

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS

**“COMPORTAMIENTO A CARGA LATERAL CÍCLICA DE UN
MURO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CONSTRUIDA CON
LADRILLO BLOCKER II - ESPÉCIMEN MBAT- 05”**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Yudit Noelia Medina Mamani

Bach. Yaneth Mariluz Atencio Cabrera

TACNA – PERÚ

2019

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

**“COMPORTAMIENTO A CARGA LATERAL CÍCLICA DE UN
MURO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CONSTRUIDA CON
LADRILLO BLOCKER II - ESPÉCIMEN MBAT- 05”**

TESIS


PRESENTADA POR LAS BACHILLERES:


Bach. Yudit Noelia Medina Mamani


Bach. Yaneth Mariluz Atencio Cabrera


**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE : 
MTRO. DINA MARLENE COTRADO FLORES

SECRETARIO : 
MTRO. WILBER PERCY MENDOZA RAMIREZ

VOCAL : 
MTRO. CÉSAR JOSÉ AVENDAÑO JIHUALLANGA

ASESOR : 
MTRO. EDGAR CHAPARRO QUISPE

TACNA – PERÚ

2019

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, **Yudit Noelia Medina Mamani**, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 46054362.

Yo, **Yaneth Mariluz Atencio Cabrera**, en calidad de Bachiller de la Escuela Profesional de ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 45905406.

Declaramos bajo juramento que:

1. Somos Autores de la tesis titulada:
“COMPORTAMIENTO A CARGA LATERAL CÍCLICA DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CONSTRUIDA CON LADRILLO BLOCKER II - ESPÉCIMEN MBAT- 05”

La misma que presentamos para optar:

EL 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 asumimos frente 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, nos hacemos responsables frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causa en una tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Así mismo, por la presente nos comprometemos a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido de la tesis.

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

Tacna, 01 de Julio 2019.

.....
BACH. MEDINA MAMANI, YUDIT NOELIA

DNI 46054362

.....
BACH. ATENCIO CABRERA, YANETH MARILUZ

DNI 45905406

DEDICATORIA

A DIOS: Por haberme dado la vida, por brindarme buena salud y por guiarme por el buen camino a lo largo de mi vida y carrera.

A MIS PADRES: Sofía y Biviano, porque creyeron en mí, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por su paciencia, por los buenos valores y principios.

A MIS FAMILIARES: Yaneth y Thania mis lindas hermanas por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar. A mi sobrino Stefano porque llena de alegría cada día de mi vida. A todos ustedes, con amor.

Yaneth Mariluz Atencio Cabrera.

*A Dios, por protegerme durante toda mi
vida universitaria y de esta manera
permitirme llegar a esta etapa
de mi vida.*

*A mis Padres Cecilia y Marcelino, quienes
velaron por mi bienestar y educación,
quienes me apoyaron en todo momento,
mi motivo de superación. Gracias por darme
como regalo una carrera para mi futuro
y por tener confianza en mí.
Con mucho cariño para ustedes.*

*A mi familia por el cariño brindado,
la comprensión y los buenos consejos,
por su apoyo incondicional en cada
momento de mi vida.*

Yudit Noelia Medina Mamani.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios por acompañarnos y guiarnos todos los días a lo largo de nuestra carrera, por bendecirnos y por habernos dado fuerza y voluntad para culminar esta etapa de nuestra vida.

Gracias a la Universidad Privada de Tacna, por brindarnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales con valores.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por brindarnos su apoyo, sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y en especial la motivación para que podamos terminar nuestros estudios con éxito.

Para todos los miembros del Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigaciones de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería "CISMID", por el apoyo técnico brindado para la realización de nuestro ensayo.

Finalmente, a todos nuestros familiares y amigos por brindarnos su apoyo y aliento, que han hecho posible la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	III
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTOS	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	4
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.4.1. Objetivo general	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	8
1.5 HIPÓTESIS	9
1.5.1. Hipótesis general.....	9
1.5.2. Hipótesis específicas.....	9
CAPÍTULO II	11
MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	11
2.1.1. PROPUESTA DE FÓRMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS CONSTRUIDOS CON BLOCKER II”	11
2.1.2. ENSAYO A CARGA LATERAL DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CONSTRUIDO CON BLOCKER II	17

2.2	BASES TEÓRICAS	21
2.2.1.	REFERIDO A LA NORMA E. 070.....	21
2.2.2.	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA	22
2.2.3.	COMPORTAMIENTO SISMICO DE LA ALBAÑILERIA CONFINADA.....	23
2.2.4.	PROBABLES CAUSAS DE FALLA.....	26
2.2.5.	ENSAYOS CÍCLICOS	26
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	31
CAPÍTULO III		34
MARCO METODOLÓGICO		34
3.1	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.1.1.	Tipo de investigación.....	34
3.1.2.	Diseño de investigación.....	34
3.2	POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO.....	34
3.2.1	Población.....	34
3.2.2	Muestra	34
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	34
3.3.1	Variable Dependiente	34
3.3.2	Variable Independiente.....	35
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	35
3.4.1	DESCRIPCIÓN DEL MURO	35
3.4.2	CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS	36
3.4.3.	PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO.....	38
3.5	PROCESAMIENTO DE DATOS	44
3.5.1.	Descripción del Ensayo	44
3.5.2.	Montaje del muro.....	46
3.5.3.	Protocolo de desplazamientos.....	48
CAPÍTULO IV.....		50
RESULTADOS.....		50
4.1	DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL MURO	50

4.2	CURVA HISTERÉTICA	58
4.3	CURVA DE CAPACIDAD	59
4.4	DISTORSIÓN ANGULAR	60
4.5	MÓDULO DE CORTE Y ELASTICIDAD	60
4.6	CÁLCULO DE LA RIGIDEZ LATERAL ELÁSTICA (K).....	61
4.7	CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN	63
4.7.1.	Fisuración en tracción por flexión	63
4.7.2.	Resistencia a la tracción por flexión experimental	64
4.8	RESISTENCIA AL AGRIETAMIENTO DIAGONAL	64
4.8.1.	Resistencia al agrietamiento diagonal teórico.....	64
4.8.2.	Resistencia al agrietamiento diagonal experimental	65
4.9	RESISTENCIA MÁXIMA.....	65
4.9.1.	Resistencia máxima teórica	65
4.9.2.	Resistencia máxima experimental	66
4.10	TIPO DE FALLA ESPERADA	66
4.11	DEGRADACIÓN DE LA RIGIDEZ	66
	CAPÍTULO V	69
	DISCUSIÓN.....	69
5.1	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	69
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES.....	75
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1- 1: Mapa Sísmico del Perú.	5
Fig. 1- 2: Colapso de vivienda debido al sismo del 23 de junio del año 2001 en Tacna.	5
Fig. 1- 3: Zonas de Silencio Sísmico en la costa de Moquegua hasta el norte de Chile.	7
Fig. 2- 1: Curva histerética del espécimen MBAT-1	18
Fig. 2- 2: Curva de capacidad del espécimen MBAT-1	18
Fig. 2- 3: Curva histerética del espécimen MBAT-2.....	19
Fig. 2- 4: Curva de capacidad del espécimen MBAT-2.....	19
Fig. 2- 5: Curva histerética del espécimen MBAT-3.....	20
Fig. 2- 6: Curva de capacidad del espécimen MBAT-3.....	20
Fig. 2- 7: Resistencia Rigidez y Ductilidad de la albañilería confinada.	22
Fig. 2- 9: Distribución de carga y modos de falla de muros con marco confinado...24	
Fig. 2- 10: Mecano para el ensayo cíclico de un muro con carga coplanar, aplicada mediante deformación controlada en el laboratorio CISMID.	27
Fig. 2- 11: Instalación típica para ensayos cíclicos con deformación controlada. ...27	
Fig. 2- 12: Ensayo Cíclico con muro en voladizo. a) Esquema. b) lazo histerético. 28	
Fig. 2- 13: Lazo histerético (a. Influencia del efecto del corte en la forma, b. Medida de la disipación de energía.)	29
Fig. 2- 14: En el lado derecho de la figura se muestra las características de los lazos histeréticos usados en muros de albañilería reforzada (armada o confinada).	29
Fig. 2- 15: Diagrama esquelético de primer ciclo o de ciclos estables.	30
Fig. 2- 16: Determinación de las condiciones de fluencia. Nótese que las curvas representan el diagrama esquelético de ciclos estables.	31
Fig. 3- 1: Elevación del Muro MBAT-05	36
Fig. 3- 2: Corte del Muro MBAT-05	37
Fig. 3- 3: Habilitación para la viga de cimentación.....	38
Fig. 3- 4: Encofrado y colocación de 10 tubos de PVC de 2" en viga	39
Fig. 3- 5: Colocación de acero de columnas.....	39
Fig. 3- 6: Vaciado de la viga de cimentación.	40
Fig. 3- 7: Asentado de ladrillos y verificación de verticalidad del muro.	40
Fig. 3- 8: Culminación de Asentado de Unidades de Albañilería.	41
Fig. 3- 9: Encofrado y Vaciado de la Columna.	41
Fig. 3- 10: Muro con columnas fraguadas y desencofradas.	42

Fig. 3- 11: Encofrado de vigas.....	42
Fig. 3- 12: Curado y el solaqueo de la estructura.	43
Fig. 3- 13: Muros de albañilería listo para ensayar.	43
Fig. 3- 14: Esquema de la configuración del ensayo cíclico.	45
Fig. 3- 15: Sistema de adquisición de datos.	46
Fig. 3- 16: Montaje e Instrumentación y equipo de monitoreo del muro.....	47
Fig. 3- 17: Muro listo para ser ensayado.	47
Fig. 3- 18: Protocolo de desplazamiento objetivo.	48
Fig. 4-1: Vistas del muro longitudinal para los primeros ciclos.	50
Fig. 4-2: Vista del muro en las primeras distorsiones.	50
Fig. 4- 3: Mapeo de fisuras para el ciclo 4.....	51
Fig. 4- 4: Vista del muro en distorsión 1/1500	51
Fig. 4- 5: Mapeo de fisuras para el ciclo 5.....	52
Fig. 4- 6: Vista del muro en distorsión 1/1100	52
Fig. 4- 7: Mapeo de fisuras para el ciclo 6.....	53
Fig. 4- 8: Vista del muro en distorsión 1/800.	53
Fig. 4- 9: Mapeo de fisuras para el ciclo 7.....	54
Fig. 4- 10: Vista del muro en distorsión 1/550.	54
Fig. 4- 11: Mapeo de fisuras para el ciclo 8.....	55
Fig. 4- 12: Vista del muro en distorsión 1/400.	55
Fig. 4- 13: Mapeo de fisuras para el ciclo 9.....	56
Fig. 4- 14: Vista del muro en distorsión 1/300.	56
Fig. 4- 15: Mapeo de fisuras para el ciclo 10.....	57
Fig. 4- 16: Vista del muro en distorsión 1/200.	57
Fig. 4- 17: Curva histerética del espécimen MBAT-05.....	58
Fig. 4- 18: Curva de capacidad del espécimen MBAT-05.....	59
Fig. 4- 19: Sección Real y Transformada del muro de albañilería.	61
Fig. 4- 20: Curva de capacidad del primer ciclo para el muro MBAT-05.	63
Fig. 4- 21: Degradación de la rigidez lateral en muro de albañilería confinada.	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2- 1: Ensayos de dimensionamiento – Largo	11
Tabla 2- 2: Ensayos de dimensionamiento - Ancho.....	12
Tabla 2- 3: Ensayos de dimensionamiento – Alto.....	12
Tabla 2- 4: Ensayos de Alabeo “Blocker II”	13
Tabla 2- 5: Resistencia a la compresión.....	13
Tabla 2- 6: Porcentaje de vacíos “Blocker II”	14
Tabla 2- 7: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión	14
Tabla 2- 8: Identificación de los especímenes (Pilas de Albañilería).....	15
Tabla 2- 9: Determinación de f'_m y E_m	15
Tabla 2- 10: Resultados de los ensayos de compresión diagonal de los muretes. .	16
Tabla 2-11: Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes.	16
Tabla 2- 12: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.....	21
Tabla 2-13: Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales.	21
Tabla 3- 1: Distorsiones objetivo para el control de desplazamiento por ciclo.....	48
Tabla 4-1: Datos asociados a la distorsión objetivo para el control de desplazamiento por ciclo.....	59
Tabla 4- 2: Valores máximos de carga por ciclo.....	60
Tabla 4- 3: Cálculo de la sección transformada.....	62
Tabla 4- 4: Cálculo de la Rigidez Lateral Teórica.	62
Tabla 4- 5: Cálculo de Rigidez (K).....	63
Tabla 4- 6: Cálculo de fuerza asociada a la primera fisura de tracción por flexión..	64
Tabla 4- 7: Fuerza de agrietamiento de tracción por flexión.	64
Tabla 4- 8: Cálculo de carga de agrietamiento diagonal.....	65
Tabla 4- 9: Cargas del agrietamiento diagonal.	65
Tabla 4- 10: Cálculo del momento nominal máximo.	65
Tabla 4- 11: Tipo de falla esperada.	66
Tabla 4- 12: Degradación de la rigidez equivalente del muro MBAT-05.	67
Tabla 5- 1: Estado de daño y ciclo en que ocurrieron.....	70
Tabla 5- 2: Límites para la distorsión del entrepiso.	71

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia.....	80
Anexo 2: Informe: “ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE UN MURO A ESCALA NATURAL” (CISMID).....	82

RESUMEN

Tacna es uno de los departamentos del Perú ubicado en una zona de alta y frecuencia actividad sísmica. En la actualidad, en la ciudad de Tacna se observa el incremento de construcciones de viviendas utilizando unidades de albañilería “Blocker II” para muros portantes, por ser una alternativa económica y de facilidad constructiva. Sin embargo, este tipo de unidad de albañilería “Blocker II” al ser clasificada como hueca, según la Norma E.070 de Albañilería no se puede utilizar para muros portantes en zonas altamente sísmicas. La presente tesis de investigación denominada “COMPORTAMIENTO A CARGA LATERAL CÍCLICA DE UN MURO DE ALBAÑILERIA CONFINADA CONSTRUIDA CON LADRILLO BLOCKER II - ESPÉCIMEN MBAT- 05”, está orientada a contribuir con información sobre el comportamiento de un muro de albañilería confinada, sometidos a ensayos a carga lateral cíclica que simulan la acción de un sismo. En el ensayo del muro de albañilería con “Blocker II”, se observó que el muro MBAT-05, llegó a una distorsión máxima de 0.0033 mm/mm o 1/300, según la Norma Técnica E.030 la distorsión máxima es de 0.005 ó 1/200 (Deriva máxima inelástica), en este caso no se cumple.

Palabras claves: Blocker II, Carga cíclica, Curva de capacidad; Rigidez lateral elástica, Resistencia al agrietamiento diagonal.

ABSTRACT

Tacna is one of the departments of Peru located in an area of high and frequent seismic activity. Currently, in the city of Tacna the increase of housing constructions is observed using "Blocker II" masonry units for load-bearing walls, as it is an economic alternative and of constructive ease. However, this type of masonry unit "Blocker II" to be classified as hollow, according to the E.070 standard of Masonry can not be used for load bearing walls in highly seismic areas. The present research thesis called "CYCLIC LATERAL LOAD BEHAVIOR OF CONFINED MASONRY WALL BUILT WITH BRICK BLOCKER II - SPECIMEN MBAT - 05 " was designed to contribute information about the behavior of a confined masonry wall, subjected to cyclic lateral load tests that simulate the action of an earthquake. In the test of the masonry wall with "Blocker II", it was observed that the MBAT-5 wall, reached a maximum distortion of 0.0033 mm / mm or 1/300 according to Standard E. 030 the maximum distortion is 0.005 or 1/200 (maximum inelastic drift), in this case it is not fulfilled.

Keywords: Blocker II, Confined masonry wall, Cyclic load capacity curve; lateral stiffness elastic, Resistance to cracking diagonal.

INTRODUCCIÓN

Tacna es uno de los departamentos del Perú que se encuentra ubicado en una zona con frecuente actividad sísmica debido al Cinturón de Fuego del Pacífico. Los sismos se han convertido en el principal fenómeno natural que ha afectado el territorio nacional desde hace mucho tiempo. Se sabe que el Perú está relativamente desprotegido frente a la posible ocurrencia de un sismo de grandes magnitudes y que, en el caso de las ciudades costeras como Tacna, el riesgo también incluye la ocurrencia de un tsunami.

Por su ubicación geográfica, Tacna se encuentra en riesgo permanente de soportar un sismo de grandes proporciones ya que desde 1868, un sismo de gran magnitud no se ha registrado, lo cual advierte que este silencio sísmico en el sur del Perú y en el extremo norte de Chile podría provocar un terremoto de magnitud 9 o 9.5 grados.

En el sismo del 23 de Junio del 2001 que azotó el departamento de Tacna, se pudo comprobar que las edificaciones informales no soportaron el movimiento sísmico por su inadecuada capacidad sísmica, debido a que el sistema de construcción que predomina en la ciudad de Tacna son las construcciones de albañilería confinada cuyos materiales empleados para la construcción de estas viviendas no están estandarizados en la Norma Técnica de Edificaciones E.070, como es el caso de la unidad hueca "Blocker II".

Por lo cual, desde el año 2015, la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, viene desarrollando diferentes investigaciones relacionadas a la unidad de albañilería Blocker II. Se han realizado ensayos experimentales de muros construidos a escala real como también una propuesta de reforzamiento del muro construido con Blocker II, en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres de la Universidad Nacional de Ingeniería (CISMID-UNI).

Por ello, en la presente investigación se estudia el comportamiento de un muro de albañilería confinada sometido a una carga lateral cíclica, el cual será construido con la unidad hueca denominada "Blocker II". Así mismo se compara los resultados experimentales con lo que establece la Norma Técnica de Edificaciones E.030, obteniéndose el límite de rotura, según las distorsiones.

El desarrollo de la presente tesis de investigación comprende cinco capítulos:

El Capítulo I, denominado “Planteamiento del Problema”, está referido a la descripción del problema, la formulación del problema, la justificación e importancia de la investigación, se plantean los objetivos y termina con las hipótesis.

El Capítulo II, corresponde “Marco Teórico”, está referido a los antecedentes del estudio, las bases teóricas y la definición de términos.

El Capítulo III, titulado “Marco Metodológico”, contiene el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, las variables, las técnicas e instrumentos utilizados en la investigación; concluyendo con el procesamiento de datos.

El Capítulo IV, se refiere a los “Resultados” de la investigación, a partir de la descripción del trabajo de laboratorio.

El Capítulo V, se refiere a la “Discusión” de la investigación, a partir de los resultados y de las hipótesis.

Finalmente, se incluyen las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos respectivos, que contribuyen a una mejor comprensión del trabajo de investigación.

Los Autores

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Perú se encuentra situado en el "Cinturón de Fuego del Pacífico", en esta zona 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 por el fenómeno de subducción que experimentan las placas de Nazca y Sudamericana. Ver Figura 1-1.

El departamento de Tacna está ubicado en una zona de alta actividad sísmica zona 4 según la Norma Técnica de Edificaciones E.030, donde el mayor porcentaje de viviendas tienen como material predominante en los muros, ladrillos de arcilla y bloques de concreto, lo que quiere decir que el factor sísmico afectará en el comportamiento de las viviendas.

También es de conocimiento que uno de los elementos básicos en la mayoría de construcciones de muros confinados, son las unidades de albañilería elaboradas industrialmente, la de mayor demanda por su bajo costo son las unidades de albañilería Blocker II, las cuales no cumplen con lo estandarizado en la Norma Técnica de Edificaciones E.070.

Sin embargo, del estudio "PROPUESTA DE FÓRMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS CONSTRUIDOS CON BLOCKER II" desarrollada por los ingenieros Acero y Cotrado (2016), en dicho estudio se determinó que el Blocker II tiene un 53.96% de área hueca.

Por otro lado, existen pocas investigaciones sobre el comportamiento sísmico de la Albañilería construida con Blocker II y con la finalidad de ampliar el conocimiento sobre el comportamiento sísmico de un muro de albañilería construido con unidad de arcilla "Blocker II", se presenta esta tesis de investigación.

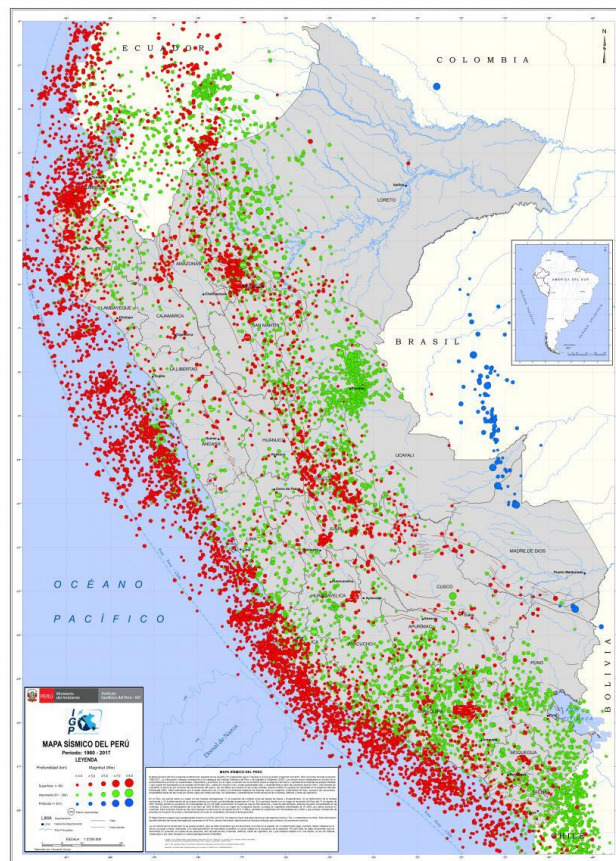


Fig. 1-1: Mapa Sísmico del Perú.

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP)



Fig. 1-2: Colapso de vivienda debido al sismo del 23 de junio del año 2001 en Tacna.

Fuente: Alejandro Muñoz (CIP)

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Desde el año 2015 la Escuela Profesional de Ingeniería Civil viene desarrollando diversos estudios sobre la unidad hueca de albañilería denominada Blocker II, que actualmente es la más empleada en las construcciones de nuestra ciudad. Con la finalidad de ampliar el conocimiento sobre el comportamiento sísmico de dicha unidad se ha desarrollado anteriormente ensayos de muros a escala natural sometidos a carga cíclica de 10 Ton, siendo ensayada en el laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmica y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería.

En base a lo mencionado anteriormente hemos formulado como problema principal lo siguiente:

¿Cuál es el comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada, construidos con “Blocker II”, sometidos a carga lateral cíclica, con el propósito de obtener las curvas de capacidad, estados de daño y tipo de falla?

Y como interrogantes secundarias, se planteó lo siguiente:

- a) ¿Cuáles son los valores de las curvas de capacidad de un muro de albañilería confinada construida con “Blocker II” a través del ensayo de carga lateral cíclica, para la continuación de estudios de reparabilidad?
- b) ¿El muro de albañilería confinada construido con unidad de arcilla “Blocker II”, cumple con los límites especificados en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser empleado en muros portantes?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La justificación del presente trabajo de investigación se basa en los siguientes aspectos:

Desde el aspecto sísmico, es sabido que el Perú es un país con alta actividad sísmica por estar ubicada en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Al año, según datos del Instituto Geofísico del Perú (IGP), se reportan entre 150 y 200 sismos percibidos por la población con mínimas intensidades. En las regiones del centro y sur del Perú existen silencios sísmicos que el IGP viene analizando ya que esto representa un indicador de futuros sismos de magnitud considerable.

Para la zona sur del Perú (zona de Moquegua, Tacna y norte de Chile), la laguna sísmica viene desde el año 1868 (hace 148 años) y, según la información histórica del Instituto Geofísico del Perú, ese año se habría producido el sismo de mayor magnitud que afectó esta región.

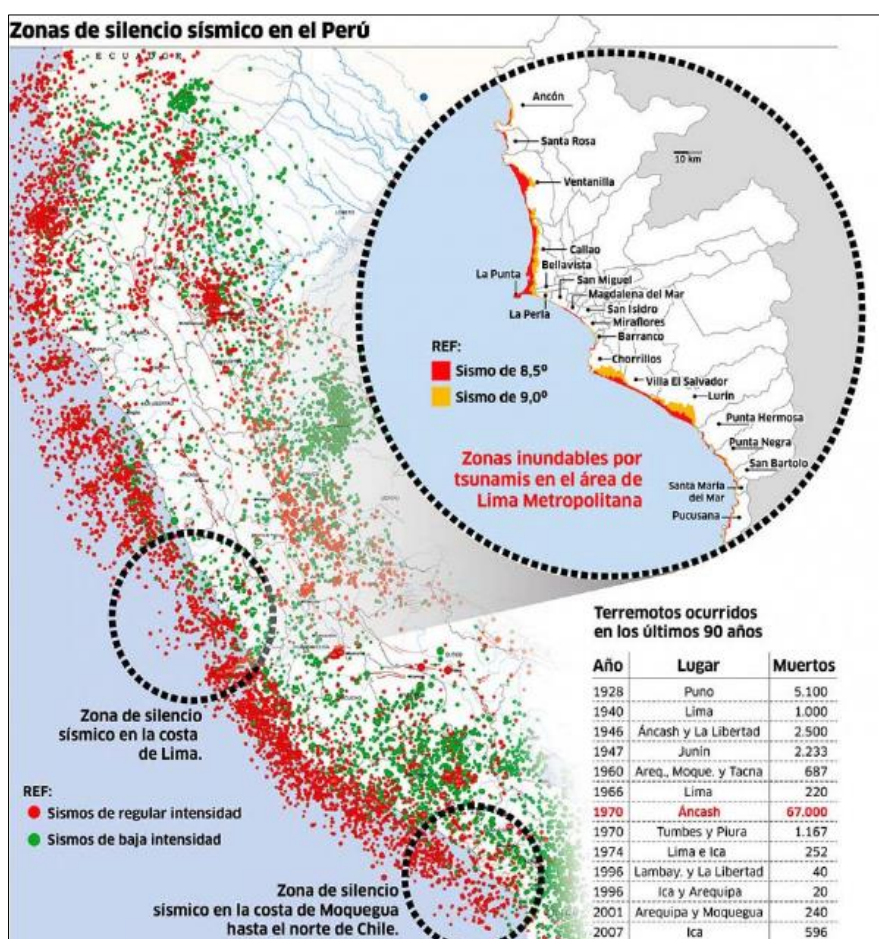


Fig. 1-3: Zonas de Silencio Sísmico en la costa de Moquegua hasta el norte de Chile.

Fuente: Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Desde el aspecto normativo, se justifica porque de acuerdo a la Norma Técnica de Edificaciones E.070 indica que para edificaciones de 1 a 3 y mayores a 4 pisos no se pueden emplear unidades huecas. El Blocker II presenta un área hueca de 53.96%.

Desde el aspecto de la formalidad, en nuestro país muchas edificaciones se construyen sin planos, con materiales no adecuados, mano de obra no calificada y sin ninguna supervisión técnica; producto de todo esto nos resulta una edificación altamente vulnerable frente movimientos sísmicos.

Desde el aspecto de gestión de riesgos, es necesario aumentar el conocimiento del comportamiento sísmico del Blocker II para prevenir, reducir y controlar los factores de riesgo existentes.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada, construidos con “Blocker II”, sometidos a carga lateral cíclica, con el propósito de obtener las curvas de capacidad, estados de daño y tipo de falla.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Obtener las curvas de capacidad de un muro de albañilería confinada construida con “Blocker II” a través de ensayos de carga lateral cíclica, para la continuación de estudios de reparabilidad.
- b) Comparar los resultados obtenidos del muro de albañilería confinada construido con unidades huecas “Blocker II”, cumple con los límites especificados en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser empleado en muros portantes.

1.5 HIPÓTESIS

1.5.1. Hipótesis general

Como hipótesis general se ha planteado lo siguiente:

Mediante la realización del ensayo de carga lateral cíclica de un muro de albañilería con “Blocker II” del espécimen denominado MBAT-05, y obteniendo las curvas de capacidad, estados de daño y tipo de falla, permite evaluar el comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada, construidos con “Blocker II”.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) La curva de capacidad de un muro de albañilería confinada construida con “Blocker II” se determina mediante los resultados obtenidos del ensayo de carga lateral cíclica, donde se presentan lazos histeréticos muy finos, que nos indica la baja capacidad de disipación de energía, con fallas frágiles que reducen la resistencia y rigidez del muro.
- b) Los resultados obtenidos del muro de albañilería confinada denominado MBAT-05, construido con unidad “Blocker II” no cumple con los límites indicados en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser empleado en muros portantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Los proyectos que anteceden a este estudio de investigación son:

2.1.1. PROPUESTA DE FÓRMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS CONSTRUIDOS CON BLOCKER II”

El proyecto de investigación se refirió a ensayos en pilas y muretes de albañilería construidos con unidades de arcilla Blocker II, y a través de la recopilación de ensayos anteriores se determinó las propiedades mecánicas del Blocker II como la resistencia a la compresión ($f'm$) y la resistencia al corte ($v'm$). (Mag. J. Acero y Ing. D. Cotrado – CISMID, 2016.)

De los ensayos se obtuvo a los siguientes resultados:

Tabla 2-1: Ensayos de dimensionamiento – Largo

Muestra N°	Largo en mm				Promedio
M-1	281	280	282	282	281.25
M-2	282	282	281	280	281.25
M-3	280	281	282	280	280.75
M-4	280	281	279	281	280.25
M-5	282	282	281	279	281.00
MP					280.9
DE					290
V en %					3.14

Nota:

V, es la variación dimensional, en porcentaje

DE, es la dimensión especificada, en milímetros y

MP, es la medida promedio en cada dimensión, en milímetros.

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016

Tabla 2-2: Ensayos de dimensionamiento – Ancho

Muestra N°	Ancho en mm				Promedio
M-1	124	124	124	124	124.00
M-2	125	125	125	125	125.00
M-3	126	126	125	125	125.50
M-4	125	124	124	125	124.50
M-5	124	124	124	124	124.00
				MP	124.6
				DE	120
				V en %	-3.83

Nota:

V, es la variación dimensional, en porcentaje

DE, es la dimensión especificada, en milímetros y

MP, es la medida promedio en cada dimensión, en milímetros

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016

Tabla 2- 3: Ensayos de dimensionamiento – Alto

Muestra N°	Alto en mm				Promedio
M-1	175	175	172	170	173.00
M-2	172	173	169	170	171.00
M-3	174	173	171	170	172.00
M-4	174	173	171	170	172.00
M-5	174	173	171	170	172.00
				MP	172
				DE	170
				V en %	-1.18

Nota:

V, es la variación dimensional, en porcentaje

DE, es la dimensión especificada, en milímetros y

MP, es la medida promedio en cada dimensión, en milímetros

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016

En las Tablas 2-1, 2-2 y 2-3; se observa el cálculo de la variación dimensional de la unidad de albañilería. Pues se sabe que ninguna unidad de albañilería cumple exactamente con las dimensiones que nos da las especificaciones técnicas del proveedor.

Tabla 2-4: Ensayos de Alabeo “Blocker II”

Muestra N°	Concavidad (mm)	Convexidad (mm)
M-1	1.8	0
M-2	1.7	0
M-3	2.0	0
M-4	3.0	0
M-5	0.5	0
PROMEDIO (mm)	1.8	0

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016

Ensayo de “Alabeo” realizado en el laboratorio de estructuras del CISMID con BLOCKER II, en la Tabla 2-4 se observa las deformaciones de la superficie a concavidades o convexidades.

Tabla 2- 5: Resistencia a la compresión

Espécimen	Carga de rotura (Kg)	Área (cm²)	f'b (Kg/cm²)
M-1	35200	348.812	100.91
M-2	33200	343.221	96.73
M-3	32000	345.811	92.54
M-4	31500	342.440	91.99
M-5	32600	342.467	95.19
		Promedio	95.47
		D.E	3.607
		Corregido	91.86

Nota:
D.E desviación estándar

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016

Se observa el resultado del ensayo de resistencia a la compresión (f'm) en la Tabla 2-5, mediante la NTE E.070 que la unidad clasifica como Ladrillo II.

Tabla 2- 6: Porcentaje de vacíos "Blocker II"

Espécimen	Volumen Ladrillo (cm3)	Área (cm2)	% de huecos
M-1	5944.56	3202.21	53.87
M-2	5950.00	3236.76	54.40
M-3	5950.00	3219.85	54.12
M-4	5971.25	3177.21	53.21
M-5	5881.32	3188.97	54.22
Promedio			53.96

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016

En la Tabla 2- 6, se observa que el porcentaje de vacíos es 53.96 %, según la norma NTE E.070 la unidad no superar el 30% de huecos con respecto al área bruta, siendo clasifica como unidad hueca.

Tabla 2- 7: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión - mortero.

Muestra	Área (cm2)	Carga máxima (Kg)	Resistencia a la compresión (kg/cm2)
M-01	25	1525	61.00
M-02	25	1545	61.80
M-03	25	1395	55.80
Promedio			59.53
D.E			3.26
Corregido			56.27

Nota:
D.E desviación estándar

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016

En la Tabla 2-7 se muestran los resultados de los ensayos de Resistencia a la Compresión de tres muestras de mortero utilizada en el asentado de los ladrillos de pilas y muretes.

En la Tabla 2-8 se muestran las dimensiones de las pilas y en la Tabla 2-9 se muestra los resultados a partir del ensayo de compresión a fin de determinar los valores de $f'm$ y $V'm$ de los cinco especímenes. Se encontró que la resistencia a la compresión es de 45.45 Kg/cm², el valor del módulo de elasticidad de corregido de 40 546.41 Kgf/cm².

Tabla 2- 8: Identificación de los especímenes de pilas de albañilería

Especímen	Dimensiones (cm)			Relación h/a	Área Bruta (cm ²)	Factor de corrección
	a	b	h			
BLQII-PO1	12.5	28.7	73.5	5.88	358.75	1.0
BLQII-PO2	12.5	29.0	73.5	5.88	362.50	1.0
BLQII-PO3	12.2	28.7	72.8	5.967	350.14	1.0
BLQII-PO4	12.0	28.5	73.4	6.117	342.00	1.0
BLQII-PO5	12.4	28.6	73.4	5.919	354.64	1.0

Nota:

a, ancho promedio

b, Largo promedio

h, Altura promedio

h/a, esbeltez

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016**Tabla 2- 9:** Determinación de f'_m y E_m

Especímen	Carga de rotura (Ton)	f'_m (kg/cm ²)	E_m (kg/cm ²)	C
BLQII-PO1	17.96	51.84	39927	770.20
BLQII-PO2	16.31	46.59	47222	1013.57
BLQII-PO3	15.21	45.13	43380	961.22
BLQII-PO4	16.71	51.05	42299	828.58
BLQII-PO5	16.16	47.25	43073	911.60
	Promedio	48.37	43180.2	897.034
	D.E	2.95	2633.79	
	Corregido	45.45	40546.41	

Nota:

D.E desviación estándar

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016

En la Tabla 2-10 se muestra el resumen de las dimensiones y los resultados de los ensayos a compresión diagonal en los muretes. Se determinó que la resistencia al corte corregido es de 4.192Kg/cm² y el valor promedio del módulo 10565Kg/cm².

Tabla 2- 10: Resultados de los ensayos de compresión diagonal de los muretes.

Identificación	Altura (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Ton)	v'm (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)
BLQII –MO1	72.0	73.5	12.5	909.38	5.61	4.36	10000
BLQII –MO2	72.0	73.4	12.4	901.48	7.20	5.64	13333
BLQII –MO3	72.2	73.4	12.6	917.28	7.50	5.78	10437
BLQII –MO4	72.1	73.3	12.4	901.48	6.87	5.39	10464
BLQII –MO5	72.0	73.4	2.5	908.75	5.04	3.92	8589
Promedio						5.019	10564.75
D.E						0.827	1725.84
Corregido						4.192	8838.91

Nota:

D.E desviación estándar

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016.**Tabla 2- 11:** Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes.

LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN	f'm (Kg/cm ²)	Em (Kg/cm ²)	IDENTIFICACIÓN	v'm (Kg/cm ²)	G (Kg/cm ²)
CISMID UNI (UPT, 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	3.20	7956.94
	P: 2	71.27	49416.70	M: 2	3.28	10599.73
	P: 3	82.60	57790.49	M: 3	3.06	7449.3
	P: 4	68.418	54158.13	M: 4	2.28	8505.01
CISMID UNI (Targui & 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		14.50	24848.9	1.266		1802.469
Corregido		49.53	33983.67	2.834		7901.306

Nota:

D.E desviación estándar

Fuente: Acero M., J. y Cotrado F., D. 2016.

En la tabla 2-11 se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los laboratorios del CISMID-UNI y PUCP. Se observó que existe entre ellas una variación en los resultados de los ensayos.

2.1.2. ENSAYO A CARGA LATERAL DE UN MURO DE ALBAÑILERIA CONFINADA CONSTRUIDO CON BLOCKER II

El trabajo de investigación fue elaborado por los tesisistas Bach. Ing. David Conde Copa, Bach. Ing. Rolando Chambi Chambi, Bach. Elmer Choquepata Mamani, Bach. Nohelia Bernedo Vicente, Bach. Liss Calderón Gonzalo, y Bach. Melissa Maque Gutierrez.

a) Espécimen:

El estudio fue realizado con la finalidad de ver el comportamiento estructural de tres muros de albañilería con unidad de arcilla Blocker II, frente a cargas cíclicas que aparentan ser la acción de un sismo. Los especímenes ensayados tenían las siguientes dimensiones: 2.50m de altura, 2.50m de longitud y 0.13m de espesor. La base del muro reducido es de 3.30m de largo, 0.90m de ancho y 0.30m de altura.

b) Resultados de los ensayos:

Se realizó el ensayo estático cíclico, conforme al protocolo de desplazamiento. El espécimen MBAT-1 se llevó hasta su condición última, donde la carga es menor que el 80% de la carga máxima aplicada.

Como se muestra en la Fig. 2-2 los especímenes ensayados no llegan a la distorsión máxima que indica la Norma Técnica E.030. Sin embargo, el resultado del ensayo a carga lateral cíclica para el muro, dio como distorsión máxima de 0.0018 mm/mm (1/550), por lo tanto, no cumple con la distorsión máxima de 0.005, establecido en la Norma.

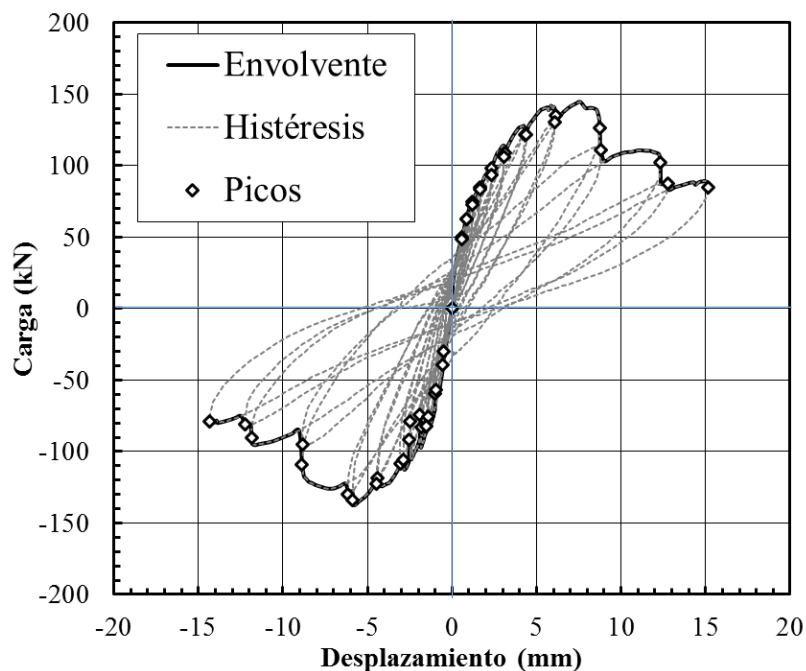


Fig. 2- 1: Curva histerética del espécimen MBAT-1

Fuente: Conde y Chambi (2017)

En la figura 2-2 se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

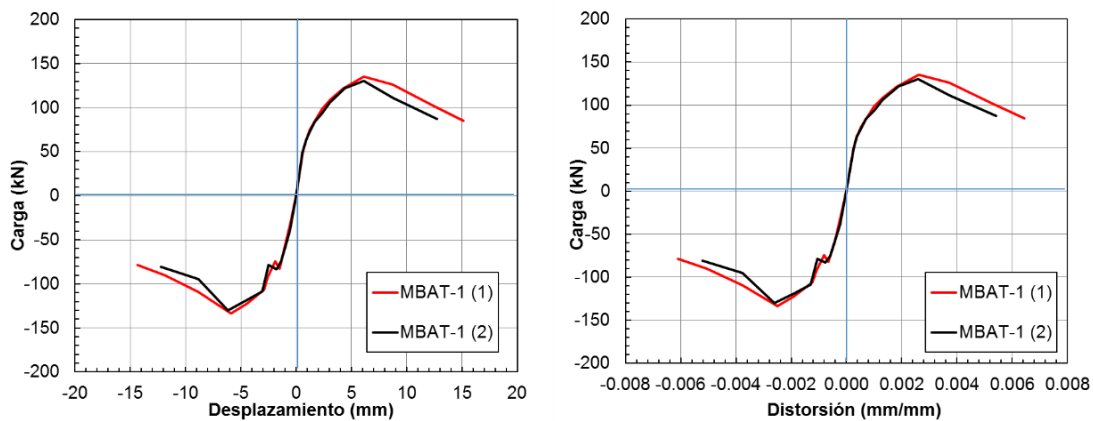


Fig. 2- 2: Curva de capacidad del espécimen MBAT-1

Fuente: Conde y Chambi (2017)

En la figura 2-3 se muestra la envolvente de los lazos histeréticos de cada ciclo del espécimen MBAT-2 que esta expresada en términos de desplazamiento y distorsión.

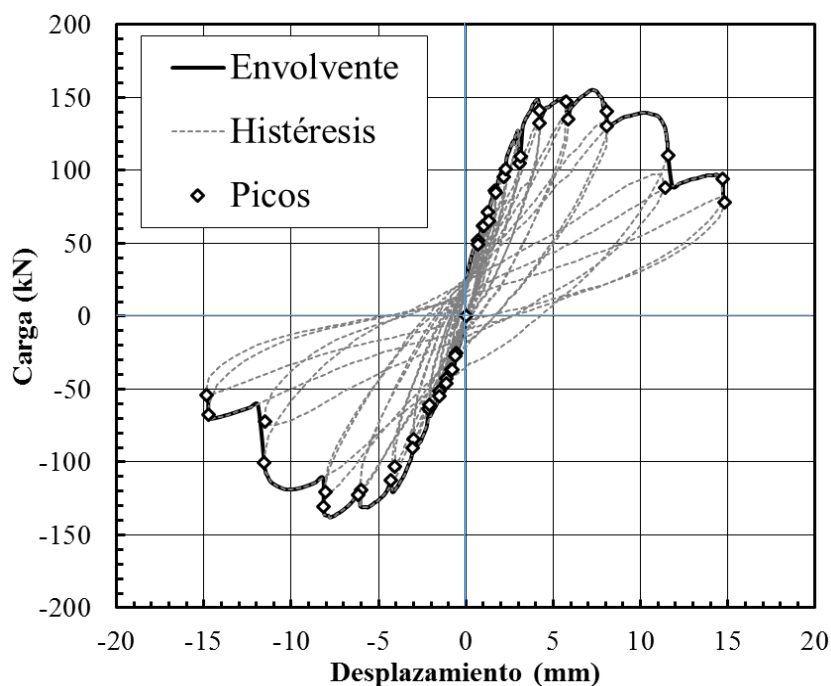


Fig. 2- 3: Curva histerética del espécimen MBAT-2

Fuente: Choquepata y Bernedo (2017)

La Figura 2-4, muestran las curvas de capacidad del elemento muro MBAT-2, que esta expresada en términos de desplazamiento y distorsiones. Donde obtenemos una carga máxima promedio de 133 kN con un desplazamiento de 5.5 mm y distorsión angular de 0.0025 (1/400).

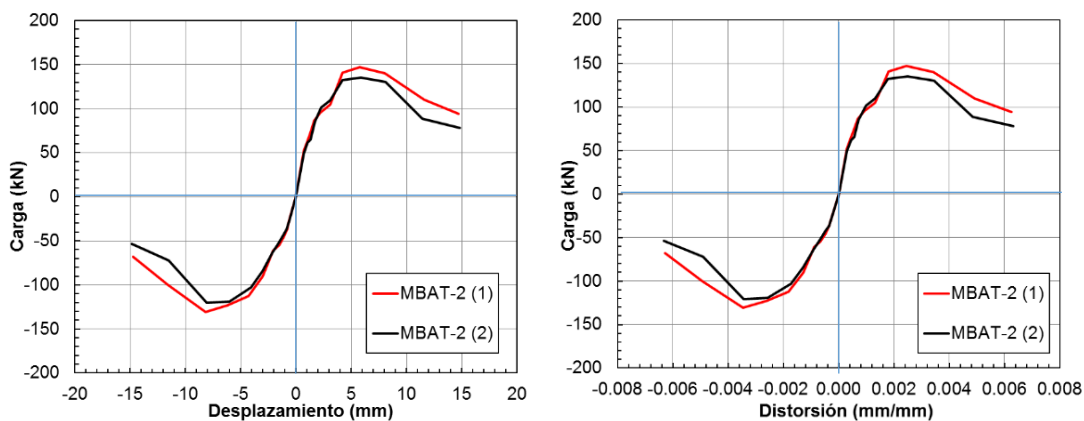


Fig. 2- 4: Curva de capacidad del espécimen MBAT-2

Fuente: Choquepata y Bernedo (2017)

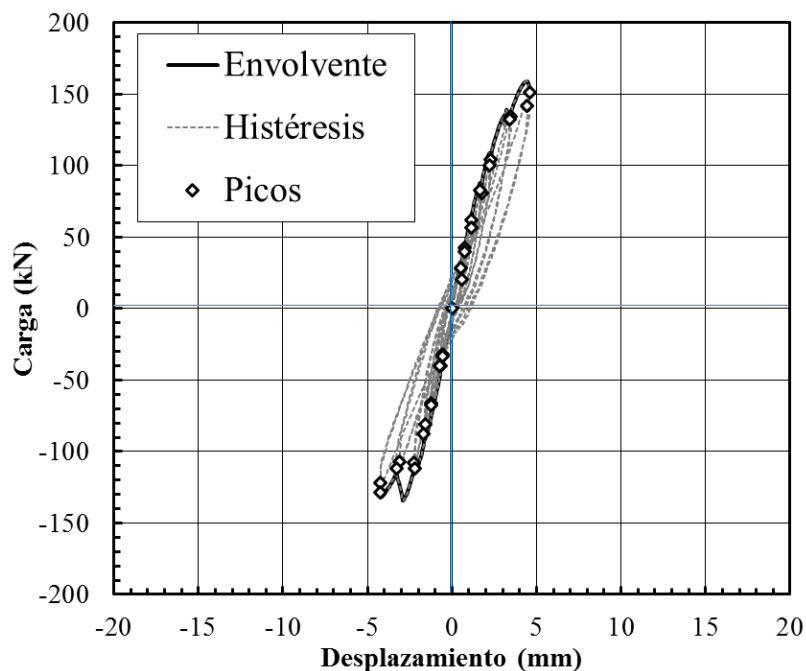


Fig. 2- 5: Curva histerética del espécimen MBAT-3

Fuente: Calderón y Maque (2017)

La Figura 2-5 muestra la curva histerética del espécimen ensayado mostrando la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga del espécimen MBAT-3.

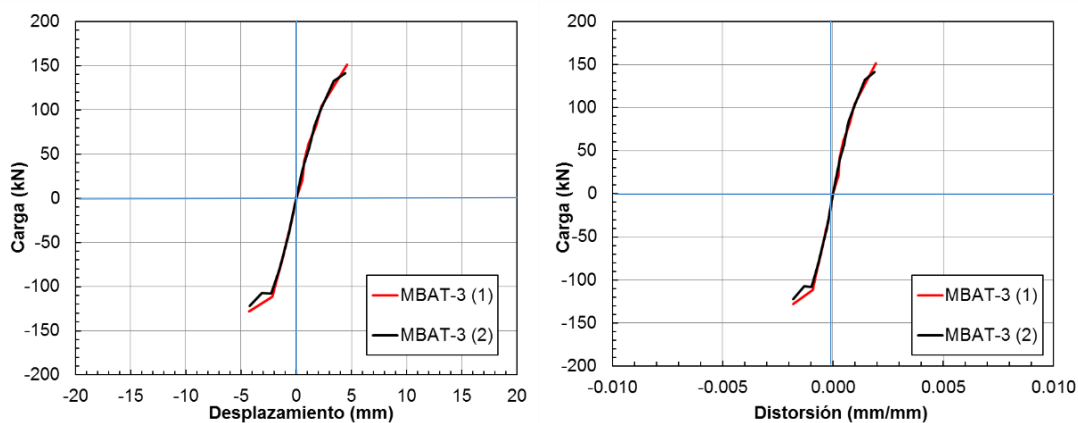


Fig. 2- 6: Curva de capacidad del espécimen MBAT-3

Fuente: Calderón y Maque (2017)

En la figura 2-6 el espécimen MBAT-3 llegó hasta la condición de reparabilidad que se da a una distorsión de 1/550 aproximadamente.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1. REFERIDO A LA NORMA E. 070

Según la Norma Técnica de Edificaciones E.070 (2006), en el capítulo 3 especifica lo siguiente:

- **Clasificación de las unidades para fines estructurales**

Para un diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las características indicadas en la Tabla 2-12.

Tabla 2- 12: Clase de unidad de albañilería para fines estructurales.

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSION (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN 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: Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006.

- **Limitaciones en su uso.**

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2-13. Las zonas sísmicas son las indicadas en la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente.

Tabla 2- 13: 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: Norma Técnica de Edificaciones E.070, 2006.

2.2.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA ALBAÑILERÍA

Según Muñoz, San Bartolomé y Rodríguez, 2001. pp. (15 -16).

Se conoce que los parámetros más importantes que tienden a influir en el comportamiento sísmico de las edificaciones son la rigidez y la resistencia lateral, así como también la ductilidad que pueden desarrollar. La figura 2-7 muestra el esquema del comportamiento típico de un muro de albañilería confinada que ha sido diseñado y construido adecuadamente.

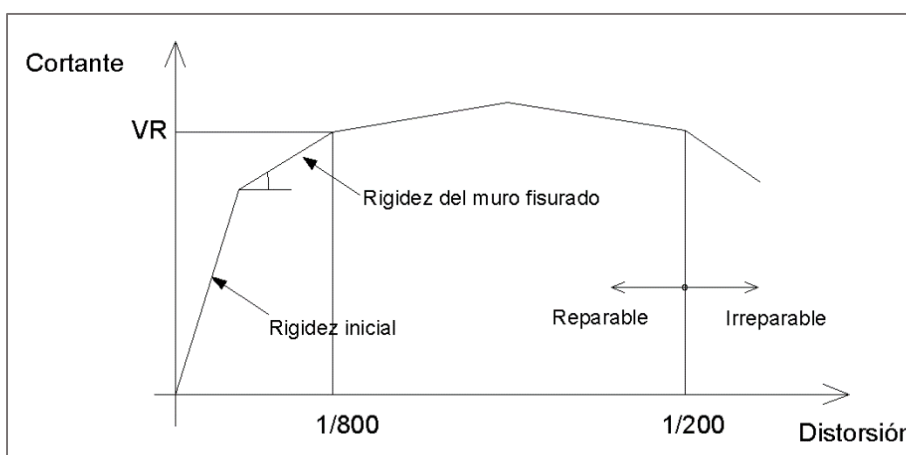


Fig. 2- 7: Resistencia Rigidez y Ductilidad de la albañilería confinada.

Se ha podido establecer que la resistencia lateral de la albañilería confinada a fuerza cortante (VR) depende del nivel de carga axial (P), del momento flector (M), de la fuerza cortante (V), de las dimensiones de muro ($L \times t$), así como de la resistencia a compresión diagonal $v'm$ y del factor de reducción por esbeltez α tal como se expresa en la siguiente ecuación: (Muñoz, San Bartolomé y Rodríguez, 2001, p. 15).

$$VR = 0.5 v'm \alpha t L + 0.23 P$$

El factor de esbeltez $\alpha = VL / M$, tiene como límites 1/3 y 1.

De acuerdo a los resultados de los experimentos desarrollados en el país, la resistencia (VR) se alcanza para una distorsión angular de aproximadamente 1/800 y se mantiene constante hasta una distorsión de 1/200, la cual constituye el límite hasta el cual el sistema es reparable. Posteriormente, el sistema degrada su resistencia y al fallar las columnas de confinamiento ocurre el colapso. (Muñoz, San Bartolomé y Rodríguez, 2001, p. 15).

2.2.3. COMPORTAMIENTO SISMICO DE LA ALBAÑILERIA CONFINADA

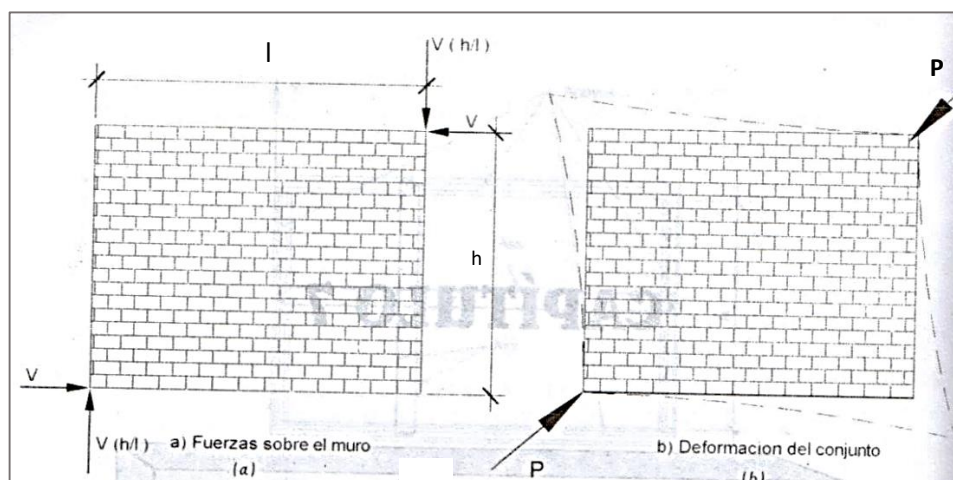
Los problemas en edificaciones mencionados anteriormente, dieron lugar a que en la década de los 40 el país empiece a confinar los muros de albañilería, empleando elementos de concreto armado. Sin embargo, la posibilidad de ocurrencia de fallas en edificaciones con elementos de confinamiento también está presente, ya sea por el mal diseño o mala construcción de tales elementos de confinamiento.

Las construcciones con unidades de albañilería sometidos a fuerzas sísmicas, presentaron las siguientes fallas:

- ✓ Falla por corte.
- ✓ Falla por flexión.
- ✓ Falla por asentamiento diferencial de la cimentación.

a) FALLA POR CORTE

Si un muro está confinado por un marco exterior, al estar sometido a una fuerza horizontal (fig. 2-9 a), tomará la forma mostrada en la figura 2-9 b, es decir, se despega en dos de sus esquinas, actuando las fuerzas mostradas en la figura 2-9 c; estas formas pueden idealizarse como una carga diagonal concentrada. En esta forma el muro sólo sufrirá deformaciones por cortante, es decir horizontales. La falla a ocurrir tendrá dos alternativas: puede fallar por compresión en uno de los extremos cargados como se muestra en la fig. 2-9 d o puede hacerlo a través de una grieta a lo largo de la diagonal. (Abanto, 2005, p. 75)



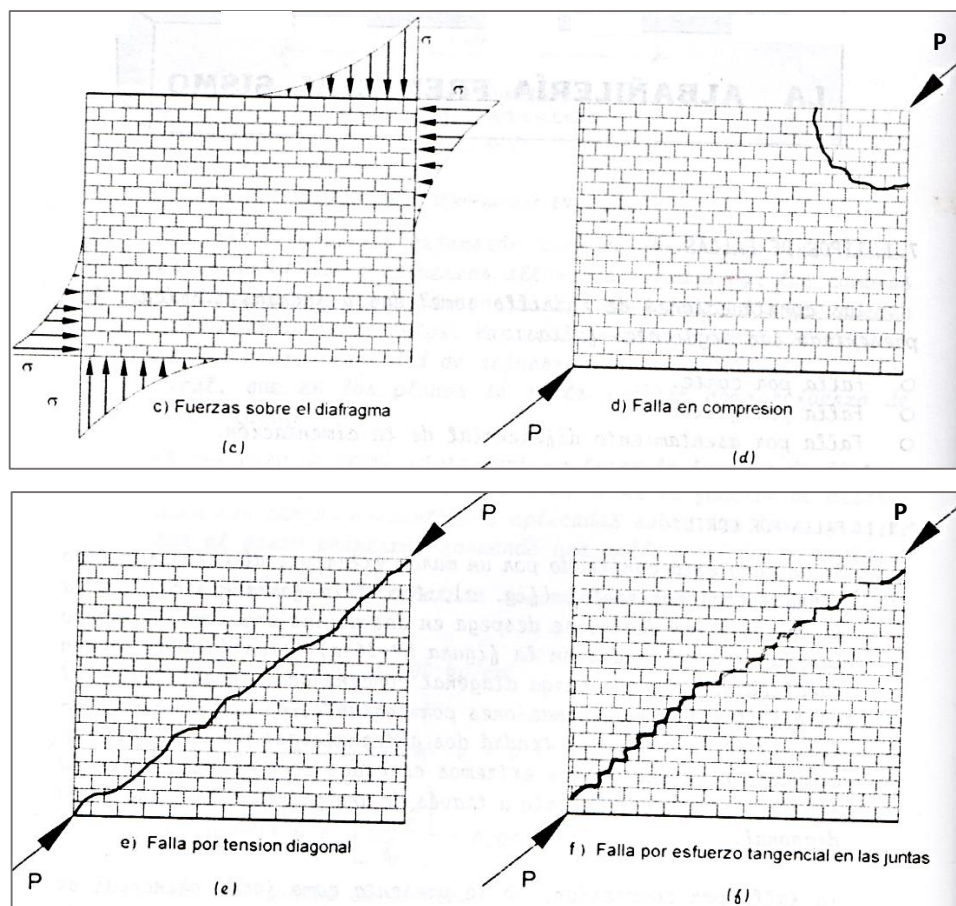


Fig. 2- 8: Distribución de carga y modos de falla de muros con marco confinado.

Fuente: Ing. Abanto, 2005

La falla, a través de una grieta diagonal puede ser de dos tipos, dependiendo de las características de los materiales y de la distribución de los materiales inducidos. Puede ser una grieta de tracción, que atraviesa indistintamente los ladrillos y el mortero como se muestra en la figura 2-9 e, sucediendo cuando la adherencia en las juntas es muy buena o si existe una carga vertical muy alta, que restringe por fricción el desplazamiento en las juntas; también es típica de los muros esbeltos en los que el empuje a lo largo de la diagonal produce compresiones elevadas perpendicularmente a las juntas. El otro tipo de grieta diagonal, se debe al deslizamiento de los ladrillos sobre las juntas, por efecto de esfuerzos tangenciales (ver figura 2-9f), esto ocurre cuando la adherencia entre el mortero y la unidad es deficiente. (Abanto, 2005, p. 77).

El tipo de falla a lo largo de la diagonal no ocurre de pronto, sino que se desarrolla desde el centro hacia los extremos cruzando finalmente las columnas de amarre del paño, si es que estas no tienen la suficiente

resistencia para contrarrestar la carga del puntual. Como la fuerza sísmica actúa en ambas direcciones, las grietas pueden ocurrir a lo largo de ambos diagonales. (Abanto, 2005, p. 77)

b) FALLA POR FLEXIÓN

Existen dos tipos de fallas por flexión de acuerdo al plano en que se desarrollan éstas:

b.1. Falla por flexión en el plano del muro

Ocurre mayormente en muros sin confinamiento, en los que, al no existir restricción al desplazamiento vertical en la parte superior de dicho muro, se origina momentos flexionantes que determinan la falla, debido a que la resistencia a tracción de la albañilería es mínima. En esta forma el muro trabaja como un elemento en voladizo, ocasionándose grietas horizontales en las juntas inferiores en el lado en que está aplicada la fuerza horizontal. Cuando la carga horizontal es excesiva, en el otro extremo sometido a compresión ocurrirá una falla por aplastamiento en su parte inferior. Dado que la albañilería es incapaz de soportar esfuerzos de tracción, se hace necesaria su reforzamiento con elementos de concreto armado, que pueden absorber estos esfuerzos. (Abanto, 2005, p. 78)

b.2. Falla por flexión perpendicular al plano del muro

Este tipo de falla ocurre por la poca inercia del muro en este sentido y cuando el arriostamiento en la parte superior del muro es deficiente. De acuerdo a esto último, los muros en presencia de fuerzas sísmicas vibran como membranas restringidas de movimiento, por los encuentros de paredes de los muros adyacentes, y por estar fijadas en la parte inferior. Dicha vibración produce esfuerzos de tracción y compresión en ambas caras del muro, y como la albañilería no resiste tracciones, aparecen rajaduras verticales. Para evitarlo se colocan las vigas soleras o collar. (Abanto, 2005, p. 78)

c) FALLA POR ASENTAMIENTO DIFERENCIAL

El asentamiento diferencial ocurre cuando el terreno posee una baja capacidad portante y no se ha diseñado una cimentación adecuada para este tipo de suelo. El asentamiento del suelo es causado por el acomodamiento de las partículas debido a la vibración ocasionada por movimientos sísmicos. (Abanto, 2005, p. 78)

2.2.4. CAUSAS DE FALLA

Los daños ocasionados por los movimientos sísmicos, en construcciones de albañilería, han sido generalmente muy severas y es común la comparación desfavorable que existe entre el desempeño de estas construcciones con el de estructuras de concreto armado y de acero. Sin embargo, la mayor parte de las fallas han ocurrido en construcciones de albañilería que no contaron con un diseño estructural y por lo que presentan defectos comunes de estructuración, de construcción y de calidad de material.

Entre las probables causas de falla se tiene: (Según Abanto, 2005, p. 79)

- Muchas de las estructuras se construían con materiales débiles como adobe o con ladrillos de muy baja resistencia, sin una unión adecuada entre el muro y el techo y entre los muros transversales.
- Existencia de aberturas excesivas en las losas de techo que hacen que la hipótesis del diagrama horizontal rígido no se cumpla.
- Muros portantes que no llegan al terreno; originándose los llamados pisos blandos, es decir, un primer piso de poca rigidez respecto a los pisos superiores.
- Edificaciones construidas con unidades de albañilería tubulares o perforadas con alto porcentaje de orificios perpendiculares a la cara de asiento (>25%) y con paredes muy delgadas; lo cual genera modos de fallas muy frágiles a compresión.

2.2.5. ENSAYOS CÍCLICOS

Según Gallegos y Casabonne, 2005, pp. 275 – 279.

OBJETIVOS

“La propiedad más relevante de los muros de albañilería en zonas sísmicas es su manera de respuesta a las acciones dinámicas una vez que han abandonado el rango elástico”. El ensayo cíclico mediante el que se simula este tipo de acción requiere de complejo sistema de carga, dado que esta debe aplicarse con deformación controlada (figura 2-9) y normalmente de equipos electrónicos para

recoger la información. En la figura 2-10 se muestra la instalación típica para un ensayo con carga vertical de un muro en voladizo.



Fig. 2- 9: Mecano para el ensayo cíclico de un muro con carga coplanar, aplicada mediante deformación controlada en el laboratorio CISMID.

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005

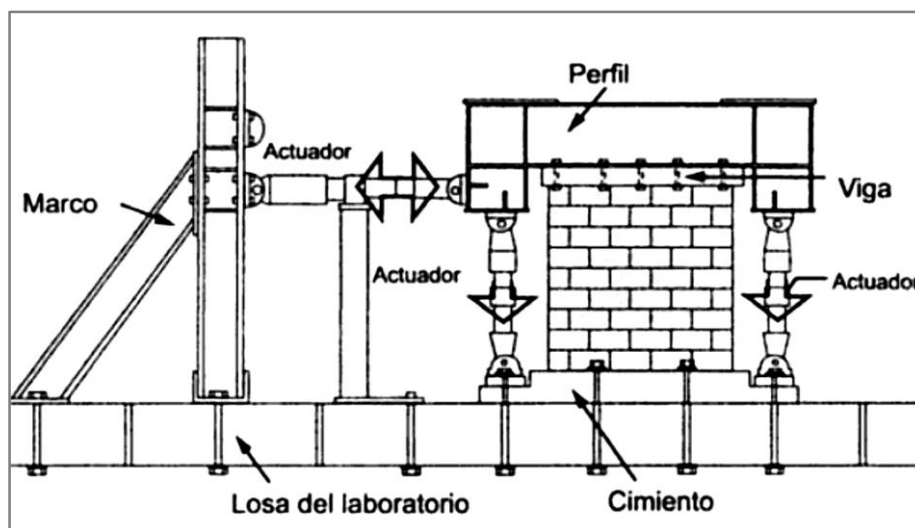


Fig. 2- 10: Instalación típica para ensayos cíclicos con deformación controlada.

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005

El objetivo del ensayo es determinar diversos parámetros asociados con el comportamiento sísmico en la etapa inelástica. Estos parámetros incluyen:

- a) La ductilidad.
- b) La degradación de resistencia.
- c) La degradación de rigidez.
- d) El índice de disipación de energía.
- e) La forma de falla.

El proceso de carga (fig. 2-11.a) culmina en el diagrama de comportamiento histerético del muro ensayado, del cual pueden determinarse los parámetros antes mencionados. El elemento básico de este grafico es el lazo histerético (figura 2-11. b), el que adquiere, en el caso de muros de albañilería debido a tanta influencia de la deformación por corte como el desplazamiento entre hiladas, las características de lazos apretados, de menor disipación de energía (figura 2-12), y de lazos inestables que señalan degradación de resistencia (para deformación constante) o de rigidez para carga constante (Figura. 2.13), o de ambas simultáneamente.

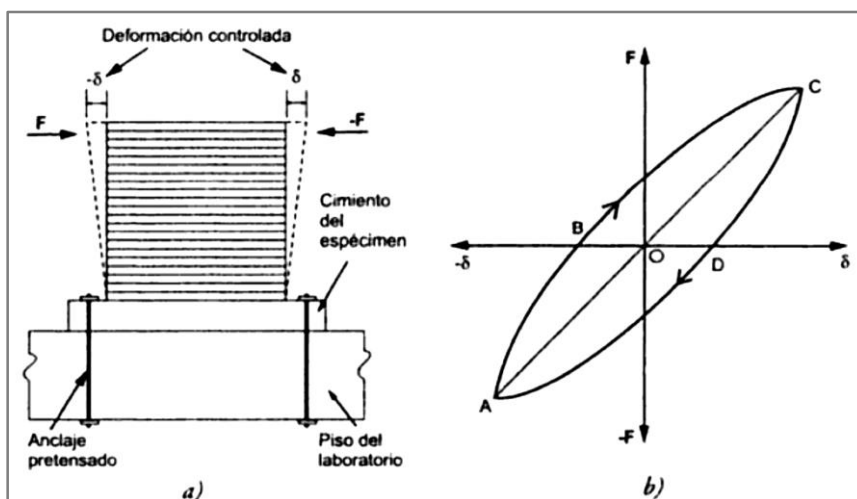


Fig. 2- 11: Ensayo Cíclico con muro en voladizo. a) Esquema. b) lazo histerético.

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005.

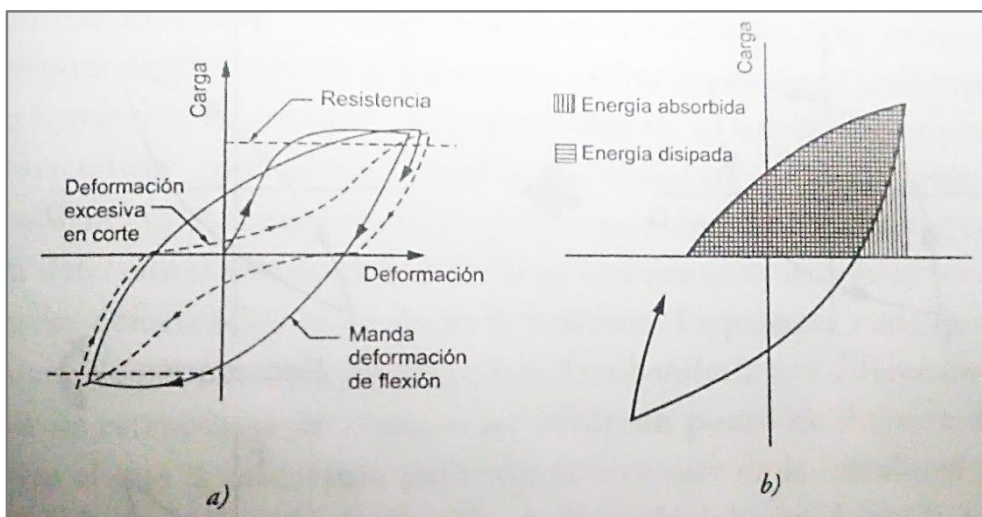


Fig. 2- 12: Lazo histerético (a. Influencia del efecto del corte en la forma, b. Medida de la disipación de energía.)

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005

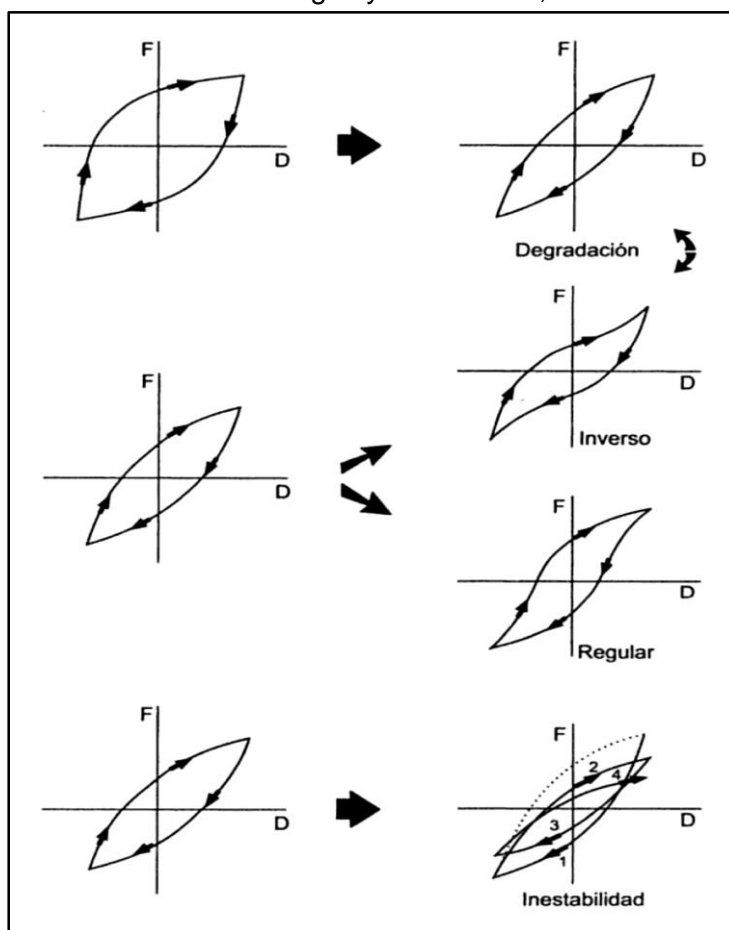


Fig. 2- 13: En el lado derecho de la figura se muestra las características de los lazos histeréticos usados en muros de albañilería reforzada (armada o confinada).

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005

Una representación simplificada pero muy útil de estos ensayos son los diagramas esqueléticos de primer ciclo o de ciclos estables, como se muestra en la figura 2-14; estos se obtienen determinando la fuerza correspondiente a cada deformación.

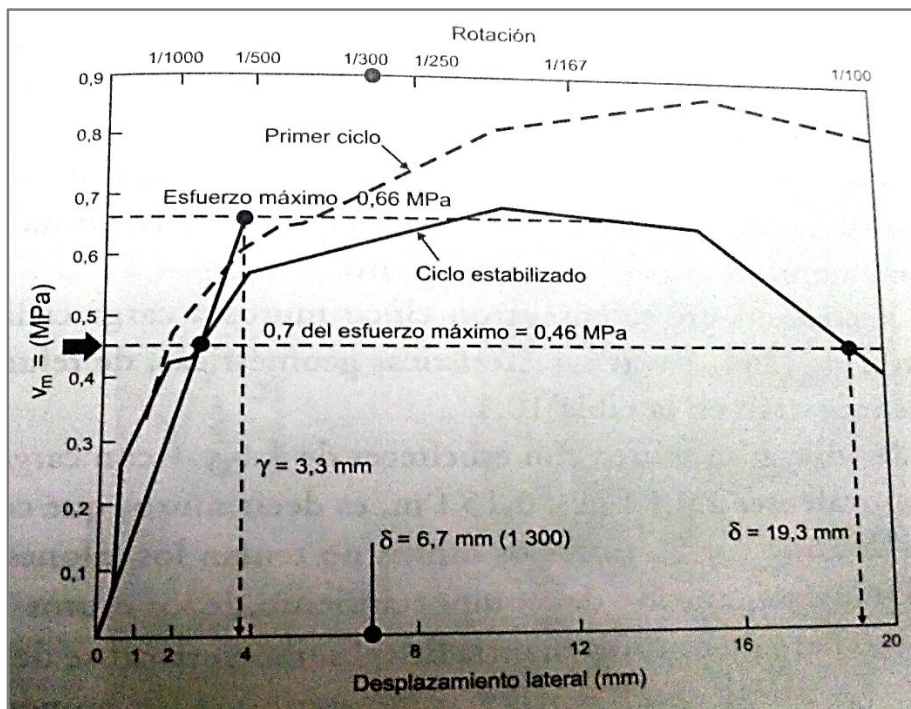


Fig. 2- 14: Diagrama esquelético de primer ciclo o de ciclos estables.

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005

Para determinar la ductilidad de desplazamiento es necesario precisar previamente las deformaciones de fluencia y última. La primera debe ser definida teniendo en cuenta que los muros de albañilería a diferencia de lo que ocurre en las estructuras de acero no existe un punto de fluencia definido y notorio (en el que la estructura pasa repentinamente de la linealidad perfecta a la plasticidad). Por ello la deformación de fluencia debe ser definida de una manera lógica, aunque puede ser arbitraria. Es usual, con este propósito, definir la ductilidad de desplazamiento como la equivalente de un sistema elasto – plástico de rigidez reducida cuando se alcanza una fuerza de 70% de la resistencia última en el diagrama esquelético de ciclos estables; a este nivel de fuerza se puede suponer que se igualan las áreas entre las curvas supuestas y real y que, como consecuencia, no se altera el balance de energía. (Figura 2-15).

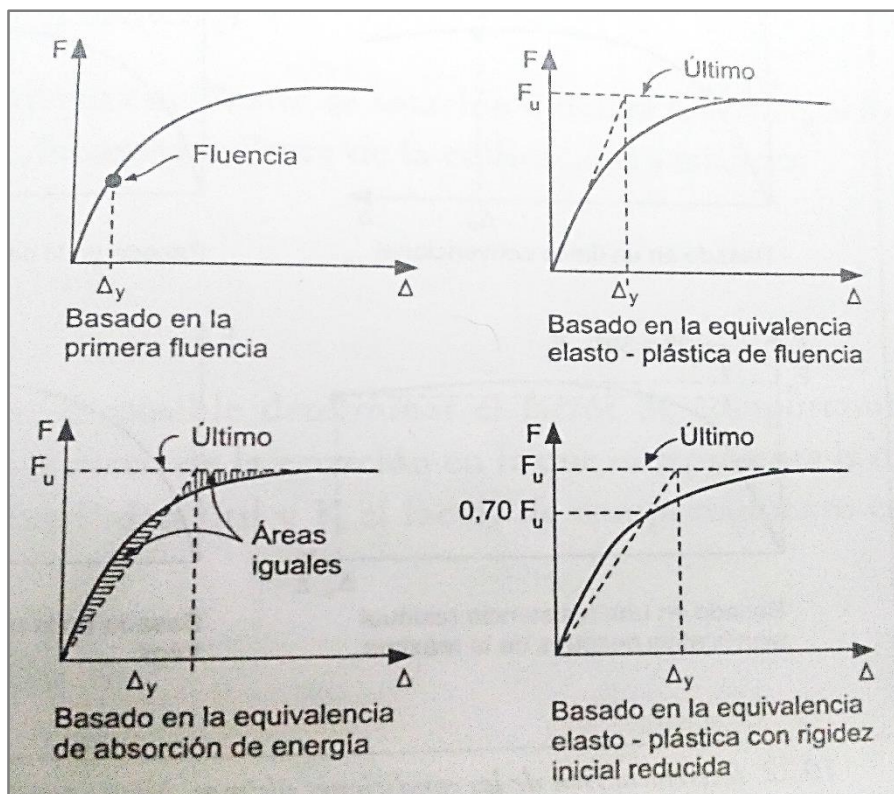


Fig. 2- 15: Determinación de las condiciones de fluencia. Nótese que las curvas representan el diagrama esquelético de ciclos estables.

Fuente: Gallegos y Casabonne, 2005

Del mismo modo, la deformación última puede ser definida de manera arbitraria y utilizando el diagrama esquelético de los ciclos estables y respetando la condición según la cual al alcanzar la deformación última la estructura no haya sufrido una pérdida considerable de resistencia con relación a la resistencia máxima. En este sentido, es usual considerar una pérdida de 30% de resistencia como aceptable y utilizar ese valor para definir la deformación última disponible.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Según la Norma Técnica de Edificaciones E.070 (2006), el capítulo 2 especifica lo siguiente:

- **Albañilería o Mampostería**

Material estructural conformada por "unidades de albañilería" unidades por un adhesivo llamado mortero.

- **Albañilería Confinada**

Albañilería reforzada con elementos de confinamiento en todo su perímetro, vaciado posteriormente a la construcción de la albañilería. La cimentación de concreto se considerará como confinamiento horizontal para los muros del primer nivel.

- **Columna**

Elemento de concreto armado diseñado y construido con el propósito de transmitir cargas horizontales y verticales a la cimentación. Las columnas pueden ser a la vez arriostre y/o confinamiento.

- **Compresión**

Un cuerpo está sometido a compresión cuando las fuerzas que actúan sobre él tienden a acortarlo o aplastarlo.

- **Confinamiento**

Conjunto de elementos de refuerzo, horizontales y verticales, cuya función es la de proveer ductilidad a un muro portante.

- **Muro Portante**

Muro diseñado y construido en forma tal que solo lleve cargas provenientes del peso propio. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

- **Unidad de Albañilería**

Ladrillos de arcilla, ladrillo silico calcáreo o bloque hueco de concreto los cuales se construyen los muros.

- **Unidad de Albañilería Hueca**

Unidad de Albañilería cuya sección transversal en cualquier plano paralelo a la superficie de asiento tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta en el mismo plano.

- **Unidad de Albañilería Sólida (o Maciza)**

Unidad de Albañilería cuya 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.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo y diseño de la investigación se precisa a continuación:

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se presenta es experimental, en donde se realizará la descripción y presentación de los resultados del comportamiento sísmico del muro MBAT-05.

3.1.2. Diseño de investigación

El diseño de investigación es el ensayo de laboratorio, ya que realizaremos el ensayo experimental en el laboratorio en la Universidad Nacional de Ingeniería (Laboratorio de estructuras del CISMID).

3.2 POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIO

Se da como población y muestra lo siguiente:

3.2.1 Población

La población del estudio para la curva de capacidad estará compuesta por un muro de albañilería confinada construido a escala natural con ladrillo tipo Blocker II, el cual representa las construcciones informales del departamento de Tacna.

3.2.2 Muestra

En este trabajo se tomó en cuenta el espécimen ensayado de código "MBAT-05" Blocker II.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Dependiente

- **Denominación de la variable**

Comportamiento sísmico a carga lateral cíclica.

- **Indicadores**
 - Fuerza
 - Desplazamiento

- **Escala de medición**
 - La fuerza se medirá en Tn.
 - El desplazamiento se medirá en mm.

3.3.2 Variable Independiente

- **Denominación de la variable**

Muro de albañilería confinada construido con “Blocker II”.

- **Indicadores**
 - Espécimen

- **Escala de medición**
 - N° de espécimen

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

En esta investigación se analizó e interpreto el comportamiento de un muro de albañilería confinada construido con unidades denominada Blocker II, realizando el ensayo de carga cíclica de dicho muro en el Laboratorio de Estructuras del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.4.1 DESCRIPCIÓN DEL MURO

Se construyó un muro de albañilería confinada con unidades denominadas Blocker II a escala real en el Laboratorio de Estructuras del CISMID (Lima), Las unidades tipo Blocker II fabricada en la ladrillera Martorell y el cemento Yura Tipo IP utilizados en el presente ensayo son los que predominan en la Ciudad de Tacna, lo cuales fueron transportados hasta el Laboratorio de estructuras del CISMID en la ciudad de Lima para la construcción del muro, excepto el agregado que fue adquirido en la ciudad de Lima.

3.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS MUROS

Se construyó un muro de albañilería con unidades tipo Blocker II, con dimensiones de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud y 0.13 m de espesor. La viga de cimentación es de 3.30 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.45 m de altura.

En la figura 3-1 y fig. 3-2, las dimensiones del muro MBAT-05 se encuentran en el Sistema Internacional de Unidades (en este caso metros lineales).

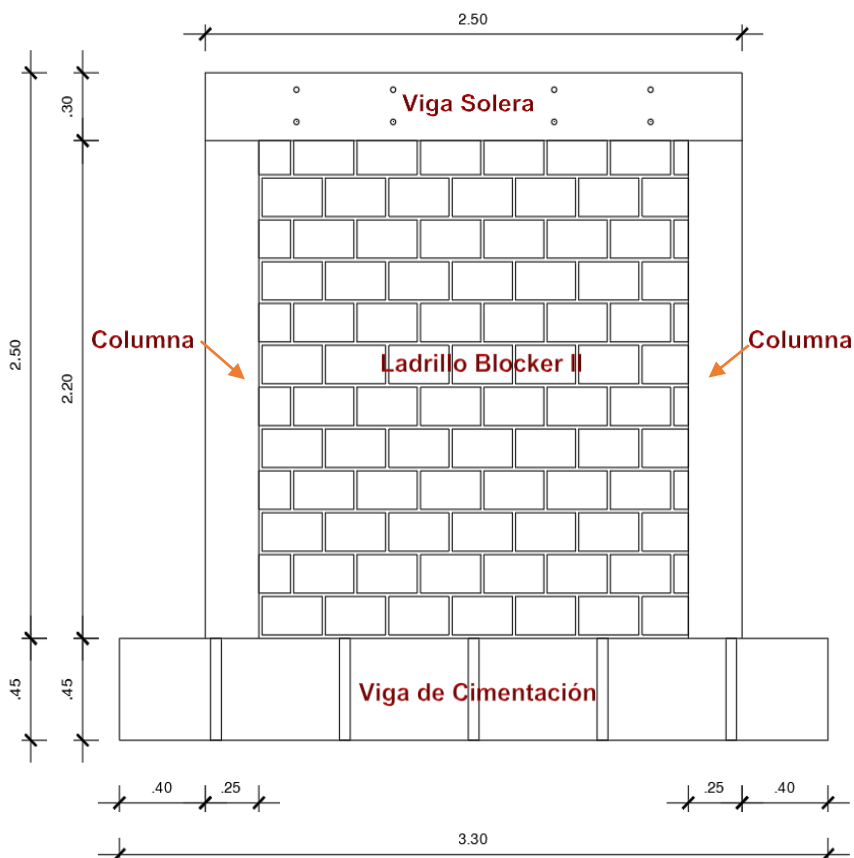


Fig. 3-1: Elevación del Muro MBAT-05

Fuente: Elaboración Propia

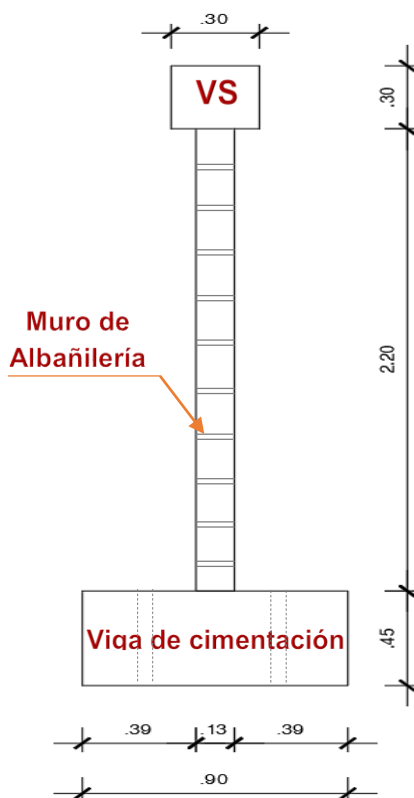


Fig. 3-2: Corte del Muro MBAT-05

Fuente: Elaboración Propia

Refuerzo de Acero

Viga de cimentación	: 12 ϕ 1/2", estribos 1/2", cada 0.20 m.
Columna de confinamiento	: 4 ϕ 1/2", estribos 1/4" 1@0.05, 4@0.10, resto@0.20 m.
Viga solera	: 4 ϕ 3/8", estribos 1/4" 1@0.05, 4@0.10, resto@0.20 m.
Albañilería / Columna	: Conexión dentada.

Resistencia del concreto

Viga de cimentación	: 175 Kg/cm ² .
Columna de confinamiento	: 175 Kg/cm ² .
Viga solera	: 175 Kg/cm ² .

Mortero

En ladrillos de arcilla	: 1:4 (cemento: arena)
Espesor de juntas	: 1.5 cm

Materiales

- Cemento Portland Tipo IP.
- Arena Gruesa.

- Piedra chancada 1/2".
- Confitillo de 1/4".
- Alambre N°8.
- Clavos 3".
- Tubos de PVC de 2".
- Agua.

Herramientas

- Mezcladora tipo trompo.
- Vibradora.
- Buguie.
- Escantillón, plomada, badilejo, nivel.
- Palas.

3.4.3. PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MURO

a) Construcción de la viga de cimentación

El primer paso fue el armado del encofrado y posteriormente el armado del acero de la viga de cimentación. Luego se colocó de la armadura dentro del encofrado de madera. También se colocó 10 tubos de PVC de 2" y 4 sujetadores para que al finalizar la construcción del muro, éste se pueda anclar al suelo y el equipo de izaje pueda transportarlo a la zona de ensayo. Ver fig. 3-22 y 3-23.



Fig. 3- 3: Habilitación del acero

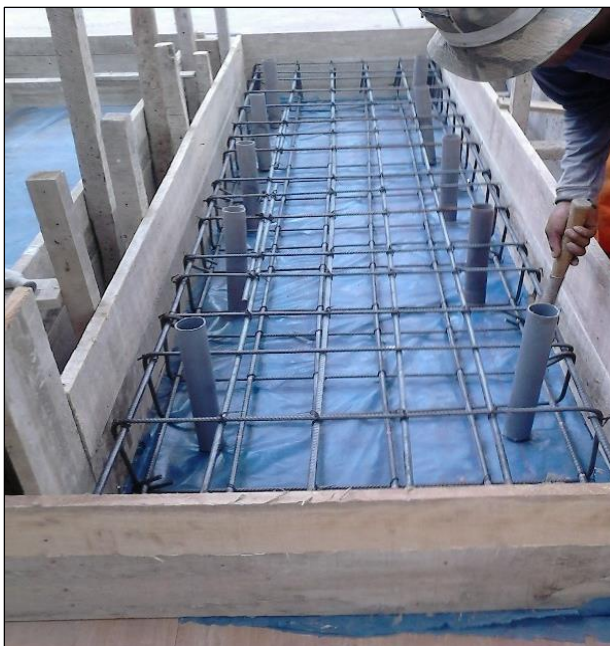


Fig. 3- 4: Encofrado y colocación de 10 tubos de PVC de 2”

Posteriormente se procedió amarrar la armadura de acero el refuerzo vertical de las columnas al refuerzo de la cimentación, para poder realizar el vaciado. Ver fig. 3-5. Para alcanzar una resistencia de 175 kg/cm² se utilizó una adecuada dosificación. El día del vaciado y antes que fraguara el concreto, se realizaron rayaduras en la parte superior de la viga de cimentación en la zona de asentado de las unidades de albañilería y en el área de la base de la columna. Ver fig. 3-6.



Fig. 3- 5: Colocación de acero de columnas.



Fig. 3- 6: Vaciado del concreto.

b) Construcción de la albañilería

En primer lugar, se limpió y humedeció la superficie rayada de la viga de cimentación, para asegurar una buena adherencia con la primera capa de mortero. Posteriormente se asentaron los “ladrillos maestros” en los extremos del muro, controlando la verticalidad con una plomada y su altura con el escantillón. Seguidamente se asentaron las unidades interiores, verificando su horizontalidad con un cordel. La conexión del muro y las columnas de confinamiento se realizó por medio de dentaduras. Ver fig. 3-7 y fig.3-8.



Fig. 3- 7: Asentado de ladrillos y verificación de verticalidad del muro.



Fig. 3- 8: Culminación de Asentado de Unidades de Albañilería.

c) Construcción de las columnas

Culminado el asentado de los ladrillos del muro, se procedió con el emplantillado en la viga de cimentación las dimensiones de las columnas. Se corroboró la verticalidad de los refuerzos en columnas con la plomada, y el espaciamiento entre los estribos y posteriormente se encofró los lados de las columnas. Se vació el concreto en las columnas con la dosificación del concreto ($f'c=175\text{Kg/cm}^2$). El vaciado se realizó hasta la zona inferior a la viga. El desencofrado se realizó después de 24 horas y posteriormente se trabajó en el curado. Ver Fig. 3-9 y fig. 3-10.



Fig. 3- 9: Encofrado y Vaciado de la Columna.



Fig. 3- 10: Muro con columnas fraguadas y desencofradas.

d) Construcción de la viga solera

Con la viga solera ya encofrada (ver Fig. 3-11), se procedió al vaciado de la viga ($f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$). Para ello, se dejó un apropiado recubrimiento de 2cm para el acero y se colocó el refuerzo de la viga sobre los ladrillos, luego se procedió a verificar el espaciamiento entre estribos y se adicióno dos estribos en los nudos, amarrados al refuerzo vertical de las columnas.



Fig. 3- 11: Encofrado de vigas.



Fig. 3- 12: Curado y el solaqueo de la estructura.

Finalmente, con los muros ya construidos se procedió a pintarlos de color blanco en ambos lados con la finalidad de visualizar y registrar la formación de grietas al momento de ensayarlos.



Fig. 3- 13: Muros de albañilería listo para ensayar.

3.5 PROCESAMIENTO DE DATOS

Para alcanzar nuestros objetivos planteados se realizó el ensayo estático cíclico de carga lateral; la metodología y cálculos se describen a continuación.

3.5.1. Descripción del Ensayo

El ensayo de carga lateral cíclica consiste en someter al muro de albañilería confinada a un desplazamiento horizontal conocido en ambas direcciones, la cual se va aumentando gradualmente mediante la aplicación de una fuerza. La idea de realizar este ensayo es conocer el comportamiento estructural que posee un muro de albañilería construida con unidades de arcilla tipo Blocker II, al aplicarle la carga lateral cíclica que simula el efecto de un movimiento sísmico.

Los equipos utilizados para la fijación del muro y el ensayo del mismo fueron los siguientes:

- Gatas hidráulicas de 50 Ton de capacidad.
- Actuador dinámico.
- Marco de Reacción.
- Sistema de adquisición de datos, una computadora y voltímetros.
- Sistema de medición conformado por celdas de carga y Transductores electrónicos de desplazamientos lineales (LVTD)

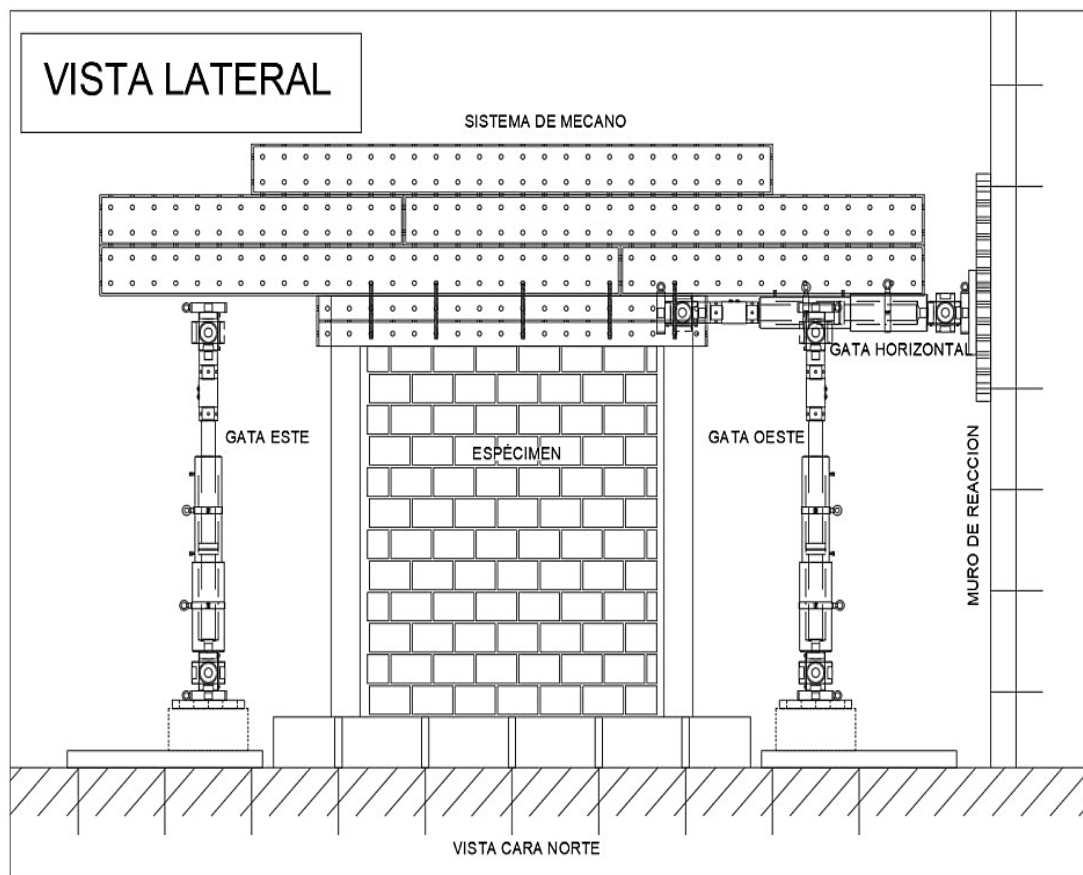


Fig. 3- 14: Esquema de la configuración del ensayo cíclico.

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

- Sistema de adquisición de datos

La instrumentación para este ensayo de carga lateral cíclica se basó en colocar 22 canales para la adquisición de datos durante el ensayo. La ubicación y distribución de estos canales o dispositivos es muy importante, debido a que cada uno cumple una determinada función.

- ✓ Los canales CH-00 y CH-01 corresponden a las celdas de carga de las gatas hidráulicas horizontales.
- ✓ Los canales CH-02 y CH-03 corresponden a las celdas de carga de las gatas hidráulicas verticales.
- ✓ Del canal CH-04 al CH-22 corresponden a los transductores de desplazamiento.

Para el control del desplazamiento de las gatas hidráulicas se utilizará un transductor de desplazamiento monitor (CH-04) como se muestra en la Figura 3-15.

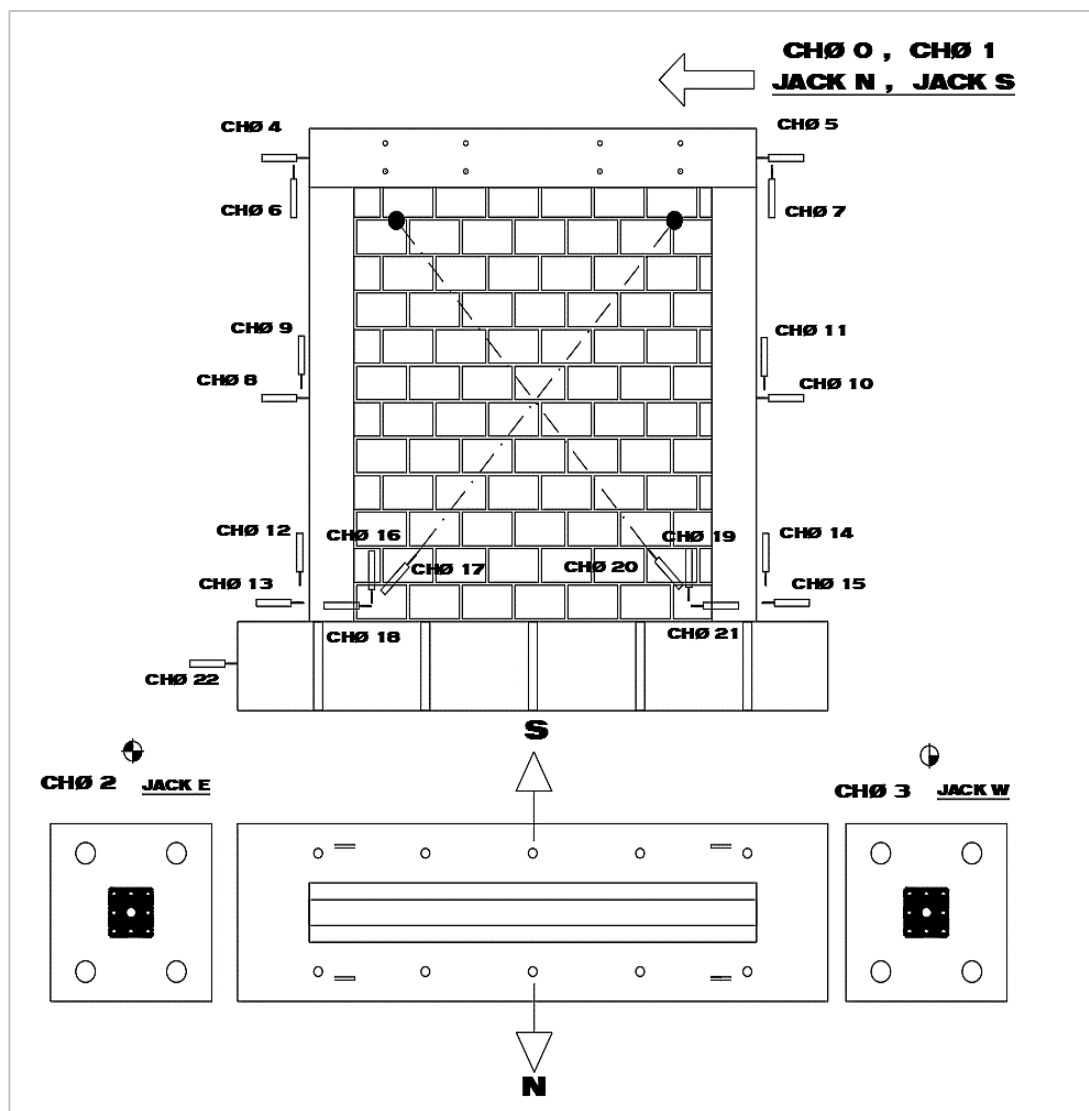


Fig. 3- 15: Sistema de adquisición de datos.

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

3.5.2. Montaje del muro

Para dar inicio al ensayo se tuvo que trasladar el muro con apoyo del puente grúa al lugar específico del laboratorio para el ensayo. El traslado del muro se dio a los 28 días después de haber culminado la construcción de dicho muro. Se utilizó un capping de yeso en la base de la viga de cimentación con la finalidad de nivelar la superficie de contacto con la losa del laboratorio. Posteriormente, se fijó la cimentación del muro a la losa de ensayo con unas gatas hidráulicas verticales evitando de esta manera su desplazamiento y volteo.

Finalmente, en el eje de la viga solera, se fijó un actuador dinámico para proporcionar la fuerza horizontal al muro. Luego se colocó los LVDT que permitieron registrar datos de desplazamiento durante todo el ensayo a la vez estos LVDT fueron conectados a un amplificador de carga y a una caja de conexiones, los cuales emiten la información registrada de los LVDT a una computadora.



Fig. 3- 16: Montaje e Instrumentación y equipo de monitoreo del muro.



Fig. 3- 17: Muro listo para ser ensayado.

3.5.3. Protocolo de desplazamientos

La carga horizontal es aplicada mediante un control de desplazamiento del monitor acorde al protocolo de desplazamiento, mostrada en la Figura 3-18, que representa el protocolo de desplazamiento objetivo durante el ensayo.

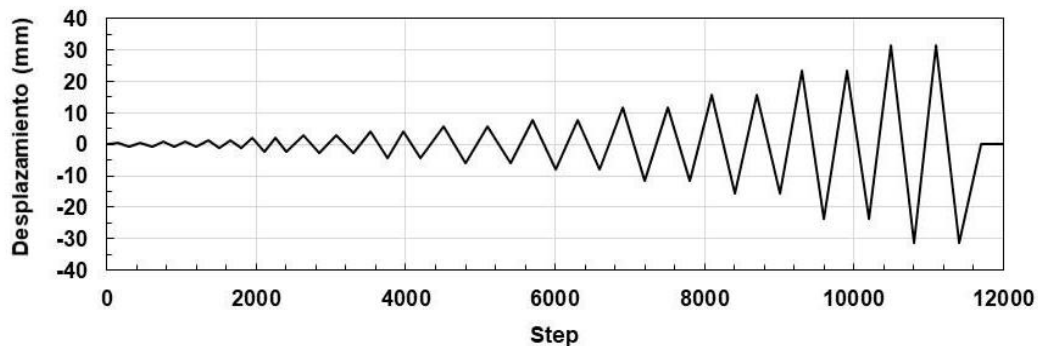


Fig. 3- 18: Protocolo de desplazamiento objetivo.

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

En la Tabla 3-1. Se muestra el desplazamiento objetivo para el control de desplazamiento por cada ciclo. Con el propósito de obtener valores más estables en la curva de histéresis se aplicó dos ciclos consecutivos a cada distorsión objetivo.

Tabla 3- 1: Distorsiones objetivo para el control de desplazamiento por ciclo.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distorsión Objetivo	1/4200	1/3000	1/2150	1/1500	1/1100	1/800	1/550	1/400	1/300	1/200

Fuente: Zavala, C, Días, M, Escalante. Año 2016.

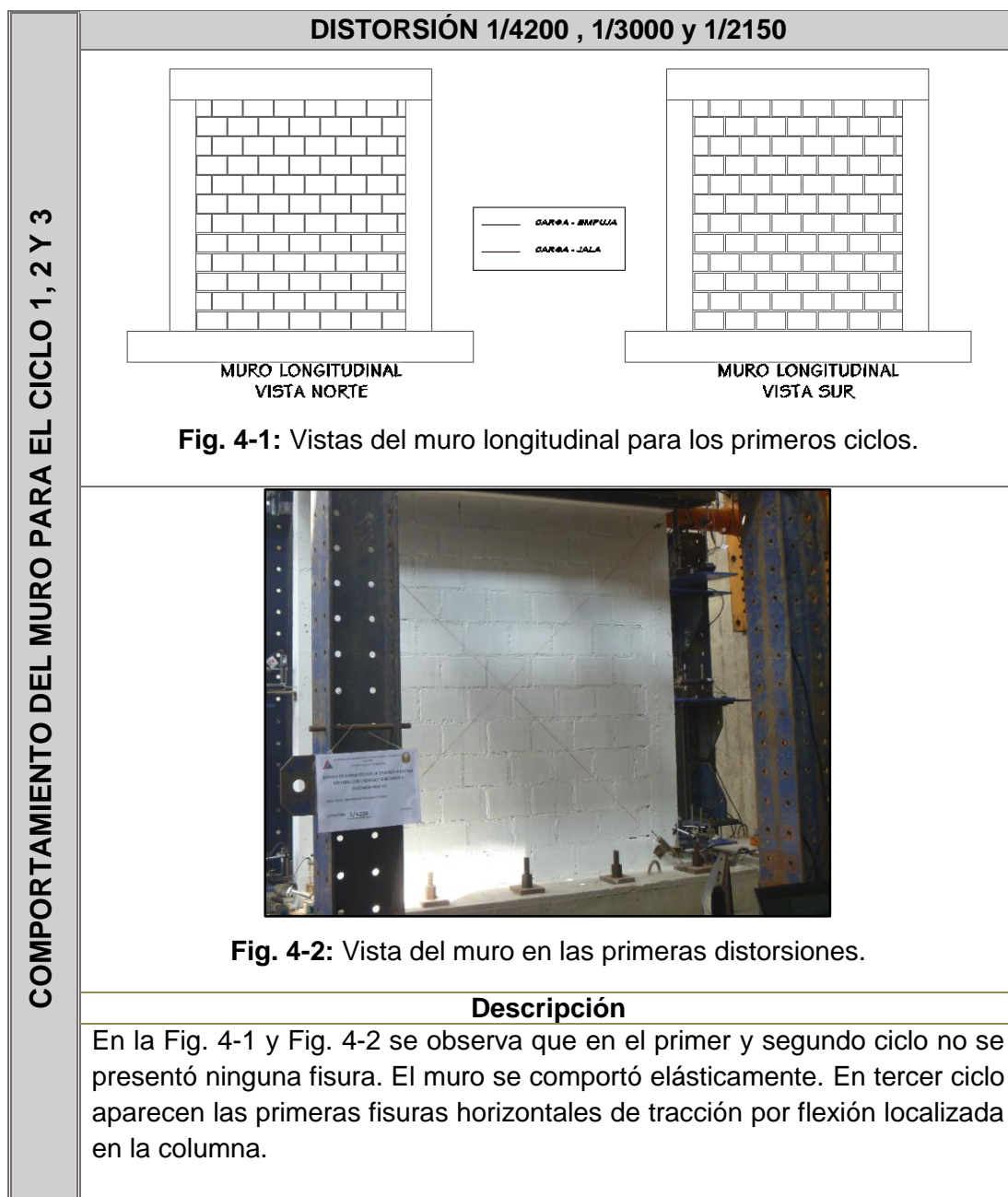
CAPÍTULO IV

RESULTADOS

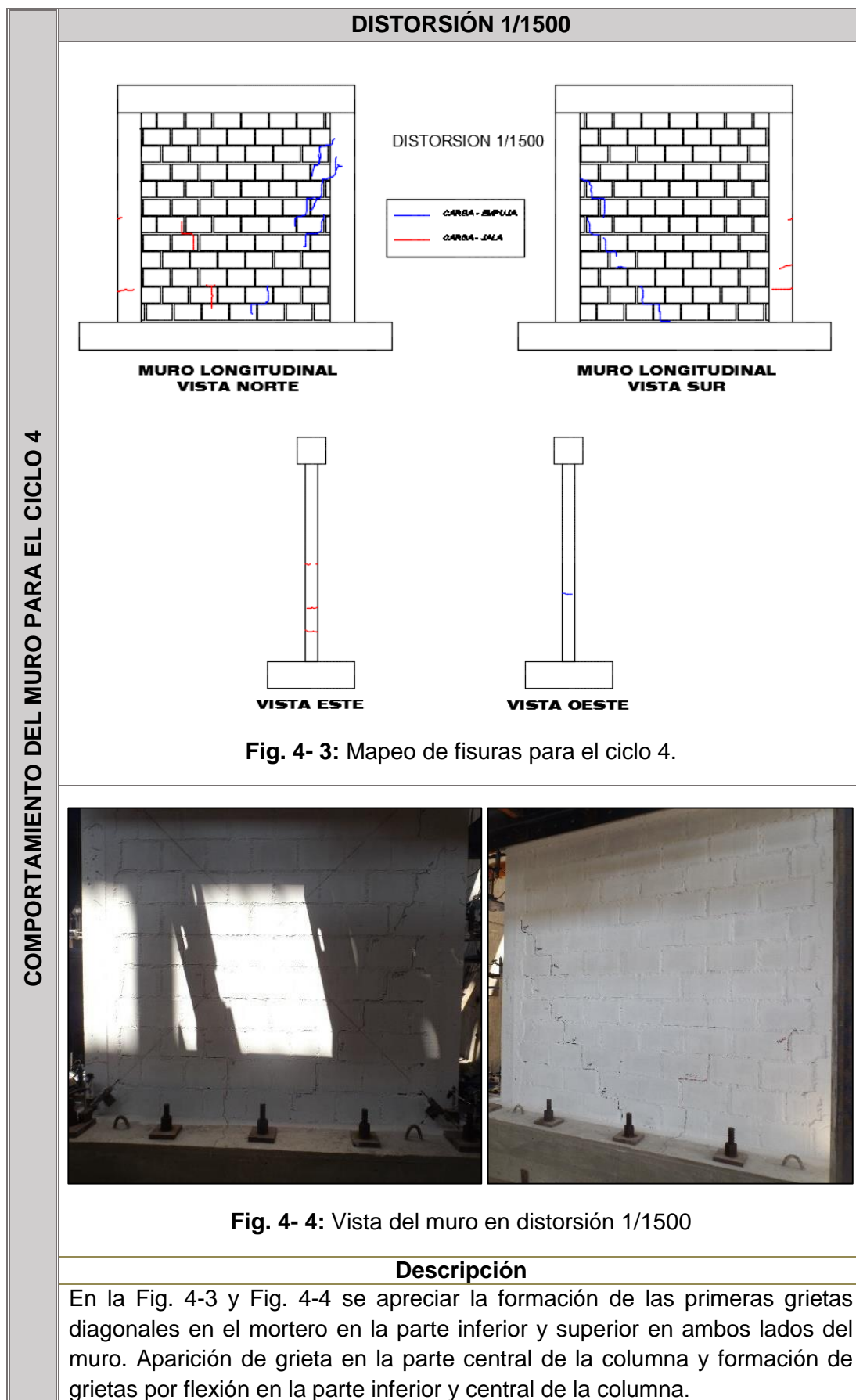
CAPÍTULO IV RESULTADOS

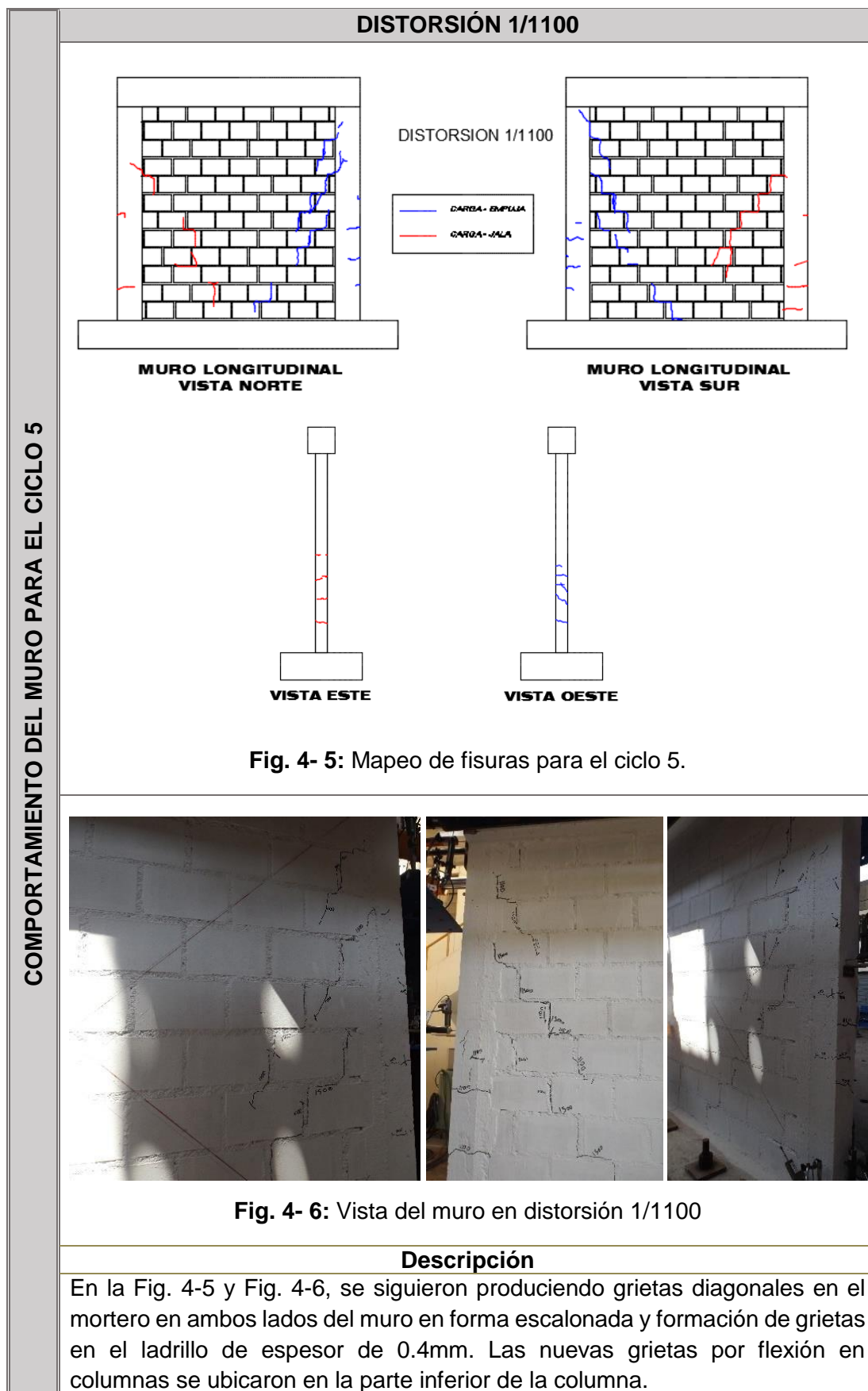
4.1 DESCRIPCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL MURO

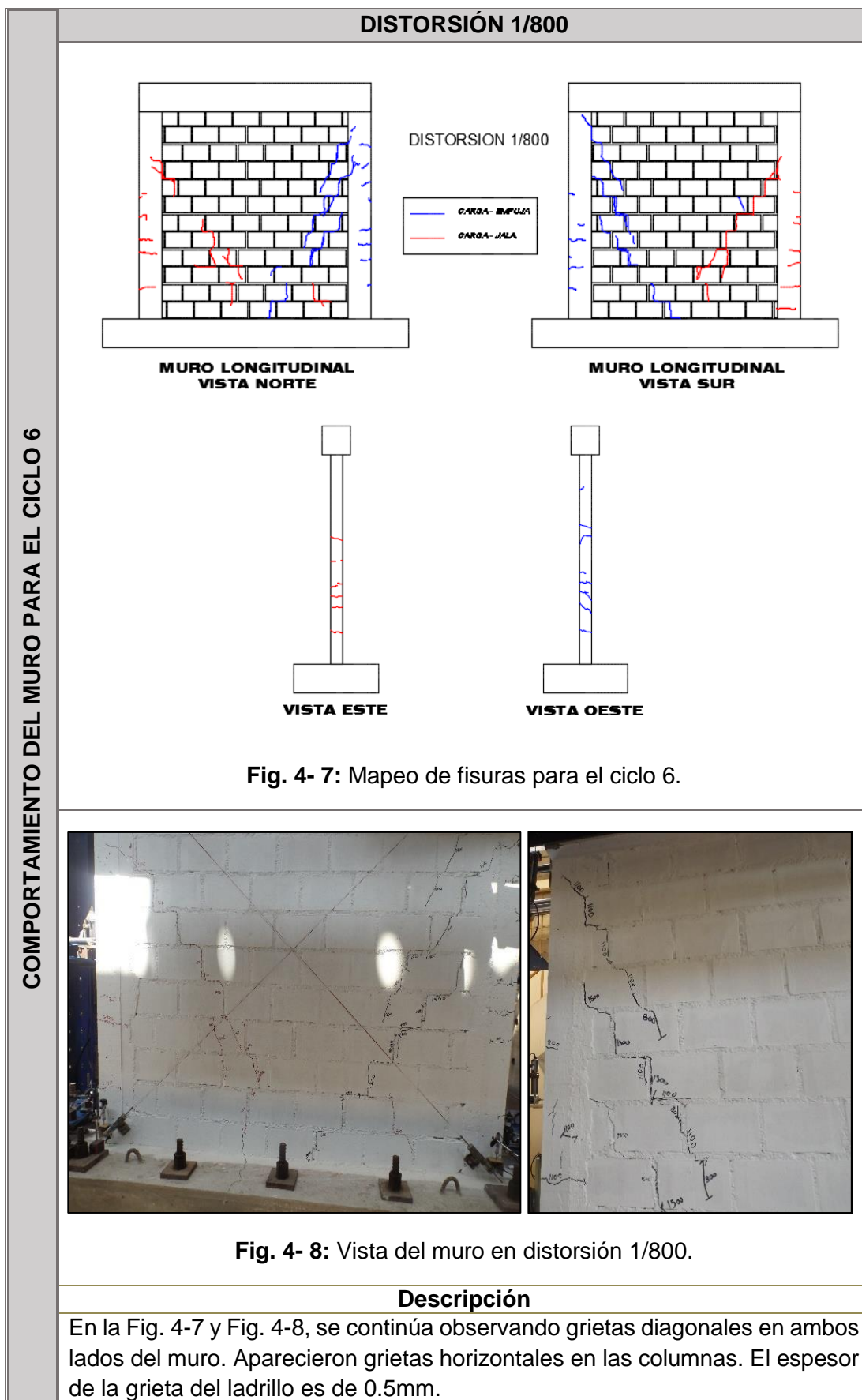
Con el objetivo de entender el comportamiento del muro ensayado denominado MBAT-05, se llevó a cabo una interpretación de la inspección visual realizada durante el ensayo mostrado a continuación donde se detalla el comportamiento del muro en cada ciclo.

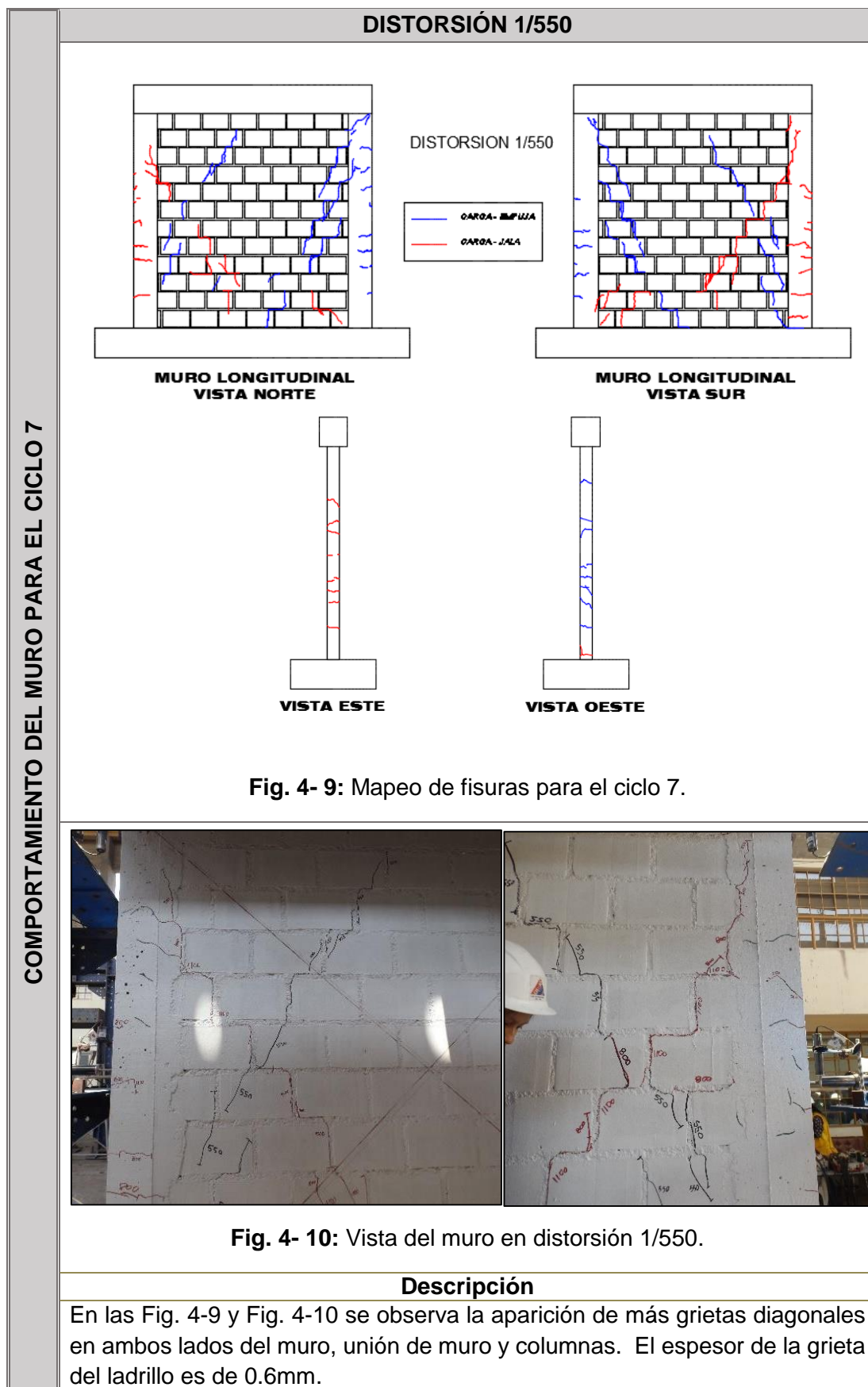


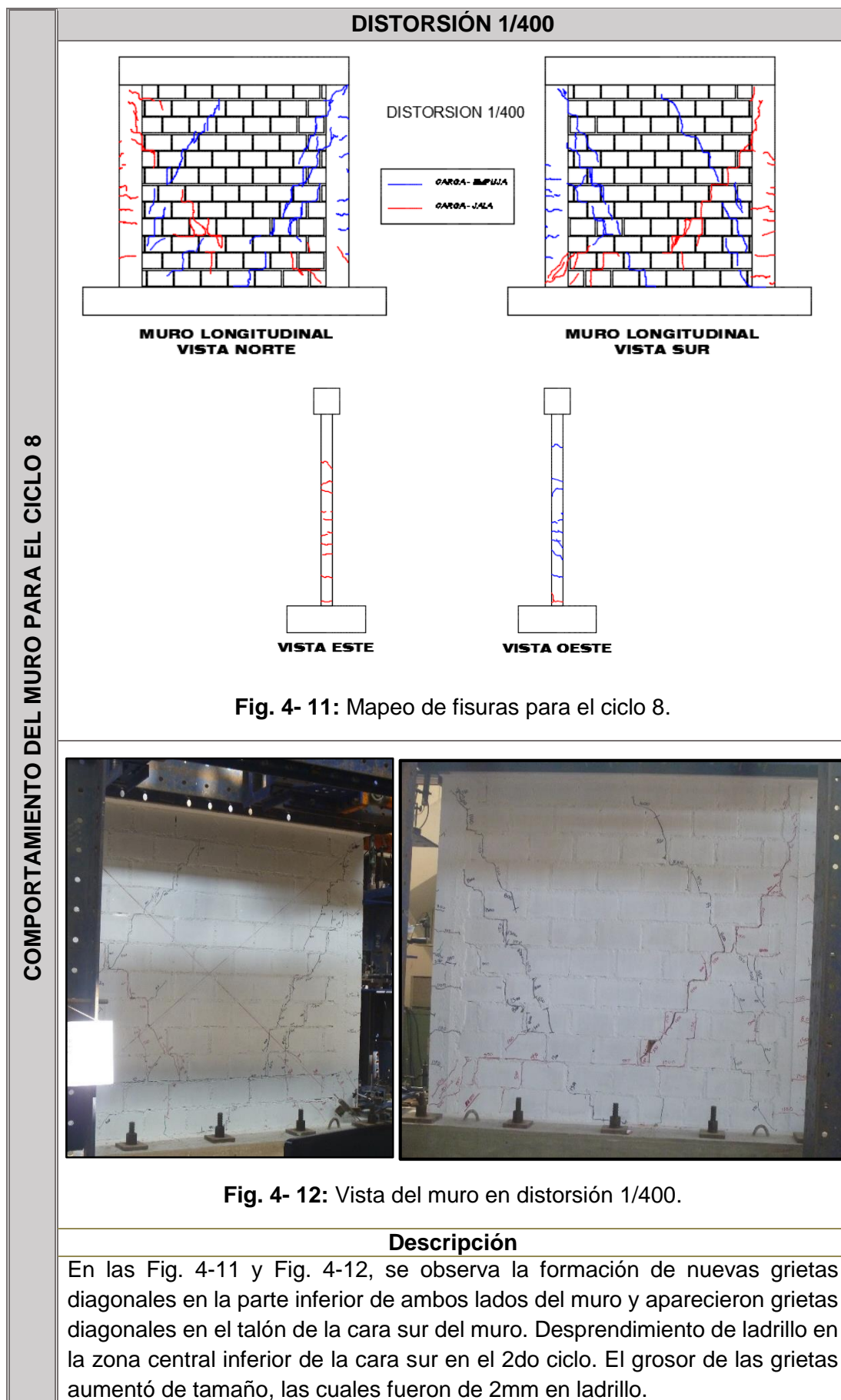
Fuente: Elaboración propia.











Fuente: Elaboración propia.

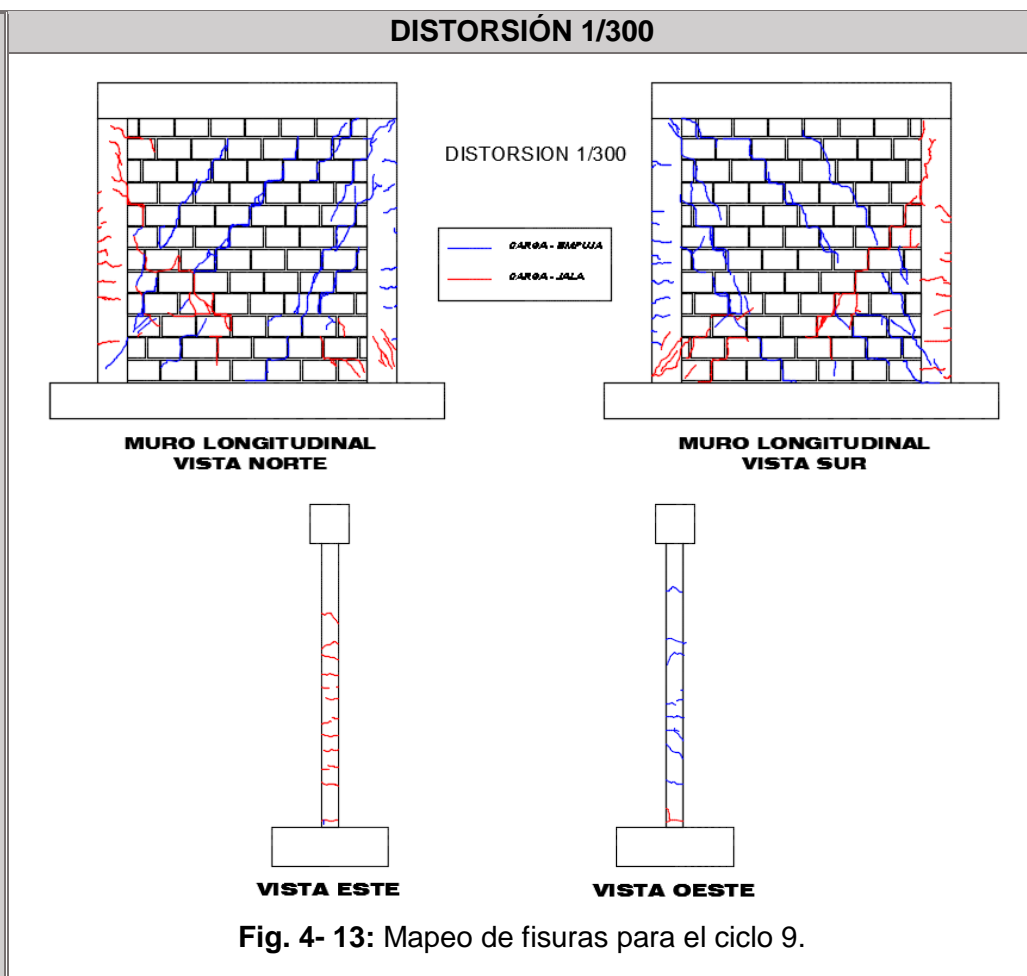
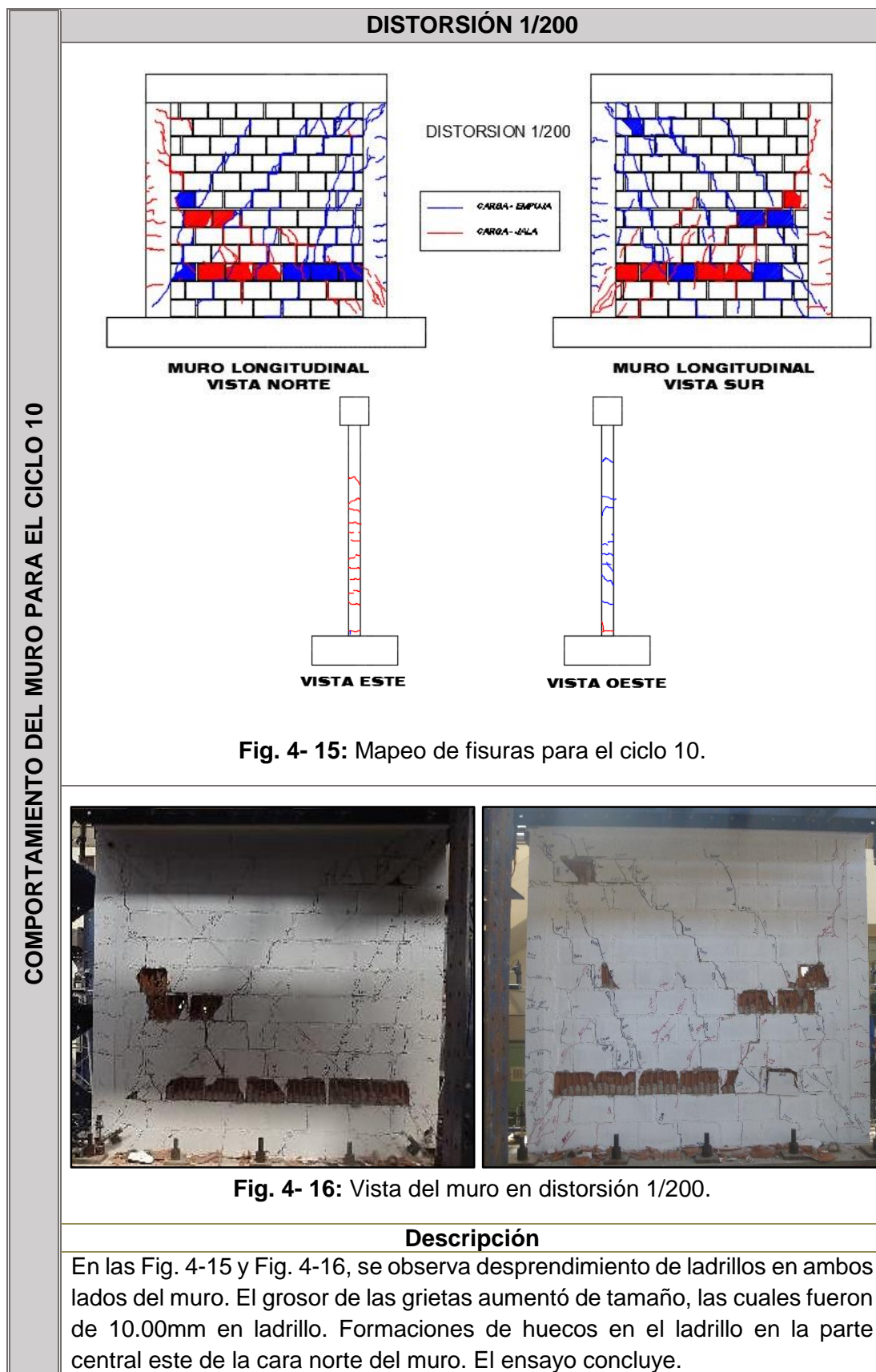


Fig. 4- 14: Vista del muro en distorsión 1/300.

Descripción

En las Fig. 4-13 y Fig. 4-14, se observa la formación de grietas en la parte superior central de la cara norte, desprendimiento y levantamiento de ladrillo en la zona inferior y separación de ladrillo con mortero en ambos lados. Del mismo modo formación de grietas en la cara sur del muro, también formación de grietas en el talón y en la parte inferior de la columna oeste.

Fuente: Elaboración propia



4.2 CURVA HISTERÉTICA

Las características de falla desarrollada en el muro durante el ensayo, se describen a través de diagramas de histéresis. En dichos diagramas se analizó la capacidad de deformación y la degradación de la rigidez lateral.

Los resultados principales del ensayo se obtuvieron a partir de la respuesta del muro en términos de desplazamiento y la carga aplicada.

Conforme al protocolo de desplazamiento, indicado anteriormente, se realizó el ensayo estático cíclico. La Figura 4-17, muestra la relación entre el desplazamiento y la carga aplicada, mediante la curva de histéresis.

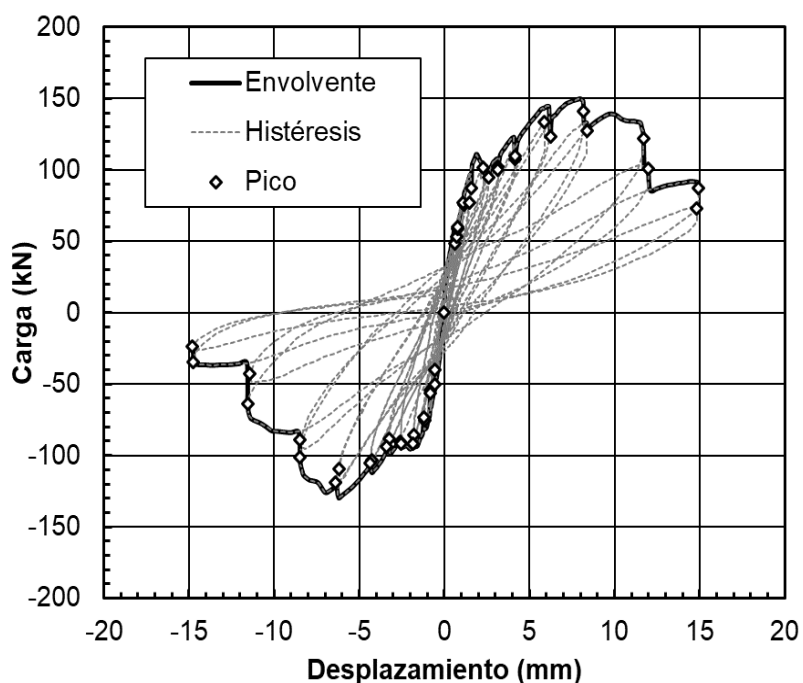


Fig. 4- 17: Curva histéretica del espécimen MBAT-05.

En la Figura 4-17 se observa la envolvente de los lazos histéreticos por cada ciclo, para realizar la envolvente se considera la mayor carga en cada ciclo.

4.3 CURVA DE CAPACIDAD

La curva de capacidad muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión.

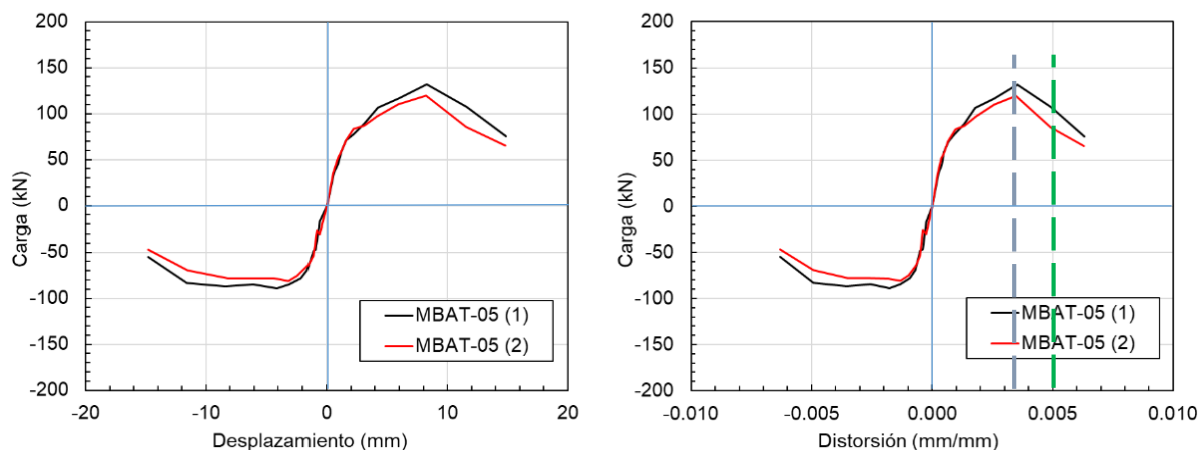


Fig. 4- 18: Curva de capacidad del espécimen MBAT-05

En la figura 4-18, muestra la curva de capacidad para la primera y segunda aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento, respectivamente en términos de desplazamiento y distorsión. En esta figura se indican el límite de distorsión 0.005, establecida en la Norma E.030. Se observa que la carga máxima se alcanza a una distorsión de 0.0033 mm/mm ó 1/300, el cual no cumple con lo que la norma nos indica.

Cada uno de los ciclos presentó los siguientes desplazamientos laterales máximos calculados, teniendo como dato la distorsión objetivo y la altura del muro que es de 2.20m.

$$\text{Distorsión} = \frac{\text{Desplazamiento (mm)}}{\text{Altura de entrepiso (mm)}}$$

Tabla 4- 1: Datos asociados a la distorsión objetivo para el control de desplazamiento por ciclo

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Distorsión Objetivo	1/4200	1/3000	1/2150	1/1500	1/1100	1/800	1/550	1/400	1/300	1/200
Desplazamiento (mm)	0.52	0.73	1.02	1.47	2.00	2.75	4.00	5.50	7.33	11.00

De la Fig. 4-18, y con resultados de desplazamiento se obtiene los valores máximos de carga por cada ciclo. Ver Tabla 4-2.

Tabla 4- 2: Valores máximos de carga por ciclo.

Ciclo	Desplazamiento (mm)	Fuerza (KN)	Fuerza (Ton)
1	0.52	35	3.57
2	0.73	45	4.59
3	1.02	62	6.43
4	1.47	73	7.45
5	2.00	78	7.96
6	2.75	87	8.88
7	4.00	108	11.02
8	5.50	118	12.04
9	7.33	132	13.47
10	11.00	110	11.22

4.4 DISTORSIÓN ANGULAR

La Norma Técnica E.030 indica que la máxima distorsión angular permisible para muros de albañilería confinada es de 0.005. Para nuestro caso esta distorsión corresponde a un desplazamiento lateral de $0.005 \times h$, donde "h" es la altura del muro, en consecuencia, $\Delta = 0.005 \times 2200\text{mm} = 11.00 \text{ mm}$ asociado a un ciclo 10. Este sería el límite para que el muro pueda ser reparado.

4.5 MÓDULO DE CORTE Y ELASTICIDAD

El módulo de elasticidad (E_m), se pudo obtener de ensayos realizados anteriormente. Según la Norma Técnica E.070, el módulo de corte se halla con la siguiente fórmula:

$$G_m = 0.40 E_m$$

Donde:

E_m = Módulo de elasticidad de las pilas (kg/cm^2), ver Tabla 2-9 (determinación de f'_m y E_m)

$$G_m = 0.40 \times 40546.41$$

$$G_m = 16218.56 \text{ kg/cm}^2$$

4.6 CÁLCULO DE LA RIGIDEZ LATERAL ELÁSTICA (K)

4.6.1. Rigidez lateral teórica

Para el cálculo de la rigidez lateral teórico del muro se asume que se comporta como un elemento en voladizo y se utiliza la siguiente expresión:

$$K = \frac{E}{\frac{h^3}{3I} + \frac{f h (E/G)}{A}}$$

Donde:

K = Rigidez lateral (ton/m).

E = Módulo de elasticidad experimental.

h = Altura del muro, desde la base hasta el eje de carga (2.35m).

I = Inercia de la sección transformada no agrietada.

f = Factor de forma.

G = Módulo de corte experimental.

A = Área de la sección transversal del muro.

Según la Norma Técnica E.070, para obtener las propiedades del muro tenemos que aplicar el criterio de sección transformada, lo que significa transformar las columnas de confinamiento en elementos equivalentes de albañilería.

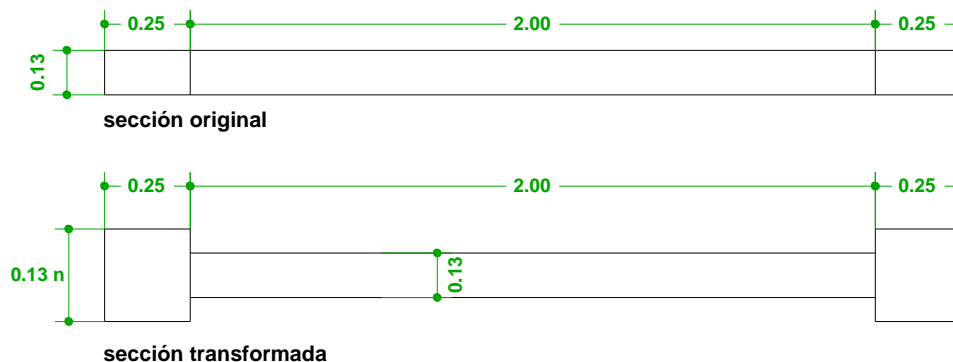


Fig. 4- 19: Sección Real y Transformada del muro de albañilería.

En la Fig. 4-19 se observa las dimensiones de las secciones de un muro de albañilería en unidad de medida metros, tanto para la sección original como la trasformada. El valor de "n" es el cociente del módulo de elasticidad del concreto entre el módulo de elasticidad de la albañilería. El módulo de elasticidad del concreto se calcula con la siguiente expresión indicada en la Norma Técnica E.060.

$$E_c = 15000\sqrt{f'c}$$

$$E_c = 15000\sqrt{175} = 198431 \text{ kg/cm}^2$$

De esta manera el ancho de la columna transformada se aprecia en la Tabla 4-3.

Tabla 4- 3: Cálculo de la sección transformada.

Ec (kg/cm²)	Em (kg/cm²)	n=Ec/Em	n x 0.13 (m)
198431	40546.41	4.89	0.636

La inercia del muro de albañilería es igual a:

$$I = \frac{13 \times 200^3}{12} + 2 \left[\frac{63.60 \times 25^3}{12} + 63.60 \times 25 \times 112.5^2 \right] = 49'079,166.67 \text{ cm}^4$$

El factor de forma (f) es el área total de la sección transformada entre el área del alma:

$$f = \frac{(63.60 \times 25 \times 2 + 200 \times 13)}{250 \times 13} = 1.78$$

El resultado de la rigidez lateral, se observa en la tabla 4-4.

Tabla 4- 4: Cálculo de la Rigidez Lateral Teórica.

Muro	Inercia	f	A	h	E	K
	cm⁴	cm²/cm²	cm²	cm	kg/cm²	ton/m
MBAT-05	49079166.67	1.78	5780	235	40546.41	15069.20

4.6.2. Rigidez lateral experimental

Se utilizó la gráfica Carga Lateral – Desplazamiento del primer ciclo para el cálculo de la rigidez lateral, dado que en este ciclo el muro tuvo un comportamiento elástico. La rigidez lateral experimental es hallada tomando en cuenta la pendiente de un tramo del lazo histerético que represente el comportamiento elástico del muro.

$$K = \frac{\Delta F \text{ horizontal}}{\Delta \text{ Desplazamiento}}$$

Donde:

K = Rigidez lateral (ton/m)

ΔF horizontal = Variación de fuerzas horizontales entre los puntos 1 y 2.

ΔF Desplazamiento = Variación de desplazamientos entre los puntos 1 y 2.

En la Fig. 4-20 y Tabla 4-5 se muestra los resultados

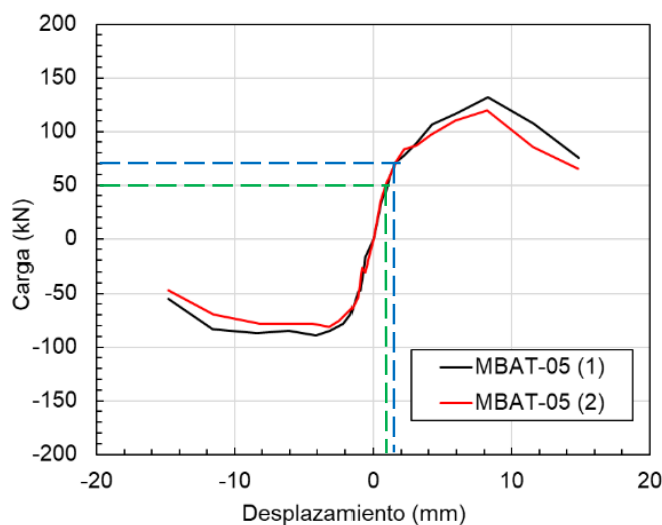


Fig. 4- 20: Curva de capacidad del primer ciclo para el muro MBAT-05.

Tabla 4- 5: Cálculo de Rigidez (K)

Muro	Punto 1		Punto 2		ΔF (KN)	ΔD (mm)	K (ton/m)
	F (kN)	D (mm)	F (kN)	D (mm)			
MBAT-05	5.102	0.08	7.143	0.19	2.041	0.11	18552.73

La rigidez lateral elástica (K) fue 18552.73 ton/m. La rigidez experimental del muro fue 23% mayor que la rigidez determinada teóricamente (15069.20 ton/m).

4.7 CÁLCULO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN POR FLEXIÓN

4.7.1. Fisuración en tracción por flexión

Para determinar teóricamente la carga asociada a la primera fisura, se utilizó el criterio de la sección transformada no agrietada.

El esfuerzo de tracción máximo se calculó con la siguiente expresión:

$$\sigma_{tracción} = \frac{M x y}{I} = \frac{f' t}{n} = \frac{2\sqrt{f' c}}{n}$$

$$M = F x h$$

Entonces la capacidad de tracción del concreto:

$$F = \frac{2\sqrt{f' c} I}{h x y x n}$$

Donde:

F = Capacidad de tracción del concreto, teóricamente asociada a la aparición de la primera fisura.

n = $E_c / E_m = 4.89$

y = Distancia del centroide al extremo traccionado = 1.25 m.

I = Momento de inercia de la sección transformada no agrietada

El resultado se muestra en la Tabla 4-6.

Tabla 4- 6: Cálculo de fuerza asociada a la primera fisura de tracción por flexión.

Muro	Inercia cm ⁴	h cm	n = E_c / E_m	y cm	F ton
MBAT-05	49079166.67	235	4.89	125	9.04

4.7.2. Resistencia a la tracción por flexión experimental

La primera fisura de tracción por flexión ocurrió en el tercer ciclo del ensayo para una fuerza de 6.43 ton, como se puede observar en la tabla 4-7 el valor obtenido del ensayo es menor al valor teórico determinado en el acápite 4.7.1.

Tabla 4- 7: Fuerza de agrietamiento de tracción por flexión.

Muro	F experimental (ton)	F teórica (ton)	Error
MBAT-05	6.43	9.04	40.59%

4.8 RESISTENCIA AL AGRIETAMIENTO DIAGONAL

4.8.1. Resistencia al agrietamiento diagonal teórico

La carga asociada al agrietamiento diagonal de un muro de albañilería se determina con la siguiente expresión:

$$V_m = 0.5 \times v'_m \times \alpha \times t \times L + 0.23 \times P_g$$

Donde:

V_m = resistencia teórica al agrietamiento diagonal.

v'_m = resistencia a corte puro de los muretes = 4.192 Kg/cm²

t = espesor del muro efectivo = 13cm

L = longitud total del muro, incluyendo el peralte de las columnas = 250 cm

α = factor de reducción por efecto de esbeltez = 1

P_g = fuerza gravitacional de servicio.

El resultado se muestra en la Tabla 4-8.

Tabla 4- 8: Cálculo de carga de agrietamiento diagonal.

Muro	v'm	L	t	α	Pg	Vm
	ton/m2	m	m		ton	ton
MBAT-05	41.920	2.5	0.13	1	10.20	9.16

4.8.2. Resistencia al agrietamiento diagonal experimental

Experimentalmente la fuerza que origino el agrietamiento diagonal del muro se presentó en cuarto ciclo durante el ensayo como se muestra en la tabla 4-9, donde el valor experimental fue 22.95% menor.

Tabla 4- 9: Cargas del agrietamiento diagonal.

Muro	Vm experimental (ton)	Vm teórica (ton)	Error
MBAT-05	7.45	9.16	22.95%

4.9 RESISTENCIA MÁXIMA

4.9.1. Resistencia máxima teórica

Para muros de sección rectangular, el momento flector máximo se calcula con la siguiente expresión:

$$Mn = As \times fy \times d$$

Donde:

Mn = momento flector nominal máximo.

As = área del refuerzo vertical en el extremo del muro ($4\phi 1/2''$) = 5.16 cm²

fy = 4200 kg/cm²

d = peralte efectivo del muro = 0.80 L = 200 cm.

El resultado se muestra en la Tabla 4-10.

Tabla 4- 10: Cálculo del momento nominal máximo.

Muro	As	fy	d = 0.80 L	Mn
	m2	ton/m2	m	ton x m
MBAT-05	0.000516	42000	2.00	43.34

La fuerza cortante asociada es:

$$V_f = \frac{M_n}{h} = \frac{43.34}{2.35} = 18.44 \text{ ton}$$

4.9.2. Resistencia máxima experimental

La resistencia máxima experimental se alcanzó durante el ciclo 9 del ensayo, lográndose un valor de 13.47 ton., el cual es menor al valor calculado de la fuerza asociada al máximo momento nominal $V_f=18.44$ ton, se puede concluir que el acero no ingreso a la etapa de endurecimiento.

4.10 TIPO DE FALLA ESPERADA

Teóricamente se define el tipo de falla, comparando los resultados de la Tabla 4-8 (carga asociada al primer agrietamiento diagonal) y el valor obtenido experimentalmente, de esta manera, si $V_m < V_f$ el muro falla por corte.

Comparando resultados, tenemos:

Tabla 4- 11: Tipo de falla esperada.

Muro	V_m	V_f	$V_m < V_f$	Tipo de falla
	ton	ton		
MBAT-05	9.16	18.44	OK	Por Corte

Al final del ensayo se pudo apreciar que el muro falla por corte, por lo que la teoría fue confirmada experimentalmente.

4.11 DEGRADACIÓN DE LA RIGIDEZ

Para graficar la degradación de la rigidez lateral a lo largo del incremento del desplazamiento horizontal, fue necesario analizar las gráficas fuerza-desplazamiento del sensor CH-04.

La rigidez lateral se calculó como la pendiente del lazo histerético perteneciente al ciclo 2 del ensayo, siendo el más estable. Los puntos considerados para calcular la rigidez se muestran en la Tabla 4-12.

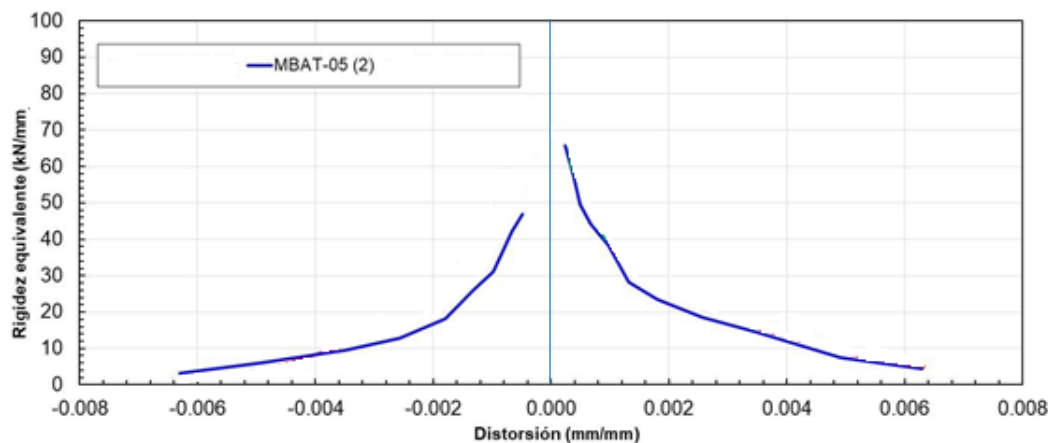


Fig. 4- 21: Degradación de la rigidez lateral en muro de albañilería confinada.

Tabla 4- 12: Degradación de la rigidez equivalente del muro MBAT-05.

Ciclo	Distorsión	Positivo		Negativo	
		K (kN/mm)	Degradación (%)	K (kN/mm)	Degradación (%)
1	1/4200	67.00	100%	-	-
2	1/3000	60.00	89.55	46	100
3	1/2150	51.00	76.12	45	97.83
4	1/1500	45.00	67.16	43	93.48
5	1/1100	42.00	62.69	35	76.09
6	1/800	37.00	55.22	31	67.39
7	1/550	23.00	34.33	17	36.96
8	1/400	20.00	29.85	13	28.26
9	1/300	17.00	25.37	11	23.91
10	1/200	8.00	11.94	7.5	16.30

En la Tabla 4- 12 se aprecia la degradación de la rigidez por ciclo, conforme va avanzando el ensayo la rigidez del muro se va degradando debido a fuerzas aplicadas.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

CAPÍTULO V DISCUSIÓN

5.1 COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

Como hipótesis específica 01, se había planteado:

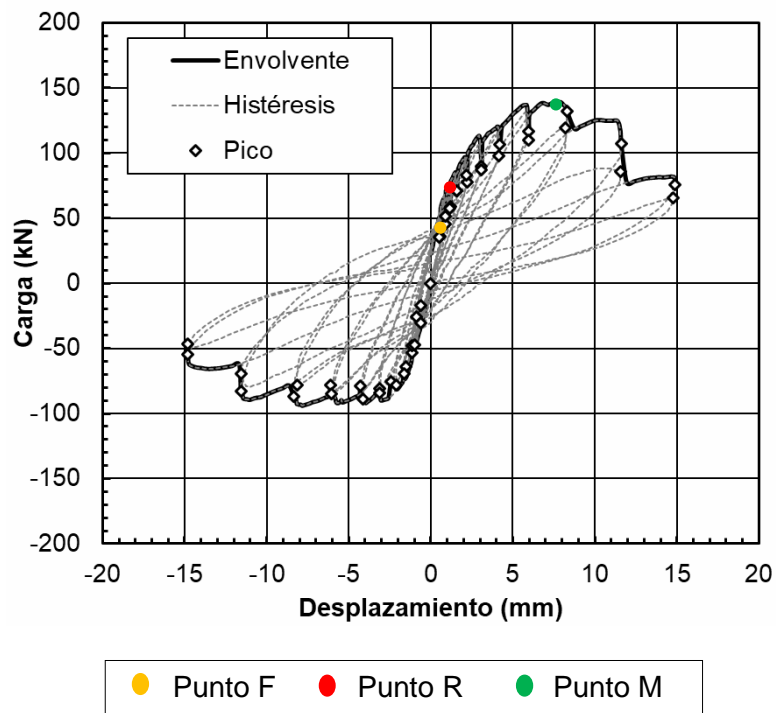
“La curva de capacidad de un muro de albañilería confinada construida con “Blocker II” se determina mediante los resultados obtenidos del ensayo de carga lateral cíclica, donde se presentan lazos histeréticos muy finos, que nos indica la baja capacidad de disipación de energía, con fallas frágiles que reducen la resistencia y rigidez del muro”.

- **La primera fisura visible de tracción por flexión**
- **El agrietamiento diagonal**
- **La carga lateral máxima**

Por lo que se indica lo siguiente:

La curva de capacidad representa la resistencia a carga lateral de una estructura, expresada en función de desplazamiento. La curva de capacidad está dada por la envolvente de los todos lazos histeréticos de cada ciclo, está se obtiene a partir de la curva histerética que describe los mecanismos de daño o falla desarrollado en el muro durante el ensayo.

Con los resultados obtenidos de la curva de capacidad del muro de albañilería confinada construidos con unidad de albañilería “Blocker II” se puede definir en qué ciclo del ensayo ocurrieron los estados de daño.



En la Tabla 5-1 se indica la carga lateral y el ciclo en que ocurrieron:

- La primera fisura visible de tracción por flexión (punto F)
- El agrietamiento diagonal (punto R)
- La carga lateral máxima (punto M)

Tabla 5- 1: Estado de daño y ciclo en que ocurrieron.

MBAT-05	Fuerza		Desplazamiento (mm)	Distorsión	Ciclo
	kN	ton			
Primera Fisura	63	6.43	1.03	1/2150	3
Agrietamiento Diagonal	73	7.45	1.47	1/1500	4
Carga Máxima	132	13.47	7.33	1/300	9

Fuente: Elaboración propia

Como hipótesis específica 02, se había planteado:

“Los resultados obtenidos del muro de albañilería confinada denominado MBAT-05, construido con unidad “Blocker II” no cumple con los límites indicados en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser empleado en muros portantes”.

Por lo que se indica lo siguiente:

La Distorsión máxima admisible para elementos de diferentes materiales está indicada en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones. En su artículo 5.2, Desplazamientos Laterales Permisibles, muestra el máximo desplazamiento relativo de entrepiso, el cual se presenta en la tabla 5-2.

Tabla 5- 2: Límites para la distorsión del entrepiso.

Material Predominante	(Δ_i / h_{ei})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0,005

La Norma Técnica de Edificaciones E.030 nos indica que para muros de albañilería su distorsión angular máxima es de 0.005., en nuestro caso se observó que la carga máxima alcanza una distorsión de 0.0033 mm/mm ó 1/300, el cual no cumple con lo que la norma nos indica.

Según los ensayos de carga lateral cíclica ejecutados anteriormente de los especímenes denominados MBAT-1, MBAT-2 y MBAT-4 de los cuales concluyeron que no tienen un buen comportamiento sísmico, no cumplen con la distorsión máxima admisible.

Por otro lado, el muro MBAT-05 construido con unidades tipo “Blocker II” no cumple con lo estipulado en la Norma Técnica E.070 “Albañilería” del Reglamento Nacional de Edificaciones donde menciona las limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales, Tabla 2-13, para muros portantes y en zonas

altamente sísmicas no se puede hacer uso de unidades huecas ya que estas se trituran frágilmente después de generarse las grietas diagonales.

Del mismo modo hace mención cuando una unidad supera el 30 % de huecos con respecto al área bruta, se clasifica como una unidad hueca. De los resultados obtenidos de ensayos de la tesis "PROPUESTA DE FÓRMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS CONSTRUIDOS CON BLOCKER II" nos indica que el Blocker II es una unidad hueca con un 53.93% de área hueca.

Por lo tanto, los muros de edificaciones construidas con unidades tipo "Blocker II" son altamente vulnerables ante movimientos sísmicos.

COMO HIPÓTESIS GENERAL:

"Mediante la realización del ensayo de carga lateral cíclica de un muro de albañilería con "Blocker II" del espécimen denominado MBAT-05, y obteniendo las curvas de capacidad, estados de daño y tipo de falla, permite evaluar el comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada, construidos con unidad hueca "Blocker II".

Por lo que se indica lo siguiente:

En la presente tesis denominada "COMPORTAMIENTO A CARGA LATERAL CÍCLICA DE UN MURO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA CONSTRUIDA CON UNIDAD DE ALBAÑILERÍA "BLOCKER II - ESPÉCIMEN MBAT- 05" de acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que el muro de albañilería confinada no tiene un buen comportamiento sísmico, el muro presentó una degradación de rigidez conforme progresaba el ensayo, se observó trituración de las unidades de albañilería. El tipo de falla en el muro fue por corte comprobado teóricamente y experimentalmente.

Es necesario realizar más ensayos experimentales y proponer técnicas para el reforzamiento para este tipo de muros; ya que estos predominan en la ciudad de Tacna.

CONCLUSIONES

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

Primera conclusión:

En el presente trabajo de investigación se determinó la curva histerética y curva de capacidad para el muro MBAT-05 de albañilería confinada construido con unidades de albañilería "Blocker II". En la curva histerética, se puede observar un comportamiento elástico durante los dos primeros ciclos.

Del ensayo se observó que el tercer ciclo se produjo las primeras fisuras por flexión en las columnas de concreto para una distorsión 0.00047mm/mm (1/2150) con una carga de 63kN.

El agrietamiento diagonal empezó en cuarto ciclo del ensayo para una distorsión de 1/1500mm/mm (0.00067) con una carga de 73 kN.

La carga máxima lateral se alcanzó en el noveno ciclo para una distorsión de 1/300 (0.0033) con una carga máxima de 132 kN, luego de este punto, se observa una disminución de la carga a medida que los desplazamientos aumentan.

Las curvas nos permiten observar los estados de daño que ocasionaría un sismo al utilizar este tipo de unidades de albañilería.

Segunda conclusión:

Para una distorsión máxima admisible de 0.005 para elementos de albañilería que está indicada en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones se obtiene una carga promedio de 84 kN. En el espécimen MBAT-05 la carga máxima es de 132 kN para una distorsión de 0.0033 (1/300), por lo cual no cumple con lo establecido en la Norma.

La Norma Técnica E.070 "Albañilería" del Reglamento Nacional de Edificaciones, prohíbe su uso unidades huecas en zonas sísmicas, ya que estas se trituran frágilmente después de generarse las grietas diagonales.

Conclusión General:

Finalmente, se concluye que a través de ensayos experimentales se evalúa el comportamiento de los muros bajo cargas cíclicas en términos de resistencia, rigidez y el tipo de falla. El muro MBAT-05 no cumple con lo establecido en las Normas.

El presente estudio, contribuye con información para posteriores estudios de reparabilidad en muros de albañilería confinada con unidades tipo Blocker II.

RECOMENDACIONES

Primera Recomendación:

Se recomienda a futuros tesisistas que se realice más ensayos experimentales de carga lateral cíclica de muros usando unidades tipo Blocker II con distintos niveles de carga vertical a fin de obtener curvas histeréticas y curvas de capacidad con la finalidad de realizar posteriores estudios de comportamiento sísmico en las viviendas de construcciones informales en la ciudad de Tacna.

Segunda Recomendación:

En base a los resultados de los ensayos realizados se recomienda a las Autoridades Municipales, velar por el cumplimiento de las Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones en las construcciones de viviendas de la población tacneña, experimentalmente se demostró que el uso del Blocker II no cumple con lo establecido en las Normas, con el propósito de evitar pérdidas humanas y económicas.

Recomendación General:

Se recomienda a los futuros tesisistas continuar realizando estudios experimentales en muros de albañilería con las diferentes unidades que existen en la ciudad de Tacna, con la finalidad de conocer el comportamiento de los muros, con miras de proponer técnicas reparación y reforzamiento del muro para realizar una comparación con los resultados obtenidos en este presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (2005). *Análisis y Diseño de edificaciones de albañilería*. (Segunda Edición). Lima, Perú.
- Acero Martínez, J., & Cotrado Flores, D. (2016). "*Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II*". Tacna - Perú.
- Angles, P. (2008). "*Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otros con ladrillo de arcilla*". (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Agüero, A. y Fernández, M. (2011). "*Estudio de un nuevo ladrillo de concreto y de la influencia de la cal en el mortero en el comportamiento sísmico de muros confinados*". (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Bernedo, N. y Choquepata, E. (2017). "*Estados límites de dos muros de albañilería construidos con Blocker II*". (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna. Tacna, Perú.
- Blanco Blasco, A. (s.f.). Efectos del sismo del 23 de junio del año 2001 en la zona Sur del Perú.
- Blanco Blasco, A. (s.f.). Problemática de las Edificaciones de Concreto Armado y Ladrillo. (<http://docplayer.es/51437001-Problematica-de-las-edificaciones-de-concreto-armado-y-ladrillo-antonio-blanco-blasco-ingenieros-e-i-r-l.html>.)
- Bolaños, H. y Moreno, M. (2007). "*Ensayo de carga lateral cíclica en muros portantes Placa P-14*". (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

- Caraza, V. (2015). *“Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de albañilería Blocker II de la ladrillera Martorell a la norma RNE E.070 con fines de uso en viviendas de la ciudad de Tacna”*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. Tacna, Perú.
- Conde, D. y Chambl, R. (2017). *“Ensayo a carga lateral de un muro de albañilería confinada construido con Blocker II”*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna. Tacna, Perú.
- Cotrado, D. y Acero, J. (2016). *“Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II”*. (Tesis de Postgrado). Universidad Privada de Tacna. Tacna, Perú.
- Echevarría, G. (1985). *“Efectos de la carga vertical en muros confinados sometidos a carga lateral cíclica”*. Lima, Perú.
- Gallegos, H y Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural – Ensayos Cíclicos. Lima – Perú*.
- Instituto Geofísico del Perú – IGP. *(Terremoto ocurrido en la región Sur de Perú – 2001)*
- Iparraguirre, Y. (2014). *“Comportamiento sísmicos de muros de albañilería confinada tipo Haití, ensayo de carga lateral y vertical”*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Muñoz, A., San Bartolomé, A. y Rodríguez, C. *“Fuerzas Sísmicas de Diseño para Edificaciones de Albañilería”*. Libro de Ingeniería Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Primera edición 2001
- Paco, F. y Leonel, J. (2017). *“Ensayo de carga cíclica de un muro a escala natural con ladrillo Blocker II – Espécimen MBAT-04”*. (Tesis de pregrado). Universidad Privada de Tacna. Tacna, Perú.
- Paredes, J. y Caycho, D. (2009). *“Control de trituración de los ladrillos huecos en muros de albañilería confinada sujetos a carga lateral cíclica”*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

- Pari, S. y Manchego, J. (2017).” *Análisis experimental de muros de albañilería confinada en viviendas de baja altura en Lima, Perú*”. (Tesis de Postgrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Rodríguez, M. (2011).” *Comportamiento a fuerza cortante de muros de concreto de ductilidad limitada con 8 cm de espesor*”. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2006): *Norma Técnica E.070 “Albañilería”*. Lima, Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2016): *Norma Técnica E.030 “Diseño Sísmoresistente”*. Lima, Perú.
- San Bartolomé, A. (2005). “*Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería Informe final*”. Sencico. Lima, Perú.
- San Bartolomé, A., Vicente, E., Mendoza, R., Solano, P. (2003). “*Comportamiento a carga lateral cíclica de muros de albañilería armada construidos con bloques de concreto vibrado*”. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- San Bartolomé, A., Quiun, D. y Silva, W. (2013). “*Diseño y construcción de estructuras sísmorresistentes de albañilería*”. Lima – Perú.
- San Bartolomé, A. (1992). *Ensayos de Carga Lateral Cíclica en muros de albañilería confinada – Correlación de resultados entre especímenes a escala natural y probetas pequeñas*.
- San Bartolomé, A. (2007): “*Blog de Investigación en Albañilería*” <http://blog.pucp.edu.pe/albañilería>”.
- Sáenz, L. (2016). “*Comportamiento sísmico de tabiques construidos con ladrillos pandereta*”. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.

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

Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Decreto supremo N° 011-2006-vivienda. Lima.

Anexo 1: Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	INDICADOR	MÉTODO	
INTERROGANTE PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPÓTESIS PRINCIPAL				
¿Cuál es el comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada, construidos con "Blocker II", sometidos a carga lateral cíclica, con el propósito de determinar las curvas de capacidad, estados de daño y tipo de falla?	Evaluar el comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada, construidos con "Blocker II", sometidos a carga lateral cíclica, con el propósito de obtener las curvas de capacidad, estados de daño y tipo de falla.	Mediante la realización del ensayo de carga lateral cíclica de un muro de albañilería con "Blocker II" del espécimen denominado MBAT-05, y obteniendo las curvas de capacidad, estados de daño y tipo de falla, permite evaluar el comportamiento sísmico de un muro de albañilería confinada, construidos con "Blocker II".	Variable dependiente: Comportamiento sísmico a carga lateral cíclica.	- Fuerzas (Tn) - Desplazamientos (mm)	Experimental	
INTERROGANTES SECUNDARIAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS				
¿Cuáles son los valores de las curvas de capacidad de un muro de albañilería confinada construida con "Blocker II" a través del ensayo de carga lateral cíclica, para la continuación de estudios de reparabilidad?	Obtener las curvas de capacidad de un muro de albañilería confinada construida con "Blocker II" a través del ensayo de carga lateral cíclica, para la continuación de estudios de reparabilidad.	La curva de capacidad de un muro de albañilería confinada construida con "Blocker II" se obtiene mediante los resultados obtenidos del ensayo de carga lateral cíclica, donde se presentan lazos histeréticos muy finos, que nos indica la baja capacidad de disipación de energía, con fallas frágiles que reducen la resistencia y rigidez del muro.		Variable independiente: Muros de Albañilería Confinada construidos con "Blocker II".		- Número de Especímenes
¿El muro de albañilería confinada construido con unidades huecas "Blocker II", cumple con los límites especificados en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser empleado en muros portantes?	Comparar los resultados obtenidos del muro de albañilería confinada construido con unidades huecas "Blocker II", cumple con los límites especificados en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser empleado en muros portantes.	Los resultados obtenidos del muro de albañilería confinada denominado MBAT-05, construido con unidad "Blocker II" no cumple con los límites indicados en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 y E.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, para ser empleado en muros portantes.				

Anexo 2:
**Informe: “ENSAYO DE CARGA
CÍCLICA DE UN MURO A ESCALA
NATURAL” (CISMID)**



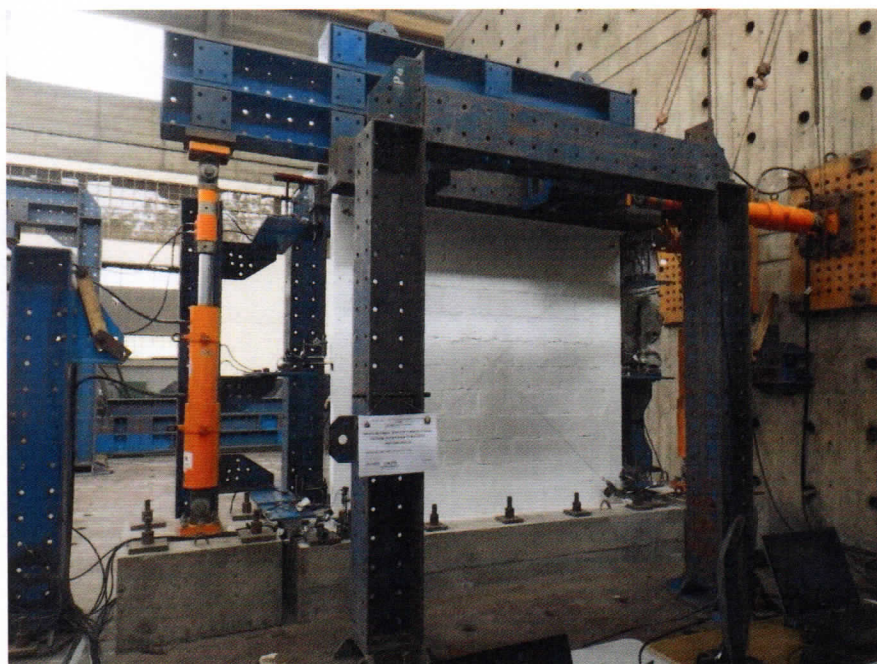
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

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



ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS A ESCALA NATURAL

ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II



Elaborado por:
Laboratorio de Estructuras

Responsables:
Dr. Ing. Carlos Zavala Toledo
Dr. Ing. Miguel Díaz Figueroa
Mag. Ing. Erika Nora Flores Terreros
Bach. Ing. Daniel Felipe Escalante Mariño

Lima – Perú – Agosto de 2017





CONTENIDO

CONTENIDO	1
LISTA DE FIGURAS	2
LISTA DE FOTOS	3
1. ANTECEDENTES	9
2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	9
2.1. Descripción del mecano de carga	9
2.2. Sistema de aplicación de carga	10
2.3. Sistema de adquisición de datos	11
2.4. Protocolo de desplazamientos	12
3. ESPÉCIMEN	14
4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	15
5. CONCLUSIONES	22
ANEXOS.....	23
Panel fotográfico	24
MBAT-04	24
MBAT-05	30
MBAT-06	41
Mapeo de grietas	44
MBAT-04	44
MBAT-05	51
MBAT-06	58





LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista en planta del aparato de carga.....	10
Figura 2. Esquema de la configuración del ensayo cíclico	11
Figura 3. Sistema de adquisición	12
Figura 4. Protocolo de desplazamiento objetivo	12
Figura 5. Espécimen básico. Unidades: m	14
Figura 6. Curva histerética del espécimen MBAT-4	15
Figura 7. Curva de capacidad del espécimen MBAT-4	16
Figura 8. Curva histerética del espécimen MBAT-5	16
Figura 9. Curva de capacidad del espécimen MBAT-5	17
Figura 10. Curva histerética del espécimen MBAT-6	17
Figura 11. Curva de capacidad del espécimen MBAT-6	18
Figura 12. Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados... 18	
Figura 13. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	19
Figura 14. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo	19
Figura 15. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	20
Figura 16. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo	20
Figura 17. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo	21
Figura 18. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo	21





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



LISTA DE FOTOS

- Foto 1. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100 Vista cara Sur. 24
- Foto 2. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100. Vista cara Norte. 24
- Foto 3. Continuación de grietas diagonales y aparición de nuevas grietas diagonales en la parte inferior central en el mortero para una distorsión 1/800. Vista cara Norte. 24
- Foto 4. Continuación de grietas diagonales y aparición de nuevas grietas diagonales en la parte inferior oeste y superior este en el mortero para una distorsión 1/800. Vista cara Sur. 24
- Foto 5. Aparición de grietas en la esquina del ladrillo cerca de la diagonal y desprendimiento de un pequeño pedazo para una distorsión de 1/550 vista cara Norte. 24
- Foto 6. Aparición de grietas por flexión en la parte media y superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/550. 24
- Foto 7. Continuación de grietas diagonales y aparición de una pequeña grieta nueva en la esquina inferior Oeste, vista cara Sur para una distorsión de 1/550. 25
- Foto 8. Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/550. 25
- Foto 9. Aparición de grietas por flexión en la parte superior de la columna Este para una distorsión de 1/550. 25
- Foto 10. Continúa abriéndose la parte desprendida del ladrillo (1° ciclo) para una distorsión de 1/400 25
- Foto 11. Espesor de grieta de 1.7mm (Cara Norte) para una distorsión de 1/400. 25
- Foto 12. Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/400. 25
- Foto 13. Aparición de grietas por flexión en la parte central e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/400. 26
- Foto 14. Comienza a separarse un ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 1° ciclo para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 15. Aparición de pequeñas grietas (en su mayoría continuaciones de grietas diagonales anteriores) en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 16. Aparición de una grieta diagonal en la esquina superior Oeste de la cara Sur, además ocurre el desprendimiento de una esquina del ladrillo cercano a la grieta para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 17. Levantamiento de ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 2° ciclo empujando para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 18. Desprendimiento de la parte izquierda del ladrillo mencionado en la foto anterior para una distorsión de 1/300. 26
- Foto 19. Aparición de pequeñas grietas verticales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo. 27





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



Foto 20. Desprendimiento de toda la cara de un ladrillo en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.	27
Foto 21. Desprendimiento de toda la cara de un ladrillo en la parte central de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.	27
Foto 22. Continúan apareciendo grietas en los ladrillos, en este caso en la cara Sur para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.	27
Foto 23. Agrietamiento en el talón en la parte Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.	27
Foto 24. Desprendimiento del ladrillo al Oeste del ladrillo de la Foto 20 en la cara Sur para una distorsión de 1/300 al realizar la descarga del 2° ciclo.	27
Foto 25. Levantamiento del ladrillo al lado Este del ladrillo de la foto anterior en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.	28
Foto 26. Continúa el agrietamiento del talón en la parte Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.	28
Foto 27. Agrietamiento pequeño correspondiente a la continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte y Levantamiento de dos ladrillos en la zona central para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.	28
Foto 28. Aparición de una nueva grieta en el mortero en la parte superior central y desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.	28
Foto 29. Desprendimiento de otra cara de un ladrillo en la zona central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.	28
Foto 30. Desprendimiento de caras de 3 ladrillos en la zona central Este adyacentes a los de la Foto 30 en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.	28
Foto 31. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.	29
Foto 32. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.	29
Foto 33. Desprendimiento de 2 ladrillos en la parte Este central e inferior de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo al descargar.	29
Foto 34. Desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/150 en el 2° ciclo.	29
Foto 35. Desprendimiento de 2 ladrillos en la parte Oeste inferior de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 2° ciclo.	29
Foto 36. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta antes de la parte central en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1500.	30
Foto 37. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta antes de la parte central en la parte superior e inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión 1/1500.	30
Foto 38. Aparición de primera grieta en la parte central de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.	30
Foto 39. Formación de pequeñas grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión 1/1500.	30
Foto 40. Formación de pequeña grieta diagonal en el mortero en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1500.*	30





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



Foto 41. Formación de grietas diagonales en el mortero y primera grieta en ladrillo en la parte superior Este y Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1500.	30
Foto 42. Formación de grietas por flexión en la parte inferior y central de la columna Este para una distorsión 1/1500.	31
Foto 43. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1100.	31
Foto 44. Formación de grietas por flexión en la parte central e inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/1100.	31
Foto 45. Formación y continuación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.	31
Foto 46. Continuación de grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1100.	31
Foto 47. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1100.	31
Foto 48. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.	32
Foto 49. Formación de grietas por flexión en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/1100.	32
Foto 50. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.	32
Foto 51. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/800.	32
Foto 52. Formación de grietas horizontales en la parte superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/800.	32
Foto 53. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/800.	32
Foto 54. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.	33
Foto 55. Formación de grietas horizontales en la parte inferior y central de la columna Este para una distorsión de 1/800.	33
Foto 56. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/800.	33
Foto 57. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/800.	33
Foto 58. Espesor de grieta de 0.55mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/550.	33
Foto 59. Espesor de grieta de 0.6mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/550.	33
Foto 60. Desprendimiento de tapa del ladrillo con el mortero al lado inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550	34
Foto 61. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550.	34
Foto 62. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/550.	34





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



Foto 63. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/550.	34
Foto 64. Espesor de grieta de 1.60mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/400.	34
Foto 65. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400.	34
Foto 66. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.	35
Foto 67. Espesor de grieta de 2.00mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/400.	35
Foto 68. Formación de grietas diagonales en el talón Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/400.	35
Foto 69. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.	35
Foto 70. Desprendimiento de ladrillo en la zona central inferior de la cara Sur para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.	35
Foto 71. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.	35
Foto 72. Formación de grietas diagonales en la esquina superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.	36
Foto 73. Desprendimiento de ladrillo en la zona inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	36
Foto 74. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	36
Foto 75. Formación de grietas diagonales en la parte superior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	36
Foto 76. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/300.	36
Foto 77. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/300.	36
Foto 78. Formación de grietas en el talón Oeste de la cara Sur y en la parte inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/300.	37
Foto 79. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	37
Foto 80. Levantamiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	37
Foto 81. Levantamiento y desprendimiento de parte de un ladrillo en la parte inferior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.	37
Foto 82. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.	37
Foto 83. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Sur para una distorsión de 1/200.	37
Foto 84. Desprendimiento de ladrillo de la Foto 82 (parte central Este de la cara Norte) para una distorsión de 1/200.	38





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



Foto 85. Formación de grieta en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/200.	38
Foto 86. Formación de grietas diagonales en la parte Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.	38
Foto 87. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.	38
Foto 88. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.	38
Foto 89. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/200.	38
Foto 90. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.	39
Foto 91. Desprendimiento de ladrillos en la parte superior Este e inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.	39
Foto 92. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	39
Foto 93. Separación de 10.00mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	39
Foto 94. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	39
Foto 95. Formación de un hueco en ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	39
Foto 96. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.	40
Foto 97. Desprendimiento de dos ladrillos en la parte inferior central de la cara Sur para una distorsión de 1/150.	40
Foto 98. Levantamiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.	40
Foto 99. Desprendimiento de ladrillos en la parte inferior central y Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.	40
Foto 100. Desprendimiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.	40
Foto 101. Formación de las primeras grietas en la cara sur del talón de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.	41
Foto 102. Formación de las primeras grietas en la cara norte del talón de la columna Este para una distorsión 1/1500.	41
Foto 103. Aparición de primeras grietas en la parte central de la columna Este para una distorsión 1/1500.	41
Foto 104. Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado Este de las caras Norte y Sur a una distorsión 1/1500.	41
Foto 105. Aparición de grietas de gran extensión en el mortero en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/1100.	41
Foto 106. Continuación de grietas en el mortero y en las columnas de la cara Norte y Sur para una distorsión 1/1100.	41





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID**



Foto 107. Espesor de grieta de 0.2mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.	42
Foto 108. Formación de las primeras grietas en la parte superior Este de la cara Sur del muro para una distorsión 1/800.	42
Foto 109. Espesor de grieta de 0.3mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/800.	42
Foto 110. Continuación de grietas en el ladrillo y en el mortero en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/800.	42
Foto 111. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/550.	42
Foto 112. Continuación de grietas para una distorsión 1/550.	42
Foto 113. Aparición de nuevas grietas en el ladrillo en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/550.	43
Foto 114. Aparición de grieta en la base de la cara Sur para una distorsión 1/550.	43
Foto 115. Continuación de grietas en el mortero y el ladrillo en la cara Norte para una distorsión de 1/550.	43
Foto 116. Continuación de grietas en el mortero y el ladrillo en la cara Sur para una distorsión de 1/550.	43





ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS A ESCALA NATURAL ESPECÍMENES DE ALBAÑILERÍA BLOCKER II

1. ANTECEDENTES

A solicitud de la Ingeniera Dina Cotrado, docente de la Universidad Privada de Tacna, efectuada vía correo electrónico, se elaboró una segunda propuesta técnico económica para la realización de ensayos cíclicos en tres muros de albañilería con unidades blocker II, similares a los muros de la primera propuesta, que fue enviada por el Laboratorio de Estructuras de CISMID.

El presente informe muestra los resultados experimentales correspondientes a los ensayos cíclicos en tres muros de albañilería con unidades blocker II.

2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO

El ensayo estático cíclico a escala natural se realiza con el propósito de conocer el comportamiento estructural del muro de albañilería con unidades tipo blocker II, frente a cargas cíclicas que simulan la acción de un sismo.

2.1. Descripción del mecano de carga

Para la realización de este ensayo debe emplearse perfiles de acero que rodea al espécimen a manera de pórtico de reacción. En uno de los extremos del espécimen se ubica el sistema de aplicación de carga conformado por gatas hidráulicas, un sistema de medición conformado por celdas de carga y LVDTs, como se muestra en la Figura 1. Adicionalmente, se emplean gatas hidráulicas verticales, que mantendrán una carga constante, apoyando uno de sus extremos sobre la losa de reacción, mientras que las gatas hidráulicas horizontales, que aplicarán la carga cíclica lateral, apoyarán uno de los extremos sobre el muro de reacción.



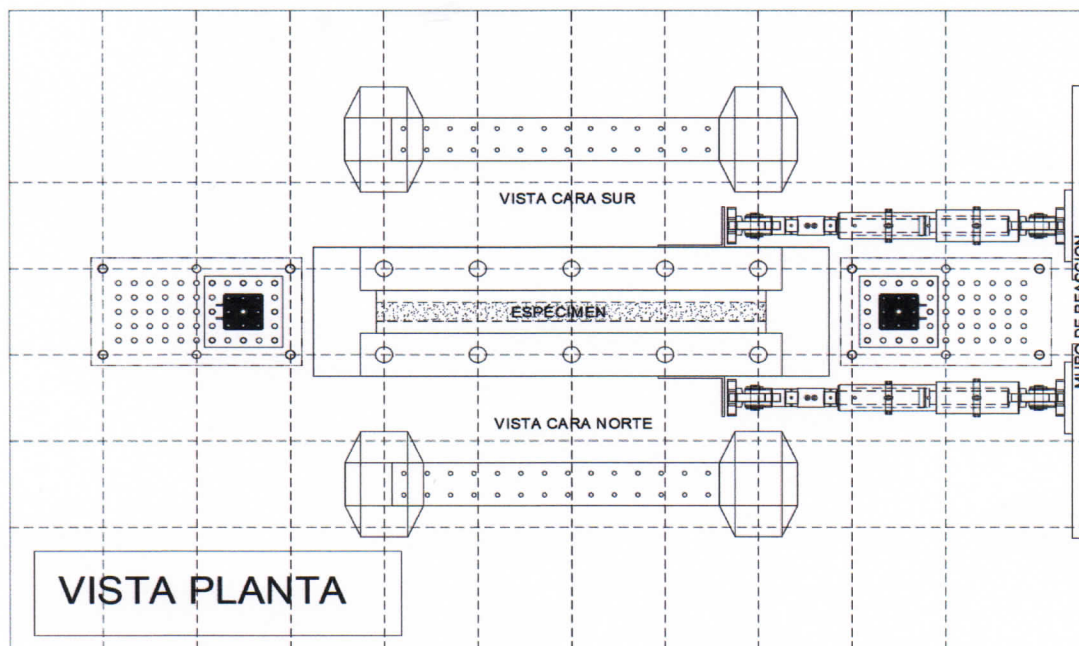


Figura 1. Vista en planta del aparato de carga

2.2. Sistema de aplicación de carga

El sistema de aplicación de la carga consiste en cuatro gatas hidráulicas estáticas; cada una tiene una capacidad de aplicación de carga de 500 kN con una amplitud del émbolo (stroke) de +/- 250mm. Dos de estas gatas hidráulicas serán las responsables de la aplicación de la carga horizontal cíclica lateral, mientras las otras dos gatas hidráulicas serán las que mantengan una carga axial que simule la presencia de carga de pisos superiores sobre el muro de mampostería. Durante el desarrollo del ensayo, la carga axial es aplicada por las dos gatas hidráulicas verticales manteniéndole constante en 100 kN. La carga axial es aplicada con las dos gatas hidráulicas, bajo control de carga, que se distribuye uniformemente al muro mediante una viga de acero soportada por la viga superior de concreto del espécimen. Ver Figura 2.

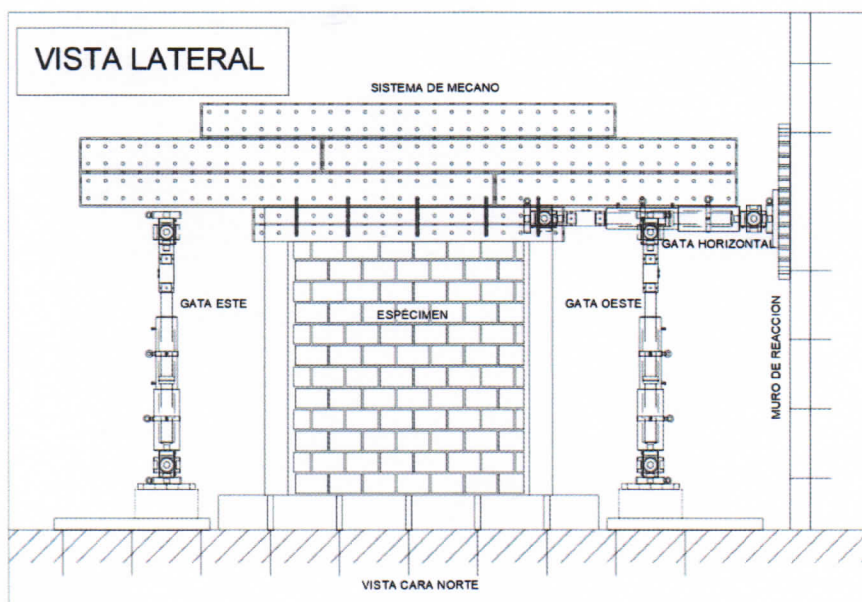


Figura 2. Esquema de la configuración del ensayo cíclico

2.3. Sistema de adquisición de datos

La instrumentación consta de 22 canales para la adquisición de los datos. La Figura 3 muestra la instrumentación del espécimen. Los canales CH-00 y CH-01 corresponden a las celdas de carga de las gatas hidráulicas horizontales, CH-02 y CH-03 corresponden a las celdas de carga de las gatas hidráulicas verticales, y del CH-04 al CH-22 corresponden a los transductores de desplazamiento. Para el control del desplazamiento de las gatas hidráulicas se utilizará un transductor de desplazamiento monitor (CH-04) como se muestra en la Figura 3.

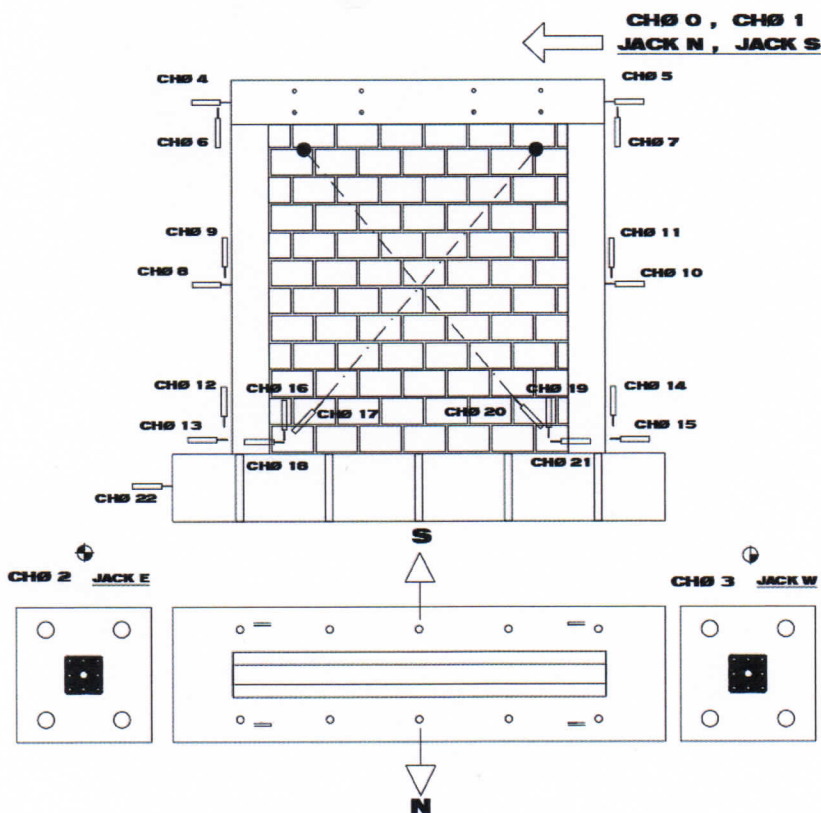


Figura 3. Sistema de adquisición

2.4. Protocolo de desplazamientos

La carga horizontal es aplicada mediante un control de desplazamiento del monitor acorde al protocolo de desplazamiento, mostrada en la Figura 4, que representa el protocolo de desplazamiento objetivo durante el ensayo.

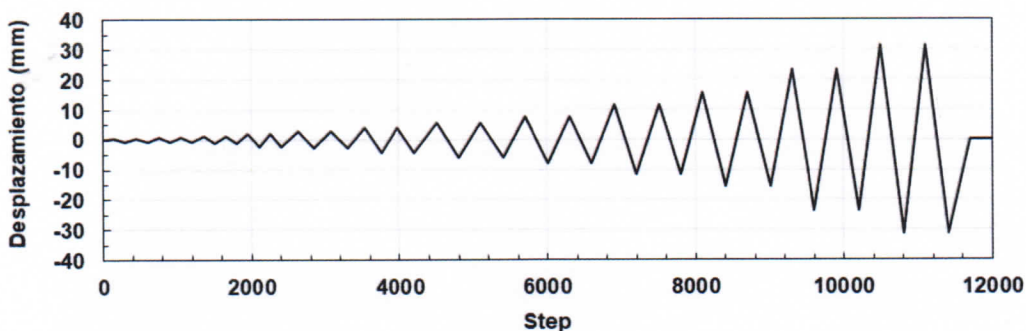


Figura 4. Protocolo de desplazamiento objetivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



La Tabla 1 muestra el desplazamiento objetivo para el control de desplazamiento por ciclo. Con la finalidad de tener una curva de histéresis más estable, la amplitud objetivo es aplicada en dos ciclos consecutivos. En el presente documento, el ciclo donde se alcanza por primera vez el desplazamiento objetivo se denomina primer ciclo, mientras que a su repetición se denomina segundo ciclo.

Tabla 1. Distorsiones objetivo para el control de desplazamiento por ciclo

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1
Distorsión objetivo	1/4200	1/3000	1/2150	1/1100	1/800	1/550	1/400	1/300	1/200	1/150	1/100	1/



3. ESPÉCIMEN

El espécimen consiste en un muro de albañilería con unidades tipo blocker II. El espécimen es un muro de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud y 0.13 m de espesor. La base del muro reducido es de 3.30 m de largo, 0.90 m de ancho y 0.45 m de altura.

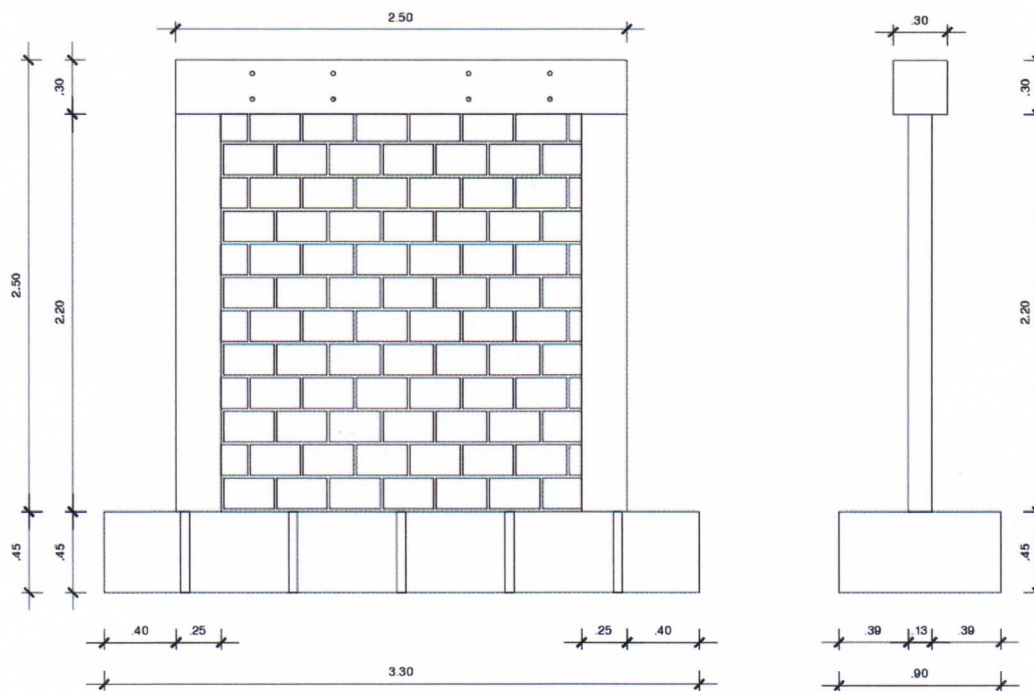


Figura 5. Espécimen básico. Unidades: m

4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Conforme al protocolo de desplazamiento, indicado anteriormente, se llevó a cabo el ensayo estático cíclico. La Figura 6, Figura 8 y Figura 10 muestran la relación entre el desplazamiento y la carga aplicada, mediante la curva de histéresis, de los especímenes MBAT-4, MBAT-5 y MBAT-6, respectivamente.

Los especímenes MBAT-4 y MBAT-5 se llevaron hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada). Mientras, que el espécimen MBAT-6, se llevó hasta la condición de reparabilidad que ocurre aproximadamente a un nivel de distorsión de 1/550.

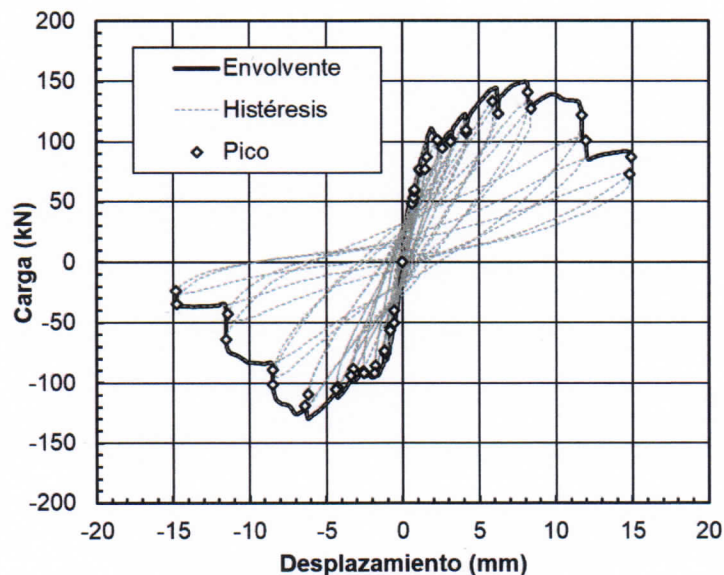


Figura 6. Curva histerética del espécimen MBAT-4

La Figura 7 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-4, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro. En esta figura, se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

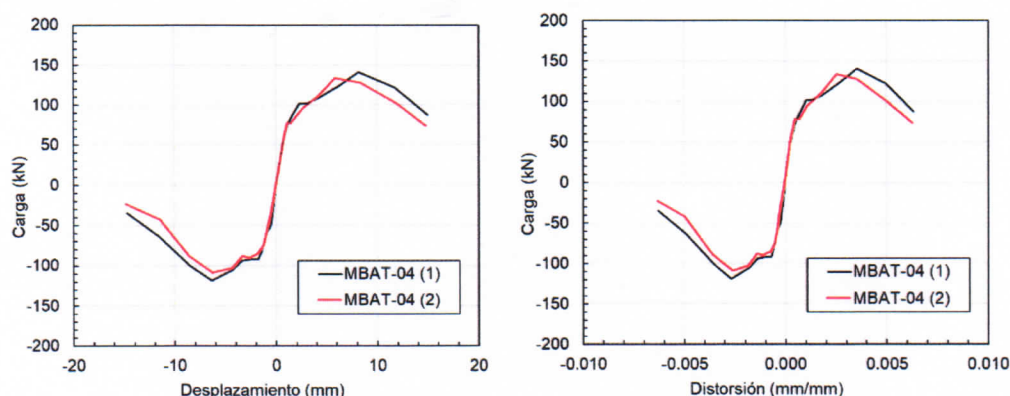


Figura 7. Curva de capacidad del espécimen MBAT-4

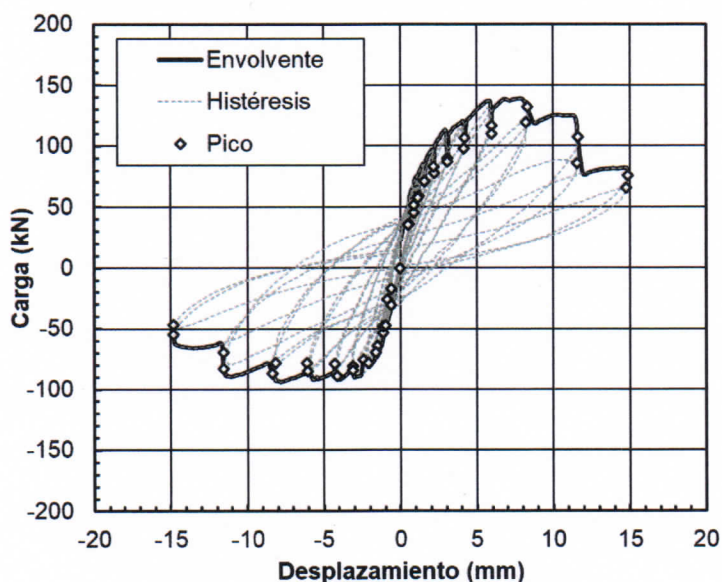


Figura 8. Curva histerética del espécimen MBAT-5

La Figura 9 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-5, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro. En esta figura, se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

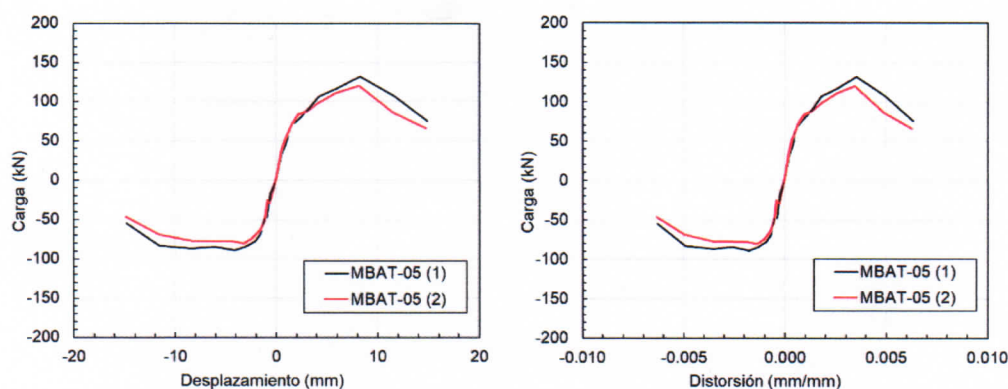


Figura 9. Curva de capacidad del espécimen MBAT-5

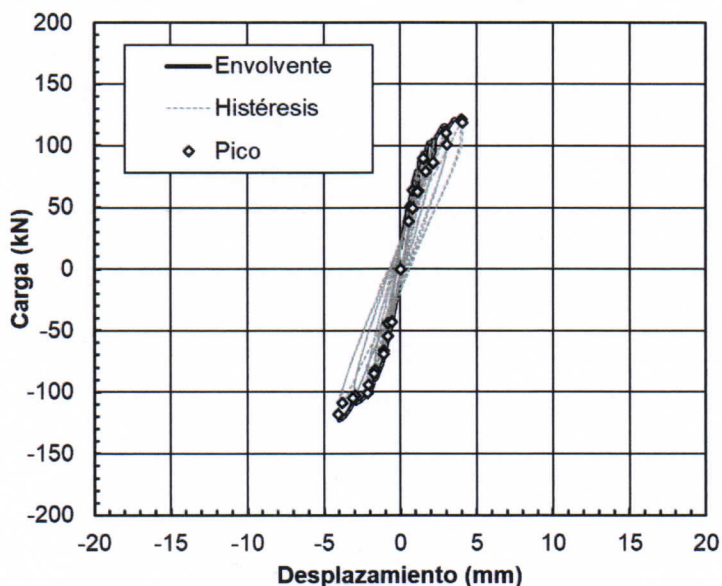


Figura 10. Curva histerética del espécimen MBAT-6

La Figura 11 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-6, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro hasta el nivel de reparabilidad. En esta figura, se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

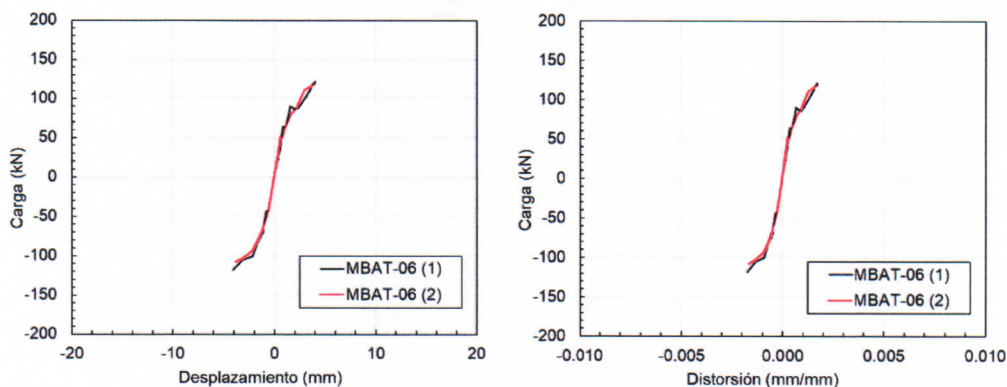


Figura 11. Curva de capacidad del espécimen MBAT-6

La Figura 12 muestra la comparación de las curvas histeréticas de los tres especímenes ensayados.

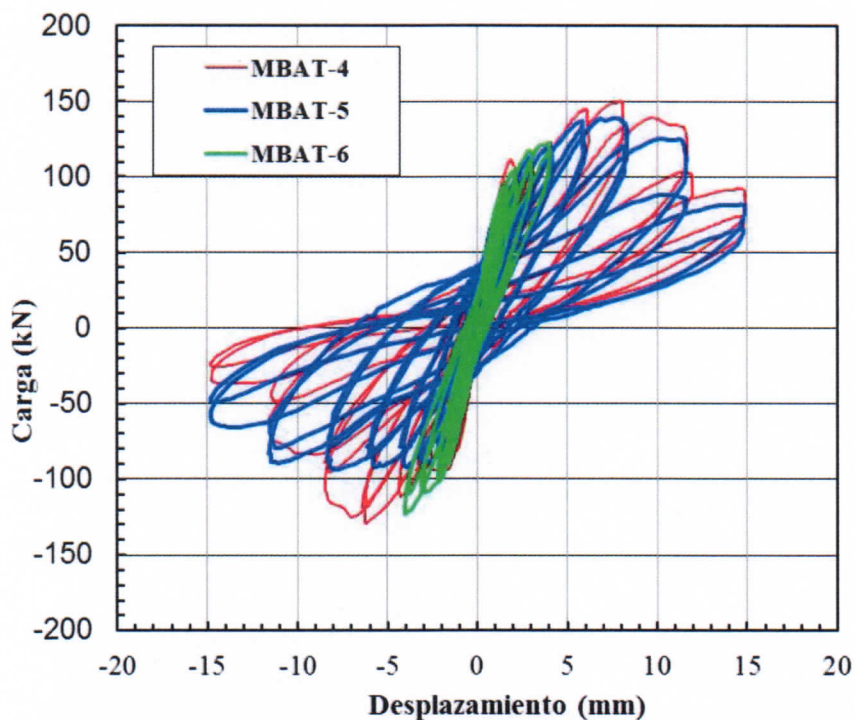


Figura 12. Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados

La Figura 13 y Figura 14 muestran la comparación de la curva de capacidad se muestran las curvas de capacidad para la primera (1) y segunda (2) aplicación

de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento, respectivamente; en términos de desplazamiento y distorsión. En estas figuras se indican el límite de distorsión, 0.005, establecida en la N.T.E.-E.030-2016. Se observa que la carga máxima se alcanza a una distorsión de 0.003, menor al límite señalado anteriormente.

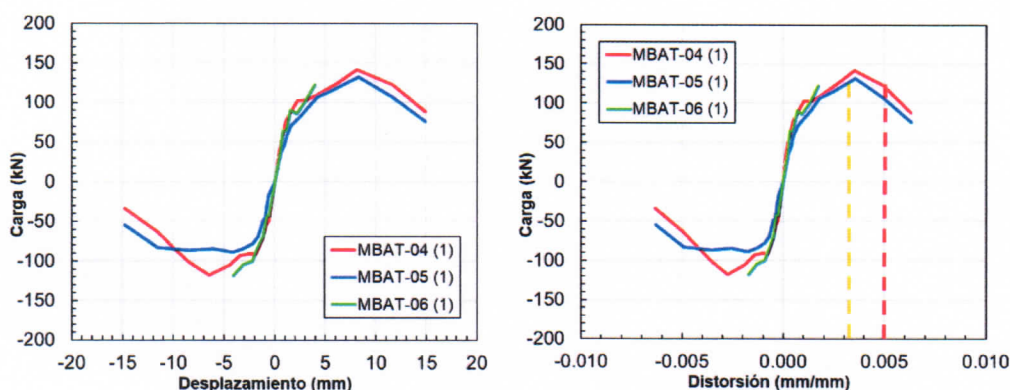


Figura 13. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

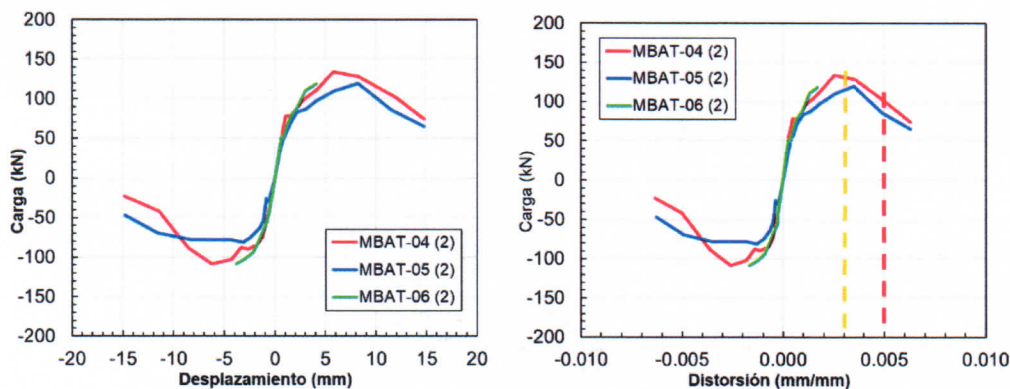


Figura 14. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo

La Figura 15 y Figura 16 muestran la relación de la rigidez equivalente y distorsión máxima alcanzada en cada ciclo histerético para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

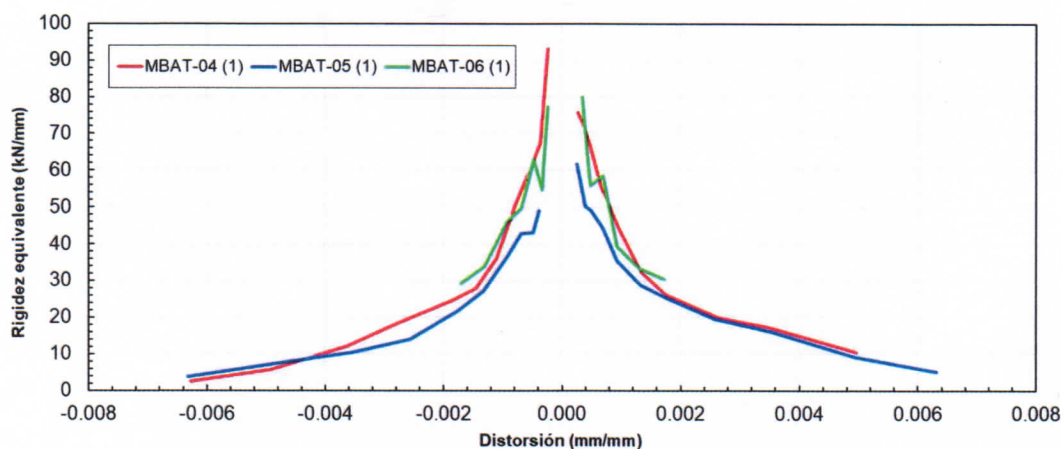


Figura 15. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

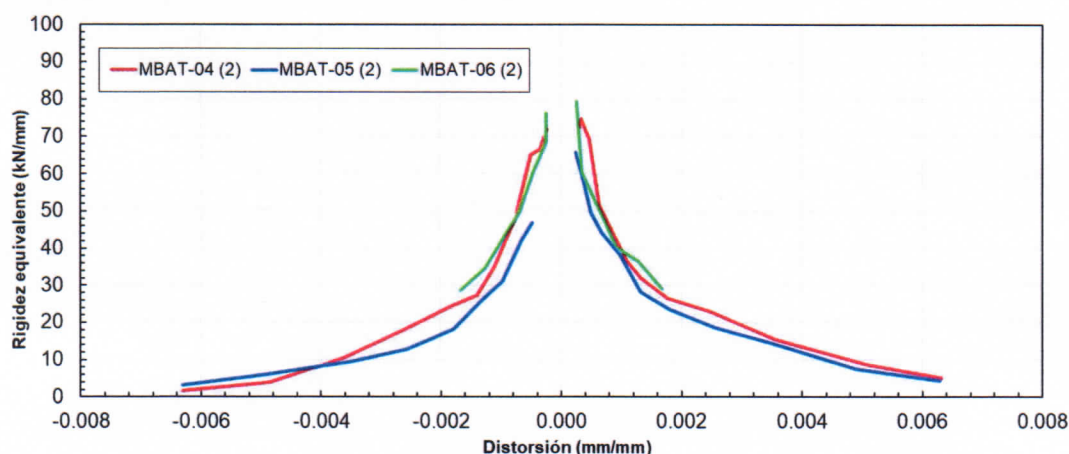


Figura 16. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo

La Figura 17 y Figura 18 muestran la relación de facto de amortiguamiento y distorsión alcanzada en cada ciclo histerético para la primera (1) y segunda (2) aplicación de la distorsión objetivo señaladas en el protocolo de desplazamiento.

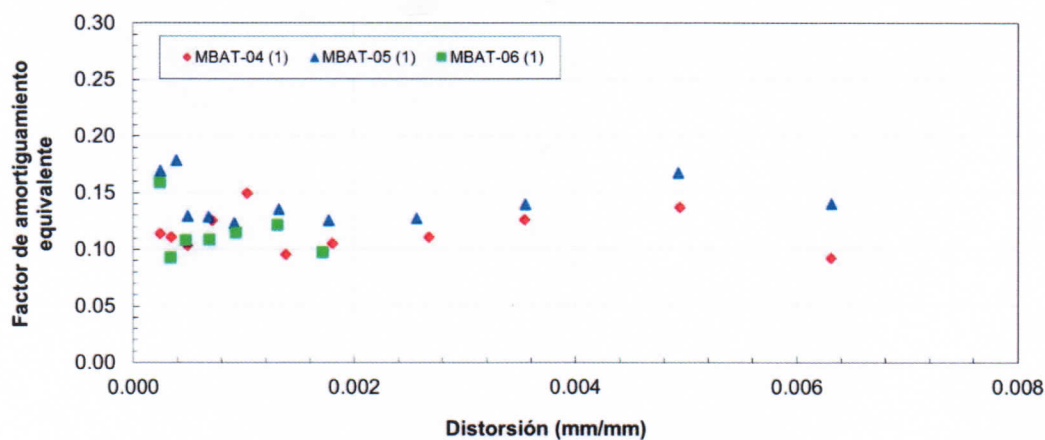


Figura 17. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

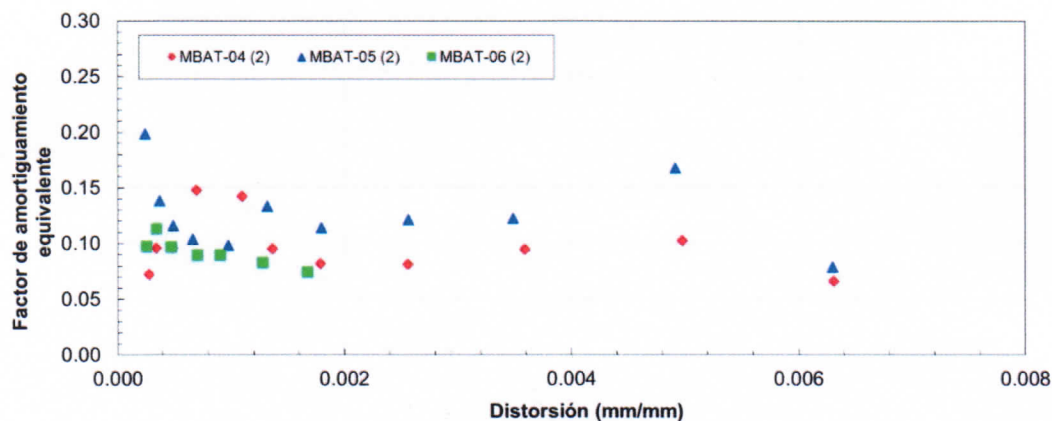


Figura 18. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



5. CONCLUSIONES

De los tres especímenes ensayados cíclicamente se concluye lo siguiente:

- Los especímenes MBAT-4 y MBAT-5 se llevaron hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada).
- El espécimen MBAT-6, se llevó hasta la condición de reparabilidad que ocurre aproximadamente a un nivel de distorsión de 1/550.
- El factor de amortiguamiento equivalente es más estable durante los ciclos donde la distorsión objetivo es repetida (2). Es por ello, que se considera como niveles de resistencias las cargas máximas obtenidas en la repetición de la distorsión objetivo.
- La carga máxima promedio es de 136.5 kN (esfuerzo promedio de 0.42 MPa), que sucede a un nivel de distorsión de 0.0033 (1/300), aproximadamente.
- Para un nivel de distorsión de 0.005 (límite de distorsión de acuerdo a la NTE E030-2016) se obtiene una carga promedio de 84 kN (0.26 MPa), que representa el 62% de la carga máxima.





ANEXOS



**Panel fotográfico
MBAT-04**

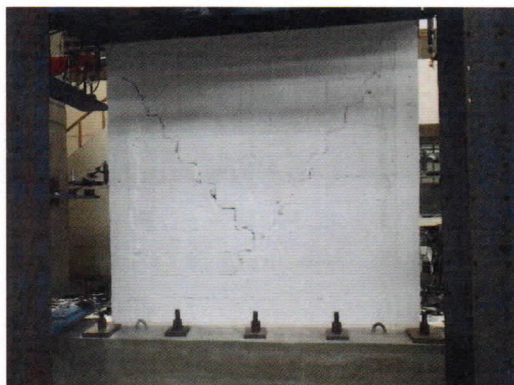


Foto 1. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100 Vista cara Sur.

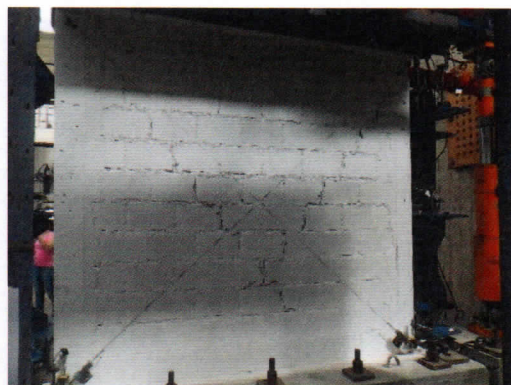


Foto 2. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100. Vista cara Norte.

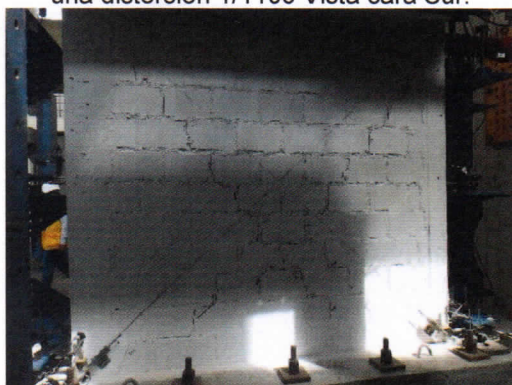


Foto 3. Continuación de grietas diagonales y aparición de nuevas grietas diagonales en la parte inferior central en el mortero para una distorsión 1/800. Vista cara Norte.



Foto 4. Continuación de grietas diagonales y aparición de nuevas grietas diagonales en la parte inferior oeste y superior este en el mortero para una distorsión 1/800. Vista cara Sur.

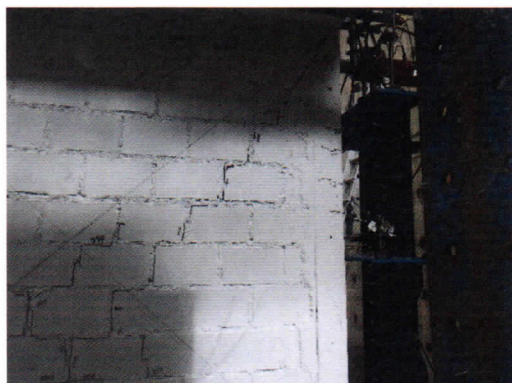


Foto 5. Aparición de grietas en la esquina del ladrillo cerca de la diagonal y desprendimiento de un pequeño pedazo para una distorsión de 1/550 vista cara Norte.



Foto 6. Aparición de grietas por flexión en la parte media y superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/550.

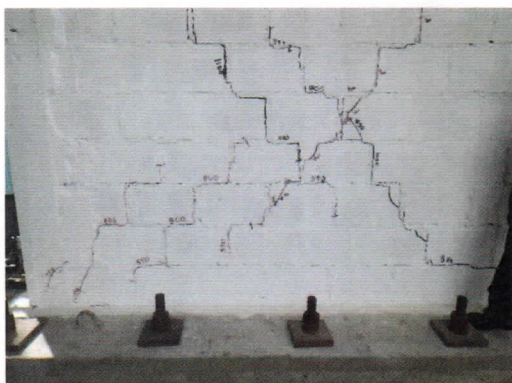


Foto 7. Continuación de grietas diagonales y aparición de una pequeña grieta nueva en la esquina inferior Oeste, vista cara Sur para una distorsión de 1/550.

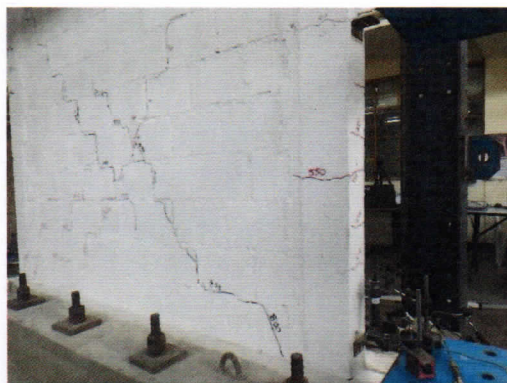


Foto 8. Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/550.

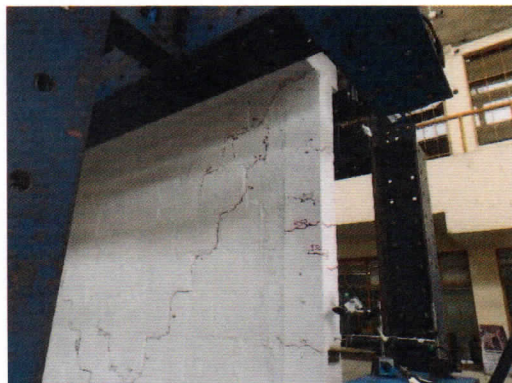


Foto 9. Aparición de grietas por flexión en la parte superior de la columna Este para una distorsión de 1/550.

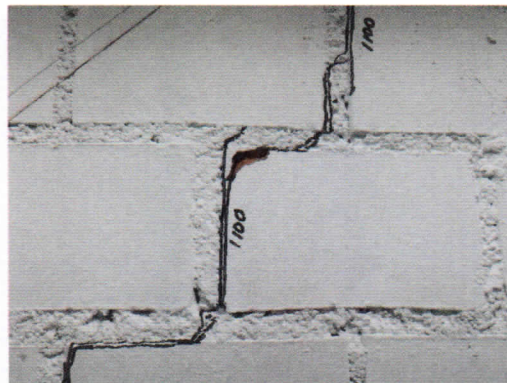


Foto 10. Continúa abriéndose la parte desprendida del ladrillo (1° ciclo) para una distorsión de 1/400

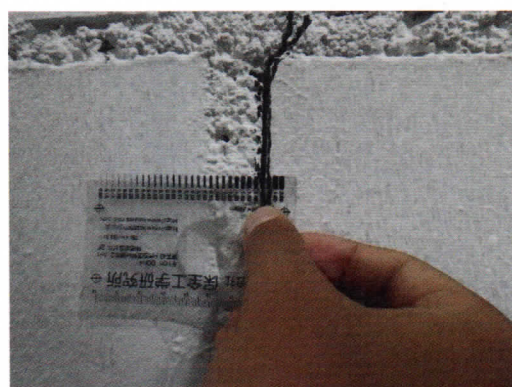


Foto 11. Espesor de grieta de 1.7mm (Cara Norte) para una distorsión de 1/400.



Foto 12. Aparición de grietas por flexión en la parte media e inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/400.

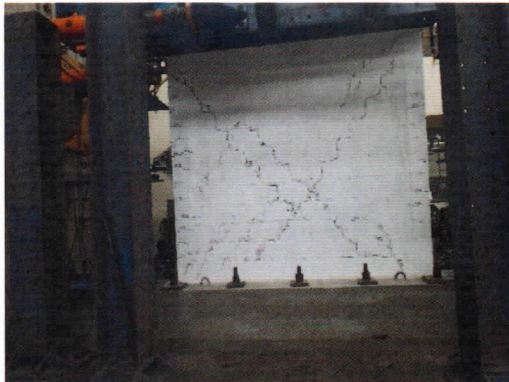


Foto 13. Aparición de grietas por flexión en la parte central e inferior de la columna Este para una distorsión de 1/400.

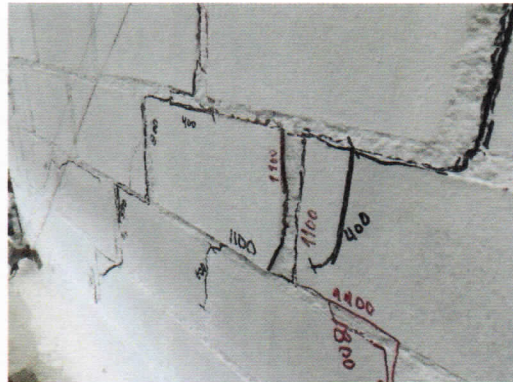


Foto 14. Comienza a separarse un ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 1° ciclo para una distorsión de 1/300.

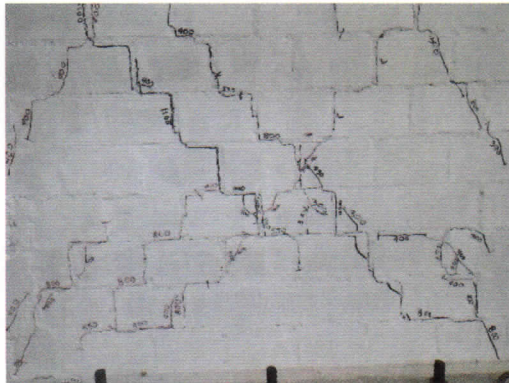


Foto 15. Aparición de pequeñas grietas (en su mayoría continuaciones de grietas diagonales anteriores) en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300.



Foto 16. Aparición de una grieta diagonal en la esquina superior Oeste de la cara Sur, además ocurre el desprendimiento de una esquina del ladrillo cercano a la grieta para una distorsión de 1/300.

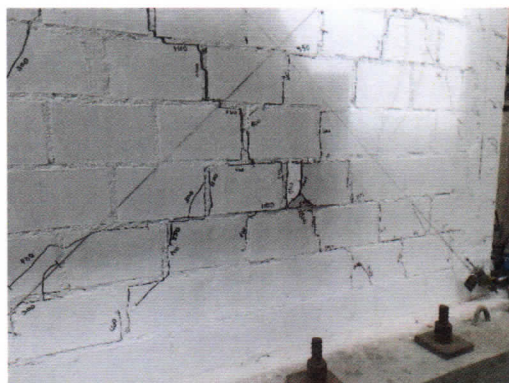


Foto 17. Levantamiento de ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 2° ciclo empujando para una distorsión de 1/300.



Foto 18. Desprendimiento de la parte izquierda del ladrillo mencionado en la foto anterior para una distorsión de 1/300.



Foto 19. Aparición de pequeñas grietas verticales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.

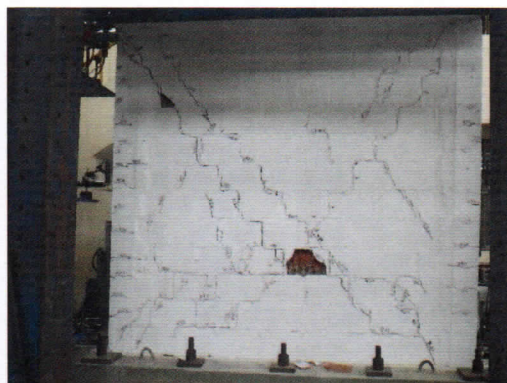


Foto 20. Desprendimiento de toda la cara de un ladrillo en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.



Foto 21. Desprendimiento de toda la cara de un ladrillo en la parte central de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.

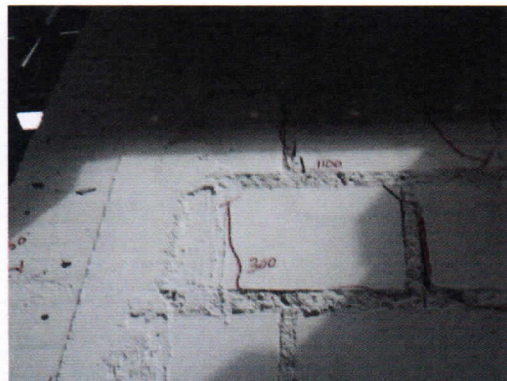


Foto 22. Continúan apareciendo grietas en los ladrillos, en este caso en la cara Sur para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.

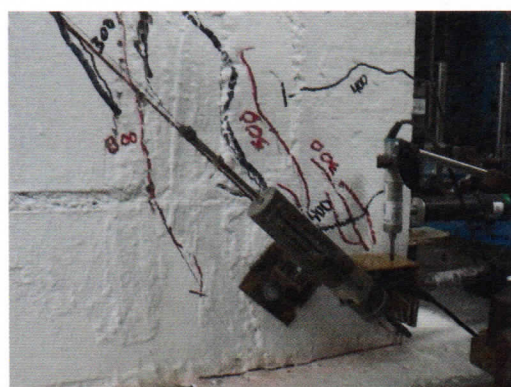


Foto 23. Agrietamiento en el talón en la parte Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.

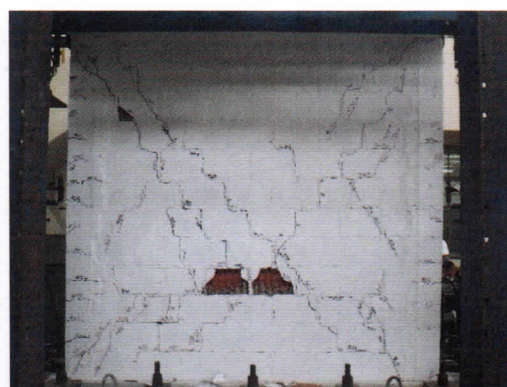


Foto 24. Desprendimiento del ladrillo al Oeste del ladrillo de la Foto 20 en la cara Sur para una distorsión de 1/300 al realizar la descarga del 2° ciclo.

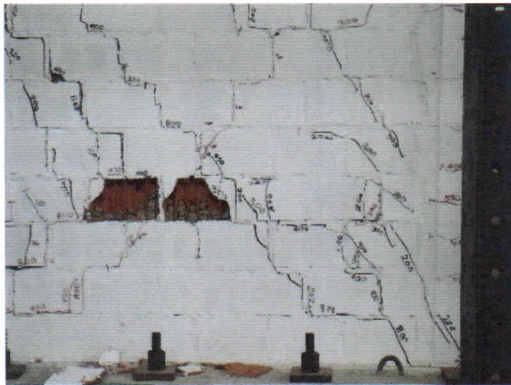


Foto 25. Levantamiento del ladrillo al lado Este del ladrillo de la foto anterior en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.

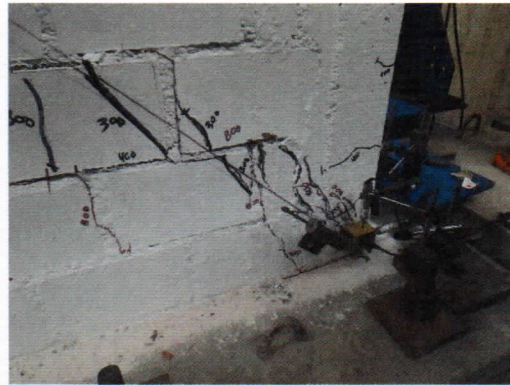


Foto 26. Continúa el agrietamiento del talón en la parte Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.

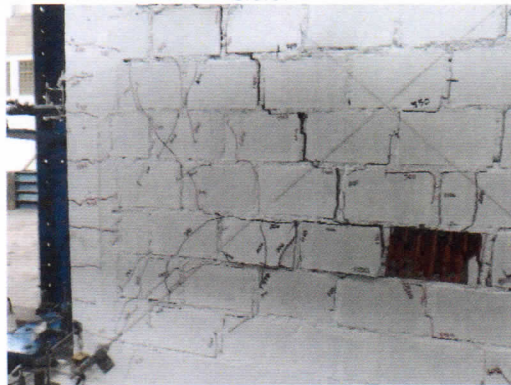


Foto 27. Agrietamiento pequeño correspondiente a la continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte y Levantamiento de dos ladrillos en la zona central para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.

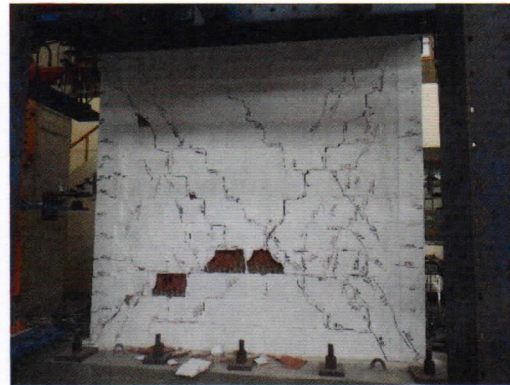


Foto 28. Aparición de una nueva grieta en el mortero en la parte superior central y desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.



Foto 29. Desprendimiento de otra cara de un ladrillo en la zona central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.

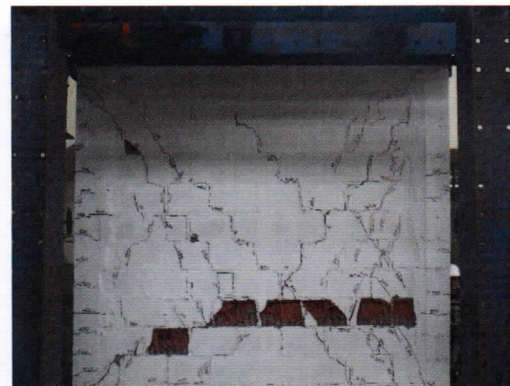


Foto 30. Desprendimiento de caras de 3 ladrillos en la zona central Este adyacentes a los de la Foto 30 en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.

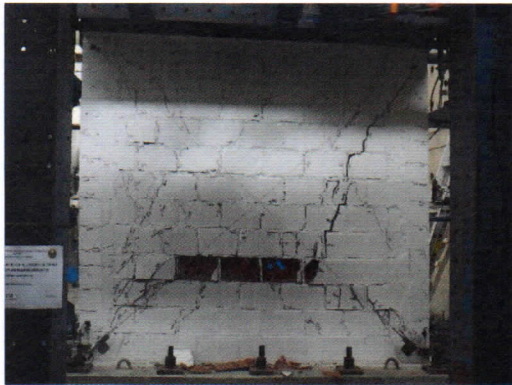


Foto 31. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.



Foto 32. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.



Foto 33. Desprendimiento de 2 ladrillos en la parte Este central e inferior de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo al descargar.



Foto 34. Desprendimiento de un ladrillo en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/150 en el 2° ciclo.



Foto 35. Desprendimiento de 2 ladrillos en la parte Oeste inferior de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 2° ciclo.

MBAT-05



Foto 36. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta antes de la parte central en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1500.



Foto 37. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta antes de la parte central en la parte superior e inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión 1/1500.

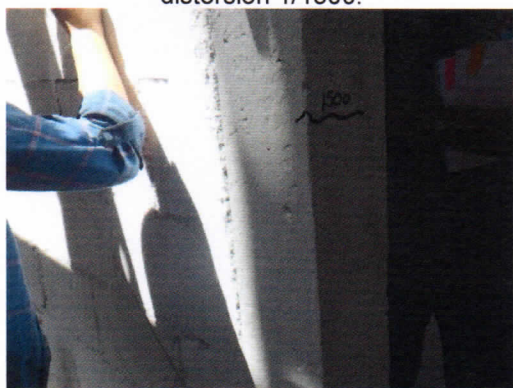


Foto 38. Aparición de primera grieta en la parte central de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.

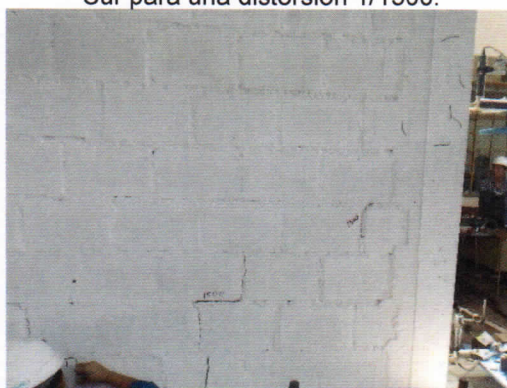


Foto 39. Formación de pequeñas grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión 1/1500.

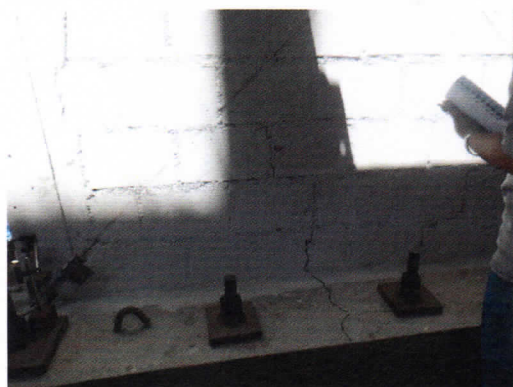


Foto 40. Formación de pequeña grieta diagonal en el mortero en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1500.

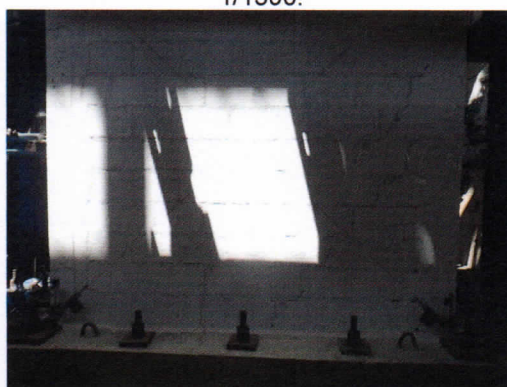


Foto 41. Formación de grietas diagonales en el mortero y primera grieta en ladrillo en la parte superior Este y Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1500.



Foto 42. Formación de grietas por flexión en la parte inferior y central de la columna Este para una distorsión 1/1500.

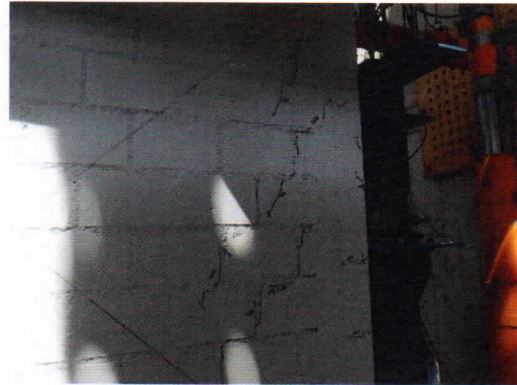


Foto 43. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1100.



Foto 44. Formación de grietas por flexión en la parte central e inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/1100.

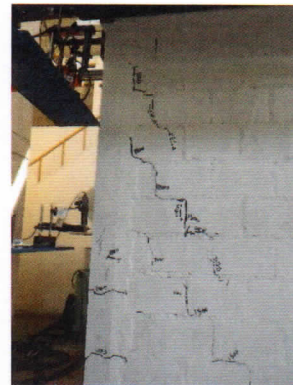


Foto 45. Formación y continuación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.

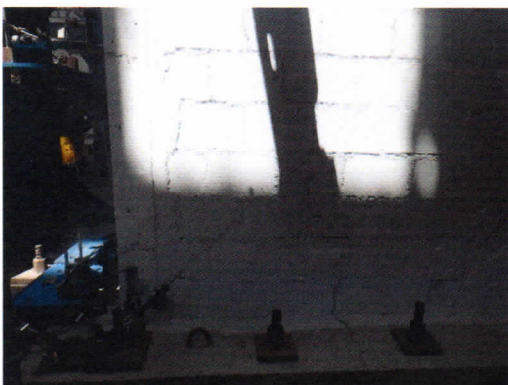


Foto 46. Continuación de grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1100.

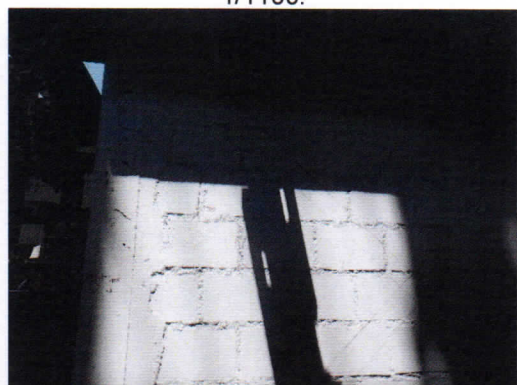


Foto 47. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/1100.

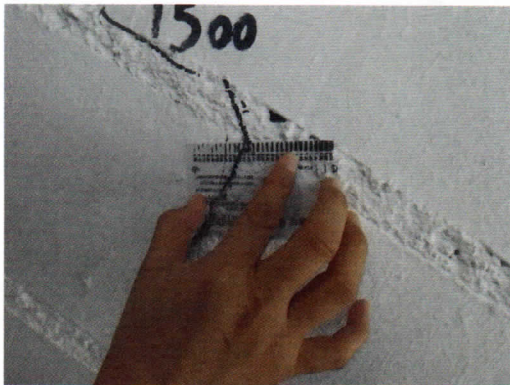


Foto 48. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.



Foto 49. Formación de grietas por flexión en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/1100.

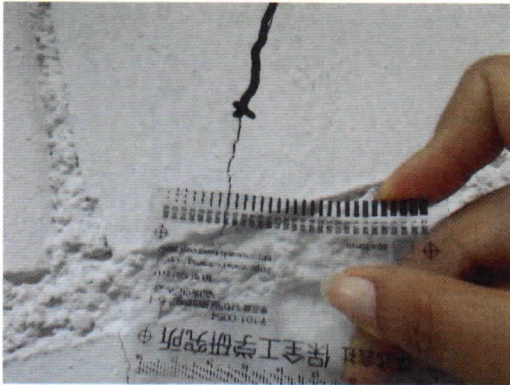


Foto 50. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.



Foto 51. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/800.

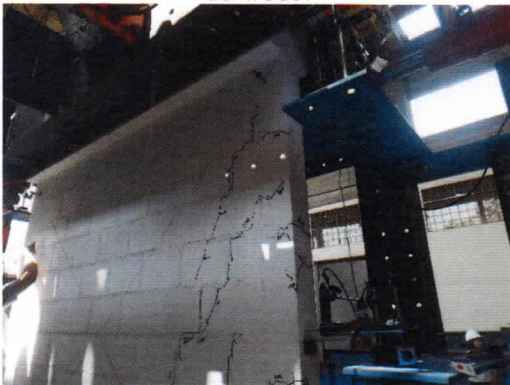


Foto 52. Formación de grietas horizontales en la parte superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/800.

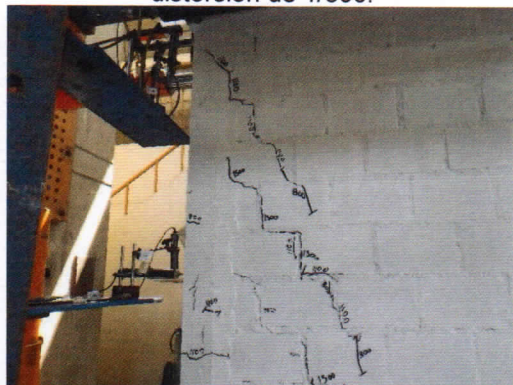


Foto 53. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/800.

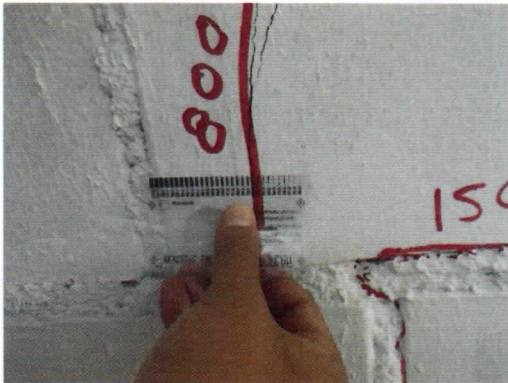


Foto 54. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.



Foto 55. Formación de grietas horizontales en la parte inferior y central de la columna Este para una distorsión de 1/800.

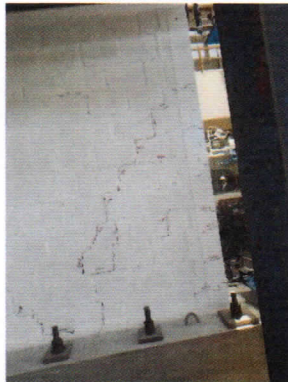


Foto 56. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/800.

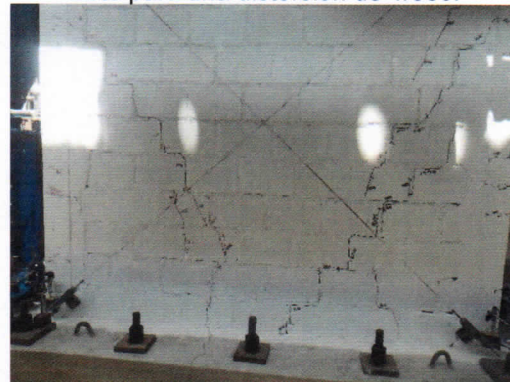


Foto 57. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/800.

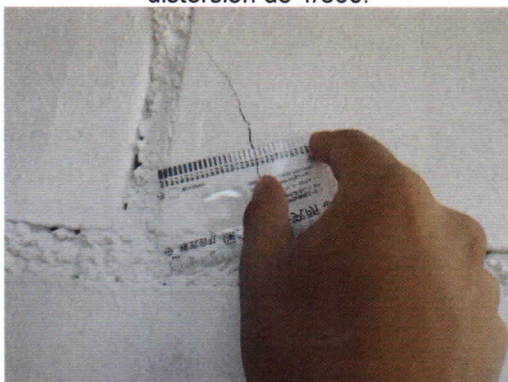


Foto 58. Espesor de grieta de 0.55mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/550.

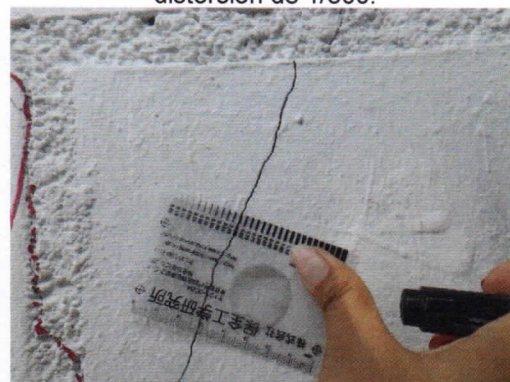


Foto 59. Espesor de grieta de 0.6mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/550.

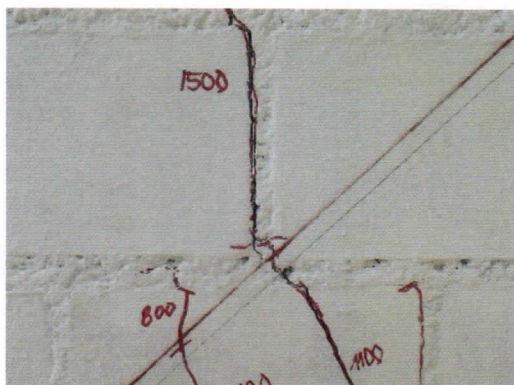


Foto 60. Desprendimiento de tapa del ladrillo con el mortero al lado inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550



Foto 61. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550.



Foto 62. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/550.

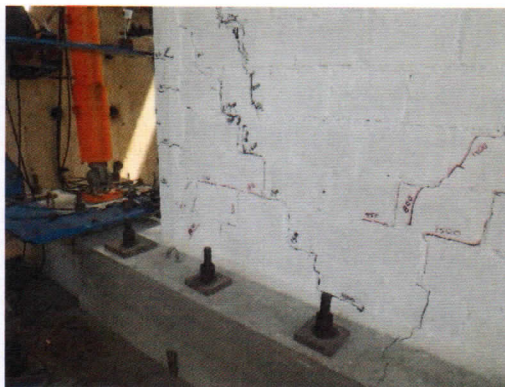


Foto 63. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/550.

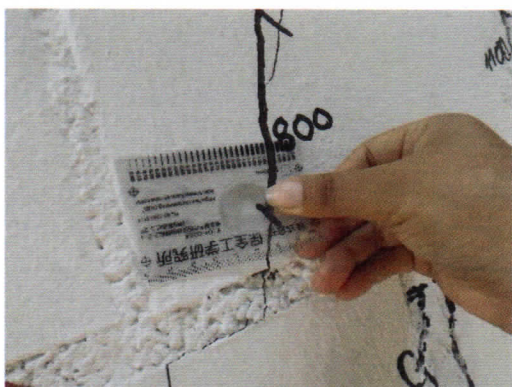


Foto 64. Espesor de grieta de 1.60mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/400.

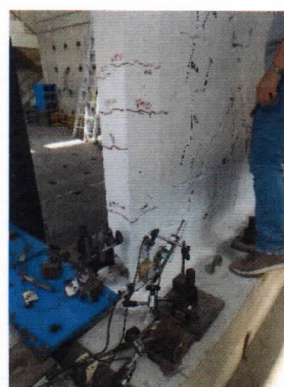


Foto 65. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400.



Foto 66. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.

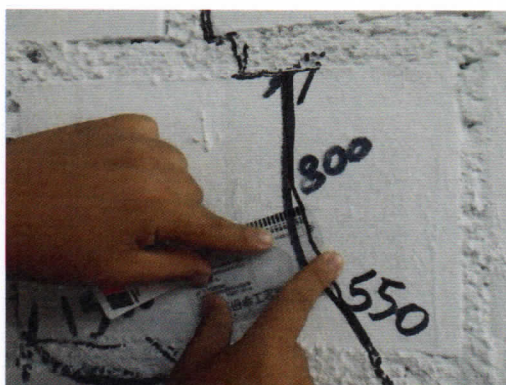


Foto 67. Espesor de grieta de 2.00mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/400.

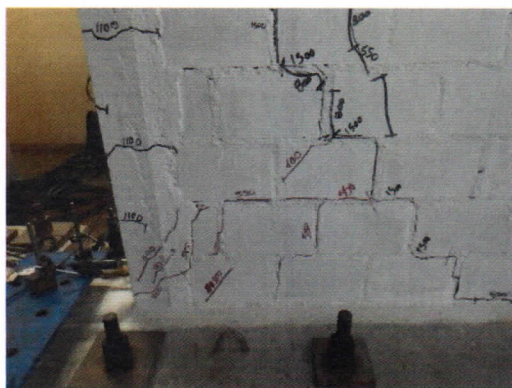


Foto 68. Formación de grietas diagonales en el talón Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/400.

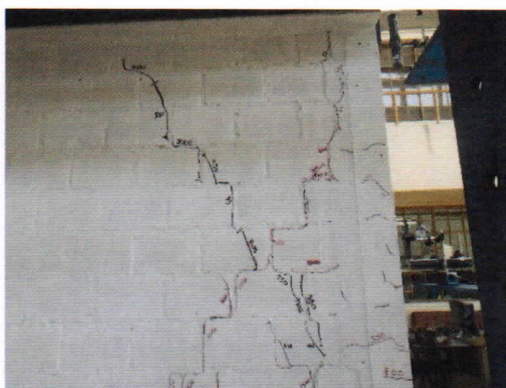


Foto 69. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.



Foto 70. Desprendimiento de ladrillo en la zona central inferior de la cara Sur para una distorsión de 1/400 en el 2º ciclo.

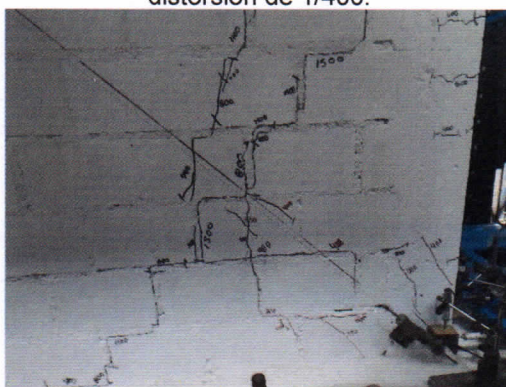


Foto 71. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2º ciclo.

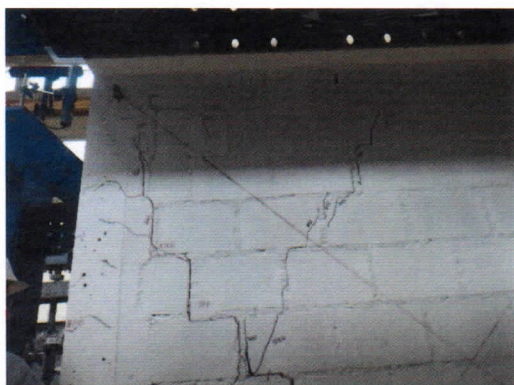


Foto 72. Formación de grietas diagonales en la esquina superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.

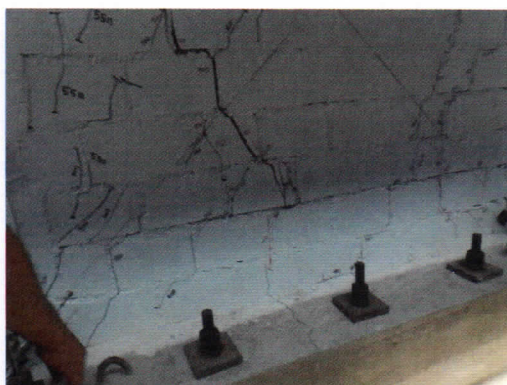


Foto 73. Desprendimiento de ladrillo en la zona inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

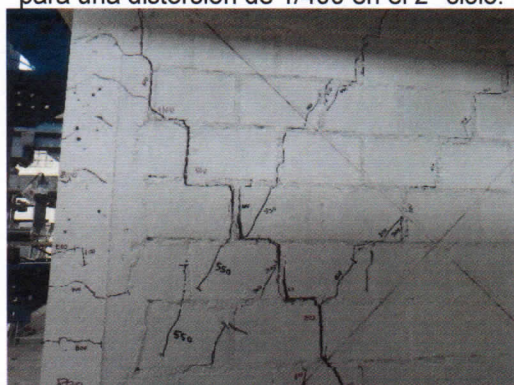


Foto 74. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

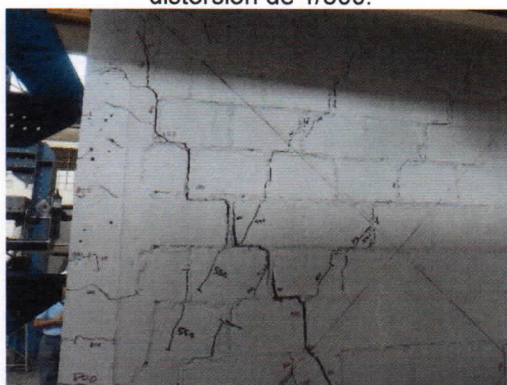


Foto 75. Formación de grietas diagonales en la parte superior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

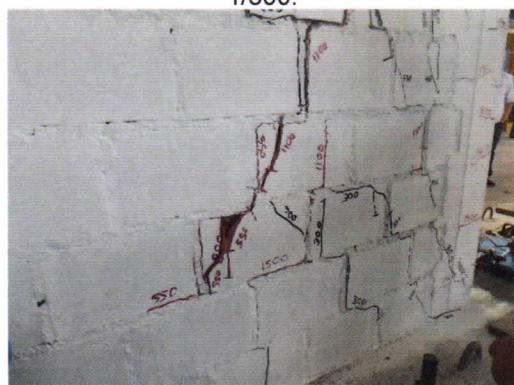


Foto 76. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión de 1/300.

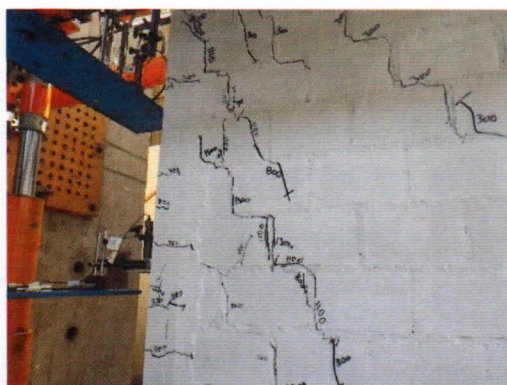


Foto 77. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/300.



Foto 78. Formación de grietas en el talón Oeste de la cara Sur y en la parte inferior de la columna Oeste para una distorsión de 1/300.

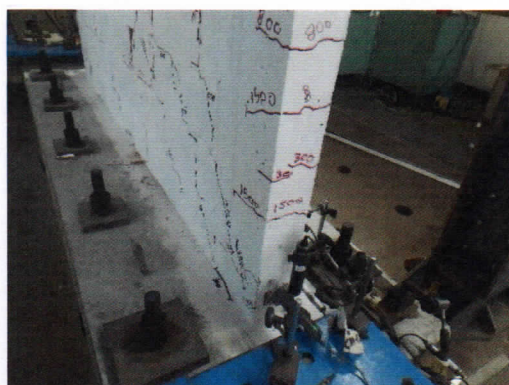


Foto 79. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

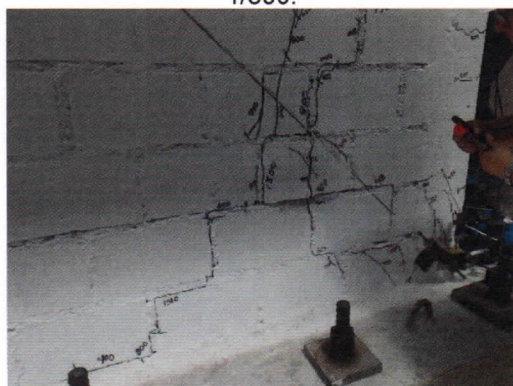


Foto 80. Levantamiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

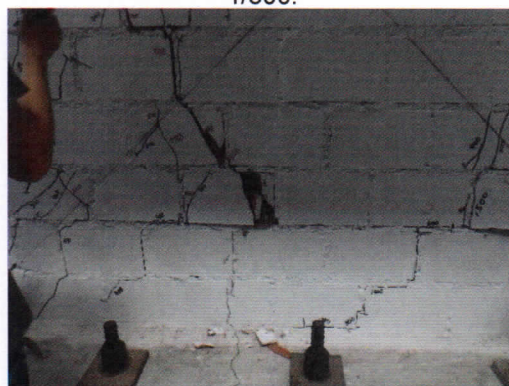


Foto 81. Levantamiento y desprendimiento de parte de un ladrillo en la parte inferior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

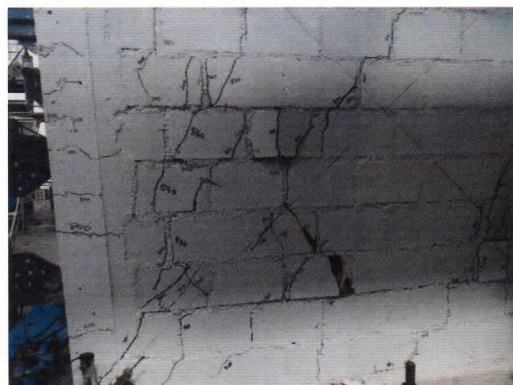


Foto 82. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.

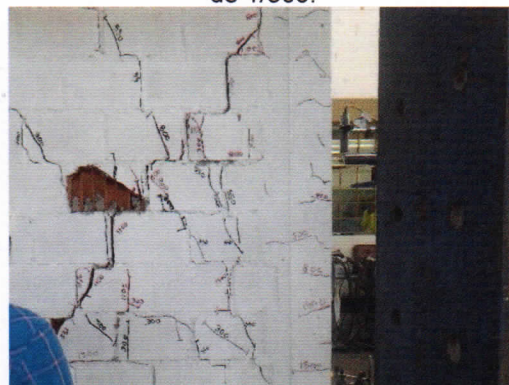


Foto 83. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Sur para una distorsión de 1/200.



Foto 84. Desprendimiento de ladrillo de la Foto 82 (parte central Este de la cara Norte) para una distorsión de 1/200.



Foto 85. Formación de grieta en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/200.

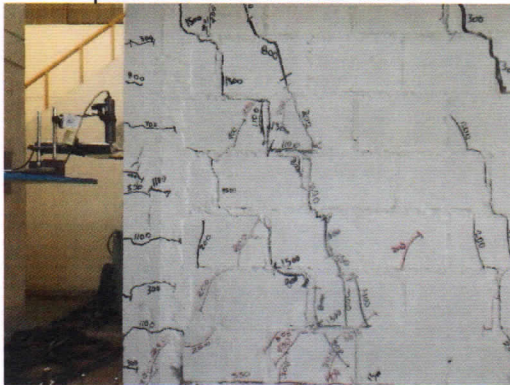


Foto 86. Formación de grietas diagonales en la parte Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.

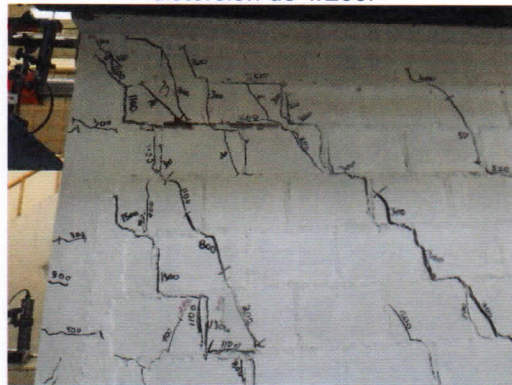


Foto 87. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.



Foto 88. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.

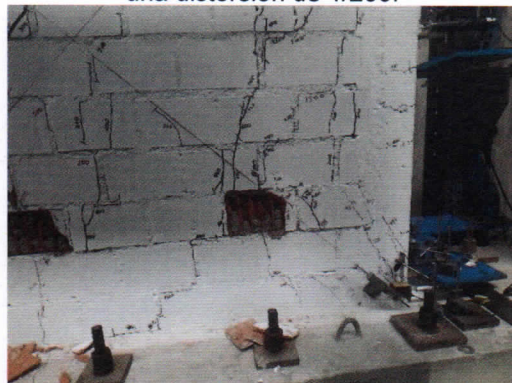


Foto 89. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/200.

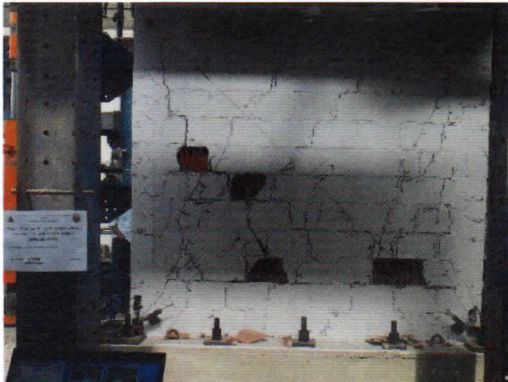


Foto 90. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.



Foto 91. Desprendimiento de ladrillos en la parte superior Este e inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.

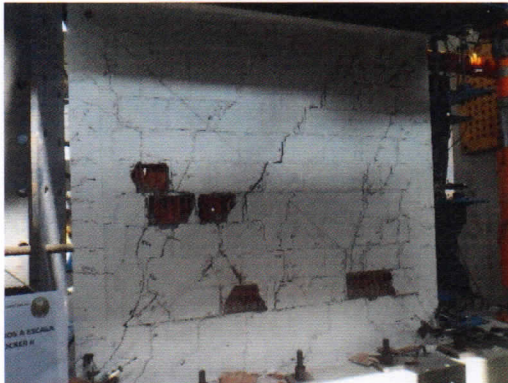


Foto 92. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.

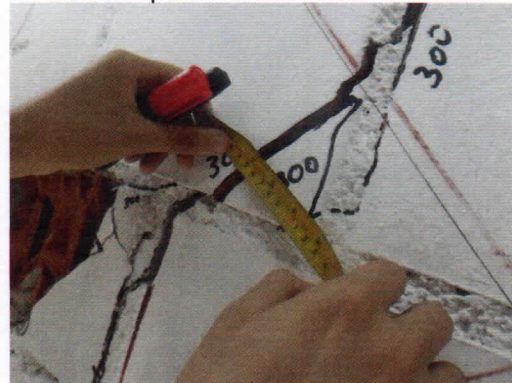


Foto 93. Separación de 10.00mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/150.

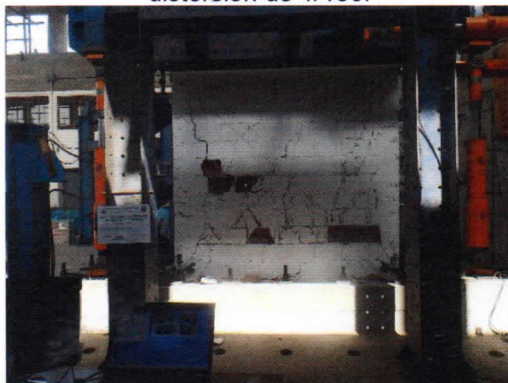


Foto 94. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150.

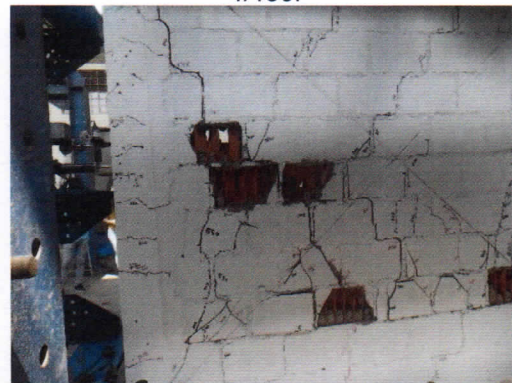


Foto 95. Formación de un hueco en ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.



Foto 96. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.



Foto 97. Desprendimiento de dos ladrillos en la parte inferior central de la cara Sur para una distorsión de 1/150.

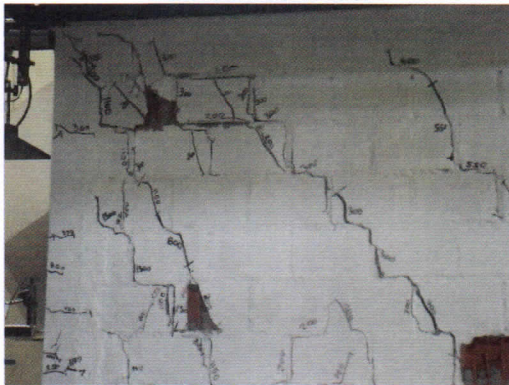


Foto 98. Levantamiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.



Foto 99. Desprendimiento de ladrillos en la parte inferior central y Este de la cara Norte para una distorsión de 1/150.



Foto 100. Desprendimiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.

MBAT-06

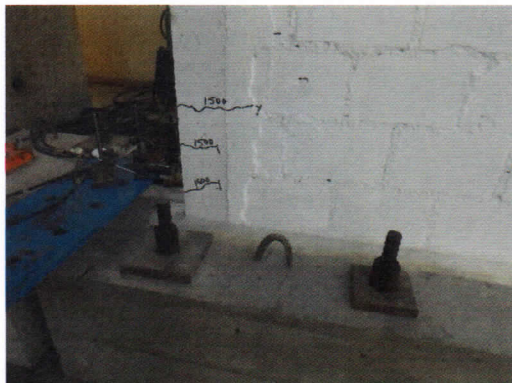


Foto 101. Formación de las primeras grietas en la cara sur del talón de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.

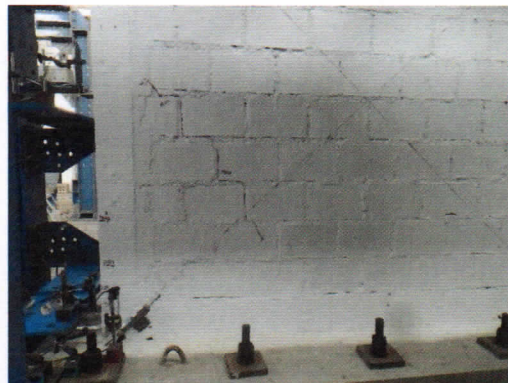


Foto 102. Formación de las primeras grietas en la cara norte del talón de la columna Este para una distorsión 1/1500.

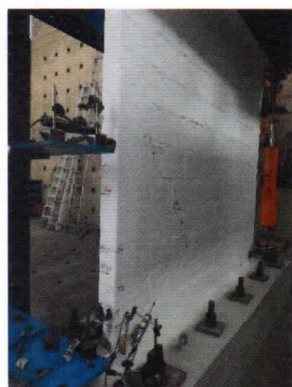


Foto 103. Aparición de primeras grietas en la parte central de la columna Este para una distorsión 1/1500.

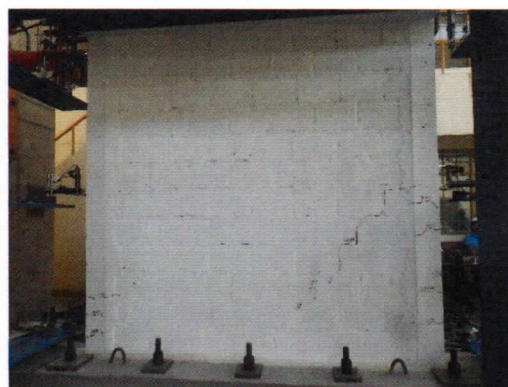


Foto 104. Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado Este de las caras Norte y Sur a una distorsión 1/1500.

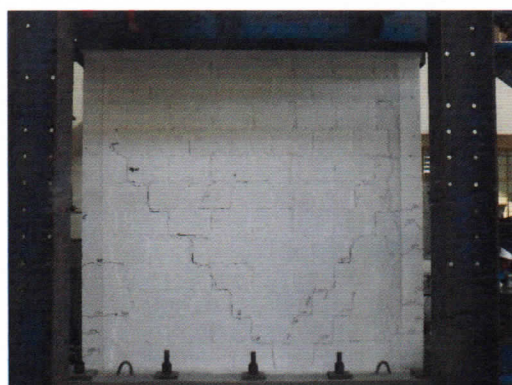


Foto 105. Aparición de grietas de gran extensión en el mortero en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/1100.



Foto 106. Continuación de grietas en el mortero y en las columnas de la cara Norte y Sur para una distorsión 1/1100.