez, J., & Cotrado Flores, D. (2017). *Trabajo de Investigación y Proyección Social: "Estudios realizados en la UPT demuestran que los muros portantes de las viviendas informales de la ciudad de Tacna contruidas con Blocker II son altamente vulnerables frente a un evento sísmico*. Tacna - Perú.
- Aliaga Rodriguez, I., & Brañez Gonzales, V. (2009). *Estudio comparativo del módulo de elasticidad en las unidades típicas de arcilla aplicado en el análisis sísmico de una vivienda unifamiliar del distrito de Ciudad Nueva del Departamento de Tacna*. Tacna - Perú.
- Alvarez Gómez, L., & García Peláez, J. (2015). *Base de cálculo para la estimación de las pérdidas potenciales humanas y en las construcciones debido a un terremoto de gran intensidad*. República de Cuba: Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas.
- Anyaypoma Colorado, L. F. (2015). *Estudio de las características físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla prefabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba*. Cajamarca, Perú.
- Arbildo Huamaní, B. J., & Rojas Paco, M. C. (2017). *"Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la Ciudad de Tacna"*. Tacna - Perú.
- Arica Terremoto. (1868). Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto\\_de\\_Arica\\_de\\_1868](https://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Arica_de_1868)
- Aste Pinto, D., & Ayca Tejada, C. (2016). *Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de bloques de arcilla fabricados en la Ciudad de Tacna*. Tacna - Perú.
- Bartolomé, Á. S., & Quiun, D. (s.f.). *Propuesta de Normativa para el diseño sísmico de edificaciones de albañilería confinada*. Informe, Lima, Perú.
- Bazán Arbildo, J. E. (2007). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada en la ciudad de Cajamarca*. Lima - Perú.

- Bedoya Jaen, C., & Barriga Gamarra, J. (1997). *Investigación Sismicidad de Tacna*. Tacna - Perú.
- Bernal Cabrera, K. (2013). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del ladrillo king kong del centro poblado el Cerrillo-baños del Inka y Lark de Lambayeque*. Cajamarca, Perú.
- Blanco Blasco, A. (s.f.). *Efectos del sismo del 23 de Junio del año 2001 en la zona Sur del Perú*.
- Bonilla Mancilla, D. (2006). *Factores de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez*. Tesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Caballero, T., Juárez, L. A., & Morales, V. (2008). *Ventajas del reforzamiento de muros de bloques de tierra compactadas, como opción para el rescate de viviendas rurales*. Informe de la Construcción, Universidad Nacional Autónoma de México, Oaxaca, México.
- Casabonde, C., & Gallegos, H. (2005). *Albañilería Estructural*. Perú: Tercera Edición Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Caycho Castro, D. (2009). *Control de la trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica*. Lima - Perú.
- Chumpitaz Quispe, S. C. (1995). *Bloques de Concreto con Dolomita*. Lima - Perú.
- Chura Flores, S. S. (1994). *Estudio del espesor del mortero en muros de albañilería de arcilla cocida*. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- CISMID. (2016). *Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de bloques de arcilla fabricados en la Ciudad de Tacna*. Lima-Perú.
- Copaja Quispe, N., & Tarqui Mamani, H. (2007). *Módulo de elasticidad en las unidades típicas de albañilería del Distrito de Ciudad Nueva del departamento de Tacna*. Tacna-Perú.
- Fernández Baqueiro, L., Marín Gómez, F., Varela Rivera, J., & Vargas Marín, G. (2009). *Determinación de la resistencia a compresión diagonal y el módulo de cortante de la mampostería de bloques huecos de concreto*. Mérida - México.

Hammer, J., Sánchez Recuay, R., & Zavala Toledo, C. (s.f.). *Informe sobre el reconocimiento del 27 al 30 de Agosto del 2001 en las zonas afectadas (Tacna, Moquegua y Arequipa)*.

Ladrillos Maxx. (s.f.). Obtenido de <http://www.ladrillosmaxx.com/new/>

Morante Portocarrero, A. A. (2008). *Mejora de la adherencia mortero-ladrillo de concreto*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.

Norma Técnica E.070 Albañilería. (2006). Perú.

(2005). *Normas de Unidades NTP 399.613*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -INDECOPI.

(2004). *Normas para muretes de albañilería NTP 399.621*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI.

(2004). *Normas para pilas de albañilería NTP 399.605*. Lima, Perú: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI.

Quiun Wong, D. (2005). *Corrección por esbeltez en pilas de albañilería ensayadas a compresión axial*. Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima-Perú.

Sáens Correa, M. C. (2016). *Influencia del espesor de la junta de mortero en la resistencia a compresión axial de pilas de albañilería*. Cajamarca - Perú.

San Bartolomé, Á. (1994). *Construcciones de Albañilería-Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural-* (Primera Edición ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

SENCICO. (2005). *Comentarios a la Norma Técnica de Edificaciones E.070 Albañilería*. Lima, Perú.

## **ANEXOS**

ANEXO N°01: Matriz de Consistencia

ANEXO N°02: Panel Fotográfico

ANEXO N°03: Informe de Ensayos - CISMID

## **ANEXO N°01:**

Matriz de Consistencia

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

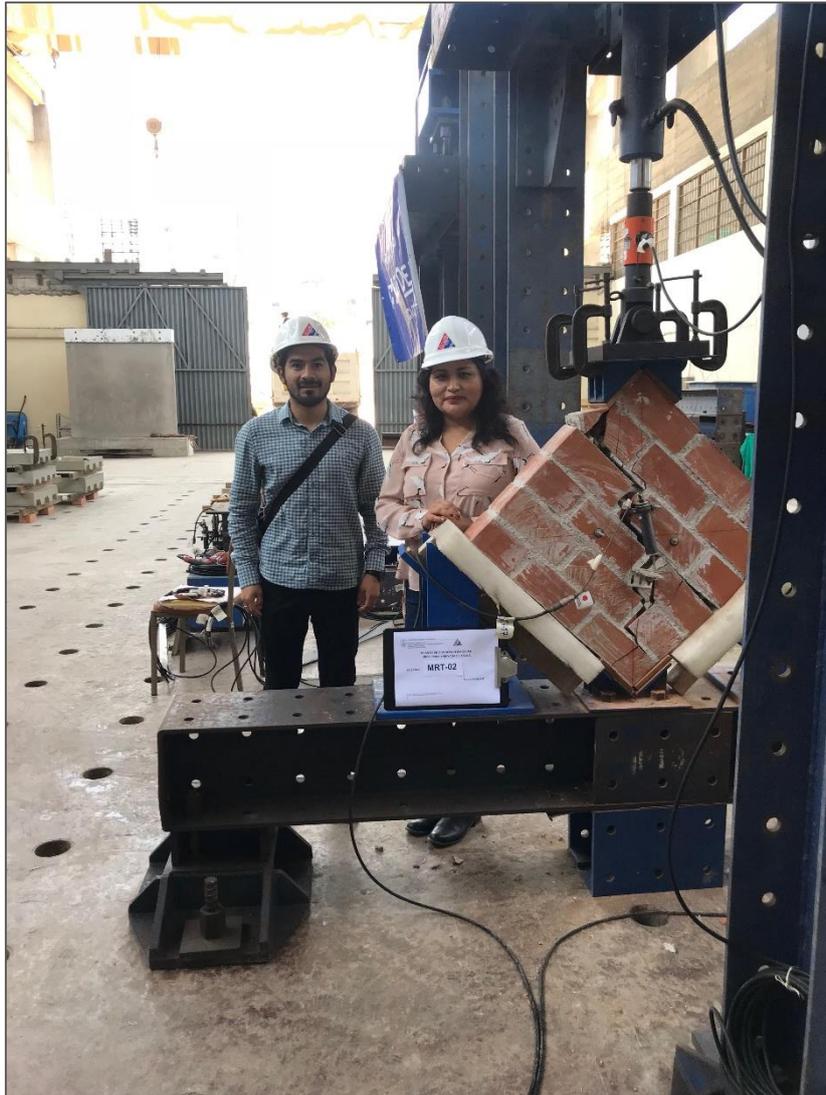
**INFORME DE TESIS:** "Evaluación de resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna"

Interrogante	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización				
			Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Método
<b>Interrogante Principal:</b>	<b>Objetivo General:</b>	<b>Hipótesis General:</b>	<b>Variable Independiente:</b>				
¿Cuáles son los valores de resistencias características en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna?	Evaluar las resistencias en prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna.	Los prismas de albañilería (pilas y muretes) son especímenes cuyos ensayos de compresión axial y diagonal, permiten determinar los valores de resistencias características a compresión axial (f'm) y compresión diagonal (v'm), de la albañilería.	LADRILLOS DE ARCILLA HÉRCULES I	La investigación se realizará el estudio en ladrillos de arcilla "Hércules I" de la empresa "Ladrillos MAX".	Acceptable No Acceptable	De acuerdo al muestreo realizado a las unidades de arcilla se considerará si la muestra es aceptable o no para seguir con el estudio.	Muestreo
<b>Interrogante Secundaria:</b>	<b>Objetivos Específico:</b>	<b>Hipótesis Específica:</b>	<b>Variable Dependiente:</b>				
A. ¿Los prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla Hércules I, cumplen con los requisitos mínimos de la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones?	a) Comparar los resultados obtenidos de los prismas de albañilería con mortero de espesor de 1.5 cm de ladrillos de arcilla Hércules I con los requisitos mínimos de la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.	Los resultados obtenidos de los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican que cumple con los requisitos mínimos indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.	* RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL (f'm)	También se puede utilizar para propósitos de investigación de manera que el ensayo brinda procedimientos como guía y parámetros de control.	(f'm) kgf/cm <sup>2</sup>	-LADRILLO ARTESANAL: 35 kgf/cm <sup>2</sup> - 64 kgf/cm <sup>2</sup> -LADRILLO INDUSTRIAL: 65 kgf/cm <sup>2</sup> - 84 kgf/cm <sup>2</sup>	Ensayo de Compresión Axial
B. ¿Cuál es la clasificación de los ladrillos de arcilla Hércules I con mortero de espesor de 1.5 cm?	b) Determinar la clasificación de los ladrillos de arcilla Hércules I con mortero de espesor de 1.5 cm.	Los resultados obtenidos de los prismas de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I nos indican su clasificación de acuerdo a los parámetros indicados en la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones.	* RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL (v'm)	Se obtiene ensayando muretes de albañilería de una dimensión mínima 600 mm x 600 mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal.	(v'm) kgf/cm <sup>2</sup>	-LADRILLO ARTESANAL: 5.1 kgf/cm <sup>2</sup> - 8.0 kgf/cm <sup>2</sup> -LADRILLO INDUSTRIAL: 8.1 kgf/cm <sup>2</sup> - 9.1 kgf/cm <sup>2</sup>	Ensayo de Compresión Diagonal

**ANEXO N°02:**  
Panel Fotográfico

# PANEL FOTOGRÁFICO

## VISITA AL CISMID



Fotografía N°01. Visita al CISMID

## ENSAYOS EN LOS PRISMAS

### A. ENSAYO EN PILAS DE LADRILLOS DE ARCILLA HÉRCULES I



Fotografía N°02. Construcción de Pilas de ladrillos de arcilla Hércules I con un espesor de mortero igual a 1.5 cm, de izquierda a derecha:

1) Verificación de la nivelación del ladrillo en el lado más largo del ladrillo, observándose el modo de construcción apoyándose en bases de acero para un mejor control de la verticalidad de la pila a construir; 2) Vista general de la pila ya terminada.



Fotografía N°03. Ensayo de Compresión Axial

## B. ENSAYO EN MURETES DE LADRILLOS DE ARCILLA HÉRCULES I



Fotografía N°04. Construcción de los muretes de ladrillos de arcilla Hércules I con un espesor de mortero igual a 1.5 cm, de izquierda a derecha:

- 1) Base de apoyo para la construcción de los muretes; 2) Vista general del murete ya terminado.



Fotografía N°05. Vista general del murete de ladrillos de arcilla Hércules I con un espesor de mortero igual a 1.5 cm.



Fotografía N°06. Ensayo final del murete de ladrillos de arcilla Hércules I con un espesor de mortero igual a 1.5 cm.

**ANEXO N°03:**

Informe de Ensayos – CISMID

UNI-2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil  
Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas  
y Mitigación de Desastres  
Laboratorio de Estructuras



## INFORME DE ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MORTERO ENSAYO DE COMPRESION EN PRISMAS Y ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES



SOLICITANTE: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

Informe N° 38-LE-CISMID/2017





## INFORME DE ENSAYO DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MORTERO ENSAYO DE COMPRESION EN PRISMAS Y ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES

### ANTECEDENTES

La Universidad Privada de Tacna solicitó al Laboratorio de Estructuras del CISMID la realización de ensayos de unidades de albañilería, ensayos de compresión en pilas y ensayos de compresión diagonal. Las unidades utilizadas son, según lo indica el solicitante, ladrillos HERCULES I.

El presente informe presenta la descripción de los materiales utilizados y caracterización siguiendo las normas de ensayo ASTM.

### OBJETIVO

El objetivo del presente informe es la determinación de la resistencia de los materiales utilizados y caracterización de los mismos siguiendo las normas de ensayo ASTM y Normas Técnicas Peruanas NTP para albañilería. Las unidades de albañilería para los ensayos fueron entregadas por el solicitante y las pilas y muretes fueron elaboradas por el solicitante.

### ENSAYOS DE LOS MATERIALES

#### ENSAYO DE LA MEDIDAS DEL TAMAÑO Y VARIACIÓN DE DIMENSIONES

Para conocer las características geométricas de los especímenes y sus variaciones se realizaron los ensayos de laboratorio siguiendo los procedimientos indicados en la norma NTP 399.613 2005 Unidades de Albañilería, "Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería" y la norma ASTM C 67 2003 "Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile". Se reportará el promedio del ancho, largo y alto de cada espécimen. Ver Figura 1





Figura 1 Ladrillos para ensayo de variación dimensional

Tabla 1 Resultados de ensayo de variación dimensional

Especímen	Ancho (mm)			Largo (mm)					Altura (mm)				
	A1	A2	AProm	L1	L2	L3	L4	LProm	H1	H2	H3	H4	Hprom
VDL3 - 1	139.00	141.00	140.00	238.00	238.00	238.00	239.00	238.25	100.00	98.00	101.00	101.00	100.00
VDL3 - 2	143.00	141.00	142.00	239.00	237.00	239.00	239.00	238.50	101.00	102.00	101.00	103.00	101.75
VDL3 - 3	138.00	139.00	138.50	237.00	236.00	234.00	236.00	235.75	102.00	101.00	100.00	100.00	100.75
VDL3 - 4	138.00	138.00	138.00	238.00	238.00	237.00	237.00	237.50	100.00	100.00	99.00	100.00	99.75
VDL3 - 5	139.00	137.00	138.00	239.00	237.00	238.00	238.00	238.00	101.00	100.00	101.00	100.00	100.50
VDL3 - 6	139.00	139.00	139.00	238.00	238.00	239.00	240.00	238.75	101.00	102.00	102.00	101.00	101.50
VDL3 - 7	139.00	139.00	139.00	235.00	236.00	235.00	236.00	235.50	100.00	100.00	101.00	99.00	100.00
VDL3 - 8	138.00	140.00	139.00	239.00	239.00	239.00	240.00	239.25	101.00	100.00	100.00	101.00	100.50
VDL3 - 9	139.00	139.00	139.00	237.00	237.00	236.00	236.00	236.50	101.00	101.00	100.00	100.00	100.50
VDL3 - 10	140.00	139.00	139.50	238.00	239.00	237.00	239.00	238.25	102.00	99.00	100.00	101.00	100.50
	A =	139.20					L =	237.63				H =	100.58
	$\sigma =$	1.16					$\sigma =$	1.29				$\sigma =$	0.64
	Anominal	140.00					Lnominal	240.00				Hnominal	100.00
	%Var	0.57					%Var	0.99				%Var	0.57

Para la realización del ensayo se tomó una muestra de 10 especímenes como se muestra en la Tabla 1. Asimismo, de los ensayos realizados a la muestra de ladrillos, según la norma E070, este tipo de ladrillo clasifica como Ladrillo V.



Según el fabricante las dimensiones nominales son Ancho=140 mm Largo=240 mm y Altura= 100 mm

### ENSAYO DE ALABEO

El alabeo de los ladrillos puede afectar el asentado dejando espacios vacíos entre el mortero y el ladrillo disminuyendo la adherencia entre los mismos. Mediante este ensayo se medirá la concavidad o convexidad de la unidad de ladrillo. Este ensayo se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la norma NTP 399.613 2005 “Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería” y la norma ASTM C 67 2003 Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. Ver Figura 2

De los ensayos realizados a la muestra de ladrillos, según la norma E070, este tipo de ladrillo clasifica como Ladrillo III. Ver Tabla 2

Tabla 2 Resultados de ensayo de variación dimensional

Especimen	Cara 1 (mm)		Cara 2 (mm)		Borde 1 (mm)		Borde 2 (mm)	
	mm	Característica	mm	Característica	mm	Característica	mm	Característica
ALL3 - 1	5.80	cóncavo	1.93	cóncavo	3.87	cóncavo	0.48	convexo
ALL3 - 2	5.80	cóncavo	3.87	cóncavo	0.97	cóncavo	0.48	convexo
ALL3 - 3	1.93	cóncavo	1.93	cóncavo	4.84	cóncavo	0.97	convexo
ALL3 - 4	4.84	cóncavo	0.97	cóncavo	2.90	cóncavo	0.48	cóncavo
ALL3 - 5	6.77	cóncavo	2.90	cóncavo	3.87	cóncavo	0.48	convexo
ALL3 - 6	0.48	convexo	5.80	cóncavo	0.48	convexo	5.80	cóncavo
ALL3 - 7	2.90	cóncavo	3.87	cóncavo	0.48	cóncavo	2.90	cóncavo
ALL3 - 8	1.93	cóncavo	5.80	cóncavo	0.48	cóncavo	2.90	cóncavo
ALL3 - 9	1.93	cóncavo	7.74	cóncavo	0.48	cóncavo	5.80	cóncavo
ALL3 - 10	0.97	cóncavo	18.37	cóncavo	0.97	convexo	3.87	cóncavo
PROMEDIO	cóncavo	3.65 mm	cóncavo	5.32 mm	cóncavo	2.24 mm	cóncavo	3.63 mm
	convexo	0.48 mm	convexo	-	convexo	0.73 mm	convexo	0.60 m





Figura 2 Ensayo de alabeo

## ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES

Este ensayo se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la norma NTP 399.613 2005 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería y la norma ASTM C 67 2003 Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. La resistencia a la compresión se calculará como el cociente entre la carga máxima indicada por la máquina de compresión y dividido entre el promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen.

La resistencia característica a compresión axial de la unidad de albañilería ( $f'_b$ ) se obtiene restando una desviación estándar al valor promedio de la muestra. La prueba de compresión proporciona una medida cualitativa de las unidades. Ver Figura 3.

Según los ensayos realizados el ladrillo alcanza una resistencia a la compresión característica de  $126.5 \text{ kg/cm}^2$  por lo tanto se puede considerar como un ladrillo Tipo III según la norma E070. Los ensayos fueron realizados en cinco especímenes como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Resultados de ensayo de resistencia a la compresión

Identificación	Dimensiones (cm)			Área cm <sup>2</sup>	Carga máxima Kgf	Resistencia a la compresión Kgf/cm <sup>2</sup>
	Largo	Ancho	Altura			
Unidad-01	23.7	14.1	10	334.2	42330	<b>126.7</b>
Unidad-02	23.7	14.0	10	331.8	43930	<b>132.4</b>
Unidad-03	23.7	14.0	10	331.8	42620	<b>128.5</b>
Unidad-04	23.8	14.0	10	333.2	44640	<b>134.0</b>
Unidad-05	23.8	14.1	10	335.6	42680	<b>127.2</b>
Resistencia a la compresión						129.7
Desviación estándar						3.3
Resistencia a la compresión característica						126.5



### ENSAYO DE ABSORCIÓN

Es la cantidad de agua que es capaz de absorber el ladrillo expresado en % de su peso seco. Este ensayo se realizó siguiendo los procedimientos indicados en la norma NTP 399.613 2005 "Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo

de ladrillos de arcilla usados en albañilería” y la norma ASTM C 67 2003 “Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile”.

La absorción es la medida de transferencia del agua desde un medio externo a una unidad de albañilería (ladrillo) como se observa en la Figura 4 . Una absorción elevada (más de 22%) indica que el ladrillo es poroso y de baja resistencia a la acción de la intemperie.

En el caso de la muestra de ladrillos la absorción promedio obtenida a los 5 horas y 24 horas resultó ser de 13.07% y 14.06%, menor que el límite máximo impuesto por la Norma E.070 para los ladrillos de arcilla que es de 22%. Ver Tabla 4

Tabla 4 Resultados de ensayo de absorción

Especímen	Peso (gr)				A (5h) %	A (24h) %
	Pnat	Psec	Psat (5h)	Psat (24h)		
ABL3 - 1	3336	3307.6	3762.00	3777.40	13.7381	14.2037
ABL3 - 2	3250	3222.8	3608.30	3672.00	11.9616	13.9382
ABL3 - 3	3376	3344.4	3799.10	3813.20	13.5959	14.0175
ABL3 - 4	3276	3252.1	3674.90	3713.80	13.0008	14.1970
ABL3 - 5	3327	3299.0	3729.87	3759.70	13.0606	13.9648
				<b>Promedio</b>	13.0714	14.0642



Figura 4 Ensayo de absorción



## ENSAYO DE SUCCIÓN

La succión es la rapidez con la cual el ladrillo absorbe el agua medida en gramos de agua absorbida por unidad de área de ladrillo en contacto con el agua durante un minuto.

La succión está relacionada con la adherencia de la unión del mortero-ladrillo, pues con una succión excesiva no se logra una unión adecuada, esto debido a que el ladrillo absorbe de manera rápida el agua del mortero, endureciendo y deformando a este mismo, obteniendo uniones de baja resistencia y permeables al agua.

Se realizó el ensayo de succión siguiendo el procedimiento indicado por la norma NTP 399.613 2005 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería y la norma ASTM C 67 2003 Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile.

Para la realización se tomó una muestra de cinco especímenes como se observa en la Tabla 5.

Se ha obtenido una succión promedio de 33.45 (gr/200cm<sup>2</sup>-min). La Norma E.070 indica que la succión de los ladrillos debe estar comprendida entre los 10 y 20 gr/(200 cm<sup>2</sup>-min). El valor encontrado nos sugiere que los ladrillos deberán ser regados durante 30 minutos unas 15 horas antes del asentado. Ver Figura 5.

Tabla 5 Resultados de ensayo de succión

Especímen	P sec	P suc	Longitud	Ancho	Área	Área Neta	S
	gr	gr	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	(gr/200cm <sup>2</sup> -min)
SL3-1	3325.80	3399.80	23.83	14.00	333.55	200.38	44.37
SL3-2	3440.50	3507.90	23.85	14.20	338.67	206.87	39.80
SL3-3	3240.40	3278.70	23.58	13.85	326.51	198.34	23.46
SL3-4	3312.10	3363.10	23.75	13.80	327.75	195.51	31.12
SL3-5	3344.60	3391.40	23.80	13.80	328.44	199.57	28.50
						<b>PROMEDIO</b>	<b>33.45</b>





Figura 5 Ensayo de succión

### ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL EN PILAS DE ALBAÑILERÍA

El espécimen para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería consiste en una pila formado por cinco unidades asentadas una sobre otra. Se elaboraron las pilas para ensayo de compresión axial, siguiendo las indicaciones de la norma NTP 399.605 2013 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería y la norma ASTM C 1314 2010 Standard Test Method for Compressive Strength of Masonry Prisms. Ver Figura 6.

En el caso de pilas con unidades asentadas con mortero de espesor 15 mm y dosificación de mortero cemento arena 1:4, se ha obtenido una resistencia a la compresión característico de 48.6 kgf/cm<sup>2</sup> el cual es menor que el indicado por la norma E070 para pilas con ladrillo King Kong industrial (65 kgf/cm<sup>2</sup>). Ver Tabla 6.



Figura 6 Ensayo de compresión axial



Tabla 6 Resultados de ensayo de compresión axial en unidades asentadas con mortero de espesor 15 mm.

Identificación	Espesor mortero (cm.)	Esbeltez	Factor de Corrección	Resistencia Corregida (Kg/cm <sup>2</sup> )
PILA15-M01	1.5	3.96	0.948	66.9
PILA15-M02	1.5	3.93	0.947	54.8
PILA15-M03	1.5	3.93	0.947	57.5
PILA15-M04	1.5	3.95	0.948	56.7
PILA15-M05	1.5	3.96	0.949	45.4

Promedio 56.24  
Desviación 7.67  
f<sub>m</sub> 48.6

En el caso de pilas con unidades asentadas con mortero de espesor 10 mm y dosificación de mortero cemento arena 1:4, se ha obtenido una resistencia a la compresión característico de 49.3 kgf/cm<sup>2</sup> el cual es menor que el indicado por la norma E070 para pilas con ladrillo King Kong industrial (65 kgf/cm<sup>2</sup>). Ver Tabla 7.

Tabla 7 Resultados de ensayo de compresión axial en unidades asentadas con mortero de espesor 10 mm.

Identificación	Espesor mortero (cm.)	Esbeltez	Factor de Corrección	Resistencia Corregida (Kg/cm <sup>2</sup> )
PILA10-M01	1.0	3.82	0.943	55.8
PILA10-M02	1.0	3.80	0.942	77.5
PILA10-M03	1.0	3.82	0.943	74.4
PILA10-M04	1.0	3.82	0.943	44.0
PILA10-M05	1.0	3.82	0.943	63.3

Promedio 63.02  
Desviación 13.72  
f<sub>m</sub> 49.3



## ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES DE ALBAÑILERÍA

El ensayo de compresión diagonal se desarrolla para medir de una manera más precisa la tensión diagonal de la albañilería. El espécimen se carga en compresión a lo largo de una de sus diagonales provocando la falla por tensión diagonal en la dirección perpendicular de aplicación de la carga.

Para este ensayo de tracción diagonal, la construcción y curado de los especímenes se realizó siguiendo las indicaciones de la norma NTP 399.621 2004 (revisada el 2015) Unidades de Albañilería. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería y la norma ASTM E 519 2000 Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages. Ver Figura 7.



Figura 7 Ensayo de compresión diagonal

En el caso de muretes con unidades asentadas con mortero de espesor 15 mm y dosificación de mortero cemento arena 1:4, se ha obtenido una resistencia a la compresión diagonal característico de  $5.9 \text{ kgf/cm}^2$  el cual es menor que el indicado por la norma E070 para muretes con ladrillo King Kong industrial ( $8.1 \text{ kgf/cm}^2$ ). Ver Tabla 8.



Tabla 8 Resultados de ensayo de compresión diagonal en unidades asentadas con mortero de espesor 15 mm.

IDENTIFICACIÓN	Área cm <sup>2</sup>	Dosificación Mortero	Espesor de mortero (cm.)	Carga máxima Tonf	Resistencia al corte kgf/cm <sup>2</sup>
MRT-1	1328.09	1:4	1.5	9.63	7.25
MRT-2	1306.73	1:4	1.5	7.53	5.76
MRT-3	1314.08	1:4	1.5	8.22	6.25
MRT-4	1337.46	1:4	1.5	8.59	6.42
MRT-5	1237.64	1:4	1.5	8.22	6.65

Promedio 6.47  
Desviación 0.55  
V'm 5.9

En el caso de muretes con unidades asentadas con mortero de espesor 10 mm y dosificación de mortero cemento arena 1:4, se ha obtenido una resistencia a la compresión diagonal característico de 4.8 kgf/cm<sup>2</sup> el cual es menor que el indicado por la norma E070 para muretes con ladrillo King Kong industrial (8.1 kgf/cm<sup>2</sup>). Ver Tabla 9.

Tabla 9 Resultados de ensayo de compresión diagonal en unidades asentadas con mortero de espesor 10 mm.

IDENTIFICACIÓN	Área cm <sup>2</sup>	Dosificación Mortero	Espesor de mortero (cm.)	Carga máxima Tonf	Resistencia al corte kgf/cm <sup>2</sup>
MRT-6	1309.46	1:4	1.0	9.72	7.42
MRT-7	1335.98	1:4	1.0	9.48	7.10
MRT-8	1301.32	1:4	1.0	7.58	5.83
MRT-9	1295.13	1:4	1.0	5.10	3.94
MRT-10	1299.30	1:4	1.0	9.12	7.02

Promedio 6.26  
Desviación 1.43  
V'm 4.8





## RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES

La clasificación se realiza tomando en consideración la Tabla 1 de la Norma E070, que a continuación se menciona.

Según la variación dimensional se clasifica como ladrillo Tipo V.

Según alabeo se clasifica como ladrillo Tipo III

Según la resistencia característica a compresión se clasifica como ladrillo Tipo III

Por tanto, la clasificación final para este ladrillo, sería ladrillo Tipo III.

## ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACIOS

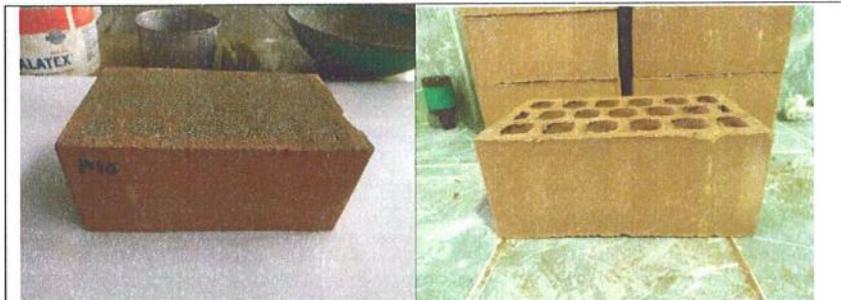


Figura 8 Ensayo de vacíos





Tabla 10 Resultados de ensayo de porcentaje de vacíos

Especímen	Dimensiones (cm)			Volumen (Vu) cm <sup>3</sup>	Peso (g)	Peso de Arena	Vs (cm <sup>3</sup> )	% Área de Vacíos
	Largo	Ancho	Altura					
VAL3-1	23.83	14.00	10.00	3335.50	3350	2116	1331.65513	39.92
VAL3-2	23.85	14.20	10.18	3445.97	3466	2131	1341.09503	38.92
VAL3-3	23.58	13.85	10.08	3289.63	3256	2052	1291.37823	39.26
VAL3-4	23.75	13.80	9.98	3269.31	3322	2096	1319.0686	40.35
VAL3-5	23.80	13.80	10.05	3300.82	3371	2058	1295.15419	39.24
VAL3-6	23.88	13.90	10.15	3368.40	3336	2117	1332.28446	39.55
VAL3-7	23.55	13.90	10.00	3273.45	3250	2030	1277.53304	39.03
VAL3-8	23.93	13.90	10.05	3342.20	3376	2058	1295.15419	38.75
VAL3-9	23.65	13.90	10.05	3303.79	3276	2038	1282.56765	38.82
VAL3-10	23.83	13.95	10.05	3340.21	3327	2078	1307.74072	39.15
							<b>Promedio</b>	<b>39.30</b>

## ENSAYO DE COMPRESIÓN EN MORTERO

Durante la fabricación de los especímenes de albañilería, se tomaron muestras cúbicas de 50mm de lado para realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

Este ensayo se realizó siguiendo las indicaciones de la norma NTP 399.610. Ver Tabla 11.





Tabla 10 Resultados de ensayo de porcentaje de vacíos

Especímen	Dimensiones (cm)			Volumen (Vu) cm <sup>3</sup>	Peso (g)	Peso de Arena	Vs (cm <sup>3</sup> )	% Área de Vacíos
	Largo	Ancho	Altura					
VAL3-1	23.83	14.00	10.00	3335.50	3350	2116	1331.65513	39.92
VAL3-2	23.85	14.20	10.18	3445.97	3466	2131	1341.09503	38.92
VAL3-3	23.58	13.85	10.08	3289.63	3256	2052	1291.37823	39.26
VAL3-4	23.75	13.80	9.98	3269.31	3322	2096	1319.0686	40.35
VAL3-5	23.80	13.80	10.05	3300.82	3371	2058	1295.15419	39.24
VAL3-6	23.88	13.90	10.15	3368.40	3336	2117	1332.28446	39.55
VAL3-7	23.55	13.90	10.00	3273.45	3250	2030	1277.53304	39.03
VAL3-8	23.93	13.90	10.05	3342.20	3376	2058	1295.15419	38.75
VAL3-9	23.65	13.90	10.05	3303.79	3276	2038	1282.56765	38.82
VAL3-10	23.83	13.95	10.05	3340.21	3327	2078	1307.74072	39.15
							<b>Promedio</b>	<b>39.30</b>

## ENSAYO DE COMPRESIÓN EN MORTERO

Durante la fabricación de los especímenes de albañilería, se tomaron muestras cúbicas de 50mm de lado para realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

Este ensayo se realizó siguiendo las indicaciones de la norma NTP 399.610. Ver Tabla 11.





Tabla 11 Resultados de ensayo de compresión en mortero

Espécimen	Carga (kgf)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resist. a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )
MORTERO-01	1410	25.00	56.4
MORTERO-02	1390	25.00	55.6
MORTERO-03	1380	25.00	55.2
MORTERO-04	1560	25.00	62.4
MORTERO-05	1310	25.00	52.4
MORTERO-06	1315	25.00	52.6
MORTERO-07	1000	25.00	40.0
MORTERO-08	880	25.00	35.2
MORTERO-09	1010	25.00	40.4
MORTERO-10	1130	25.00	45.2
MORTERO-11	1140	25.00	45.6
MORTERO-12	1060	25.00	42.4
Promedio			48.6

## CONCLUSIONES

- Se realizaron los ensayos correspondientes para obtener los parámetros de clasificación de la muestra traída por el solicitante al Laboratorio de Estructuras del CISMID. La clasificación final de la unidad de albañilería para fines estructurales sería ladrillo Tipo III.
- Resistencia a la compresión axial en pilas. En el caso de pilas con unidades asentadas con mortero de espesor 15 mm, se ha obtenido una resistencia a la compresión característico de 48.6 kgf/cm<sup>2</sup> el cual es menor que el indicado por la norma E070 para pilas con ladrillo King Kong industrial (65 kgf/cm<sup>2</sup>). En el caso de pilas con unidades asentadas con mortero de espesor 10 mm, se ha obtenido una resistencia a la compresión característico de 49.3 kgf/cm<sup>2</sup> el cual es mayor que el indicado por la norma E070 para pilas con ladrillo King Kong industrial (65 kgf/cm<sup>2</sup>).





- Resistencia al corte. En el caso de muretes con unidades asentadas con mortero de espesor 15 mm, se ha obtenido una resistencia a la compresión diagonal característico de  $5.9 \text{ kgf/cm}^2$  el cual es menor que el indicado por la norma E070 para muretes con ladrillo King Kong industrial ( $8.1 \text{ kgf/cm}^2$ ). En el caso de muretes con unidades asentadas con mortero de espesor 10 mm, se ha obtenido una resistencia a la compresión diagonal característico de  $4.8 \text{ kgf/cm}^2$  el cual es menor que el indicado por la norma E070 para muretes con ladrillo King Kong industrial ( $8.1 \text{ kgf/cm}^2$ ).





**ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL  
 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
 Tipo de probeta: Unidad de albañilería  
 Material: Ladrillo artesanal sólido  
 Fecha de emisión: 10/11/2017

Espécimen	Peso (gr)	Ancho (mm)			Largo (mm)					Altura (mm)						
		A1	A2	AProm	L1	L2	L3	L4	LProm	H1	H2	H3	H4	Hprom		
VDL3 - 1	3350	139.00	141.00	140.00	238.00	238.00	238.00	239.00	238.25	100.00	98.00	101.00	101.00	100.00		
VDL3 - 2	3466	143.00	141.00	142.00	239.00	237.00	239.00	239.00	238.50	101.00	102.00	101.00	103.00	101.75		
VDL3 - 3	3256	138.00	139.00	138.50	237.00	236.00	234.00	236.00	235.75	102.00	101.00	100.00	100.00	100.75		
VDL3 - 4	3322	138.00	138.00	138.00	238.00	238.00	237.00	237.00	237.50	100.00	100.00	99.00	100.00	99.75		
VDL3 - 5	3371	139.00	137.00	138.00	239.00	237.00	238.00	238.00	238.00	101.00	100.00	101.00	100.00	100.50		
VDL3 - 6	3336	139.00	139.00	139.00	238.00	238.00	239.00	240.00	238.75	101.00	102.00	102.00	101.00	101.50		
VDL3 - 7	3250	139.00	139.00	139.00	235.00	236.00	235.00	236.00	235.50	100.00	100.00	101.00	99.00	100.00		
VDL3 - 8	3376	138.00	140.00	139.00	239.00	239.00	239.00	240.00	239.25	101.00	100.00	100.00	101.00	100.50		
VDL3 - 9	3276	139.00	139.00	139.00	237.00	237.00	236.00	236.00	236.50	101.00	101.00	100.00	100.00	100.50		
VDL3 - 10	3327	140.00	139.00	139.50	238.00	239.00	237.00	239.00	238.25	102.00	99.00	100.00	101.00	100.50		
		A =	139.20					L =	237.63					H =	100.58	
		$\sigma =$	1.16					$\sigma =$	1.29					$\sigma =$	0.64	

Norma de referencia NTP 399.613

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
 Jefe del Laboratorio de Estructuras (e)





**ENSAYO DE ALABEO  
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Unidad de albañilería  
Material: Ladrillo artesanal sólido  
Fecha de emisión: 10/11/2017

Espécimen	Cara 1 (mm)		Cara 2 (mm)		Borde 1 (mm)		Borde 2 (mm)	
ALL3 - 1	5.80	cóncavo	1.93	cóncavo	3.87	cóncavo	0.48	convexo
ALL3 - 2	5.80	cóncavo	3.87	cóncavo	0.97	cóncavo	0.48	convexo
ALL3 - 3	1.93	cóncavo	1.93	cóncavo	4.84	cóncavo	0.97	convexo
ALL3 - 4	4.84	cóncavo	0.97	cóncavo	2.90	cóncavo	0.48	cóncavo
ALL3 - 5	6.77	cóncavo	2.90	cóncavo	3.87	cóncavo	0.48	convexo
ALL3 - 6	0.48	convexo	5.80	cóncavo	0.48	convexo	5.80	cóncavo
ALL3 - 7	2.90	cóncavo	3.87	cóncavo	0.48	cóncavo	2.90	cóncavo
ALL3 - 8	1.93	cóncavo	5.80	cóncavo	0.48	cóncavo	2.90	cóncavo
ALL3 - 9	1.93	cóncavo	7.74	cóncavo	0.48	cóncavo	5.80	cóncavo
ALL3 - 10	0.97	cóncavo	18.37	cóncavo	0.97	convexo	3.87	cóncavo
PROMEDIO	cóncavo	3.65 mm	cóncavo	5.32 mm	cóncavo	2.24 mm	cóncavo	3.63 mm
	convexo	0.48 mm	convexo	-	convexo	0.73 mm	convexo	0.60 mm

Norma de referencia NTP 399.613 / ASTM C67

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras (e)





### ENSAYO DE COMPRESIÓN UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Unidad de albañilería  
Material: Ladrillo artesanal sólido  
Fecha de emisión: 10/11/2017

Identificación	Dimensiones (cm)			Área cm <sup>2</sup>	Carga máxima Kgf	Resistencia a la compresión Kgf/cm <sup>2</sup>
	Largo	Ancho	Altura			
Unidad-01	23.7	14.1	10	334.2	42330	<b>126.7</b>
Unidad-02	23.7	14.0	10	331.8	43930	<b>132.4</b>
Unidad-03	23.7	14.0	10	331.8	42620	<b>128.5</b>
Unidad-04	23.8	14.0	10	333.2	44640	<b>134.0</b>
Unidad-05	23.8	14.1	10	335.6	42680	<b>127.2</b>

Resistencia a la  
compresión 129.7  
Desviación estándar 3.3  
Resistencia a la compresión  
característica 126.5

Norma de referencia NTP 399.613 / ASTM C67

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras (e)





**ENSAYO DE ABSORCIÓN  
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Unidad de albañilería  
Material: Ladrillo artesanal sólido  
Fecha de emisión: 10/11/2017

Espécimen	Peso (gr)				A (5h) %	A (24h) %
	Pnat	Psec	Psat (5h)	Psat (24h)		
ABL3 - 1	3336	3307.6	3762.00	3777.40	13.7381	14.2037
ABL3 - 2	3250	3222.8	3608.30	3672.00	11.9616	13.9382
ABL3 - 3	3376	3344.4	3799.10	3813.20	13.5959	14.0175
ABL3 - 4	3276	3252.1	3674.90	3713.80	13.0008	14.1970
ABL3 - 5	3327	3299.0	3729.87	3759.70	13.0606	13.9648
				<b>Promedio</b>	13.0714	14.0642

Norma de referencia NTP 399.613 / ASTM C67

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras





**ENSAYO DE SUCCIÓN  
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Unidad de albañilería  
Material: Ladrillo artesanal sólido  
Fecha de emisión: 10/11/2017

Espécimen	P sec	P suc	Longitud	Ancho	Área	Área Neta	S
	gr	gr	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	(gr/200cm <sup>2</sup> -min)
SL3-1	3325.80	3399.80	23.83	14.00	333.55	200.38	44.37
SL3-2	3440.50	3507.90	23.85	14.20	338.67	206.87	39.80
SL3-3	3240.40	3278.70	23.58	13.85	326.51	198.34	23.46
SL3-4	3312.10	3363.10	23.75	13.80	327.75	195.51	31.12
SL3-5	3344.60	3391.40	23.80	13.80	328.44	199.57	28.50
					<b>PROMEDIO</b>		<b>33.45</b>

Norma de referencia NTP 399.613 / ASTM C67

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras





## ENSAYO DE COMPRESIÓN EN CUBOS DE MORTERO

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Cubos de 50 mm  
Material: Mortero arena cemento  
Fecha de emisión: 10/11/2017

Espécimen	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resist. a la compresión (Kgf/cm <sup>2</sup> )
MORTERO-01	1410	25.00	56.4
MORTERO-02	1390	25.00	55.6
MORTERO-03	1380	25.00	55.2
MORTERO-04	1560	25.00	62.4
MORTERO-05	1310	25.00	52.4
MORTERO-06	1315	25.00	52.6
MORTERO-07	1000	25.00	40.0
MORTERO-08	880	25.00	35.2
MORTERO-09	1010	25.00	40.4
MORTERO-10	1130	25.00	45.2
MORTERO-11	1140	25.00	45.6
MORTERO-12	1060	25.00	42.4
Promedio			48.6

Norma de referencia NTP 399.610 / ASTM C 942, ASTM C 109

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras (e)





### ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACIOS

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Unidades de albañilería  
Material: Arcilla  
Fecha de emisión: 10/11/2017

Especimen	Dimensiones (cm)			Volumen (Vu) cm <sup>3</sup>	Peso (g)	Peso de Arena	Vs (cm <sup>3</sup> )	% Área de Vacíos
	Largo	Ancho	Altura					
VAL3-1	23.83	14.00	10.00	3335.50	3350	2116	1331.65513	39.92
VAL3-2	23.85	14.20	10.18	3445.97	3466	2131	1341.09503	38.92
VAL3-3	23.58	13.85	10.08	3289.63	3256	2052	1291.37823	39.26
VAL3-4	23.75	13.80	9.98	3269.31	3322	2096	1319.0686	40.35
VAL3-5	23.80	13.80	10.05	3300.82	3371	2058	1295.15419	39.24
VAL3-6	23.88	13.90	10.15	3368.40	3336	2117	1332.28446	39.55
VAL3-7	23.55	13.90	10.00	3273.45	3250	2030	1277.53304	39.03
VAL3-8	23.93	13.90	10.05	3342.20	3376	2058	1295.15419	38.75
VAL3-9	23.65	13.90	10.05	3303.79	3276	2038	1282.56765	38.82
VAL3-10	23.83	13.95	10.05	3340.21	3327	2078	1307.74072	39.15
<b>Promedio</b>								<b>39.30</b>

Norma de referencia NTP 399.613 / ASTM C67

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras





## ENSAYO DE COMPRESIÓN EN PILAS

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Pilas de albañilería  
Material: Albañilería dosificación mortero 1:4  
Fecha de emisión: 10/11/2017

Identificación	Dimensiones (cm.)			Espesor mortero (cm.)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Tonf	Esbeltez	Factor de Corrección	Resistencia Corregida (Kgf/cm <sup>2</sup> )
	L	A	H						
PILA15-M01	23.7	14.0	55.4	1.5	331.8	23.4	3.96	0.948	66.9
PILA15-M02	23.7	14.0	55.0	1.5	331.8	19.2	3.93	0.947	54.8
PILA15-M03	23.7	14.0	55.0	1.5	331.8	20.1	3.93	0.947	57.5
PILA15-M04	23.7	14.0	55.3	1.5	331.8	19.9	3.95	0.948	56.7
PILA15-M05	23.7	14.0	55.5	1.5	331.8	15.9	3.96	0.949	45.4

- Los especímenes fueron elaborados por el solicitante.

Norma de referencia NTP 399.605 / ASTM C1314

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras





## ENSAYO DE COMPRESIÓN EN PILAS

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Pilas de albañilería  
Material: Albañilería dosificación mortero 1:4  
Fecha de emisión: 10/11/2017

Identificación	Dimensiones (cm.)			Espesor mortero (cm.)	Área Transversal (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima Tonf	Esbeltez	Factor de Corrección	Resistencia Corregida (Kg/cm <sup>2</sup> )
	L	A	H						
PILA10-M01	23.7	14.0	53.5	1.0	331.8	19.7	3.82	0.943	55.8
PILA10-M02	23.7	14.0	53.2	1.0	331.8	27.3	3.80	0.942	77.5
PILA10-M03	23.7	14.0	53.5	1.0	331.8	26.2	3.82	0.943	74.4
PILA10-M04	23.7	14.0	53.5	1.0	331.8	15.5	3.82	0.943	44.0
PILA10-M05	23.7	14.0	53.5	1.0	331.8	22.3	3.82	0.943	63.3

- Los especímenes fueron elaborados por el solicitante.

Norma de referencia NTP 399.605 / ASTM C1314

Ensayos: LMLD-GABM

  
Dr. Carlos Zavala Toledo  
Jefe del Laboratorio de Estructuras (e)





## ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Muretes de albañilería  
Material: Albañilería dosificación mortero 1:4  
Fecha de emisión: 10/11/2017

IDENTIFICACIÓN	Dimensiones (cm.)			Área cm <sup>2</sup>	Espesor de mortero (cm.)	Carga máxima Tonf	Resistencia al corte kgf/cm <sup>2</sup>
	L	A	e				
MRT-1	66.0	67.2	14.1	1328.09	1.5	9.63	7.25
MRT-2	66.0	66.0	14.0	1306.73	1.5	7.53	5.76
MRT-3	66.1	65.7	14.1	1314.08	1.5	8.22	6.25
MRT-4	66.8	66.4	14.2	1337.46	1.5	8.59	6.42
MRT-5	66.0	65.6	13.3	1237.64	1.5	8.22	6.65

- Los especímenes fueron elaborados por el solicitante.

Norma de referencia NTP 399.621 / ASTM E519

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras (e)





## ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES

Solicitante: UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
Tipo de probeta: Muretes de albañilería  
Material: Albañilería dosificación mortero 1:4  
Fecha de emisión: 10/11/2017

IDENTIFICACIÓN	Dimensiones (cm.)			Área cm <sup>2</sup>	Espesor de mortero (cm.)	Carga máxima Tonf	Resistencia al corte kgf/cm <sup>2</sup>
	L	A	e				
MRT-6	64.7	64.8	14.3	1309.46	1.0	9.72	7.42
MRT-7	64.9	65.4	14.5	1335.98	1.0	9.48	7.10
MRT-8	64.5	65.1	14.2	1301.32	1.0	7.58	5.83
MRT-9	64.9	65.0	14.1	1295.13	1.0	5.10	3.94
MRT-10	64.5	64.9	14.2	1299.30	1.0	9.12	7.02

- Los especímenes fueron elaborados por el solicitante.

Norma de referencia NTP 399.621 / ASTM E519

Ensayos: LMLD-GABM

  
**Dr. Carlos Zavala Toledo**  
Jefe del Laboratorio de Estructuras

