

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

“Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de
especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I)
fabricados en la ciudad de Tacna”

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Brayam José Arbildo Huamaní

Bach. Melany Carolina Rojas Paco

TACNA – PERÚ

2017

i

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**“Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de
especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I)
fabricados en la ciudad de Tacna”**

Tesis sustentada y aprobada el 04 de Diciembre de 2017; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:




Mtro. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO:



ING. ROLANDO SALAZAR-CALDERÓN JUÁREZ

VOCAL:



ING. SANTOS GOMEZ CHOQUEJAHUA

ASESOR:



Mg. ING DINA COTRADO FLORES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Melany Carolina Rojas Paco y Brayam José Arbildo Huamaní, 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 74045414 y 72125222.

Declaro bajo juramento que:

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

“Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería 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, 04 de Diciembre del 2017



Bach. Brayam José Arbildo Huamaní

DNI: 72125222



Bach. Melany Carolina Rojas Paco

DNI: 74045414

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación más que todo a mi padre Frotacio ya que siempre me ha apoyado incondicionalmente y dado su confianza para llegar hasta donde estoy ahora. A mi madre Vilma por siempre brindarme su apoyo, siendo su prioridad. A mis abuelos Victoria y Froilan y mi tío Javier por cuidarme y ayudarme desde mi niñez. A mi familia y amigos que siempre estuvieron y creyeron en mí para poder llegar a cumplir con este logro.

Brayam José Arbildo Huamaní

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado las bendiciones y fuerzas hasta llegar a este propósito. A mi padre Felipe, porque gracias a su apoyo y confianza incondicional siempre salimos adelante. A mi madre Margarita que siempre me demostró su apoyo a pesar de lo lejos que estaba. A mis abuelos Martín y Vicencia que siempre estuvieron presentes en cada paso que daba. A mi Hermana Tania, y mi tía María Elena, quienes me brindaron su apoyo. A mi familia en general, que me apoyaron en varias circunstancias para llegar a lograr con este objetivo.

Melany Carolina Rojas Paco

AGRADECIMIENTO

Un gran agradecimiento a los docentes de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, ya que ellos me guiaron durante mi etapa universitaria. Agradezco a mis padres por siempre estar presente en los días más difíciles de mi vida. Y doy gracias a Dios por brindarme la voluntad necesaria para seguir adelante.

Brayam José Arbildo Huamani

Agradezco a Dios por haberme acompañado en cada paso dado. A mis padres que me demostraron que siempre estarán orgullosos de su hija. A mi familia por todo su apoyo.

Melany Carolina Rojas Paco

Un agradecimiento especial para la Mg. Ing. Dina Cotrado Flores por toda la colaboración brindada, quien demostró su apoyo e interés en este trabajo de investigación.

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.....	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS.....	7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
1.5. HIPÓTESIS.....	7
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	7
1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	7
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	8
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL.....	8
2.1.2. A NIVEL NACIONAL.....	9
2.2. BASES TEÓRICAS.....	12

2.2.1. REQUISITOS MÍNIMOS SEGÚN LA NORMA E. 070 ALBAÑILERÍA.....	12
2.2.2. RESISTENCIA DE PRISMAS DE ALBAÑILERÍA	14
2.2.3. DISEÑO SÍSMICO DE EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	15
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	16
2.3.1. ALBAÑILERÍA O MAMPOSTERÍA.....	16
2.3.2. ALBAÑILERÍA CONFINADA.....	16
2.3.3. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA.....	16
2.3.4. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA HUECA.....	16
2.3.5. UNIDAD DE ALBAÑILERÍA SÓLIDA (o MACIZA)	17
2.3.6. MORTERO.....	17
2.3.7. MURO PORTANTE	17
2.3.8. PRISMAS	17
CAPÍTULO III	
MARCO METODOLÓGICO	
3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	19
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	19
3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	19
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO.....	19
3.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	19
3.2.2. MUESTRA DE ESTUDIO	20
3.3. VARIABLES.....	20
3.3.1. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES.....	20
3.3.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	21
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	24
3.4.1. ACCIONES Y ACTIVIDADES.....	24
3.4.2. MATERIALES Y/O INSTRUMENTOS.....	26

3.5.	PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	27
3.5.1.	PROCESAMIENTO	27
3.5.2.	ANÁLISIS DE DATOS	36
CAPÍTULO IV		
RESULTADOS		
4.1.	ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACÍOS	38
4.2.	ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL	39
4.3.	ENSAYO DE ALABEO	40
4.4.	ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	40
4.5.	ENSAYO DE ABSORCIÓN	41
4.6.	ENSAYO DE SUCCIÓN	41
4.7.	ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL	42
4.8.	ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL	43
4.9.	FALLAS PRESENTES EN LOS ENSAYOS	44
4.9.1.	ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL	44
4.9.2.	ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL	45
CAPÍTULO V		
DISCUSIÓN		
5.1.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	46
CONCLUSIONES		54
RECOMENDACIONES		56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		57
ANEXOS		60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa Sísmico del Perú	4
Figura 2. Colapso de vivienda debido al sismo del 23 de junio del año 2001 en Tacna	5
Figura 3. Vivienda Típica de la Ciudad de Tacna	6
Figura 4. Pilas con Ladrillos Hércules I con 1 cm de espesor	18
Figura 5. Muretes con Ladrillos Hércules I con 1 cm de espesor	18
Figura 6. Ensayo de Variación Dimensional.....	25
Figura 7. Ensayo de Murete de ladrillo de arcilla Hércules I.....	25
Figura 8. Unidad de Albañilería – Ladrillo Hércules I.....	26
Figura 9. Cemento Yura.....	27
Figura 10. Ensayo de Compresión Axial	44
Figura 11. Falla escalonada en muretes.	45
Figura 12. Falla por Deslizamiento en murete.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valores de Ensayos en Unidades de ladrillo de arcilla Blocker II.....	11
Tabla 2. Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes del ladrillo de arcilla Blocker II	11
Tabla 3. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales – NTE. E. 070 Albañilería.....	12
Tabla 4. Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales – NTE. E. 070 Albañilería	13
Tabla 5. Métodos para determinar f'_m y v'_m – NTE. E. 070 Albañilería.....	14
Tabla 6. Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm^2) – NTE. E. 070 Albañilería.....	15
Tabla 7. Operacionalización de las Variables	23
Tabla 8. Características del ladrillo Hércules I	26
Tabla 9. Resultados de ensayo de Porcentaje de Vacíos de ladrillos de arcilla Hércules I	38
Tabla 10. Resultados de ensayo de Variación Dimensional de ladrillos de arcilla Hércules I	39

Tabla 11. Resultados de ensayo de Alabeo de ladrillos de arcilla Hércules I	40
Tabla 12. Resultados de ensayo de Compresión de ladrillos de arcilla Hércules I .	40
Tabla 13. Resultados de ensayo de Absorción de ladrillos de arcilla Hércules I	41
Tabla 14. Resultados de ensayo de Succión de ladrillos de arcilla Hércules I	41
Tabla 15. Medidas de las Pilas de Ladrillos de arcilla Hércules I	42
Tabla 16. Resultados de los ensayos de Compresión Axial de pilas de Ladrillos de arcilla Hércules I	42
Tabla 17. Resultados de los ensayos de Compresión Diagonal de los muretes.....	43
Tabla 18. Tabla de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales	47
Tabla 19. Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería para fines estructurales	51
Tabla 20. Resistencias Características de la Albañilería	52
Tabla 21. Resistencias Características de la Albañilería	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Anexo 2. Panel Fotográfico

Anexo 3. Informe de ensayos - CISMID

RESUMEN

Objetivo: El presente trabajo de investigación tiene por finalidad determinar los valores de resistencia características a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna, para un espesor de mortero de 1 cm.

Metodología: 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.

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.

Resultados: Se concluye que el promedio las resistencias características a la compresión axial ($f'm$) es igual a 49.30 kg/cm^2 y al corte ($v'm$) igual a 4.83 kg/cm^2 , los cuales caracterizan al ladrillo como un Ladrillo Artesanal y según su clasificación estructural es un Ladrillo Tipo III, además de tener una porcentaje de vacíos de 39.30% mayor a lo esperado clasificándola como unidad hueca, en tal sentido se recomienda que no es apta para la construcción de viviendas en la Cuidad de Tacna. 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 en unidades, Ensayo de compresión axial, Ensayo de compresión diagonal, Ladrillo de arcilla, Hércules I.

ABSTRACT

Objective: The purpose of this research work is to determine the resistance values characteristic to axial and diagonal compression of masonry specimens of clay bricks (Hercules I) manufactured in the city of Tacna, for a mortar thickness of 1cm.

Methodology: To carry out this thesis work, it was necessary 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 Martorell brick, also Yura Type I cement. The proportion of the mortar was 1: 4.

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.

Results: It is concluded that the average characteristic resistance to the axial compression ($f'm$) is equal to 49.30 kg / cm² and to the cut ($v'm$) equal to 4.83 kg / cm², which characterize the brick as a Craft Brick and according to its structural classification is a Brick Type I, in addition to having a percentage of voids of 39.30% higher than expected by classifying it as a hollow unit, in this sense it is recommended that it is not suitable for the construction of houses in the City of Tacna. 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: Axial Compression Test, Clay Brick, Confined Mansory, Diagonal Compression Test, Hércules I, Masonry Units Test.

INTRODUCCIÓN

Los terremotos en el mundo causan pérdidas humanas, siendo uno de los primeros “daños” después de ocurrir un evento sísmico de gran intensidad, en su mayoría son comunes debido al colapso de las viviendas; buscando hoy en día prevenir y disminuir éstas pérdidas o daños. La destrucción de las edificaciones es una de las causas principales de estas pérdidas humanas, en muchos casos el corto tiempo en el que suceden los hechos no da tiempo para que las personas escapen.

En los países en desarrollo como el Perú, la informalidad para construir viviendas en las zonas urbanas va en aumento. En la ciudad de Tacna, se están desarrollando nuevos sectores emergentes sin política de planificación urbana. El sistema estructural principal es la albañilería confinada de ladrillos de arcilla. Sin embargo, muchas personas viven en viviendas informales (materiales incorrectos, irregularidades, malas condiciones del suelo, etc.). Los daños en este tipo de estructuras por los últimos terremotos nos mostraron su alta vulnerabilidad.

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 se desconoce si presentan o no características técnicas adecuadas según nuestras normas vigentes.

En ese sentido, hemos elaborado el presente trabajo de investigación titulado “Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería 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 esta manera pretendemos contribuir con información técnica que permita mitigar el impacto de los futuros terremotos, ya que se 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 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. Asimismo se da a conocer algunos conceptos básicos y antecedentes.

En el capítulo III, se desarrolla el marco metodológico, tipo de investigación, nivel y diseño, población y muestra, variables, técnicas e instrumentos para la recolección de datos y finalmente el procesamiento y análisis de datos utilizados en la investigación.

El capítulo IV, presenta los resultados de la investigación a partir de la descripción del trabajo y presentación de las tablas.

El capítulo V, presenta la discusión de los resultados y de la hipótesis. Luego se da a conocer las conclusiones del trabajo y recomendaciones.

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

Perú se encuentra ubicado en la zona denominada "Cinturón de Fuego del Pacífico", donde se registra aproximadamente el 85 % de la actividad sísmica mundial. El historial sísmico de Perú señala que nos encontramos en una zona de alta sismicidad. Ver Figura 1.

En Tacna se han registrado varios eventos sísmicos, los cuales están relacionados con el proceso de subducción de las placas de Nazca y la Continental. Ver Figura 2.

La ciudadanía de Tacna no se encuentra capacitada para actuar en caso se produzca un terremoto, pese a que desde hace años se organizan simulacros de sismo bajo la organización del Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci) y otros órganos competentes.

Se encuentran comúnmente viviendas de albañilería incorporados en numerosos conjuntos de manzanas. En su gran mayoría para su construcción no se basaron de la norma E 0.70, presentando diferentes patologías en su construcción (materiales incorrectos, espesor incorrecto del mortero, irregularidades, malas condiciones del suelo, etc.).

Una parte de las construcciones presentes en la ciudad han alcanzado ya su tiempo de vida útil y otras de las edificaciones son nuevas, debido a la demolición de antiguas edificaciones y del crecimiento demográfico en la población.

Comúnmente las viviendas de Tacna tienen en su construcción como unidad de albañilería predominante al Blocker II (bloque de arcilla) y Bloqueta (bloque de concreto), los cuales en varios estudios han demostrado que en los muros portantes de las viviendas informales de la ciudad de Tacna son altamente vulnerables frente

a un evento sísmico. Pero en el caso de las construcciones formales, generalmente se utiliza la unidad de albañilería Hércules I.

Considerando el alto riesgo sísmico en la zona Sur del Perú y en particular en el Departamento de Tacna, se realizó el estudio “Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de bloques de arcilla Hércules I fabricados en la ciudad de Tacna”.

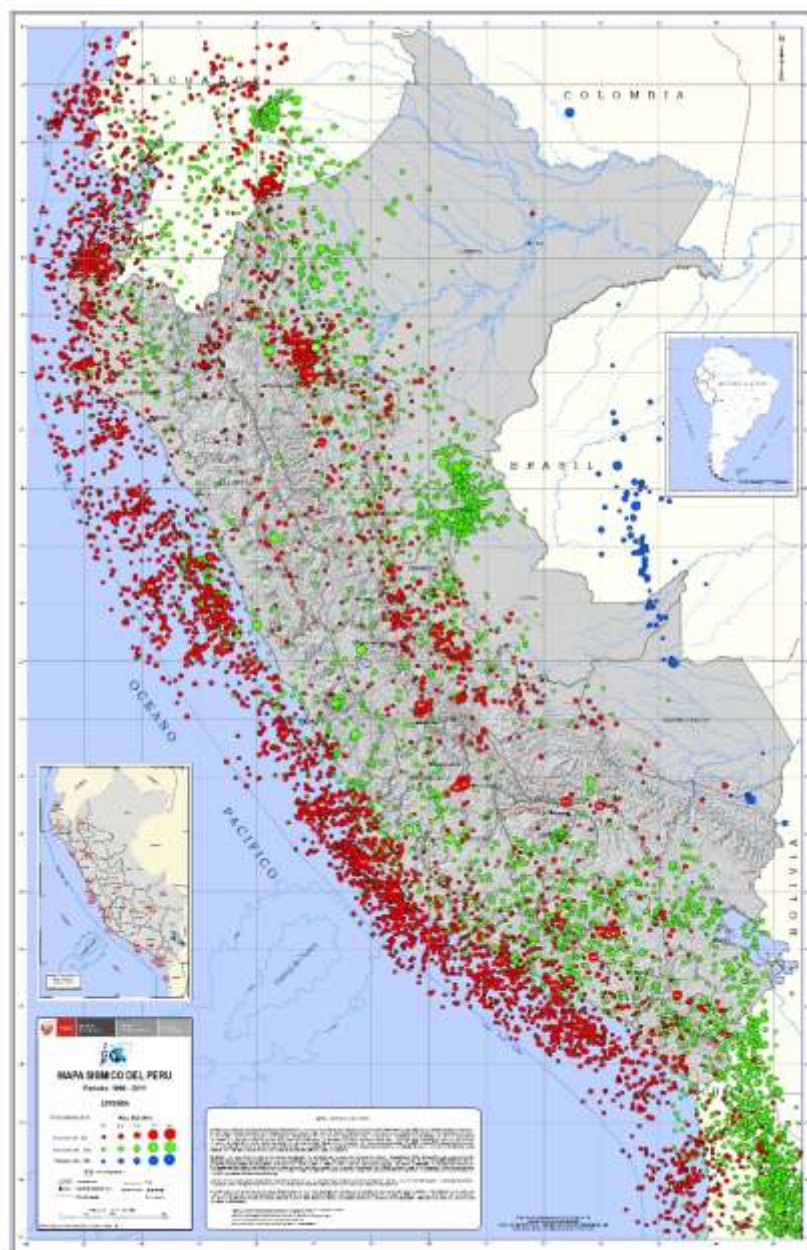


Figura 1. Mapa Sísmico del Perú

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP)



Figura 2. Colapso de vivienda debido al sismo del 23 de junio del año 2001 en Tacna

Fuente: ANTONIO BLANCO (CIP)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Para la formulación del problema nos hacemos las preguntas:

Interrogante principal:

¿Cuáles son los valores de resistencias características a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna?

Interrogantes secundarias:

- A. ¿Cómo se clasifica para fines estructurales, la unidad de albañilería "Hércules I" fabricados en la ciudad de Tacna, mediante la realización de ensayos en unidades?
- B. ¿Los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I, cumplen con los requisitos mínimos de la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones?

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo se justifica en base a lo siguiente:

Desde el aspecto sísmico; Perú se encuentra ubicado en la zona denominada "Cinturón de Fuego del Pacífico", desde su historial sísmico de Perú podemos señalar

que nos encontramos en una zona de alta sismicidad. En Tacna se han registrado varios eventos sísmicos, los cuales están relacionados con el proceso de subducción de las placas de Nazca y la Continental. 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.

Desde el aspecto de construcción; las viviendas en la Ciudad de Tacna en su mayoría son construcciones informales utilizando ladrillos de resistencia y durabilidad bien bajas, difundiéndose actualmente en los alrededores de la Ciudad. En la Figura 3 se observa una vivienda típica de la Ciudad de Tacna donde predomina el Blocker II como unidad de albañilería para los muros portantes. Pero, por otro lado existen viviendas donde se observa la formalidad de su construcción utilizando ladrillos de arcilla sólidos, pero nadie realiza el control de calidad de las unidades utilizadas.

Desde el aspecto normativo; según la Tabla nro. 02 de la NTE E070 las unidades de albañilería huecas no son recomendables utilizarlas en zonas altamente sísmicas como es la Ciudad de Tacna, ni ser considerado como componente de los muros portantes. Caso contrario las unidades consideradas en los muros portantes deben clasificarse como ladrillo Tipo III de resistencia y durabilidad media apto para construcciones de albañilería de uso general, ladrillo IV de resistencia y durabilidad altas apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas o como Ladrillo Tipo V de resistencia y durabilidad muy altas apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.



Figura 3. Vivienda Típica de la Ciudad de Tacna

Fuente: Propia

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinación de los valores de resistencias características a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Clasificación para fines estructurales de la unidad de albañilería “Hércules I” fabricados en la ciudad de Tacna, mediante la realización de ensayos en unidades.
- b) Comparación de los resultados obtenidos de los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I con los requisitos mínimos de 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

Para fines estructurales los ladrillos se clasifican en 05 clases. La unidad de albañilería “Hércules I” fabricados en la Ciudad de Tacna mediante los resultados de ensayos en unidades se clasifica como un ladrillo Tipo III.

B. Hipótesis específica 2

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.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Para determinar los valores de las resistencias características a Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de bloques de 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 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:

CHURA FLORES, S. (1994) en su tesis “**Estudio del espesor del mortero en muros de albañilería de arcilla cocida**”, presentó un estudio en la ciudad de Lima, donde utilizó 2 tipos de ladrillos, el primero conocido como King Kong macizo de 8.5 x 12.5 x 21 cm fabricado artesanalmente y la segunda unidad conocida como King Kong perforado con 18 huecos de 9 x 13.5 x 24 cm fabricado industrialmente. Determinando la influencia de los espesores del mortero sobre las propiedades de la resistencia del muro de albañilería, centrando su investigación en la resistencia a la compresión axial, resistencia a la tracción diagonal y adherencia entre la unidad y el mortero. Para lo cual fabricó pilas y muretes donde se varió el espesor del mortero entre las unidades de albañilería, las cuales fueron sometidas a ensayos lo que luego permitieron estudiar las características de resistencia del muro relacionando el espesor con el mortero. Lo que permitió encontrar resultados que complementaron la información relacionada a la albañilería de la zona estudiada (Chura, 1994).

BONILLA MANCILLA, D. (2006) en su tesis “**Factores de corrección de la resistencia en compresión de prismas de albañilería por efectos de esbeltez**”, desarrolló en la Ciudad de Lima actividades con el fin de encontrar la resistencia a compresión de la albañilería ($f'm$) para lo que se construyeron 72 pilas hechas con ladrillos de arcilla de tres tipos diferentes, el primer tipo fue el ladrillo industrial King Kong 18 huecos con dimensiones de 9 x 13 x 24 cm, el segundo es el ladrillo industrial King Kong con dimensiones de 9 x 12.5 x 23 cm y el tercer tipo fue el ladrillo artesanal con dimensiones de 9 x 12 x 21 cm, de diferentes fábricas de la Ciudad de Lima. Para que luego sean sometidos a ensayos de compresión axial. Donde utilizó materiales, mano de obra y normativas de construcción peruana hallando mediante ensayos los coeficientes de corrección de $f'm$ por esbeltez (C_{ce}). Comparando los resultados con la norma peruana, concluyendo que se asimilaban mucho a los valores de la investigación realizada por Bonilla (Bonilla, 2006).

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.

ACERO, J.; COTRADO, D. (2016) en su trabajo de investigación **“Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II”**, realizaron ensayos en pilas y muretes de albañilería construidos con Blocker II de la ladrillera Martorell (Ladrillos Maxx), y mediante la recopilación de otros ensayos pudieron determinar las propiedades mecánicas del Blocker II como son $f'm$ y $v'm$. Basándose en los otros estudios elaboraron una propuesta de fórmula la cual fue de fácil aplicación que permite determinar la longitud mínima de muros que se necesita en una edificación de albañilería para que pueda resistir un sismo severo. En sus conclusiones resaltan que el ladrillo de arcilla Blocker II es una unidad hueca con un 53.93% de área hueca y según la tabla 2 de la Norma técnica de edificaciones E 0.70 (Albañilería, “Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales”), la unidad hueca no se puede utilizar en construcción de muros portantes para edificios ubicados en la zona sísmica 3 (en la NTE E.030 del 2016 es zona sísmica 4), como es el caso de Tacna. Además, recomiendan a la población ser muy cuidadosos en aplicar las fórmulas establecidas en la Norma Técnica de Edificaciones E-070 o en su defecto adecuarlas a la realidad de la ciudad de Tacna (Acero y Cotrado, 2016).

Del estudio anteriormente señalado, rescatamos los valores de ensayos realizados del ladrillo de arcilla Blocker II que se observarán como un resumen en los cuadros siguientes. Ver Tabla 1 y Tabla 2.

Tabla 1. Valores de Ensayos en Unidades de ladrillo de arcilla Blocker II

ENSAYOS		UNIDADES	LADRILLO MAXX BLOCKER II
VARIACIÓN DIMENSIONAL	Largo	%	3.14
	Ancho	%	-3.83
	Alto	%	-1.18
ALABEO	Concavidad	mm	1.80
	Convexidad	mm	0.00
PORCENTAJE DE VACÍOS		%	53.96
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (fb)		kg-f/cm ²	91.86
ABSORCIÓN		%	14.25
SUCCIÓN		gr/200cm ² -min	16.66

Fuente: Acero Martínez, J., & Cotrado Flores, D. (2016). Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II.

Tabla 2. Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes del ladrillo de arcilla Blocker II

LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN	$f'm$	Em	IDENTIFICACIÓN	$v'm$	G
		(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)		(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)
CISMID UNI (UPTE, 2016)	BLQII-P01	51.84	39927	BLQII-M01	4.36	10000
	BLQII-P02	46.59	47222	BLQII-M02	5.64	13333
	BLQII-P03	45.13	43380	BLQII-M03	5.78	10437
	BLQII-P04	51.05	42299	BLQII-M04	5.39	10464
	BLQII-P05	47.25	43073	BLQII-M05	3.92	8589
PUCP (Aliaga & Vicente, 2008)	P: 1	72.72	33462.19	M: 1	3.2	7956.94
	P: 2	71.27	49416.7	M: 2	3.28	10599.73
	P: 3	82.6	57790.49	M: 3	3.06	7449.3
	P: 4	68.418	54158.13	M: 4	2.28	8505.01
CISMID UNI (Tarqui & Copaja, 2007)	M-1	72.09	91298.98	-	-	-
	M-2	78.03	100192.55	-	-	-
	M-3	81.39	103770.85	-	-	-
	Promedio	64.035	58832.57		4.101	9703.776
	D.E	14.5	24848.9		1.266	1802.469
	Corregido	49.53	33983.67		2.834	7901.306

Nota: D.E desviación estándar

Fuente: Acero Martínez, J., & Cotrado Flores, D. (2016). Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II.

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 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 ²) 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 ⁽¹⁾	±4	±3	±2	4	4.9(50)
Bloque NP ⁽²⁾	±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 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 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/cm²)

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 6. Resistencias Características de la Albañilería Mpa (kg/cm²) – NTE. E. 070 Albañilería

TABLA				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg/cm ²)				
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/cm²).

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. 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 4. Pilas con Ladrillos Hércules I con 1 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 5. Muretes con Ladrillos Hércules I con 1 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 exploratoria y explicativa, basándose en acontecimientos pasados; investigación descriptiva; presentando una interpretación correcta y una investigación experimental describiendo la causa que produce el acontecimiento en particular. 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 el uso inadecuado de las unidades 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”.

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, 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.

La muestra representativa fue aproximado de 300 unidades se utilizarán para realizar los especímenes 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. 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.

3.3.1.2.2. 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.

3.3.1.2.3. ENSAYO EN UNIDADES

Los ensayos en unidades determinarán características del ladrillo de arcilla, para determinar propiedades de los mismos. Los ensayos en unidades que se realizarán serán los siguientes:

- Ensayo de compresión
- Ensayo de alabeo
- Ensayo de variación dimensional
- Ensayo de absorción
- Ensayo de succión
- Ensayo de porcentaje de vacíos

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)

Determinación de los valores de resistencias características a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería.

VARIABLE INDEPENDIENTE (X)

Prismas de albañilería (pilas y muretes)

3.3.2.2. HIPÓTESIS SECUNDARIA A

Para fines estructurales los ladrillos se clasifican en 05 clases. La unidad de albañilería "Hércules I" fabricados en la Ciudad de Tacna mediante los resultados de ensayos en unidades se clasifica como un ladrillo Tipo III.

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

Clasificación para fines estructurales de los ladrillos.

VARIABLE INDEPENDIENTE (X)

Ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna.

3.3.2.3. HIPÓTESIS SECUNDARIA 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.

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

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

VARIABLE INDEPENDIENTE (X)

NTE E.070 (Albañilería)

Tabla 7. Operacionalización de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR
Hércules I	La investigación se realizará el estudio en ladrillos de arcilla "Hércules I" de la empresa "Ladrillos MAX".	Aceptable No 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.
Ensayo en unidades	Los ensayos en unidades determinarán características del ladrillo de arcilla.	- Ensayo de porcentaje de Vacíos	%
		- Ensayo de Variación Dimensional	%
		- Ensayo de Alabeo	mm
		- Ensayo de Resistencia a la Compresión	kg/cm ²
		- Ensayo de Absorción	%
		- Ensayo de Succión	gr/200cm ² -min
Ensayo de Compresión Axial	Utilizada para determinar 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.	Pilas	f'm
Ensayo de Compresión Diagonal	Este tipo de ensayo es para la determinación de 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.	Muretes	v'm

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 analizó la resistencia a fuerza axial y cortante de la albañilería, hecha con ladrillos de arcilla Hércules I, realizando el ensayo de compresión axial y compresión diagonal en prismas de albañilería.

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 1.0 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 los ensayos en unidades, se utilizaron 20 ladrillos para realizar los ensayos de compresión, ensayo de alabeo, ensayo de variación dimensional, ensayo de absorción, ensayo de succión y ensayo de porcentaje de vacíos. Los ensayos se realizaron en el centro de investigación especializado, el cual es: Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano-Japonés de Investigaciones sísmicas y mitigación de desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería. En la Figura 6 se muestra uno de los ensayos realizados en las unidades.



Figura 6. Ensayo de Variación Dimensional

Fuente: Propia

5. 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 7 se muestra el ensayo de compresión diagonal realizado en uno de los muretes.

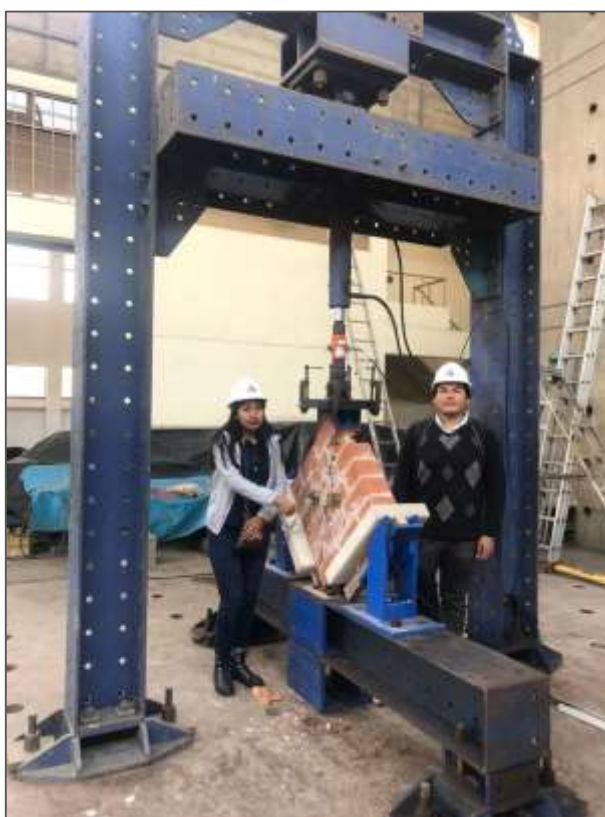


Figura 7. Ensayo de Murete de ladrillo de arcilla Hércules I

Fuente: Propia

6. Por último se procedió con la elaboración del informe Final, comparando los ensayos con otra unidad de arcilla que predomina en las construcción de las viviendas de la Ciudad de Tacna (Blocker II), obteniendo datos de investigaciones ya realizadas, 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 8. Características del ladrillo Hércules I

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

Fuente: Página web de ladrillos Maxx



Figura 8. Unidad de Albañilería – Ladrillo Hércules I

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 9. Cemento Yura

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. MUESTREO

3.5.1.1.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.613

3.5.1.1.2. PROCEDIMIENTO

Para el muestreo se seleccionó unidades las cuales son representativas al lote que pertenecen. Se consideró que las unidades eran representativas del lote, es decir se tomó en consideración texturas, tamaño, presencia de impurezas, limo u otros que se noten predominantes.

Este muestreo se realizó para tener una cantidad de 300 ladrillos que luego fueron sometidos a ensayos de compresión, alabeo, variación dimensional, absorción, succión, porcentaje de vacíos y la construcción de los prismas. Se marcó cada espécimen para su fácil identificación luego, considerando que la marca no debe ser tan proporcionada.

Las muestras se trasladaron a la Ciudad de Lima mediante la contratación de un servicio de flete, teniendo las consideraciones necesarias para proteger las unidades de cualquier otro daño, ya sean golpes, humedad u otro tipo de contaminación; forrándola con cinta plástica. Además de los ladrillos se enviaron tres bolsas de cemento Yura para el mortero utilizado en la construcción de los prismas.

Una vez en el laboratorio se conservaron las unidades sobre un lugar limpio y seco libre de riesgos de contaminación.

3.5.1.2. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

3.5.1.2.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.613

3.5.1.2.2. EQUIPO

El equipo necesario para el ensayo de variación dimensional constó de una regla metálica de acero de 30 cm graduada al milímetro y de 10 unidades representativas de ladrillos de arcilla Hércules I.

3.5.1.2.3. PROCEDIMIENTO

Se comenzó con la identificación de las 10 muestras a estudiar, colocando una nomenclatura característica.

Luego se medirá individualmente el ancho, largo y altura de cada ladrillo, registrando cada medida.

Ya que el ladrillo presenta más de un ancho, largo y alto se promedian y así solo dar una medida de cada una, con una aproximación a 1 mm.

3.5.1.2.4. CÁLCULO

Calculamos cada valor promedio del ancho, largo y alto de los 10 ladrillos ensayados.

$$V(\%) = 100(Df - Dp)/Df$$

Donde:

V = porcentaje de la variación dimensional.

Df = medidas especificadas por la fábrica en mm (ladrillera Maxx)

Dp = medida promedio en mm (largo, ancho y alto)

3.5.1.3. ENSAYO DE ALABEO

3.5.1.3.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.613

3.5.1.3.2. EQUIPO

El equipo necesario para el ensayo de alabeo constó de una varilla de acero con borde recto, una regla metálica graduada con divisiones de un milímetro y de 10 unidades representativas de ladrillos de arcilla Hércules I.

3.5.1.3.3. PROCEDIMIENTO

Se comenzó con la identificación de las 10 muestras a estudiar, colocando una nomenclatura característica.

Para el procedimiento del ensayo consideraremos la identificación de las superficies cóncavas y convexas. Comenzando a colocar la varilla a lo largo de la superficie donde se medirá, se busca la mayor desviación que presenta la superficie y con ayuda de la regla metálica se registra si es cóncavo o convexo.

3.5.1.3.4. CÁLCULO

Cuando se ha terminado de ensayar los 10 ladrillos, calculamos el promedio del cambio de longitud de todos los ladrillos ensayados, con aproximación a 1 mm, en el cuadro de resultados incluye los registros individuales de los ladrillos.

3.5.1.4. ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACÍOS

3.5.1.4.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.613

3.5.1.4.2. EQUIPO

El equipo necesario para el ensayo de porcentaje de vacíos constó de una regla de acero, una hoja de papel con superficie dura, arena limpia y seca, una escobilla y una balanza de capacidad de más de 3 000g con una aproximación de 0.5g y 10 unidades representativas de ladrillos de arcilla Hércules I.

3.5.1.4.3. PROCEDIMIENTO

Se comenzó con la identificación de las 10 muestras a estudiar, colocando una nomenclatura característica.

Luego se procede a registrar las medidas del largo, ancho y alto del ladrillo, para obtener luego el volumen del ladrillo ensayado.

Posteriormente se coloca el ladrillo encima de la hoja de papel sobre una superficie lisa, y comenzamos a llenar las perforaciones con la arena, permitiendo que la arena caiga libremente. Utilizando la regla o una varilla de acero con borde recto nivelar la arena en las perforaciones. Con la escobilla, remover todo exceso de arena de la parte superior del espécimen y de la hoja de papel.

Por ultimo levantar lentamente el ladrillo para que la arena se quede sobre la hoja de papel y después trasladarlo a la balanza, pesamos y registramos con aproximación de 0.5g, para obtener el peso de la arena.

3.5.1.4.4. CÁLCULO

Para determinar el porcentaje de vacíos se consideró:

$$\% \text{Área vacíos} = \frac{V_s}{V_u} \times 100$$

Donde:

V_u =volumen del ladrillo en cm^3 .

V_s =volumen de la arena en los espacios vacíos en cm^3 .

3.5.1.5. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

3.5.1.5.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.613

3.5.1.5.2. EQUIPO

El equipo necesario para el ensayo constó de una máquina de compresión, yeso, cemento, agua y 5 unidades representativas de ladrillos de arcilla Hércules I.

3.5.1.5.3. PROCEDIMIENTO

Se comenzó con la identificación de las 05 muestras a estudiar, colocando una nomenclatura característica.

Para preparar las muestras para el ensayo se procede con una capa de refrentado con yeso, cubriendo las dos caras opuestas de contacto con el ladrillo. La capa del refrentado se dejara secar con un mínimo de 24 horas antes del ensayo.

Luego procedemos a ensayar los ladrillos, centrando los especímenes debajo del equipo de ensayo.

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.

3.5.1.5.4. CÁLCULO

Calcular la resistencia a la compresión de cada ladrillo con la siguiente ecuación:

$$fb = \frac{W}{A}$$

Donde:

fb = resistencia a la compresión del ladrillo en kgf/cm^2 .

W = carga máxima en kgf .

A = área bruta del ladrillo en cm^2 .

3.5.1.6. ENSAYO DE ABSORCIÓN

3.5.1.6.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.613

3.5.1.6.2. EQUIPO

El equipo necesario para el ensayo de absorción constó de una balanza de capacidad de más de 2 000g y una aproximación de 0.5g, un horno de secado, un recipiente con agua y 5 unidades representativas de ladrillos de arcilla Hércules I.

3.5.1.6.3. PROCEDIMIENTO

El procedimiento del ensayo es utilizado para 5 y 24 horas de sumersión.

Se comenzó con la identificación de las 05 muestras a estudiar, colocando una nomenclatura característica. Secamos y ventilamos los ladrillos colocándolos en el horno de secado si fuera necesario, luego enfriamos las muestras colocándolas separadas.

Luego sumergimos parcialmente los ladrillos en el recipiente con agua limpia por el tiempo especificado (5 y 24 horas). Retiramos el ladrillo, limpiamos el agua superficial con un paño y procedemos a pesar el ladrillo. Repetimos el procedimiento a los 4 ladrillos restantes a ensayar.

3.5.1.6.4. CÁLCULO

Calcular la absorción de cada ladrillo con la siguiente ecuación:

$$\text{Absorción \%} = \frac{100(P_{sat} + P_s)}{P_s}$$

Donde:

P_s =Peso seco del ladrillo en gramos.

P_{sat} =Peso del espécimen saturado en gramos.

3.5.1.7. ENSAYO DE SUCCIÓN

3.5.1.7.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.613.

3.5.1.7.2. EQUIPO

El equipo necesario para el ensayo de succión constó de bandejas para agua (con una profundidad de 25mm, y de largo y ancho que sea capaz de almacenar en la superficie más de 2 000 cm²), soporte para ladrillos de espesor aproximado de 6mm, una balanza de capacidad de más de 3 000g y una aproximación de 0.5g., horno de secado, cronómetro y 5 unidades representativas de ladrillos de arcilla Hércules I.

3.5.1.7.3. PROCEDIMIENTO

Se comenzó con la identificación de las 05 muestras a estudiar, colocando una nomenclatura característica. Los ladrillos deben estar secos, secando las muestras en el horno.

Medir la longitud y ancho de la superficie con una aproximación de 1 mm, es decir el área que está en contacto con el agua. Y pesar cada ladrillo a ensayar para obtener el peso seco.

Luego colocamos el ladrillo con los soportes encima de la bandeja con agua, cubriendo con agua 3 mm del ladrillo.

Durante el ensayo, si se requiere se agregara agua para mantener el nivel si es que lo amerita. Después de un minuto (1min ± 1s) secar el excedente de agua con un trapo húmedo y pesar el ladrillo con aproximación de 0.5g. para obtener el peso de succión.

3.5.1.7.4. CÁLCULO

Los cálculos se realizaron con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{200(P_{suc} - P_{sec})}{LA}$$

Donde:

S=diferencia de pesos corregida sobre la base de 200cm²

P_{suc}=Peso de succión del ladrillo en gramos.

P_{sec}=Peso seco del ladrillo en gramos.

L=longitud del ladrillo en cm.

A=ancho del ladrillo en cm.

Calcular y reportar el promedio de la absorción inicial de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0.1 g/min/200cm².

3.5.1.8. ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL

3.5.1.8.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.605

3.5.1.8.2. 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.

3.5.1.8.3. 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 Hérciles I.

3.5.1.8.4. 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).

3.5.1.8.5. 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 cm².

- Esbeltez

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

Dónde:

h = altura de la Pila en cm.

t = ancho de la Pila en cm.

3.5.1.9. ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL

3.5.1.9.1. NORMATIVIDAD

Basado en la norma ITINTEC 399.621

3.5.1.9.2. 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 cm.

3.5.1.9.3. EQUIPOS

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

3.5.1.9.4. PROCEDIMIENTO

Se puso el murete en una posición centrada y recta. En este caso, los muretes fueron construidos con unidades perforadas, así que se rellenó con mortero de cemento-arena 1:3, solamente a las unidades que entran en contacto con las escuadras. Una vez rellenado 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.

3.5.1.9.5. CALCULO

- Esfuerzo cortante:

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

Dónde:

P= Carga aplicada en el Murete (kgf)

A= Área del Murete (cm²)

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:

- 4.1. ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACÍOS**
- 4.2. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL**
- 4.3. ENSAYO DE ALABEO**
- 4.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**
- 4.5. ENSAYO DE ABSORCIÓN**
- 4.6. ENSAYO DE SUCCIÓN**
- 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 PORCENTAJE DE VACÍOS

En la Tabla 9 se muestran las dimensiones y resultados del ensayo de porcentaje de vacíos realizados.

Tabla 9. Resultados de ensayo de Porcentaje de Vacíos de ladrillos de arcilla Hércules I

<i>Espécimen</i>	Dimensiones (mm)			Volumen (Vu) cm³	Peso (g)	Peso de Arena	Vs (cm³)	% de Area de Vacios
	Largo	Ancho	Altura					
VAL3 - 1	238.25	140.00	100.00	3335.50	3350	2116	1331.655129	39.92
VAL3 - 2	238.50	142.00	101.75	3445.97	3466	2131	1341.095028	38.92
VAL3 - 3	235.75	138.50	100.75	3289.63	3256	2052	1291.378225	39.26
VAL3 - 4	237.50	138.00	99.75	3269.31	3322	2096	1319.068597	40.35
VAL3 - 5	238.00	138.00	100.50	3300.82	3371	2058	1295.154185	39.24
VAL3 - 6	238.75	139.00	101.50	3368.40	3336	2117	1332.284456	39.55
VAL3 - 7	235.50	139.00	100.00	3273.45	3250	2030	1277.53304	39.03
VAL3 - 8	239.25	139.00	100.50	3342.20	3376	2058	1295.154185	38.75
VAL3 - 9	236.50	139.00	100.50	3303.79	3276	2038	1282.567653	38.82
VAL3 - 10	238.25	139.50	100.50	3340.21	3327	2078	1307.740717	39.15
Promedio								39.30

Según la NTE E.070, cuando una unidad supera el 30% de huecos con respecto al área bruta, se clasifica como una unidad hueca. Por lo tanto, el ladrillo de arcilla Hércules I es calificado como unidad hueca con un porcentaje de vacíos de 39.30%.

4.2. ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL

En la Tabla 10 se muestran las dimensiones y resultados del ensayo de variación dimensional realizados.

Tabla 10. Resultados de ensayo de Variación Dimensional de ladrillos de arcilla Hércules I

Especimen	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	141	140.00	238	238	238	239	238.25	100	98	101	101	100.00
VDL3 - 2	3466	143	141	142.00	239	237	239	239	238.50	101	102	101	103	101.75
VDL3 - 3	3256	138	139	138.50	237	236	234	236	235.75	102	101	100	100	100.75
VDL3 - 4	3322	138	138	138.00	238	238	237	237	237.50	100	100	99	100	99.75
VDL3 - 5	3371	139	137	138.00	239	237	238	238	238.00	101	100	101	100	100.50
VDL3 - 6	3336	139	139	139.00	238	238	239	240	238.75	101	102	102	101	101.50
VDL3 - 7	3250	139	139	139.00	235	236	235	236	235.50	100	100	101	99	100.00
VDL3 - 8	3376	138	140	139.00	239	239	239	240	239.25	101	100	100	101	100.50
VDL3 - 9	3276	139	139	139.00	237	237	236	236	236.50	101	101	100	100	100.50
VDL3 - 10	3327	140	139	139.50	238	239	237	239	238.25	102	99	100	101	100.50
		A =		139.20			L =		237.63			H =		100.58
		A nominal		140.00			L nominal		240.00			H nominal		100.00
		V% =		0.57%			L =		0.99%			H =		-0.58%

4.3. ENSAYO DE ALABEO

En la Tabla 11 se muestran las dimensiones y resultados del ensayo de alabeo realizados. Donde se muestra el promedio de concavidad y convexidad de los ladrillos estudiados.

Tabla 11. Resultados de ensayo de Alabeo de ladrillos de arcilla Hércules I

Espécimen	Cara 1 (mm)		Cara 2 (mm)		Borde 1 (mm)		Borde 2 (mm)	
ALL3 - 1	5.8	<i>cóncavo</i>	1.93	<i>cóncavo</i>	3.87	<i>cóncavo</i>	0.48	<i>convexo</i>
ALL3 - 2	5.8	<i>cóncavo</i>	3.87	<i>cóncavo</i>	0.97	<i>cóncavo</i>	0.48	<i>convexo</i>
ALL3 - 3	1.93	<i>cóncavo</i>	1.93	<i>cóncavo</i>	4.84	<i>cóncavo</i>	0.97	<i>convexo</i>
ALL3 - 4	4.84	<i>cóncavo</i>	0.97	<i>cóncavo</i>	2.90	<i>cóncavo</i>	0.48	<i>cóncavo</i>
ALL3 - 5	6.77	<i>cóncavo</i>	2.90	<i>cóncavo</i>	3.87	<i>cóncavo</i>	0.48	<i>convexo</i>
ALL3 - 6	0.48	<i>convexo</i>	5.80	<i>cóncavo</i>	0.48	<i>convexo</i>	5.80	<i>cóncavo</i>
ALL3 - 7	2.9	<i>cóncavo</i>	3.87	<i>cóncavo</i>	0.48	<i>cóncavo</i>	2.90	<i>cóncavo</i>
ALL3 - 8	1.93	<i>cóncavo</i>	5.80	<i>cóncavo</i>	0.48	<i>cóncavo</i>	2.90	<i>cóncavo</i>
ALL3 - 9	1.93	<i>cóncavo</i>	7.74	<i>cóncavo</i>	0.48	<i>cóncavo</i>	5.80	<i>cóncavo</i>
ALL3 - 10	0.97	<i>cóncavo</i>	18.37	<i>cóncavo</i>	0.97	<i>convexo</i>	3.87	<i>cóncavo</i>
PROMEDIO	<i>cóncavo</i>	3.65 mm	<i>cóncavo</i>	5.32 mm	<i>cóncavo</i>	2.24 mm	<i>cóncavo</i>	3.63 mm
	<i>convexo</i>	0.48 mm	<i>convexo</i>	-	<i>convexo</i>	0.73 mm	<i>convexo</i>	0.60 mm

4.4. ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

En la Tabla 12 se muestran las dimensiones y resultados del ensayo de resistencia a la compresión realizados.

Tabla 12. Resultados de ensayo de Compresión de ladrillos de arcilla Hércules I

Espécimen	Dimensiones (cm)			Area (cm ²)	Carga Máxima (kgf)	Resist. Compre. (kg/cm ²)
	Largo	Ancho	Alto			
Unidad-01	23.70	14.10	10.00	334.2	42330	126.7
Unidad-02	23.70	14.00	10.00	331.8	43930	132.4
Unidad-03	23.70	14.00	10.00	331.8	42620	128.5
Unidad-04	23.80	14.00	10.00	333.2	44640	134.0
Unidad-05	23.80	14.10	10.00	335.6	42680	127.2

Resistencia a la Compresión (fb)	129.7
Desviación Estándar (σ)	3.3
Resistencia Característica a la Compresión (f'b)	126.5

Según los ensayos realizados el ladrillo tiene resistencia a la compresión característica de 126.5 kg/cm².

4.5. ENSAYO DE ABSORCIÓN

En la Tabla 13 se muestran las dimensiones y resultados del ensayo de absorción realizados.

Tabla 13. Resultados de ensayo de Absorción de ladrillos de arcilla Hércules I

Especimen	Peso (gr)				A (5h)	A (24h)
	Pnat	Psec	Psat (5h)	Psat (24h)	%	%
ABL3 - 1	3336.00	3307.60	3762.00	3777.40	13.7381	14.2037
ABL3 - 2	3250.00	3222.80	3608.30	3672.00	11.9616	13.9382
ABL3 - 3	3376.00	3344.40	3799.10	3813.20	13.5959	14.0175
ABL3 - 4	3276.00	3252.10	3674.90	3713.80	13.0008	14.1970
ABL3 - 5	3327.00	3299.00	3729.87	3759.70	13.0606	13.9648
				Promedio	13.1	14.1

Como se puede observar en la tabla anterior, el ladrillo de arcilla “Hércules I” a las 5 h de haber sido sumergido presenta un promedio de 13.1% de absorción, mientras que siendo sumergido por 24 horas presenta un promedio de 14.1% de absorción.

4.6. ENSAYO DE SUCCIÓN

En la Tabla 14 se muestran las dimensiones y resultados del ensayo de succión realizados.

Tabla 14. Resultados de ensayo de Succión de ladrillos de arcilla Hércules I

Especimen	P sec	P suc	Longitud	Ancho	Área	Area Neta	S
	gr	gr	mm	mm	cm2	cm2	(gr/200cm2-min)
SL3-1	3325.8	3399.8	23.83	14.00	333.55	200.38	44.37
SL3-2	3440.5	3507.9	23.85	14.20	338.67	206.87	39.80
SL3-3	3240.4	3278.7	23.58	13.85	326.51	198.34	23.46
SL3-4	3312.1	3363.1	23.75	13.80	327.75	195.51	31.12
SL3-5	3344.6	3391.4	23.80	13.80	328.44	199.57	28.50
						PROMEDIO	33.5

Como se observa en la tabla anterior, el ladrillo de arcilla Hércules I presenta un promedio de 33.5 gr/200cm2-min de succión.

4.7. 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 15. Medidas de las Pilas de Ladrillos de arcilla Hércules I

Identificación	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Área (cm ²)	Esbeltez	Factor de Corrección
<i>PILA10-M01</i>	23.7	14.00	53.50	331.80	3.821	0.943
<i>PILA10-M02</i>	23.7	14.00	53.20	331.80	3.800	0.942
<i>PILA10-M03</i>	23.7	14.00	53.50	331.80	3.821	0.943
<i>PILA10-M04</i>	23.7	14.00	53.50	331.80	3.821	0.943
<i>PILA10-M05</i>	23.7	14.00	53.50	331.80	3.821	0.943

Tabla 16. Resultados de los ensayos de Compresión Axial de pilas de Ladrillos de arcilla Hércules I

Identificación	Carga Máxima (Tf)	Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)
<i>PILA10-M01</i>	19.7	55.85
<i>PILA10-M02</i>	27.3	77.54
<i>PILA10-M03</i>	26.2	74.39
<i>PILA10-M04</i>	15.5	44.01
<i>PILA10-M05</i>	22.3	63.34
Promedio		63.03
Desviación Estándar		13.72
Resistencia Característica a la Compresión axial		49.3

Se encontró que la resistencia a la compresión axial es de 49.30 kg/cm² y la desviación estándar es de 13.72 kg/cm².

4.8. 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 17. Resultados de los ensayos de Compresión Diagonal de los muretes

Identificación	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm²)	Carga Máxima (Tonf)	Esfuerzo (kg/cm²)
MRT-6	64.7	64.8	14.3	1309.46	9.72	7.42
MRT-7	64.9	65.4	14.5	1335.98	9.48	7.10
MRT-8	64.5	65.1	14.2	1301.32	7.58	5.82
MRT-9	64.9	65.0	14.1	1295.13	5.1	3.94
MRT-10	64.5	64.9	14.2	1299.30	9.12	7.02
Promedio						6.26
Desviación Estándar						1.43
Resistencia Característica al Corte						4.83

Se determinó la resistencia al corte máximo de 4.83 kg/cm² y la desviación estándar es de 1.43 kg/cm².

4.9. FALLAS PRESENTES EN LOS ENSAYOS

4.9.1. 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 cm.

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



Figura 10. Ensayo de Compresión Axial

Fuente: Propia

En la Figura 10 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 el lado más esbelto de la pila.

4.9.2. 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 cm en proporción 1:4.

Una 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. Ver Figura 12.



Figura 11. Falla escalonada en muretes.

Fuente: Propia

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 12.



Figura 12. 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:

“Para fines estructurales los ladrillos se clasifican en 05 clases. La unidad de albañilería “Hércules I” fabricados en la Ciudad de Tacna mediante los resultados de ensayos en unidades se clasifica como un ladrillo Tipo III”.

- Según la Norma E. 070 ALBAÑILERÍA, en el Capítulo 3 se menciona la clasificación para fines estructurales basándose en los ensayos de Variación dimensional (largo = 0.99 %, ancho = 0.57 %, alto = -0.58 %), ensayo de alabeo (5.32 mm) y ensayo de resistencia característica a compresión (126.5 kg/cm²), basándonos en la siguiente tabla se pudo concluir la Clase de Unidad de Albañilería del ladrillo de arcilla “Hércules I”

Tabla 18. Tabla de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales

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 ²) 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 ⁽¹⁾	±4	±3	±2	4	4.9(50)
Bloque NP ⁽²⁾	±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)

Según los resultados obtenidos en:

- Variación Dimensional: Ladrillo V
- Alabeo: Ladrillo III
- Resistencia Característica a Compresión: Ladrillo III

El ladrillo de arcilla Hércules I se clasificaría en la clase "Ladrillo III".

Como hipótesis específica 2, 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. Para lo que fue necesario conocer las propiedades básicas realizando los ensayos en unidades de ladrillos Hércules I, para tener una aproximación a la realidad sobre la resistencia de la albañilería relacionada al Hércules I.

Las propiedades de la unidad de albañilería relacionados con la clasificación para fines estructurales de la albañilería son: Porcentaje de Vacíos, Resistencia Característica a la Compresión, Variación de la Dimensión y Alabeo

Las propiedades de la unidad de albañilería que tienen relación con la eficiencia y durabilidad de la albañilería son: la Succión y la Absorción.

- *ENSAYO DE PORCENTAJE DE VACÍOS*

Según la Norma E. 070 ALBAÑILERÍA, en el Capítulo 2 se menciona que una Unidad de Albañilería Sólida o también llamada Unidad de Albañilería Maciza, es aquella que en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento; su sección transversal tiene que tener un área igual o mayor al 70% del área bruta en el mismo plano.

De otra forma sería que una unidad sólida es considerada como tal si su porcentaje de vacíos no supera el 30 %. Según el resultado del ensayo de porcentaje de vacíos el cual es 39.30% se concluye que NO es una unidad sólida. Entrando en discusión debido a que este tipo de ladrillo fabricado por la empresa Maxx es vendido como un ladrillo sólido y recomendado al público en general.

- *ENSAYO DE VARIACIÓN DIMENSIONAL*

El ensayo de Variación Dimensional muestra una relación directa que tiene la albañilería con el espesor de las juntas, relacionando el espesor de las juntas con la altura de las hiladas.

Entonces realizando un análisis más profundo, mientras mayor sea el espesor de las juntas menor será la resistencia a corte y compresión de la albañilería, por lo que la norma E. 070 ALBAÑILERÍA recomienda un espesor máximo de 1.5 cm

De la misma forma sería si este espesor es muy delgado, es decir, mientras menor sea el espesor de las juntas menor será la resistencia a corte y compresión de la albañilería, por lo que la norma E. 070 ALBAÑILERÍA recomienda un espesor mínimo de 1.0 cm.

De tal forma que, si la variación dimensional es abrupta o muy predominante, ésta influenciaría de tal forma que variaría y afectaría la resistencia de la albañilería.

- *ENSAYO DE ALABEO*

El ensayo de Alabeo, así como el ensayo de Variación Dimensional muestra una relación directa que tiene la albañilería con el espesor de las juntas.

Es decir que, a un mayor alabeo, ya sea concavidad o convexidad, el ladrillo conlleva a un mayor espesor del mortero. También el alabeo presente puede provocar una disminución en la adherencia del ladrillo con el mortero al formarse espacios vacíos en las zonas donde predomina el alabeo, produciendo probablemente fallas de tracción por flexión en la unidad.

- *ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN*

De acuerdo a los resultados, la Resistencia a la Compresión f'_b del ladrillo de arcilla Hércules I es 126.5 kg/cm^2 , según la Norma E. 070 ALBAÑILERÍA éste sería clasificado como un Ladrillo III.

- *ENSAYO DE ABSORCIÓN*

Para el ensayo de Absorción, según la Norma E. 070 ALBAÑILERÍA, en el Capítulo 3 menciona que para la aceptación de la unidad debe cumplir básicamente que la absorción de las unidades de arcilla no debe ser mayor que 22%.

Según el resultado obtenido en el ensayo de absorción a 5 horas es 13.1% y a 24 horas es 14.1%, se comprueba la correcta aceptación de la unidad a ensayada.

- *ENSAYO DE SUCCIÓN*

Para el ensayo de Succión, según la Norma E. 070 ALBAÑILERÍA, en el Capítulo 4 recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200cm²-min.

Según el resultado obtenido en el ensayo de succión promedia es 33.45 gr/200cm²-min, se comprueba la calidad de las unidades de albañilería Hércules I, con un alto valor de succión.

Observando que el ladrillo de arcilla Hércules I presenta alta succión, se comprueba lo que se señala en los comentarios de la Norma E. 070 ALBAÑILERÍA, donde explica que las unidades al ser colocadas secas absorberían muy rápido el agua perteneciente al mortero, recomendado además la necesidad de regar las unidades por un aproximado de 30 minutos antes de su colocación.

- *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 19. Limitaciones en el uso de la Unidad de Albañilería para fines estructurales

TABLA 2 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 dos 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)

El ladrillo Hércules I es una unidad hueca con un 39.30 % de área hueca y según la tabla 2 de la Norma técnica de edificaciones E.070 (Albañilería, Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales), la unidad hueca no se puede utilizar en construcción de muros portantes para edificios ubicados en la zona sísmica 3 (*), como es el caso de Tacna.

(*) En la norma vigente NTE E.030 del 2016, el Perú está distribuido en 4 zonas sísmicas y la ciudad de Tacna se encuentra en la zona sísmica 4. En la Norma NTE E.070 el Perú sólo estaba dividido en 3 zonas.

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”.

- *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 cm.

Se encontró que la resistencia a la compresión axial es de 49.30 kg/cm² y la desviación estándar es de 13.72 kg/cm²

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 20. Resistencias Características de la Albañilería

TABLA 9 (**)				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm ²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES 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)
Silice-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)

- *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 “Hercules I”, con un espesor del mortero de 1 cm.

Se determinó la resistencia al corte máximo promedio de 4.83 kg/cm² y la desviación estándar es de 1.43 kg/cm².

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 21. Resistencias Características de la Albañilería

TABLA 9 (**)				
RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f_b	PILAS f_m	MURETES 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		4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
	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)

CONCLUSIONES

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

Primera conclusión

Según la Tabla Nro. 01 “Clase de Unidad de Albañilería para fines Estructurales” de la NTE E070 y en base a los resultados obtenidos de los ensayos en unidades:

- Para el ensayo de Variación Dimensional igual a $\pm 1\%$.
- Para el ensayo de Alabeo igual a 5.32 mm.
- Para el ensayo de Resistencia característica a compresión ($f'b$) igual a 126.5 kg/cm².

La unidad de albañilería “Hércules I” de la ladrillera Maxx se clasifica como un ladrillo Tipo III.

Segunda conclusión

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

- Por el porcentaje de vacíos igual a 39.30% se clasifica como unidad hueca.
- Según la Tabla nro. 02 de la NTE E070, en zonas altamente sísmicas está prohibido el uso de unidades huecas en la construcción de muros portantes de 1 a 3 pisos y de 4 a más pisos.

- Para la Absorción, en el Capítulo 3 se menciona que para la aceptación de la unidad debe cumplir básicamente que la absorción de las unidades de arcilla no debe ser mayor que 22%. Según el resultado obtenido en el ensayo de absorción a 5 horas es 13.1% y a 24 horas es 14.1%, se comprueba la correcta aceptación de la unidad a ensayada.

- Para la Succión, en el Capítulo 4 se recomienda que la succión al instante de asentarlas esté comprendida entre 10 a 20 gr/200cm²-min. Según el resultado obtenido en el ensayo de succión promedio es 33.45 gr/200cm²-min, se comprueba un alto valor de succión. Teniendo la necesidad de regarlas durante media hora, entre 10 y 15horas antes de asentarlas.

- 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 Kg/cm², f'm de 65 Kg/cm² y v'm de 8.1 Kg/cm². Sin embargo, los resultados de los ensayos realizados en el ladrillo Hércules I, tiene resistencias menores a lo establecido en la norma.

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. Resaltando que es la primera investigación relacionada al ladrillo Hércules I.

Los valores de resistencias características a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna fueron f'm= 49.3 kg/cm² y v'm= 4.8 kg/cm² respectivamente.

RECOMENDACIONES

Primera

Se recomienda tener cuidado en el uso de la unidad de albañilería “Hércules I”, ya que luego de realizar los ensayos en unidades se clasificó para fines estructurales como un 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.

Además se recomienda realizar un control de calidad e inspección de los materiales durante el proceso constructivo.

Segunda.

Se recomienda informar sobre los datos obtenidos de los diferentes ensayos realizados. Para que luego, el colegio de ingenieros y con el apoyo de las instituciones de educación superior como son la UPT y UNJBG elaboren tablas de resistencias características y realizar una comparación con los requisitos mínimos de la NTE E070 (Albañilería) para los diferentes tipos de unidades de albañilería que se producen y fabrican en la ciudad de Tacna.

General

Se recomienda a los futuros ingenieros que se realicen más investigaciones experimentales de las resistencias características a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna, así como otros ensayos que estudien propiedades características del ladrillo, por ejemplo, realizar estudios variando el espesor del mortero de los prismas o ensayos a escala real de muros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero Martínez, J., & Cotrado Flores, D. (2016). *Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos 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 construidas 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.
- Arica Terremoto. (1868). Obtenido de 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.
- 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

TÍTULO: "ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL Y COMPRESIÓN DIAGONAL DE ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA DE LADRILLOS DE ARCILLA (HÉRCULES I) FABRICADOS EN LA CIUDAD DE TACNA"

Interrogante	Objetivos	Hipótesis	Operacionalización				
			Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Método
Interrogante Principal:	Objetivo General:	Hipótesis General:	Variable Independiente:				
¿Cuáles son los valores de resistencias características a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna?	Determinación de los valores de resistencias características a compresión axial y diagonal de especímenes de albañilería 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 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.	Muestreo
Interrogante Secundaria:	Objetivos Específico:	Hipótesis Específica:	Variable Dependiente:				
A. ¿Cómo se clasifica para fines estructurales, la unidad de albañilería "Hércules I" fabricados en la ciudad de Tacna, mediante la realización de ensayos en unidades?	a) Clasificación para fines estructurales de la unidad de albañilería "Hércules I" fabricados en la ciudad de Tacna, mediante la realización de ensayos en unidades.	Para fines estructurales los ladrillos se clasifican en 05 clases. La unidad de albañilería "Hércules I" fabricados en la Ciudad de Tacna mediante los resultados de ensayos en unidades se clasifica como un ladrillo Tipo III.	* ENSAYO EN UNIDADES	Los ensayos en unidades determinarán características del ladrillo de arcilla.	Acceptable No Aceptable	Evaluación negativa, valores que superan lo permitido. No se observan resultados desfavorables.	- Prueba de Variación Dimensional - Prueba de Alabeo - Prueba de Área de Vacíos - Resistencia a la compresión - Ensayo de Eflorescencia - Ensayo de Sales Solubles - Ensayo de Succión
B. ¿Los especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla Hércules I, cumplen con los requisitos mínimos de la NTE E.070 (Albañilería) del reglamento Nacional de Edificaciones?	b) Comparación de los resultados obtenidos de los especímenes de albañilería 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.	* ENSAYO DE COMPRESIÓN AXIAL	Utilizada para determinar 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.	Pilas	f'm	Ensayo de Compresión Axial
			* ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL	Este tipo de ensayo es para la determinación de la resistencia a la compresión diagonal (corte), en muretes de albañilería de dimensión mínima 600 mm x 600 mm, mediante la aplicación de una carga de compresión a lo largo de una diagonal.	Muretes	v'm	Ensayo de Compresión Diagonal

ANEXO N°02:

Panel Fotográfico

ANEXO N°03:

Informe de Ensayos – CISMID

UNI-2017