

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



INFORME DE TESIS

**“VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCION “R” PARA MUROS
PORTANTES CONSTRUIDOS CON BLOCKER II, BASADOS EN
ENSAYOS EXPERIMENTALES”**

PARA OPTAR:

TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bachiller Arthur Anthony Javier Chambilla Quispe

TACNA-PERU

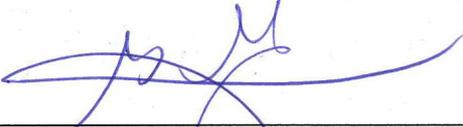
2018

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

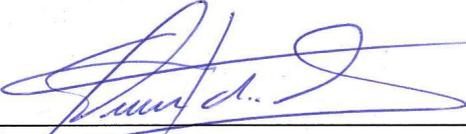
TESIS DE INVESTIGACIÓN

**“VERIFICACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN “R” PARA
MUROS PORTANTES CONSTRUIDOS CON BLOCKER II,
BASADOS EN ENSAYOS EXPERIMENTALES “**

Tesis sustentada y aprobada el 07 de diciembre del 2018; estando el
jurado calificador integrado por:

Presidente :  _____

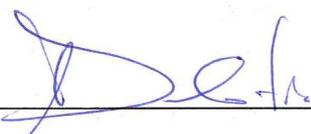
MTRO. WILBER PERCY MENDOZA RAMÍREZ

Secretario :  _____

MTRO. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

Vocal :  _____

MTRO. CESAR JOSÉ AVENDAÑO JHUALLANGA

Asesor :  _____

MTRO. DINA MARLENE COTRADO FLORES

DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Arthur Anthony Javier Chambilla Quispe en calidad de bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 71562811:

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor de la tesis titulada:
“Verificación del factor de reducción “r” para muros portantes
construidos con blocker II, basados en ensayos experimentales “

La misma que presento 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 los derechos de terceros
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente A LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis. en consecuencia, me hago responsable frente a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumpliendo de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado

asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello a favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

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

Tacna, 07 diciembre del 2018.



.....
BACH. CHAMBILLA QUISPE, ARTHUR ANTHONY JAVIER

DNI 71562811

DEDICATORIA

Este presente trabajo de investigación va dedicado al que ha sido, es y será mi mayor motivación para seguir superándome cada día más, a mi querido hijo Arjhen Adriano.

Y en especial para mi querido papa Juan, que desde el cielo me guía y cuida mis pasos,

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme por el camino del bien y porque siempre pone en mi camino personas que me ayudan a seguir creciendo espiritual y profesionalmente.

A la Universidad Privada de Tacna, por ser mi casa superior de estudios.

A la Mg, Dina Cotrado Flores por su apoyo constante y asesoría en este trabajo de investigación.

A mi familia, en especial a mis padres por su apoyo constante, comprensión, consejos y su amor incondicional a lo largo de todas las etapas de mi vida, a mi querida mama catalina por ese gran amor y apoyo incondicional que me viene brindando desde que tengo uso de razón hasta el momento de hoy y a mi familia en general que siempre me brindó su apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria.

ARTHUR ANTHONY CHAMBILLA QUISPE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
CAPÍTULO I.....	01
1) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1) DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	01
1.2) FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	02
1.2.1) Interrogante principal	02
1.2.2) Interrogantes secundarias.....	02
1.3) JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	03
1.4) OBJETIVOS	05
1.4.1) Objetivo general.....	05
1.4.2) Objetivos específicos	05
1.5) HIPÓTESIS	06
CAPITULO II.....	07
2) MARCO TEÓRICO	07
2.1) ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	07
2.1.1) Del estudio Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II (Acero & Cotrado, 2016)	07
2.1.2) Del estudio Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural 2016 ...	13
2.1.3) Del estudio Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural 2017 ...	15
2.2) BASES TEÓRICAS	17
2.2.1) factores de reducción de respuesta	17
2.2.2) evaluación del factor de reducción r experimentalmente	18
2.2.3) Revisión del parámetro en las normas de diseño sismo resistente del Perú	20
2.2.4) ensayos cíclicos.....	29

2.2.5) Especificaciones reglamentarias	38
2.3) DEFINICIÓN DE TERMINOS	42
2.3.1) definición de conceptos (acero & cotrado, 2016).....	42
2.3.2) definición de conceptos (mecánica estructural, escuela de post grado pucp)	43
CAPITULO III.....	47
3) MARCO METODOLÓGICO.....	47
3.1) TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.....	47
3.1.1) Tipo de estudio	47
3.1.2) Diseño de investigación	47
3.2) Población y/o muestra de estudios	47
3.2.1) Sistema de aplicación de cargas.....	48
3.2.2) Sistema de adquisición	49
3.2.3) Protocolo de desplazamiento	50
3.2.4) Espécimen	51
3.2.5) MURO MBAT-1	52
3.2.6) MURO MBAT-2.....	53
3.2.7) MURO MBAT-4.....	54
3.2.8) MURO MBAT-5.....	55
3.3) OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	56
3.3.1) Variables.....	56
3.4) TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	59
3.4.1) Técnicas	59
3.5) PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	59
3.5.1) Investigación bibliográfica	59
3.5.2) Recolección de datos de fase experimental y observación experimental	59
3.5.3) Análisis dinámico modal espectral de una vivienda de dos pisos	60
3.5.4) Redacción del informe final	60
CAPITULO IV	61
4) RESULTADOS	61
4.1) DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO “R”	61
4.1.1) MURO MBAT-1	62

4.1.2) MURO MBAT-2.....	66
4.1.3) MURO MBAT-4.....	70
4.1.4) MURO MBAT-5.....	74
4.2) ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA VIVIENDA CONSTRUIDA CON BLOCKER II, R= 3.....	78
4.2.1) Descripción.....	78
4.2.2) Programas de cómputo.....	78
4.2.3) Normatividad.....	79
4.2.4) Análisis sísmico.....	79
4.2.5) Resultados.....	82
4.3) ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA VIVIENDA CONSTRUIDA CON BLOCKER II, R= 1.966.....	88
4.3.1) Descripción.....	88
4.3.2) Programas de cómputo.....	88
4.3.3) Normatividad.....	89
4.2.4) Análisis sísmico.....	89
4.3.5) Resultados.....	92
4.4) COMPARACIN DE RESULTADOS.....	98
4.4.1) desplazamientos.....	98
4.4.2) fuerzas de corte.....	101
CAPITULO V.....	103
5) DISCUSIONES.....	103
5.1) COMO HIPÓTESIS PRINCIPAL SE PLANTEÓ.....	103
5.2) EN CUANTO A LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	104
5.2.1) Como hipótesis específica 1 se había planteado.....	104
5.2.2) Como hipótesis específica 2 se había planteado.....	105
CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES.....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	113
ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ladrillo blocker II.....	03
Figura 2.1 Espécimen básico. Unidades.....	14
Figura 2.2 Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados.....	14
Figura 2.3 Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados.....	16
Figura 2.4 Cálculo de R.....	19
Figura 2.5 Otro criterio para hallar R.....	20
Figura 2.6 Mapa regionalización sísmica 1970.....	21
Figura 2.7 Mapa zonificación sísmica 1977.....	22
Figura 2.8 Mapa zonificación sísmica 1997.....	24
Figura 2.9 Mapa zonificación sísmica 2003.....	25
Figura 2.10 Mapa zonificación sísmica 2016.....	27
Figura 2.11 Macano para el ensayo cíclico de un muro de carga coplanar aplicada mediante deformación controlada, en el laboratorio de la pontificia universidad católica del Perú.....	29
Figura 2.12 Instalación típica para ensayos cíclicos con deformación controlada.....	30
Figura 2.13 Ensayo cíclico con muro en voladizo.....	31
Figura 2.14 Lazo histeretico.....	32
Figura 2.15 Lazos histereticos usuales en muros de albañilería reforzada.....	33
Figura 2.16 Determinación de la condición de fluencia.....	35

Figura 2.17 Determinación de las condiciones ultimas.....	36
Figura 2.18 Metodología para el ensayo cíclico	37
Figura 2.19 Determinación del módulo de elasticidad	44
Figura 2.20 Niveles de ductilidad de materiales de acuerdo a la curva esfuerzo Deformación	45
Figura 2.21 Definición de resiliencia	46
Figura 2.22 Determinación del módulo de resiliencia.....	46
Figura 3.1 Esquema de configuración del ensayo cíclico	48
Figura 3.2 Sistema de adquisición	49
Figura 3.3 Sistema de adquisición	50
Figura 3.4 Distorsiones objetivo para el control de desplazamiento por ciclo	50
Figura 3.5 Espécimen básico. unidades: m.....	51
Figura 3.6 Curva histerética del espécimen MBAT-1	52
Figura 3.7 Curva de capacidad del espécimen MBAT-1.....	52
Figura 3.8 Curva histerética del espécimen MBAT-2	53
Figura 3.9 Curva de capacidad del espécimen MBAT-2.....	53
Figura 3.10 Curva histerética del espécimen MBAT-4	54
Figura 3.11 Curva de capacidad del espécimen MBAT-4.....	54
Figura 3.12 Curva histerética del espécimen MBAT-5	55
Figura 3.13 Curva de capacidad del espécimen MBAT-5.....	55
Figura 4.1 Curva histerética del espécimen MBAT-1	62
Figura 4.2 Curva de capacidad del espécimen MBAT-1.....	63

Figura 4.3 Curva histerética del espécimen MBAT-2	64
Figura 4.4 Curva de capacidad del espécimen MBAT-2.....	66
Figura 4.5 Curva de capacidad del espécimen MBAT-2.....	67
Figura 4.6 Curva histerética del espécimen MBAT-4	68
Figura 4.7 Curva de capacidad del espécimen MBAT-4.....	70
Figura 4.8 Curva de capacidad del espécimen MBAT-4.....	71
Figura 4.9 Curva histerética del espécimen MBAT-5	72
Figura 4.10 Curva de capacidad del espécimen MBAT-5.....	74
Figura 4.11 Curva de capacidad del espécimen MBAT-5.....	75
Figura.4.12 Espectro de pseudo aceleración dirección Y-Y	76
Figura 4.13 Espectro de pseudo aceleración dirección X-X,	80
Figura 4.14 Periodo fundamental en la dirección "x"	80
Figura 4.15 Vista del desplazamiento en el eje X-X	83
Figura 4.16 Vista del desplazamiento en el eje Y-Y	85
Figura 4.17 Espectro de pseudo aceleración dirección Y-Y	86
Figura 4.18 Espectro de pseudo aceleración dirección X-X	90
Figura 4.19 Periodo fundamental en la dirección "x"	90
Figura 4.20 Vista del desplazamiento en el eje X-X	93
Figura 4.21 Vista del desplazamiento en el eje Y-Y	95
Figura 4.23 Vista del desplazamiento en el eje X-X con R=3.....	98
Figura 4.24 Vista del desplazamiento en el eje X-X con R=1.966	99
Figura 4.25 Vista de la fuerza de corte en el eje X-X con R=3	101

Figura 4.26 Vista de la fuerza de corte en el eje X-X con $R=1.966$ 101

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°2.1 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería	07
TABLA N°2.2 Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes	09
TABLA 2.3 Comparación entre los factores de reducción de respuesta.....	28
TABLA 2.4 Comparación entre los factores de reducción de respuesta.....	28
TABLA N°2.5 NTE E.070 (2005).....	38
TABLA N°2.6 NTE E.070 (2005).....	39
TABLA N°2.7 Resistencia características de albañilería	40
TABLA N°3.1 operacionalización de variables	57
TABLA N°4.1 Periodos y modos de vibración	82
TABLA N°4.2 Verificación del peso.....	84
TABLA N°4.3 Distorsiones máximas eje X-X	85
TABLA N°4 4 Distorsiones máximas eje Y-Y	86
TABLA N°4.5 Verificación de la fuerza de corte mínima en la base	87
TABLA N°4.6 Valor escalado.....	87
TABLA N°4.7 Periodos y modos de vibración	92
TABLA N°4.8 Verificación del peso.....	94
TABLA N°4.9 Distorsiones máximas eje X-X	95
TABLA N°4.10 Distorsiones máximas eje Y-Y	96
TABLA N°4.11 Fuerza de corte mínima en la base.....	97
TABLA N°4.12 Valor escalado.....	97

TABLA N°4.13 Comparación de desplazamientos	99
TABLA N°4.14 Comparación de fuerzas de corte	102
TABLA N°4.15 Resultados de ensayos experimentales	107

RESUMEN

La presente tesis titulada “Verificación del factor de reducción “R” para muros portantes construidos con blocker II, basados en ensayos experimentales” tuvo por finalidad contribuir con información para posteriores estudios de verificación del factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas “R” para muros portantes construidos con blocker II y para futuros estudios de vulnerabilidad sísmica, Para llevar a cabo la verificación del factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R es necesario tener información del daño estructural que pudiera experimentar ante un escenario sísmico. Para tal fin, los muros de albañilería construidos con la unidad hueca blocker II en base a ensayos experimentales realizados en el laboratorio de Estructuras del CISMID-UNI, son una herramienta muy útil y componente clave para futuros estudios de vulnerabilidad sísmica. Para determinar experimentalmente el factor R, se utilizará el criterio propuesto por Ángel San Bartolomé, que consiste en igualar la energía elástica equivalente (E) a la capacidad de absorción de la energía inelástica (Eh). Para el cálculo de Eh, se utilizará la distorsión máxima de 0.005, ya que es el valor máximo permitido por la NTE E.030. En base a los datos obtenidos de los ensayos experimentales y aplicados y comparados con la norma E.030 en un análisis sísmico de una vivienda de albañilería construida con blocker II realizada en el programa ETABS se ha podido determinar que no existe una mayor variación en los resultados obtenidos para desplazamientos y distorsiones sin embargo en las fuerzas de corte en la base el valor se ha incrementado en un 25%. se ha verificado que el factor de reducción R obtenido a partir de ensayos experimentales de muros de albañilería construidos con blocker II sometidos a carga lateral cíclica y carga vertical de 10tn es menor a la planteada por la norma E.030, ya que se obtuvieron valores de R promedio de 1.96 en comparación con el valor de 3 propuesto en la norma E.030.

Palabras claves: muros portantes, unidad de albañilería sólida, unidad albañilería hueca, factor de reducción sísmica (R).

ABSTRACT

The present thesis entitled "Verification of the reduction factor" R "for load-bearing walls built with blocker II, based on experimental tests" was intended to contribute with information for further verification studies of the reduction factor of elastic seismic forces " R " For load-bearing walls built with blocker II and for future studies of seismic vulnerability. To carry out the verification of the reduction factor of elastic seismic forces R , it is necessary to have information on the structural damage that could be experienced in a seismic scenario. For this purpose, the masonry walls built with the hollow blocker II unit based on experimental tests carried out in the Structures laboratory of CISMID-UNI, are a very useful tool and a key component for future studies of seismic vulnerability. To determine the R factor experimentally, the criterion proposed by Ángel San Bartolomé will be used, which consists of equalizing the equivalent elastic energy (E) to the capacity of absorption of the inelastic energy (E_h). For the calculation of E_h , the maximum distortion of 0.005 will be used, since it is the maximum value allowed by NTE E.030. Based on the data obtained from the experimental and applied tests and compared with the standard E.030 in a seismic analysis of a masonry house built with blocker II carried out in the ETABS program, it has been possible to determine that there is no greater variation in the results obtained for displacements and distortions, however, in the forces of cutting in the base, the value has increased by 52.52%. It has been verified that the reduction factor R obtained from experimental tests of masonry walls built with blocker II subjected to cyclic lateral load and vertical load of 10tn is lower than the one proposed by standard E.030, since average values of r were obtained of 1.96 compared to the value of 3 proposed in standard E.030.

Keywords: bearing walls, solid masonry unit, hollow masonry unit, seismic reduction factor (R).

INTRODUCCIÓN

“La inteligencia es la capacidad de adaptarse al cambio.”

Stephen Hawking.

El presente estudio, surge debido a que Tacna se encuentra en una zona de silencio sísmico. Según los antecedentes el último sismo registrado en Arica (Antes perteneciente a Perú) fue en el año 1868. A la fecha han transcurrido más de 148 años, por lo que debemos estar preparados ante un evento sísmico de gran magnitud.

Durante el sismo del 23 de junio del 2001 se pudo comprobar la inadecuada capacidad sísmica a de las viviendas informales de la Ciudad de Tacna (Acero & Cotrado 2016). Sin embargo, en la ciudad de Tacna, durante el proceso constructivo de los muros portantes de las viviendas informales, se siguen empleando materiales no estandarizados en la Norma Técnica de Edificaciones E.070, como es el caso de las unidades de arcilla Blocker II y el bloque de concreto artesanal o bloqueta (Acero & Cotrado 2016).

Es por ello, que en base a la información técnica de 04 ensayos a carga lateral cíclica de muros construidos con Blocker II y lo propuesto por el autor Ángel San Bartolomé, se ha verificado si el parámetro R propuesto en la NTE E.030 corresponde a este tipo de unidades. Para determinar el parámetro R, el autor San Bartolomé sugiere igualar la energía elástica equivalente (E) a la capacidad de absorción de la energía inelástica (Eh).

La determinación del valor de R es importante pues no solamente define la capacidad de resistencia lateral de nuestra estructura, sino que también influye en su probable desempeño ante un sismo severo (Gálvez, 2008, pág.6).

Este trabajo se encuentra estructurado en 05 capítulos. En el capítulo I, se determina la problemática de los muros construidos con blocker II, la descripción, formulación, justificación e importancia, objetivos e hipótesis.

El capítulo II, está referido al fundamento teórico científico, es decir el marco referido a muros construidos con blocker II, antecedentes, bases teóricas y definición de términos.

En el capítulo III, se desarrolla el marco metodológico, tipo de investigación, diseño, ámbito, población y muestra, operacionalización de variables y finalmente las técnicas e instrumentos utilizados en la investigación.

El capítulo IV, presenta los resultados de la investigación a partir de la descripción de los ensayos experimentales y análisis sísmico de una vivienda de dos niveles, y presentación de las tablas de los resultados.

El capítulo V, presenta las discusiones de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación.

Finalmente se presentan conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos que se han utilizado en el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO I

1) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1) DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Desde el año 2015, La Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, inicia los estudios en unidades, prismas y muros construidos con Blocker II.

EL estudio de este tipo de unidades surge debido a que Tacna se encuentra en una zona de silencio sísmico. Según los antecedentes el último sismo registrado en Arica (Antes perteneciente a Perú) fue en el año 1868. A la fecha han transcurrido más de 148 años, por lo que debemos estar preparados ante un evento sísmico de gran magnitud.

La determinación del valor de R es importante pues no solamente define la capacidad de resistencia lateral de nuestra estructura, sino que también influye en su probable desempeño ante un sismo severo (Gálvez, 2008, pág.6).

El factor de reducción de respuesta sísmica R es desarrollado para tener en cuenta dos aspectos importantes de la respuesta estructural ante demandas sísmicas, primeramente, su capacidad para disipar energía, al incursionar en el rango inelástico y en segundo término la sobre resistencia inherente de los sistemas estructurales y sus materiales constitutivos. (Gálvez, 2008)

El mencionado Factor ha venido siendo determinado en base a tres fuentes: La observación del desempeño estructural ante sismos pasados; por procedimientos técnicos en base a ciertos principios y por criterios planteados por experimentados investigadores en el tema. (Gálvez, 2008)

1.2) FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1) INTERROGANTE PRINCIPAL

¿Cómo se puede verificar si el factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R de la NTE E.030 (Diseño sísmo resistente) se aplica a muros de albañilería construidos con la unidad hueca Blocker II?

1.2.2) INTERROGANTES SECUNDARIAS

- A. ¿Cómo se puede proponer el valor de R , basados en el criterio de igualar la energía elástica equivalente a la inelástica tomando como data los diferentes ensayos realizados por la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna?

- B. ¿Cómo influye el factor R de la NTE E.030 y lo propuesto en esta investigación, en el análisis sísmico de una vivienda de albañilería construida con blocker II?

1.3) JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La justificación del presente estudio se basa en:

Desde el aspecto sísmico, porque de acuerdo con la historia sísmica de Tacna, en los últimos 500 años han ocurrido terremotos que en más de una ocasión causaron la destrucción total de la ciudad, como el ocurrido el 13 de agosto de 1868. El último evento sísmico de gran magnitud que afectó a la ciudad ocurrió el 23 de junio del 2001 (VII grados en la escala de Mercalli Modificada). Numerosos expertos en sismología opinan que este sismo no excluye a la zona sur del Perú y norte de Chile del gran silencio sísmico que los involucra; y es por eso que esta zona es de alta prioridad para efectuar estudios de predicción sísmica y para realizar acciones de prevención y planificación de desastres. Desde el último evento sísmico de gran magnitud que afectó la ciudad de Tacna el año de 1868, han transcurrido 136 años, tiempo durante el cual se ha acumulado suficiente energía para producir un sismo de magnitud mayor de 7. De acuerdo con período de retorno estimado para este sector de América del Sur, la región Tacna -Arica se encuentra a puertas de un sismo de gran magnitud. Los efectos negativos de un sismo de tales características, serían catastróficos en la actividad socioeconómica de la región y el país (Conrado,2006, p.137).

Desde el aspecto normativo, porque según la norma E.070 en zonas altamente sísmicas como la ciudad de Tacna se debe emplear unidades solidas o macizas en la construcción de los muros portantes de albañilería. La unidad de albañilería blocker II es unidad hueca y según la ladrillera Martorell su uso es para muros de tabiquería y cercos perimétricos. (Acero & Cotrado 2016).



Figura 1.1 Ladrillo blocker II

(Fuente: ladrillera Martorel –ladrillos maxx)- usado en gran cantidad en la construcción de viviendas en la ciudad de Tacna.

Desde el aspecto de la formalidad, se justifica porque, el 80 % de las viviendas construidas en la ciudad de Tacna no cuentan con licencias de construcción y por ende no son realizados por profesionales a fines del tema, los pobladores de la ciudad de Tacna han tenido la costumbre de construir sus viviendas sin realizar una evaluación técnica del terreno ni la opinión de profesionales y más aun sin contar con la autorización del ente rector, en este caso la municipalidad de cada zona. Por tal motivo las estructuras construidas informalmente no brindan seguridad ni garantías ante un evento sísmico.

Desde el aspecto estructural, porque los usos masivos de este tipo de construcción en la ciudad de Tacna hacen necesario su estudio a fin de determinar y verificar la respuesta estructural ante diferentes valores de R (factor de reducción de la respuesta sísmica)

1.4) OBJETIVOS

1.4.1) OBJETIVO GENERAL

Verificar si el factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R de la NTE E.030 (Diseño sismo resistente) se aplica a muros de albañilería construidos con la unidad hueca Blocker II.

1.4.2) OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Proponer el valor de R , basados en el criterio de igualar la energía elástica equivalente a la inelástica. La base de datos serán los diferentes ensayos realizados por la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna.

- b) Evaluar la influencia de el factor R de la NTE E.030 y lo propuesto en esta investigación, en el análisis sísmico de una vivienda de albañilería construida con blocker II

1.5) HIPÓTESIS

Formulación de la hipótesis

Como hipótesis General se ha planteado lo siguiente:

Para llevar a cabo la verificación del factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R es necesario tener información del daño estructural que pudiera experimentar ante un escenario sísmico. Para tal fin, los muros de albañilería construidos con la unidad hueca blocker II en base a ensayos experimentales realizados en el laboratorio de Estructuras del CISMID-UNI, son una herramienta muy útil y componente clave para futuros estudios de vulnerabilidad sísmica.

Y como hipótesis específicas se ha considerado lo siguiente:

Hipótesis específica 1

A través de ensayos cíclicos de los que se obtienen gráficas de cargas vs desplazamientos obtenidos de los resultados de lazos histeréticos. De la envolvente cíclica que rodea los lazos histeréticos de los muros portantes se obtienen las curvas de capacidad o curvas de comportamiento. Con las curvas de capacidad de los ensayos experimentales se puede obtener los valores de R para diferentes elementos estructurales.

Hipótesis específica 2

Cuanto menor es el valor de R nuestra estructura tiene una menor capacidad de resistencia lateral y mayor fuerza cortante, lo que a su vez implica mayor daño estructural.

CAPÍTULO II

2) MARCO TEÓRICO

2.1) ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Algunas conclusiones de los trabajos efectuados a la fecha en el blocker II son:

2.1.1) DEL ESTUDIO PROPUESTA DE FÓRMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS CONSTRUIDOS CON BLOCKER II (ACERO & COTRADO, 2016)

El Blocker II es una unidad hueca con un 53.93% de área hueca y según la tabla 2.1 de la Norma técnica de edificaciones E.070 (Albañilería, Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería para fines estructurales), la unidad hueca no se puede utilizar en construcción de muros portantes para edificios ubicados en la zona sísmica 3, como es el caso de Tacna.

TABLA N°2.1 Limitaciones en el uso de la unidad de albañilería

f

Tipo	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en Edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal	NO	Si, hasta dos pisos	SI
Solido industrial	SI	SI	SI
Alveolar	Si celdas totalmente rellenas con grout	Si celdas parcialmente rellenas con grout	Si celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	NO	NO	SI
Tubular	NO	NO	Si , hasta dos pisos

(Fuente: Norma Peruana E.070) – Se muestra las unidades de albañilería y su uso para cada de tipo de zona.

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

En la tabla 2.2 de dicho trabajo se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los laboratorios del CISMID-UNI y PUCP. De los resultados entre ambos laboratorios se puede observar que la resistencia a la compresión axial máxima promedio es de 64.035Kg/cm² y la desviación estándar es de 14.50Kg/cm², con lo cual se puede sugerir un valor de resistencia a la compresión f'_m de 49.53Kg/cm² o 4.86Mpa.

Por otro lado, se determinó que la resistencia al corte máximo promedio de 4.10Kg/cm² y la desviación estándar es de 1.27Kg/cm², por lo que se puede sugerir una resistencia al cortante característico de 2.834Kg/cm² o 0.28Mpa.

TABLA N°2.2

Resumen de ensayos de compresión axial en pilas y compresión diagonal en muretes						
LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN	f'm	Em	IDENTIFICACIÓN	v'm	G
		(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)		(Kg/cm ²)	(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	33462.1 9	M: 1	3.20	7956.9 4
	P: 2	71.27	49416.7 0	M: 2	3.28	10599. 73
	P: 3	82.60	57790.4 9	M: 3	3.06	7449.3
	P: 4	68.418	54158.1 3	M: 4	2.28	8505.0 1
CISMID UNI (Tarqui & Copaja, 2007)	M-1	72.09	91298.9 8	-	-	-
	M-2	78.03	100192. 55	-	-	-
	M-3	81.39	103770. 85	-	-	-
	Promedio	64.035	58832.5 7		4.101	9703.7 76
	D.E	14.50	24848.9		1.266	1802.4 69
	Corregido	49.53	33983.6 7		2.834	7901.3 06

Nota:

D.E desviación estándar

(Fuente: Acero&Cotrado ,2016) se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los laboratorios del CISMID-UNI y PUCP.

- ✓ Para determinar la densidad mínima de muros construidos con Blocker II, y con techo rígido, se propone la siguiente expresión:

$$\frac{\sum(L.t)}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{22} \dots\dots\dots (2.1)$$

Justificación de formula:

Una de las premisas importantes para el análisis de una vivienda está centrada en la densidad de muros que tiene en ambas direcciones, es decir que se analiza la cantidad de muros confinados existentes resistentes a sismo y se verifica si es que estos son capaces de resistir la fuerza cortante que se produce durante un evento sísmico.

En concordancia con el ítem 26.4.a de la NTE E.070 en donde se indica: Con el objeto de proporcionar una adecuada resistencia y rigidez al edificio, en cada entrepiso "i" y en cada dirección principal del edificio, se deberá cumplir que la resistencia al corte sea mayor que la fuerza cortante producida por el sismo severo, es decir que:

$$\sum V_{mi} \geq V_{Ei} \dots\dots\dots (2.2)$$

Para el primer piso:

V_{Ei} = Fuerza cortante en la base calculada del análisis estático.

V_{mi} = Resistencia al corte de los muros

Además, los valores de la Fuerza Cortante en la base, están definidos en la Norma Técnica de Edificaciones E.030 (Diseño sismoresistente, 2003 y 2006) de la siguiente manera:

$$V_E = V = \frac{Z.U.S.C.P}{R} \dots\dots\dots (2.3)$$

Donde:

- Z : Factor de zona
 U : Factor de uso
 S : Factor de suelo.
 C : Factor de amplificación sísmica
 R : Factor de reducción
 P : Peso de la estructura

Por otro lado, en el ítem 8.5.3 de la NTE E.070, se especifica la resistencia al corte (V_m) de los muros de albañilería se calculará en cada entrepiso mediante:

$$V_m = 0.5 \cdot v'_m \cdot \alpha \cdot t \cdot L + 0.23 \cdot P_g \dots \dots \dots (2.4)$$

Donde:

- v'_m : resistencia característica al corte de la albañilería
 P_g : carga gravitacional de servicio, con sobrecarga reducida de la NTE E.030
 Diseño Sismoresistente
 t : espesor efectivo del muro
 L : Longitud total del muro (incluyendo a las columnas en el caso de muros confinados)
 α : factor de reducción de resistencia al corte por efectos de esbeltez, calculado como:

$$\frac{1}{3} \leq \frac{V_e \cdot L}{M_e} \leq 1 \dots \dots \dots (2.5)$$

V_e , es la fuerza cortante del muro obtenida del análisis elástico $R=6$

M_e , es el momento flector del muro obtenido del análisis elástico $R=6$

La condición más desfavorable para la ecuación (2.4) es que ambos miembros sean iguales, por lo tanto:

$$\Sigma V_m \cong V_E \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Debido a la variabilidad de valores que se podría tener para la ecuación (2.4), se ha establecido despreciar el valor (0.23.Pg), así como también plantear un valor conservador para el factor de reducción por esbeltez ($\alpha=1$). Esta condición se ha establecido conociendo que la resistencia admisible al corte es la mitad de la resistencia a la rotura, es decir V_m es $0.5 \cdot v' \cdot m \cdot t \cdot L$

Luego, rescribiendo la ecuación (2.7), tenemos:

$$\Sigma(0.5 \cdot v' \cdot m \cdot L \cdot t) \cong \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R}, \text{ ordenando:}$$

$$0.5 \cdot v' \cdot m \Sigma(L \cdot t) \cong \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

De manera similar a la fórmula de la NTE E.070, se puede suponer:

Un peso promedio de la planta típica (de área A_p) igual a 800 kg/m^2 ; además, se puede admitir que, para edificios rígidos, "C" cae en la zona plana del espectro sísmico, donde $C = 2,5$, y que el factor de reducción de las fuerzas sísmica (R) es igual a 3, según se indica en la Norma E.030 para sismos severos que actúan en edificios de albañilería reforzada. Con lo cual:

$$0.5 \cdot v' \cdot m \Sigma(L \cdot t) \cong \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot 2.5 \cdot (800 \cdot A_p \cdot N)}{3}$$

$$\frac{\Sigma L \cdot t}{A_p} \cong \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot N}{0.00075 v' \cdot m}; \text{ en } \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

En la tabla 2.2 se muestra un $v'm$ igual a 2.834Kg/cm² o 28340Kg/m², entonces reemplazando este valor en la ecuación (2.8), se obtiene la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum(L.t)}{A_p} \geq \frac{Z.U.S.N}{22} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dónde:

- “Z”, “U” y “S” corresponden a los factores de zona sísmica, Importancia y de suelo, respectivamente, especificados en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.
- “N” es el número de pisos del edificio;
- “L” es la longitud total del muro (incluyendo columnas, sí existiesen); y,
- “t” es el espesor efectivo del muro

Así, por ejemplo, empleando la NTE E.070 “Albañilería estructural” la longitud de muros requerida para una edificación de 88m² de área en planta, de dos pisos y ubicada en el distrito de Ciudad Nueva, se requiere 13 metros lineales, mientras que, si se emplea la fórmula propuesta en dicho trabajo, la longitud de muros requerido es de 33 metros lineales, es decir 275% más de lo que exige la NTE E.070.

2.1.2) DEL ESTUDIO ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS A ESCALA NATURAL 2016:

Este trabajo fue desarrollado por un grupo de tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna, bajo la asesoría de los docentes José Acero, y Dina Cotrado.

Se realizaron ensayos estáticos cíclicos a escala natural en 3 muros construidos con blocker II, con la finalidad 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.

Los especímenes tienen las dimensiones 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 0.30 m de altura.

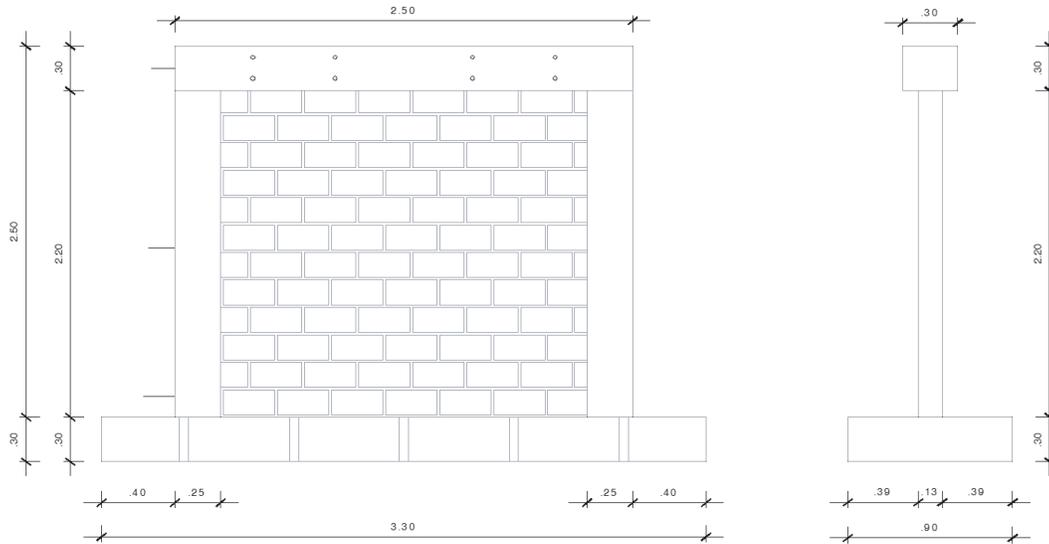


Figura 2.1. Especimen básico. unidades: m

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016)- Los especímenes tienen las dimensiones 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 0.30 m de altura.

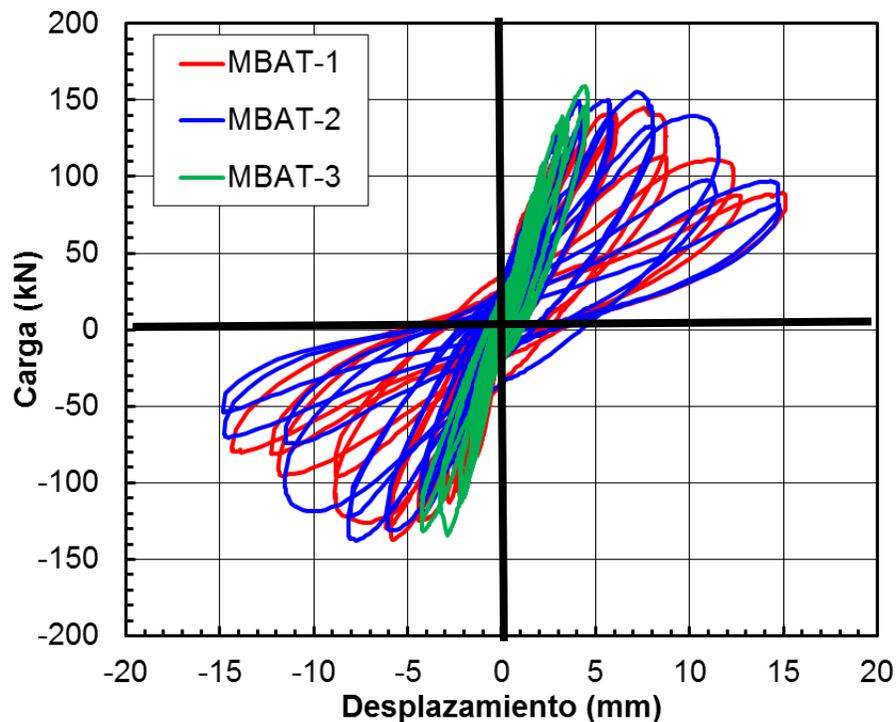


Figura 2.2. Comparacion de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016)- se observa las curvas histeréticas de los tres muros ensayados

De los tres especímenes ensayados cíclicamente se tuvo las siguientes conclusiones:

- ✓ Los especímenes MBAT-1 y MBAT-2 se llevaron hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada).
- ✓ El espécimen MBAT-3, 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 133 KN (0.41 N/mm²), que sucede a un nivel de distorsión de 0.0025 (1/400) aproximadamente.
- ✓ Para un nivel de distorsión de 0.005 (límite de distorsión de acuerdo a la NTE E.030-2016) se obtiene una carga promedio de 87 KN (0.27 N/mm²).

2.1.3) DEL ESTUDIO ENSAYO DE CARGA CÍCLICA DE TRES MUROS A ESCALA NATURAL 2017:

Este trabajo fue realizado recientemente en el mes de agosto del 2017, y financiado por tesis y la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería de la Universidad.

De manera similar a los muros anteriores, los especímenes son muros de 2.50 m de altura, 2.50 m de longitud y 0.13 m de espesor.

La figura 04 muestra la comparación de las curvas histeréticas de los tres especímenes ensayados, a los que se les ha denominado MBAT -4, MBAT-5 y MBAT-6.

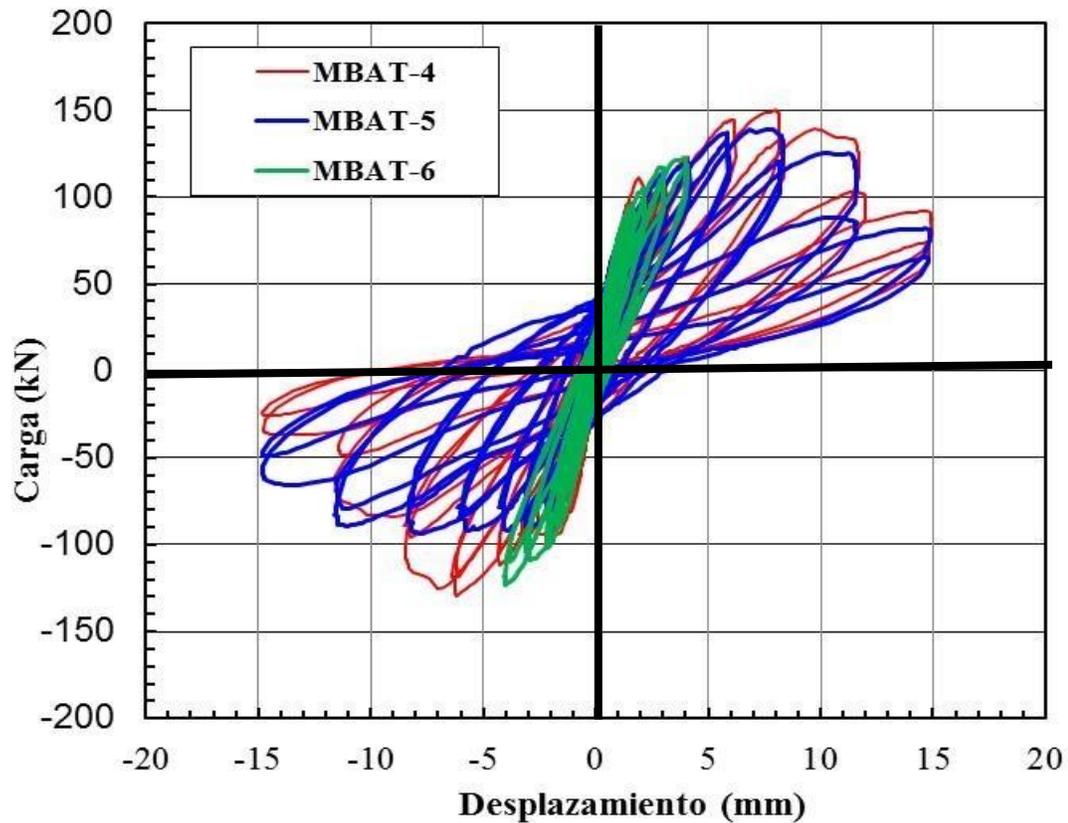


Figura 2.3. Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)- comparación de las curvas histeréticas de los tres especímenes ensayados, a los que se les ha denominado MBAT -4, MBAT-5 y MBAT-6.

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 E.030-2016) se obtiene una carga promedio de 84 KN (0.26 MPa), que representa el 62% de la carga máxima.

2.2) BASES TEÓRICAS

2.2.1) FACTORES DE REDUCCIÓN DE RESPUESTA

El concepto de factor de reducción de respuesta se basa en la premisa de que un sistema estructural bien detallado es capaz de sostener grandes deformaciones sin llegar a colapsar. Al aplicar en el proyecto de estructuras sismo resistentes factores de reducción mayores que la unidad, el proyectista acepta una simplificación importante: la de que con las herramientas de cálculo lineal se pueden obtener unas cuantificaciones razonables de la respuesta real de la estructura. La segunda simplificación asumida es que, si se acepta un comportamiento significativamente no lineal, es lógico esperar que ocurra un daño global importante en la estructura

factores de reducción R, tal como se les conoce actualmente son presentados en la publicación del ATC-3-06 (ATC 1978), que modernizó todo el procedimiento general

aplicado en la ingeniería sísmica. El procedimiento propuesto, que permite la aplicación del método de las fuerzas sísmicas equivalentes mediante la reducción del cortante en el base calculado a partir del espectro de diseño elástico con un amortiguamiento igual al 5% del amortiguamiento crítico y para el correspondiente peso sísmico de la edificación:

$$V_b = \frac{V_e}{R} = \frac{S_a, 5x W}{R} \dots \dots \dots (2.10)$$

El cortante en la base de diseño, V_b , se calcula escalando el cortante en el base elástico, V_e , por el factor de reducción R correspondiente al diseño. En el cálculo del cortante en la base elástica V_e se considera la aceleración del espectro elástico de diseño calculado por los métodos dinámicos conocidos, para un amortiguamiento del 5% del amortiguamiento crítico, lo que permite obtener la aceleración de diseño S_a . Esta aceleración afecta al peso sísmico W que, generalmente, corresponde al 100% de las cargas permanentes más un porcentaje de las sobrecargas de uso.

Posteriormente, la adecuación de las normativas de diseño sismo resistente al análisis de secciones basado en resistencia que sustituía al análisis por esfuerzos admisibles, propició la aparición del factor de reducción R_w , que en términos generales tenía valores mayores que su predecesor. Este nuevo factor de reducción se encuentra en el articulado del UBC-97 y del IBC2003, sin embargo, en las últimas revisiones de dichos códigos han sufrido importantes reducciones respecto a las versiones anteriores.

2.2.2) EVALUACIÓN DEL FACTOR DE REDUCCIÓN R EXPERIMENTALMENTE

En el libro “Diseño y construcción de estructuras sismo resistentes de albañilería, el autor Angel San Bartolomé, menciona lo siguiente:

El factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R puede determinarse experimentalmente. El criterio es igualar la energía elástica equivalente a la inelástica.

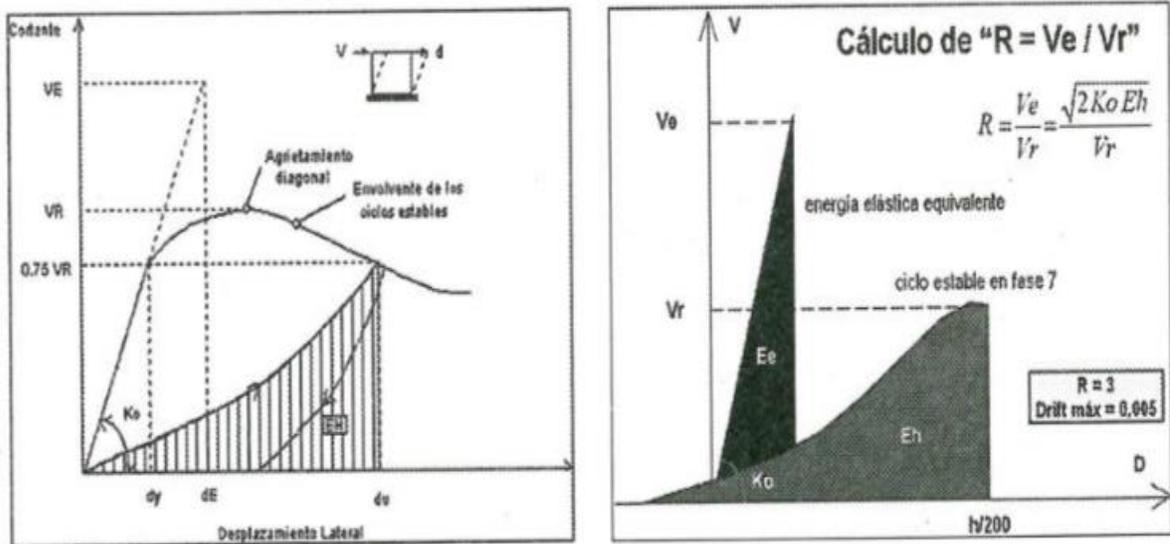


Figura 2.4. Cálculo de R

(Fuente: Angel San Bartolomé, Diseño y construcción de estructuras sismo resistentes de albañilería)- se observa el criterio que toma el autor para igualar la energía elástica equivalente a la inelástica para el cálculo de R.

Para ello, se trabaja con el desplazamiento máximo permitido por la Norma de diseño sismoresistente NTE E.030, a fin de que el sistema quede en estado reparable. Para ese nivel de desplazamiento, se calcula la capacidad de absorción de energía inelástica (E_h), que luego se iguala a la energía elástica equivalente (E_e), que supuestamente tendría el muro si se comportara elásticamente.

Este criterio conduce a factores de R del orden de 2.5 cuando el muro ha sido diseñado adecuadamente. Sin embargo, contemplándose otros factores como la sismo resistencia del edificio y los defectos en su construcción, en la Norma de diseño sismo resistente de edificaciones se utiliza un valor de R igual a 3, tanto para la albañilería confinada como para la albañilería armada.

Otro criterio de calcular R experimentalmente se muestra en la figura 2.5, donde se acepta una degradación de 25% en la resistencia máxima. En este criterio se determina la ductilidad de desplazamiento μ , que proviene de igualar la energía elástica

equivalente (E) a la energía elastoplástica ideal, para luego evaluar R mediante la expresión $\sqrt{2\mu-1}$. Puesto que en este criterio no se contempla la degradación de rigidez lateral que tienen los muros en la etapa inelástica, los valores de R son demasiado elevados.

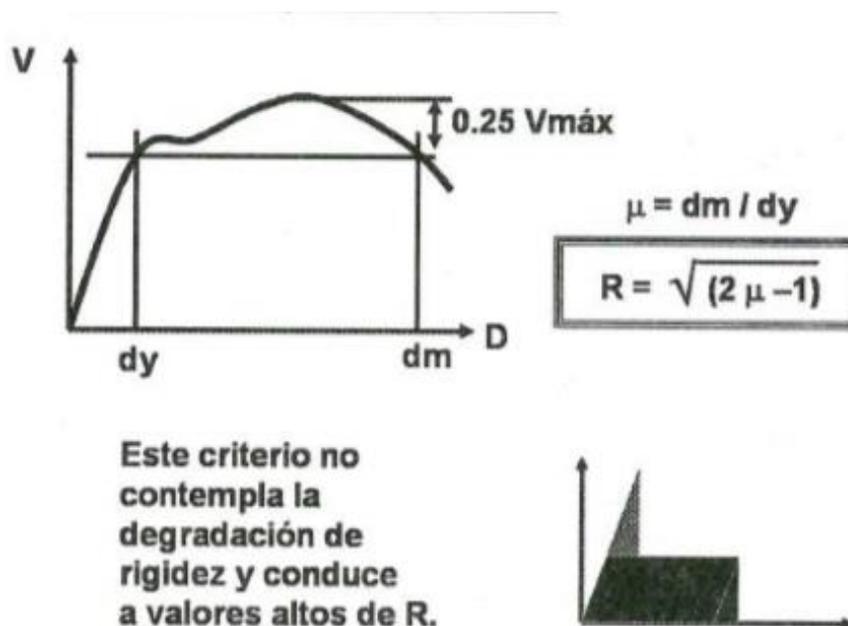


Figura 2.5. Otro criterio para hallar R

(Fuente: Angel San Bartolomé, Diseño y construcción de estructuras sismo resistentes de albañilería)- se observa otro criterio para hallar el valor de R experimentalmente, pero este criterio no contempla la degradación de rigidez y conduce a valores altos de R

2.2.3) REVISIÓN DEL PARÁMETRO EN LAS NORMAS DE DISEÑO SISMO RESISTENTE DEL PERÚ

(M.Sc. Ing. Carlos Córdova Rojas) hace una comparación de los parámetros de las normas de diseño sismo resistente del Perú.

2.2.3.1) Norma Peruana E.030 -1970

Para la determinación de la fuerza sísmica lateral se utilizaba la siguiente expresión

2.2.3.2) Norma Peruana E.030 -1977

Se incorpora la norma básica de diseño al reglamento nacional de construcciones, la que reemplaza a la norma anterior

$$H = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R_d} \dots \dots \dots (2.12)$$

H = Fuerza cortante sísmica basal

Z = Factor debido a la zona

U = Factor debido al uso de la edificación

S = Factor debido al tipo de suelo

C = Coeficiente sísmico.

P = Peso de la edificación



Figura 2.7. Mapa zonificación sísmica 1977

(Fuente: M.Sc. Ing. Carlos Córdova Rojas) - se observa el mapa de zonificación sísmica de la norma E.030 de 1977 Se incorpora la norma básica de diseño al reglamento nacional de construcciones, la que reemplaza a la norma anterior.

2.2.3.3) Norma Peruana E.030 -1997

Debido al sismo de 1996 ocurrido en nazca, se observaron serios daños presentados en los colegios infes.

en ese sismo se comprobó que las deformaciones laterales de las edificaciones eran mayores que los resultados que se obtenían con los coeficientes de la norma sísmica de 1977, por lo que se decide cambiar la norma.

el nivel de fuerzas no debería cambiarse, si no el cálculo de los desplazamientos laterales de entrepiso (estructuras mas rígidas). Se hace una nueva norma, manteniendo el nivel de fuerzas, pero obteniéndose desplazamientos 2.5 veces mayores que los obtenidos con la antigua norma. Para esto se cambian los coeficientes de la expresión general ($H = \frac{Z.U.S.C.P}{R_d}$), cambiando los valores de r, ahora multiplicados por 2.5.

$$* V = \frac{Z. U. S. C. P}{R} \dots \dots \dots (2.13)$$

$$* \frac{C}{R} \geq 0.1 \dots \dots \dots (2.14)$$

$$* C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) 1.25 \dots \dots \dots (2.15)$$

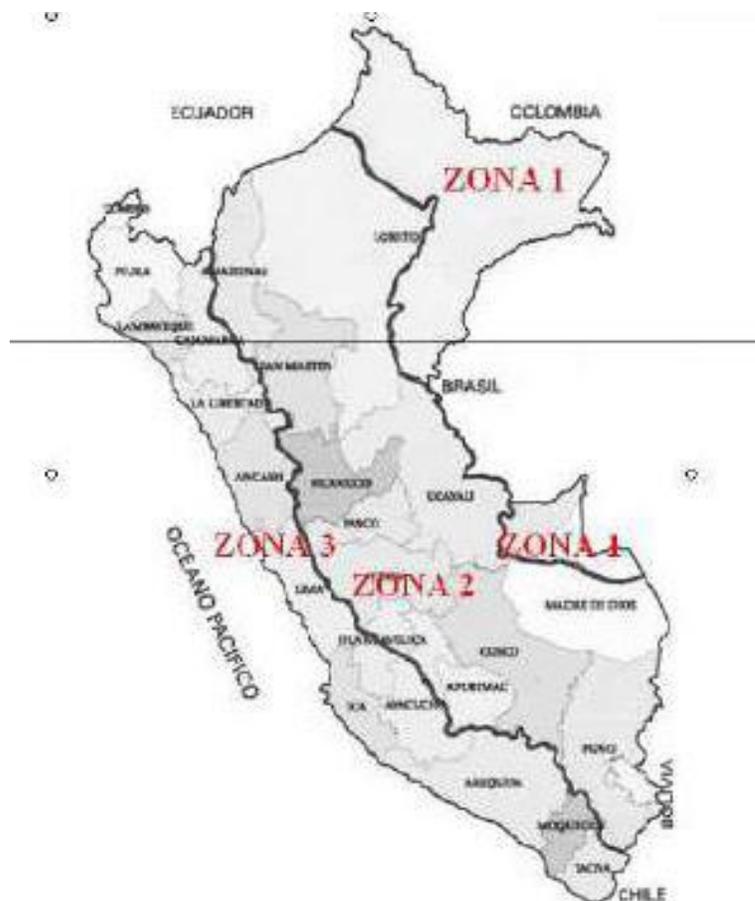


Figura 2.8. Mapa zonificación sísmica 1997

(Fuente: M.Sc. Ing. Carlos Córdova Rojas) - se observa el mapa de zonificación sísmica de la norma E.030 de 1997.

2.2.3.4) Norma Peruana E.030 -2003

actualización de la tercera norma peruana de diseño sismo resistente

debido al sismo del 2001 ocurrido en Moquegua, Arequipa y Tacna, se decide hacer algunos ajustes a la norma sísmica del 2003. En esta oportunidad se amplifican las fuerzas sísmicas por 1.25 de tal manera de tener un sismo amplificado a cargas ultimas, lo que implicaba modificar los factores de reducción sísmica “R”.

$$* V = \frac{Z.U.S.C.P}{R} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$* \frac{C}{R} \geq 0.25 \dots\dots\dots (2.17)$$

$$* C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) : C \leq 2.5 \dots\dots\dots (2.18)$$



Figura 2.9. Mapa zonificación sísmica 2003

(Fuente: M.Sc. Ing. Carlos Córdova Rojas) - se observa el mapa de zonificación sísmica de la norma E.030 de 2003 donde se clasifica en 3 zonas. en esta oportunidad se amplifican las fuerzas sísmicas por 1.25 de tal manera de tener un sismo amplificado a cargas ultimas.

2.2.3.5) Norma Peruana E.030 -2016

La norma E.030 -2016 establece como fuerza cortante en la base de la estructura de la siguiente forma:

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot C \cdot P}{R} \dots \dots \dots (2.19)$$

Donde:

Z: factor de zona

U: factor de uso o importancia

S: factor de suelo

C: coeficiente de amplificación sísmica

P: peso total de la edificación

Debiendo considerarse para C/R el siguiente valor mínimo:

$$\frac{C}{R} \geq 0.125 \dots \dots \dots (2.20)$$

En donde el factor R se denomina el coeficiente de reducción de la fuerza sísmica.



Figura 2.10. Mapa zonificación sísmica 2016

(Fuente: M.Sc. Ing. Carlos Córdova Rojas) - se observa el mapa de zonificación sísmica de la norma E.030 de 2016, donde se clasifica en 4 zonas.

2.2.3.6) Comparación entre los factores de reducción de respuesta

TABLA N°2.3. Comparación entre los factores de reducción de respuesta

Sistema estructural sismo resistente	E.030-97 Factor R1997	E.030 1977
Pórticos de acero	10	6
Pórticos de concreto armado	10	5
Dual de concreto armado	10	4
Muro de corte de concreto armado	7.5	3
Albañilería estructural	6	2.5
Construcción con madera	7	4

(Fuente: M.Sc. Ing. Carlos Córdova Rojas)

TABLA N°2.4. Comparación entre los factores de reducción de respuesta

$$R_{2003} = R_{1997} / 1.25$$

Sistema estructural sismo resistente	E.030-97 Factor R1997	E.030- Factor R 2003
Pórticos de acero	10	9.5
Pórticos de concreto armado	10	8
Dual de concreto armado	10	7
Muro de corte de concreto armado	7.5	5
Albañilería estructural	6	3(6)
Construcción con madera	7	7

(Fuente: M.Sc. Ing. Carlos Córdova Rojas)

2.2.4) ENSAYOS CÍCLICOS

Objetivos

la propiedad más importante de los muros de albañilería en zonas sísmicas es su forma 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.

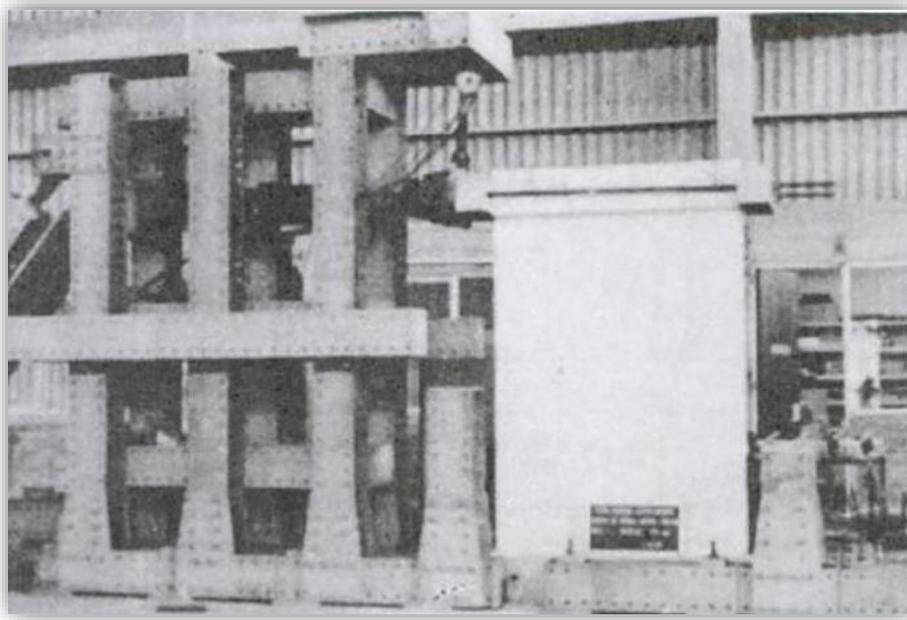


Figura 2.11. Macano para el ensayo cíclico de un muro de carga coplanar aplicada mediante deformación controlada, en el laboratorio de la pontificie universidad católica del peru

(Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne,2005)

Requiere de complejo sistema de carga, dado que este debe aplicarse en deformación controlada (fig.2.11) y normalmente, de equipos electrónicos para recoger información en la fig.2.12 se muestra la instalación típica para un ensayo con carga vertical de un muro en voladizo.

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

- a. La ductilidad disponible
- 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 2.13) culmina en el diagrama de comportamiento histeretico del muro ensayado, como el que se muestra en la figura 2.13, del cual pueden determinarse los parámetros antes mencionados. el elemento básico de este grafico es el lazo histeretico el que adquiere, en el caso de muros de albañilería debido tanto a la influencia de la deformación por corte como al deslizamiento entre hiladas, las características de lazos apretados, de menor disipación de energía (fig 2.14), y de lazos inestables que señalan degradación de resistencia (para deformación constante) o de

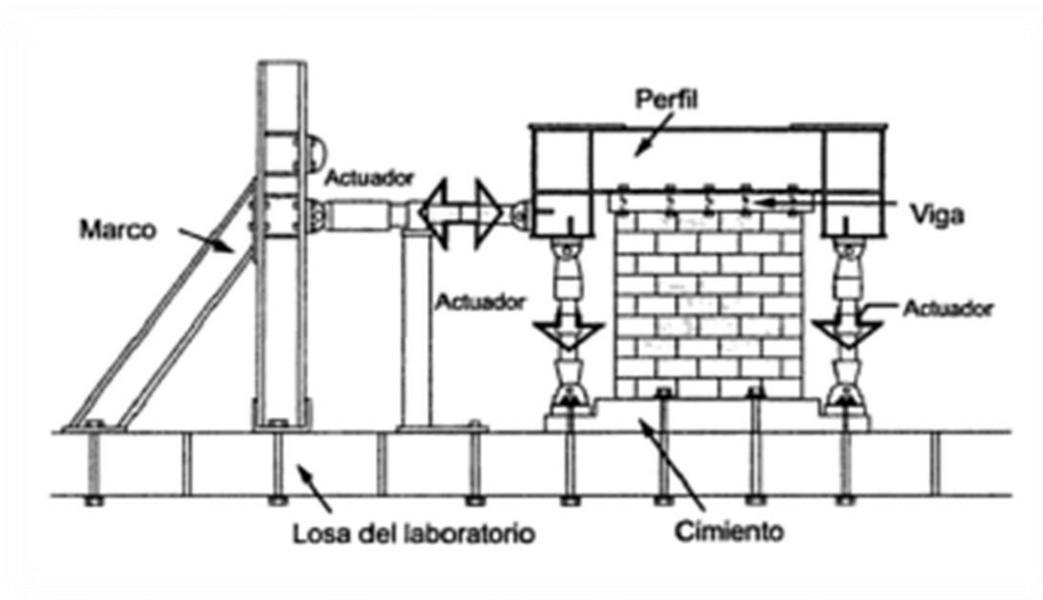


Figura 2.12. Instalacion típica para ensayos cíclicos con deformación controlada

(Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne,2005)

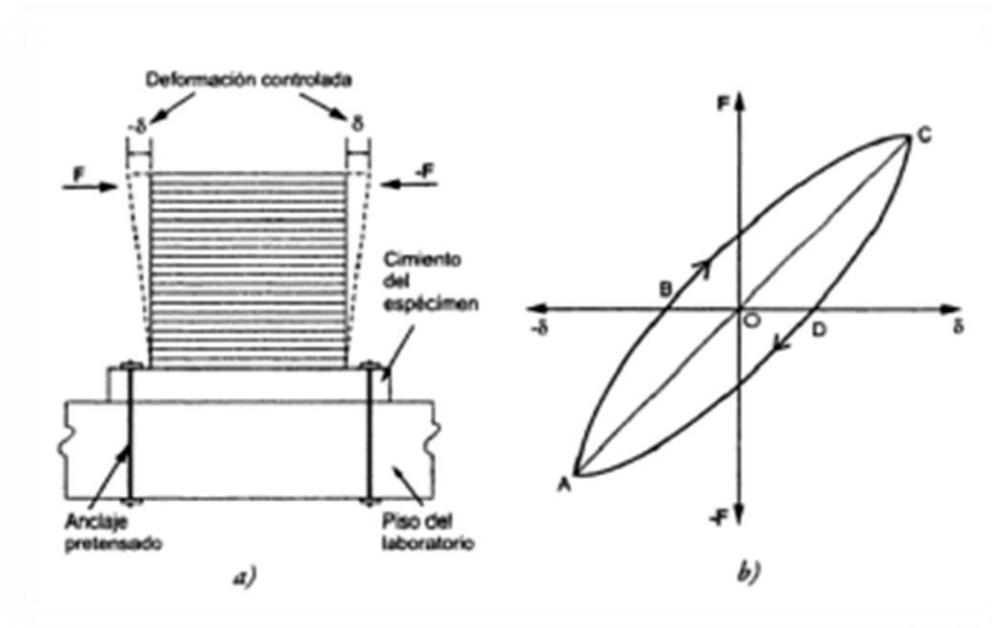


Figura 2.13 Ensayo cíclico con muro en voladizo

(Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne, 2005)

rigidez constante (figura 2.14) o de ambas simultáneamente, una representación simplificada pero muy útil de estos ensayos son los diagramas esqueléticos de primer ciclo o ciclos estables, estos se obtienen determinando la fuerza correspondiente a cada deformación.

en todo caso, el parámetro más significativo que se debe determinar mediante el ensayo cíclico es la ductilidad disponible del muro o del sistema de

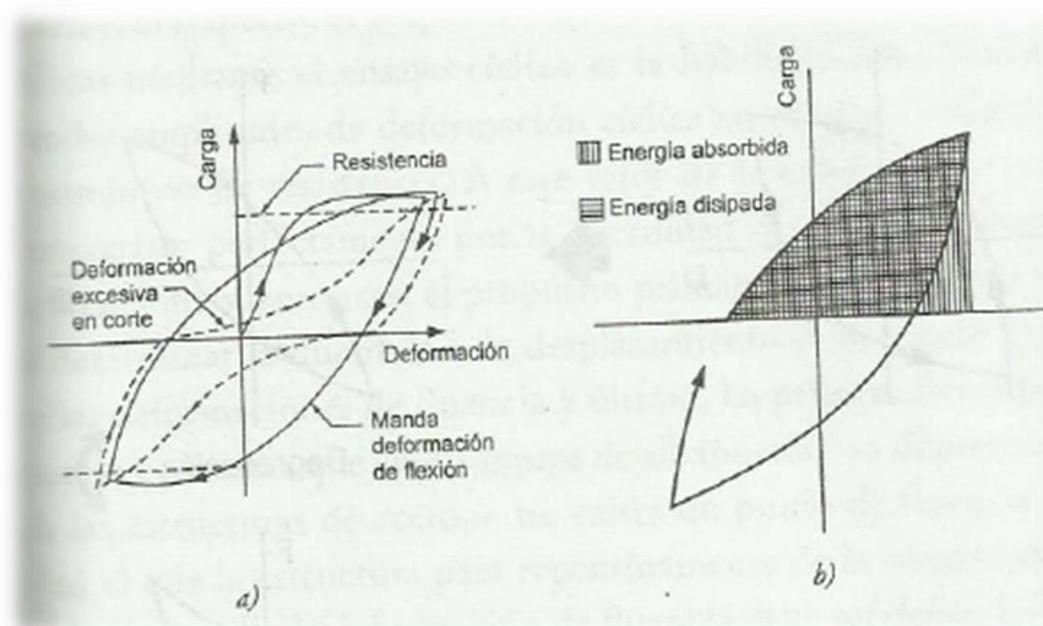


Figura 2.14 Lazo histeretico a) influencia del efecto de corte en la forma b) medida de la disipación de la energía

(Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne,2005)

Muros ensayados. para apreciarlo es necesario entender claramente el comportamiento dinámico inelástico. si bien todo el fenómeno sísmico es uno de transformación de energía, lo que demanda que las estructuras para resistir sismos severos sean capaces de absorber la energía sísmica, es evidente que en el pasado ha habido un énfasis excesivo en interpretar esta competencia como equivalente a lograr estructuras que, sometidas al ensayo cíclico y en el rango inelástico, exhibieran lazos histereticos llenos. multitud de ensayos e investigaciones analíticas en diferentes materiales estructurales, incluyendo albañilería, han demostrado que variaciones sustantivas en la forma de los lazos no tiene mayor influencia en la respuesta inelástica de una estructura sometida a una excitación sísmica severa. en otras palabras , los desplazamientos inelásticos demandados no serán significativamente distintos como a consecuencia de lazos histereticos de características sustantivamente diferentes , siempre y cuando las estructuras posean algún amortiguamiento viscoso y sean capaces y de incrementarlo con amortiguamiento nacido de la disipación de energía histeretica .estas exigencias se cumplen en la estructura que ,además de tener resistencia lateral

adecuada , generan lazos apretados durante el ciclaje inelástico , como es el caso de los muros de albañilería reforzada : armada o confinada , ya que dichas estructuras posibilitan que la cantidad de energía que puedan disipar sea similar a la de un sistema elasto-plástico perfecto de referencia . esto es así porque, a diferencia del sistema elástico-plástico perfecto, que solo disipa energía cuando alcanza sus máxima resistencia, el sistema imperfecto y degradante lo hace, debido a su comportamiento no lineal no temprano, desde los primeros ciclos , esto es , lo que

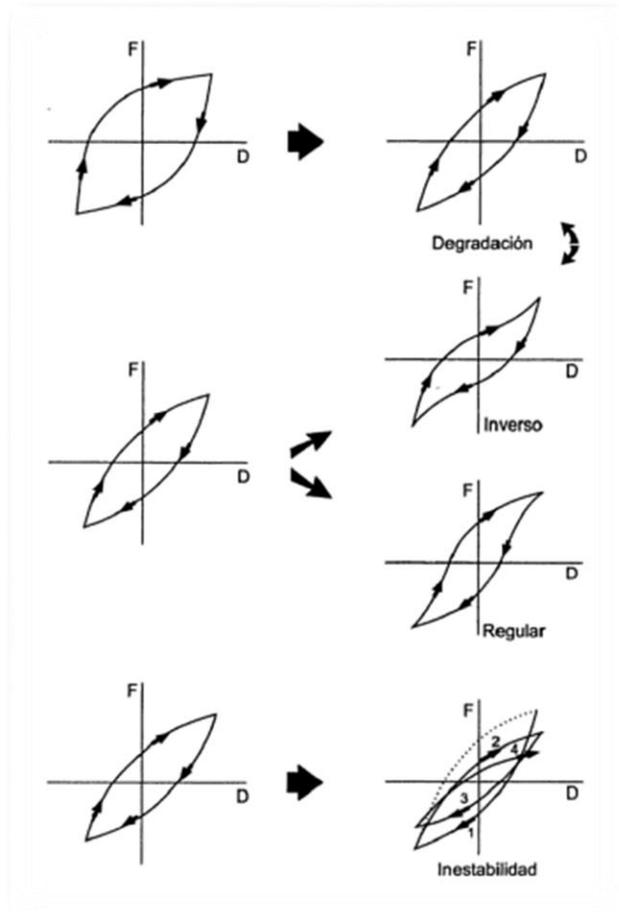


Figura 2.15 Lazos histeréticos usuales en muros de albañilería reforzada

(Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne,2005), En el lado derecho de la figura se muestran las características de los lazos histeréticos usuales en muros de albañilería reforzada (armada o confinada)

Ocurren inmediatamente después de lo que podría definirse como la primera fluencia. esta, en el caso de la albañilería, se puede considerar que coincide con el agrietamiento que acompaña el fin del breve estado de comportamiento elástico. la conclusión es lo

que interesa cuantificar mediante el ensayo cíclico es la habilidad de la estructura para sufrir grandes amplitudes de deformación cíclica en el rango inelástico, sin reducción sustantiva de resistencia. a este valor de la habilidad estructural se le puede caracterizar perfectamente por la ductilidad de desplazamiento es necesario precisar previamente las deformaciones de fluencia y última. la primera tiene que ser definida teniendo en cuenta que, en 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 definido de una manera lógica, aunque pueda ser arbitraria. es usual, con este propósito, definir la 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 que, como consecuencia, no se altera el balance de energía (figura 2.16).

Del mismo modo, la deformación última puede ser definida de manera arbitraria y utilizando el diagrama esquelético de ciclos estables y respetando la

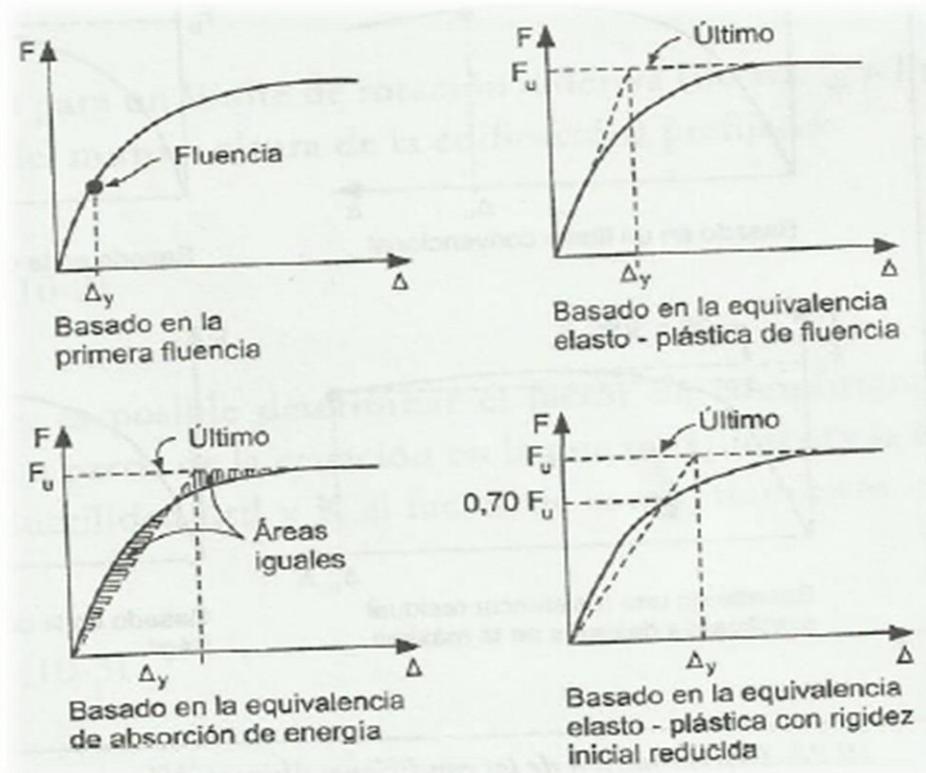


Figura 2.16 Determinación de la condición de fluencia

(Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne, 2005), Nótese que las curvas representan el diagrama esquelético de ciclos estables 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 del 30 % de resistencia como aceptable y utilizar ese valor para definir la deformación última disponible (figura 2.17).

Debe notarse, sin embargo, que en los casos en que se tratan de limitar los daños, la deformación disponible puede fijarse en función del comportamiento de estructuras reales sometidas a sismos y de ensayos de muros a escala natural, limitando la rotación (o deriva) del muro (o del edificio).

Lo esencial, que debe inferirse del análisis precedente, es que los parámetros de control más efectivos para asegurar un correcto comportamiento sismo-resistente son :1) ductilidad de desplazamiento, y 2) la deformación máxima de la respuesta inelástica.

Metodología

los ensayos ciclicos coplanares se ha realizado utilizando una serie de formas de testigos, siguiendo diferentes criterios para la aplicación de cargas, una variedad de

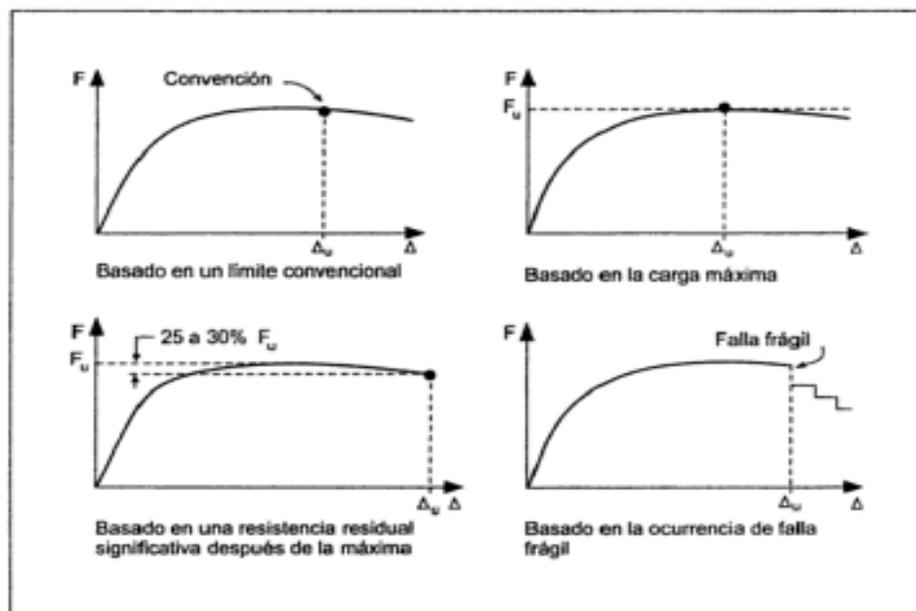


Figura 2.17 Determinación de las condiciones ultimas

(Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne,2005) Nótese que las curvas representan el diagrama esquelético de ciclos estables.

Desplazamiento –tiempo y, luego, diferentes maneras de interpretación con el propósito de uniformar los ensayos se están proponiendo al proceso normalizado:

Etapa 1: aplicar el primer ciclo de carga hasta un valor de carga equivalente a un tercio del valor estimado ($F'm$) de la resistencia máxima. con este valor determinar la deformación (figura 2.18 a)

Etapa 2: efectuar el ensayo cíclico aplicando incrementos constantes, positivos y negativos, de deformación. para cada incremento de deformación aplicar el número de ciclos necesarios, hasta lograr la estabilidad de los ciclos histereticos.

Etapa 3: concluir el ensayo cuando la carga de un ciclo determinando alcanza como valor máximo estabilizado el equivalente al 70% de la carga máxima real alcanzada durante el ensayo (figura 2.18 b)

Etapa 4: determinar el diagrama carga vs deformación unitaria de los ciclos estables. fijar la deformación en fluencia δ_y y la deformación ultima disponible(δ_μ). esta determinación permite definir la ductilidad de desplazamiento máxima disponible de la relación:

$$\mu = \frac{\delta_\Phi}{\delta_y} \dots\dots\dots(2.21)$$

o de ductilidad útil para un limite de rotación o deriva (deriva δ_Φ = limite de rotación x altura del muro o altura de la edificación) prefijado :

$$\mu\Phi = \frac{\delta_\Phi}{\delta_y} \dots\dots\dots(2.22)$$

etapa 5 : finalmente , es posible determinar el factor de comportamiento (K) para el elemento a partir de la ecuación en la que m presenta la ductilidad máxima o la ductilidad útil y K el factor de comportamiento consecuente .

$$K = (2\mu - 1)^{1/2} \dots \dots \dots (2.23)$$

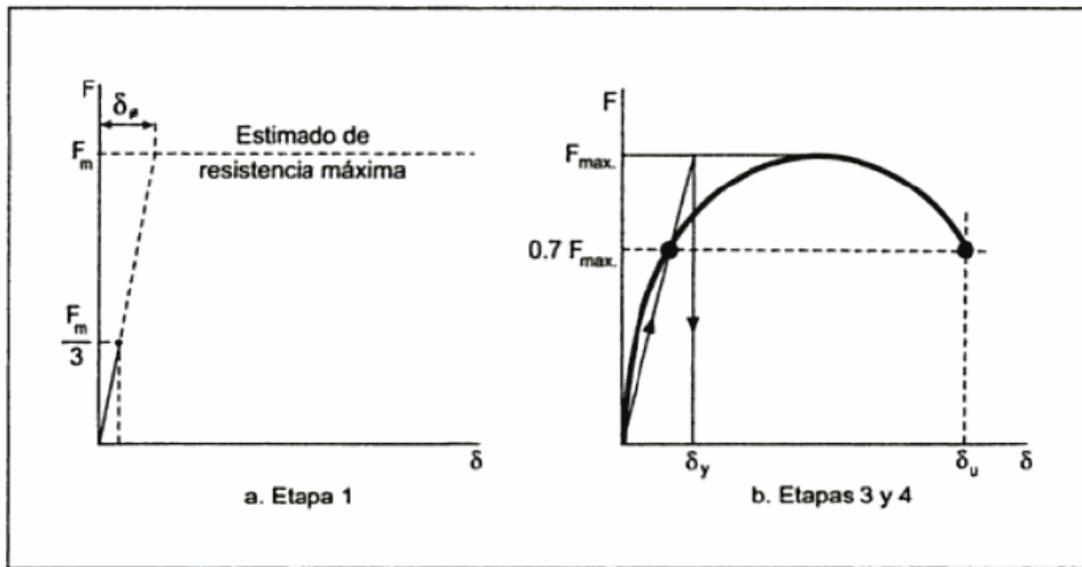


Figura 2.18 Metodología para el ensayo cíclico

(Fuente: Héctor Gallegos y Carlos Casabonne,2005) se observa La metodología que se usa para los ensayos cíclicos.

2.2.5) ESPECIFICACIONES REGLAMENTARIAS:

La recopilación de la información que a continuación se muestra se encuentra especificada en la Norma Técnica de Edificaciones E.070 Y E.030, del Reglamento Nacional de Edificaciones.

a. Clasificación de las unidades para fines estructurales

Para efectos del diseño estructural, las unidades de albañilería tendrán las Características indicadas en la Tabla 1 de la NTE E.070.

TABLA N°2.5. NTE E.070 (2005)

Clase unidad de albañilería para fines estructurales					
Clase	Variación de la dimensión (máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión fb Mínima 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)

(Fuente: Norma Peruana E.070)

b. Limitaciones en su uso

El uso o aplicación de las unidades de albañilería estará condicionado a lo indicado en la Tabla 2. Las zonas sísmicas son las indicadas en la NTE E.030 Diseño Sismo resistente.

TABLA N°2.6. NTE E.070 (2005)

Tipo	ZONA SISMICA 2 Y 3		ZONA SISMICA 1
	Muro portante en Edificios de 4 pisos a mas	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Solido artesanal	NO	Si, hasta dos pisos	SI
Solido industrial	SI	SI	SI
Alveolar	Si celdas totalmente rellenas con grout	Si celdas parcialmente rellenas con grout	Si celdas parcialmente rellenas con grout
Hueca	NO	NO	SI
Tubular	NO	NO	Si , hasta dos pisos

(Fuente: Norma Peruana E.070)

TABLA N°2.7 Resistencia características de albañilería

RESISTENCIAS CARACTERISTICAS DE LA ALBAÑILERIA Mpa (kg/cm2)**				
Materia	Denominación	Unidad	Pilas	Muretes
prima		<i>fb</i>	<i>fm</i>	<i>Vm</i>
	King Kong artesanal	5.4(55)	3.4(55)	0.5(5.1)
Arcilla	King Kong industrial	14.2(145)	6.4(65)	0.8(8.1)
	Rejilla industrial	21.1(215)	8.3(85)	0.9(9.2)
	King Kong normal	15.7(160)	18.8(110)	1.0(9.7)
Sílice -cal	Dédalo	14.2(145)	9.3(95)	1.0(9.7)
	Estándar y mecano (*)	14.2(145)	10.8(110)	0.9(9.2)
		4.9(50)	7.3(95)	0.8(8.6)
Concreto	Bloque tipo P (*)	6.4(65)	8.3(110)	0.9(9.2)
		7.4(75)	9.3(74)	1.0(9.7)
		8.3(85)	11.8(100)	1.1(10.9)

(Fuente: Norma Peruana E.070)

(*) Utilizados para la construcción de Muros Armados.

(**) El valor $f'b$ se proporciona sobre área bruta en unidades vacías (sin grout), mientras que las celdas de las pilas y muretes están totalmente rellenas con grout de $f'c=13.72$ Mpa (140Kg/cm²).

NTE E.030

El Factor de Reducción de Respuesta Sísmica, “R”, es conceptualmente desarrollado como un medio para tomar en cuenta dos aspectos de la respuesta estructural ante demandas sísmicas: Primeramente, su capacidad para disipar energía, al incursionar en el rango inelástico y en segundo término la sobre resistencia inherente de los sistemas estructurales y sus materiales constitutivos. El mencionado Factor ha venido siendo determinado en base a tres fuentes: La observación del desempeño estructural ante sismos pasados; por procedimientos técnicos en base a ciertos principios y por criterios planteados por experimentados investigadores en el tema.

Nuestra Norma, a diferencia de otras, solamente define el Coeficiente de Reducción de Fuerza Sísmica, R, y prescribe que el desplazamiento en que incurre nuestra estructura sea el determinado con las fuerzas reducidas multiplicado por el valor de $0.75R$. Los valores de R se han determinado por observaciones pasadas del comportamiento en estructuras similares ante sismos severos; se sustentan también en valores desarrollados por procedimientos obtenidos con los llamados Principio de Igual Desplazamiento y Principio de Igual Energía, Ventura (2006) y finalmente en valores sugeridos por diversos estudiosos del tema.

2.3) DEFINICIÓN DE TERMINOS

2.3.1) DEFINICIÓN DE CONCEPTOS (Acero & Cotrado, 2016)

Albañilería o Mampostería

Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido.

Albañilería Confinada

Albañilería reforzada con elementos de concreto armado 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.

Muro Portante

Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de un edificio de albañilería y deberán tener continuidad vertical.

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.

coeficiente "R"

El Factor de Reducción de Respuesta Sísmica, "R", es conceptualmente desarrollado como un medio para tomar en cuenta dos aspectos de la respuesta estructural ante demandas sísmicas: Primeramente, su capacidad para disipar energía,

al incursionar en el rango inelástico y en segundo termino la sobre resistencia inherente de los sistemas estructurales y sus materiales constitutivos. El mencionado Factor ha venido siendo determinado en base a tres fuentes: La observación del desempeño estructural ante sismos pasados; por procedimientos técnicos en base a ciertos principios y por criterios planteados por experimentados investigadores en el tema (Norma E.030)

2.3.2) DEFINICIÓN DE CONCEPTOS (Mecánica estructural, escuela de post grado PUCP)

resistencia a la fluencia

La mayoría de los materiales no ferrosos y los aceros de alta resistencia no tienen un punto de fluencia definido para estos materiales, la máxima resistencia útil corresponde a la resistencia de fluencia, que es el esfuerzo al cual un material exhibe una desviación limitante especificada de la proporcionalidad entre el esfuerzo y la deformación

punto o límite de fluencia

Conforme la carga (fuerza) en el espécimen aumenta más allá del límite elástico, se alcanza un esfuerzo al cual el material continúa deformándose sin que haya incremento de la carga. al esfuerzo entre la línea AB se le conoce como esfuerzo de cedencia o fluencia, este fenómeno ocurre solo en ciertos materiales dúctiles. esfuerzo puede disminuir realmente por un momento, resultado en un punto de fluencia superior y en uno inferior

resistencia a la ruptura

Para un material dúctil, hasta el punto de resistencia limite, la deformación es uniforme a lo largo de la longitud de la barra. al alcanzar el esfuerzo máximo, la muestra experimenta una deformación localizada o formación de cuello y la carga disminuye conforme al área decrece.

Esta elongación en forma de cuello, es una deformación no uniforme y ocurre rápidamente hasta el punto en que el material falla punto D. la resistencia a la ruptura se determina dividiendo la carga de ruptura entre el área transversal original, la cual es

siempre menor que la resistencia límite o última. para un material frágil, la resistencia límite o última y la resistencia de ruptura coinciden.

módulo de elasticidad

Consideremos la porción recta de la curva esfuerzo –deformación OA de la figura de la figura 2.19 la ecuación de una línea recta es $y= mx+b$, donde “y” es el eje vertical (en este caso esfuerzo) y “X” el eje horizontal (en este caso deformación) . la intersección de la recta con el eje “y” es b , y en este caso es cero , ya que la recta pasa por el origen . la pendiente de la recta es m . cuando se despeja m de la ecuación, la pendiente es igual a $m=y/x =\sigma/\epsilon$. De esta manera, se puede determinar la pendiente de la recta dibujando un triángulo rectángulo cualquiera y encontrando la tangente del ángulo θ (figura 2.19) que es igual a y/x o esfuerzo/deformación .

la pendiente es realmente la constante de proporcionalidad entre esfuerzo y deformación (ley de Hooke) y se conoce como módulo de elasticidad o módulo de Young.

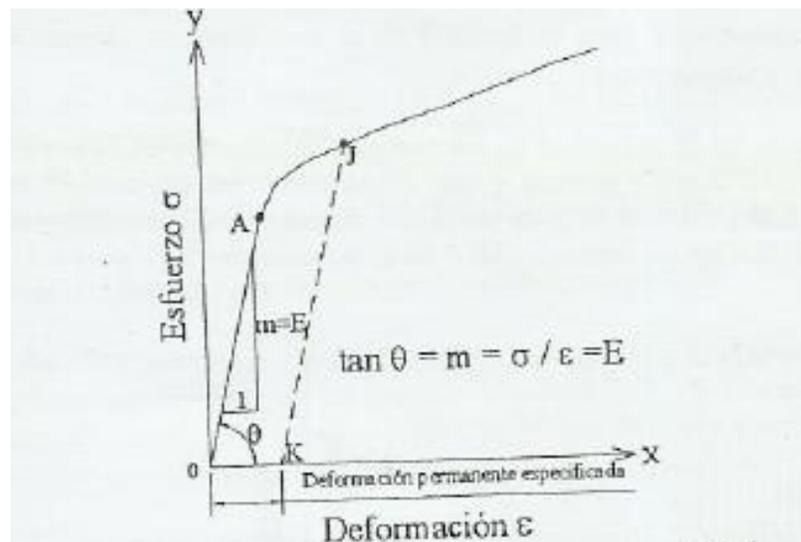


Figura 2.19. Determinación del módulo de elasticidad

Fuente: (Escuela de posgrado PUCP, Mecánica vectorial) el módulo de elasticidad se correlaciona con la rigidez, por ejemplo, el módulo de elasticidad del acero es 207 GPa aproximadamente, en tanto el del aluminio es de 69 GPa. con lo que se puede decir que el acero es 3 veces más rígido que el aluminio.

ductilidad

La ductilidad de un material se determina a partir de la cantidad de deformación que le es posible soportar hasta que se fracture. La ductilidad es importante para diseñadores y fabricantes. el diseñador estructural preferirá un material que presente una cierta ductilidad, de manera que si el esfuerzo aplicado es demasiado alto el elemento se deformara plásticamente antes de romperse, la figura 2.20, muestra esquemáticamente los niveles de ductilidad de algunos materiales representados mediante una curva esfuerzo deformación

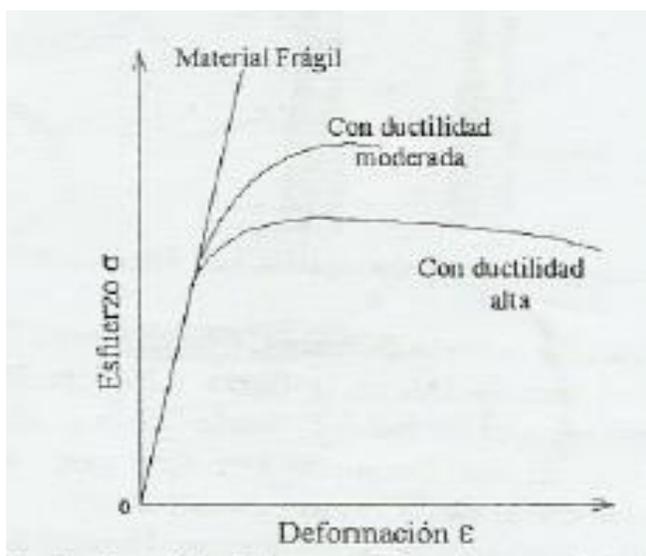


Figura 2.20 Niveles de ductilidad de materiales de acuerdo a la curva esfuerzo deformación

Fuente: (Escuela de posgrado PUCP, Mecánica vectorial) se muestra esquemáticamente los niveles de ductilidad de algunos materiales representados mediante una curva esfuerzo deformación

resiliencia

Es la capacidad de un material de absorber energía sin sufrir una deformación unitaria plástica y que libera dicha energía cuando se descarga (figura 2.21). el área bajo la curva del diagrama esfuerzo – deformación en el intervalo elástico, se denomina módulo de resiliencia U_r (figura 2.22)

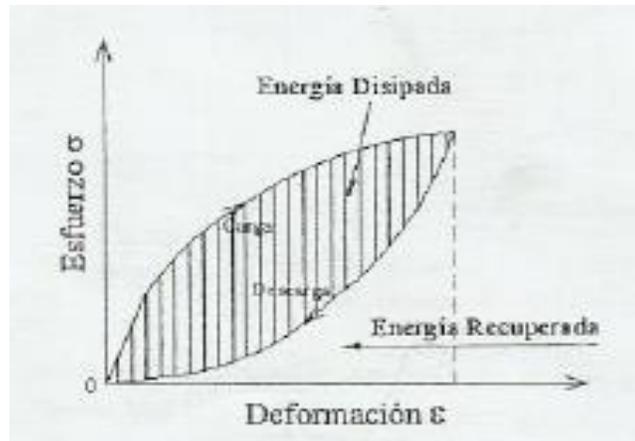


Figura 2.21 Definición de resiliencia

Fuente: (Escuela de posgrado PUCP, Mecánica vectorial)

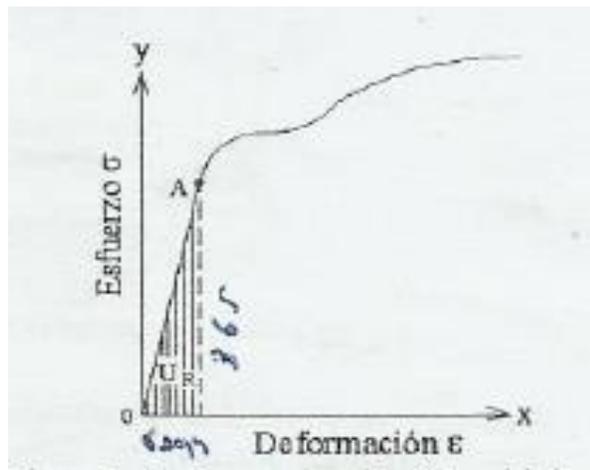


Figura 2.22 Determinación del módulo de resiliencia

Fuente: (Escuela de posgrado PUCP, Mecánica vectorial)

tenacidad

Es la capacidad de un material para absorber energía y deformarse plásticamente antes de fracturarse. el área bajo la curva del diagrama esfuerzo-deformación completo se denomina módulo de tenacidad.

CAPÍTULO III

3) MARCO METODOLÓGICO

3.1) TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1) TIPO DE ESTUDIO

Por la finalidad este tipo de investigación es exploratoria y explicativa, porque mediante ensayos experimentales se determinará el parámetro R y se verificará su influencia en el comportamiento sísmico de una edificación informal construida con blocker II de esta manera se proveerá información para futuros estudios de vulnerabilidad en la ciudad de Tacna.

3.1.2) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de esta investigación se basa en los estudios del comportamiento sísmico de muros construidos con blocker II y ensayados en el laboratorio de estructuras del centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres de la universidad nacional de ingeniería (CISMID-UNI).

De acuerdo a donde se realizará la investigación, el diseño es diseño de laboratorio y documental, porque determinaremos el parámetro R en base a los ensayos mencionados anteriormente.

3.2) POBLACIÓN Y/O MUESTRA DE ESTUDIOS

La muestra objeto del estudio está compuesto por cuatro muros sometidos a carga lateral cíclica y carga vertical de 10 TN.

3.2.1) SISTEMA DE APLICACIÓN DE CARGAS

El sistema de aplicación de la carga consistió 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

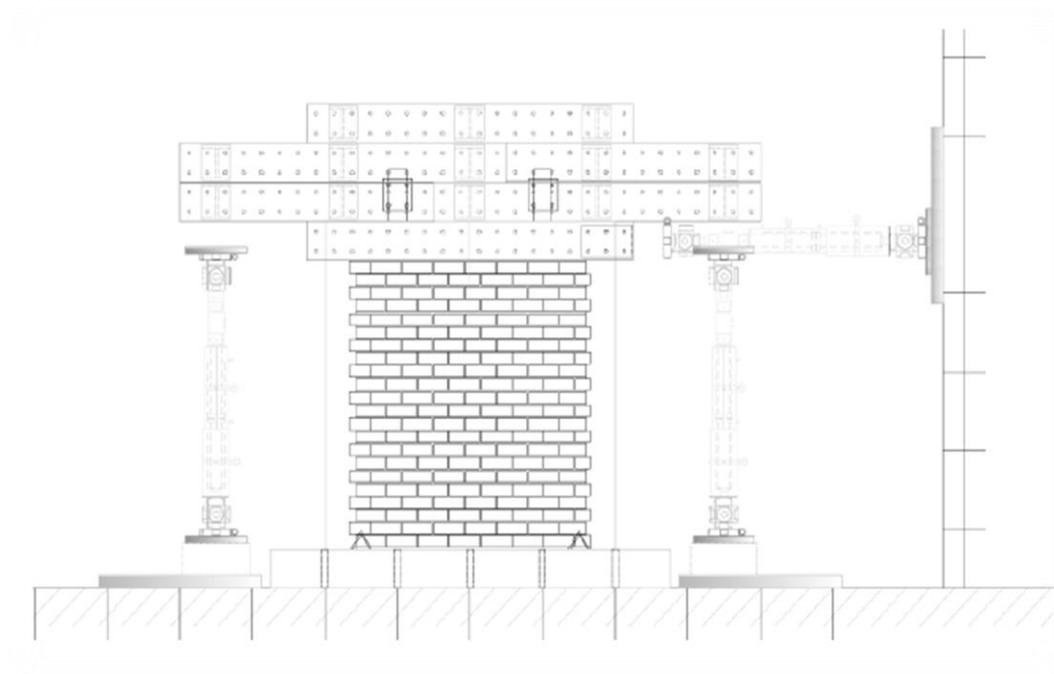


Figura 3.1 Esquema de configuración del ensayo cíclico

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)

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 sobre el pórtico de concreto armado representativo del módulo 780-PRE. Durante el desarrollo del ensayo, la carga axial aplicada por las dos gatas hidráulicas verticales se mantendrá constante en 550 kN. La carga axial fue aplicada con las dos gatas hidráulicas, bajo control de carga, usando la carga vertical requerida, que se distribuyó horizontalmente mediante una viga de acero soportada por la viga superior de concreto del espécimen.

3.2.2) SISTEMA DE ADQUISICIÓN

La instrumentación consta de 22 canales para la adquisición de los datos. La Figura 3.2 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 25.

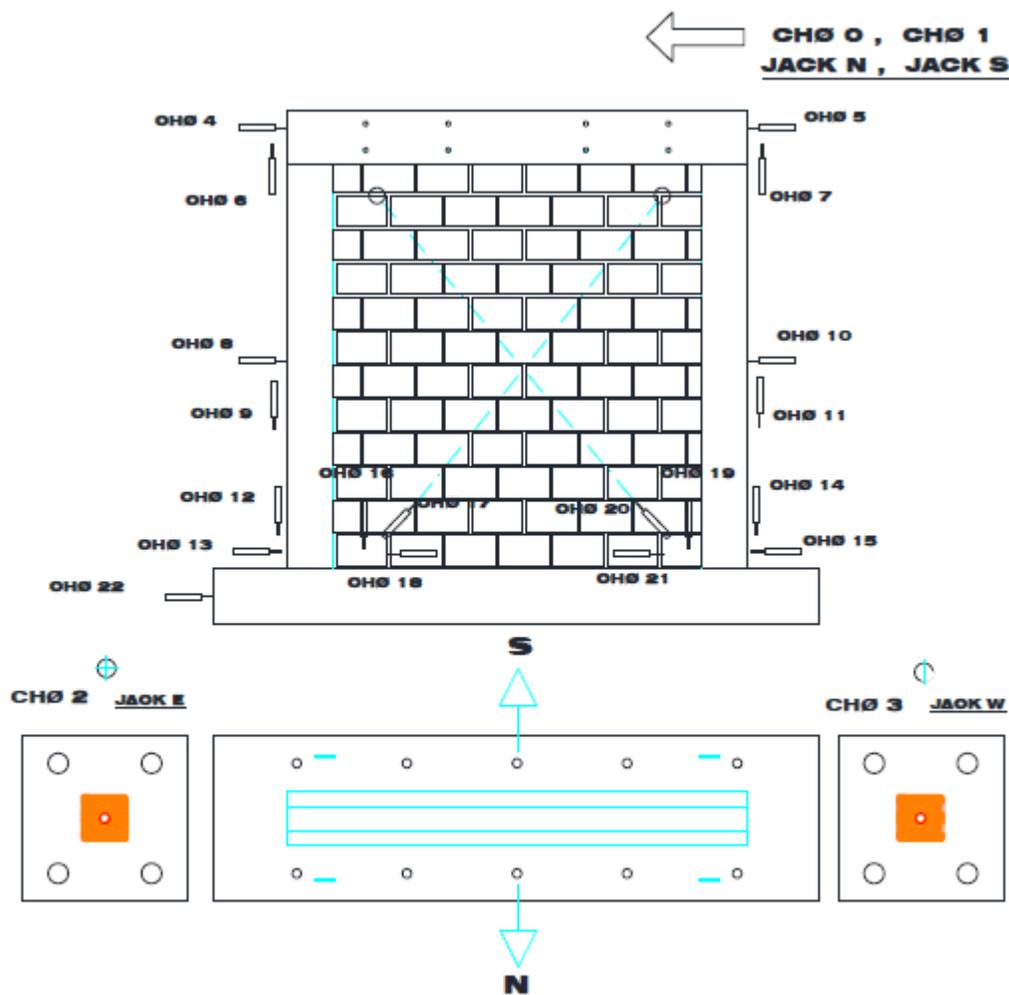


Figura 3.2 Sistema de adquisición

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)

3.2.3) PROTOCOLO DE DESPLAZAMIENTO

La carga horizontal es aplicada mediante un control de desplazamiento del monitor acorde al protocolo de desplazamiento, mostrada en la Figura 3.3, que representa el protocolo de desplazamiento objetivo durante el ensayo.

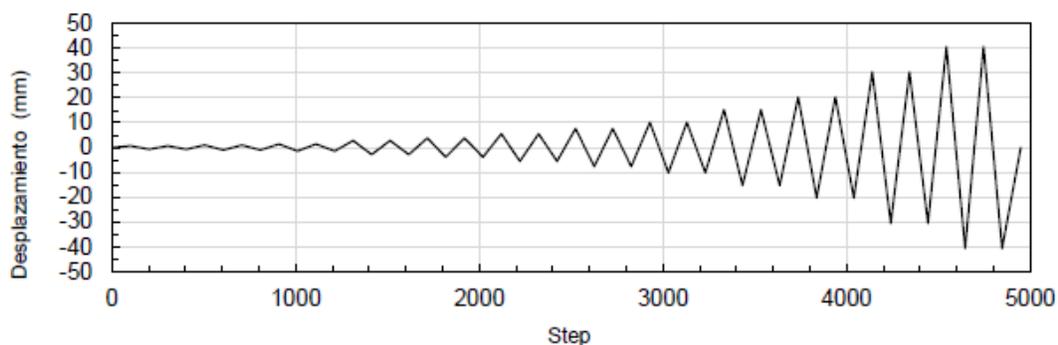


Figura 3.3 Sistema de adquisición

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)

La figura 27 se 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.

Ciclo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Distorsión objetivo	1/4200	1/3000	1/2150	1/1100	1/800	1/550	1/400	1/300	1/200	1/150	1/100	1/75

Figura 3.4 Distorsiones objetivo para el control de desplazamiento por ciclo

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)

3.2.4) ESPÉCIMEN

Los especímenes tienen las dimensiones 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 0.30 m de altura.

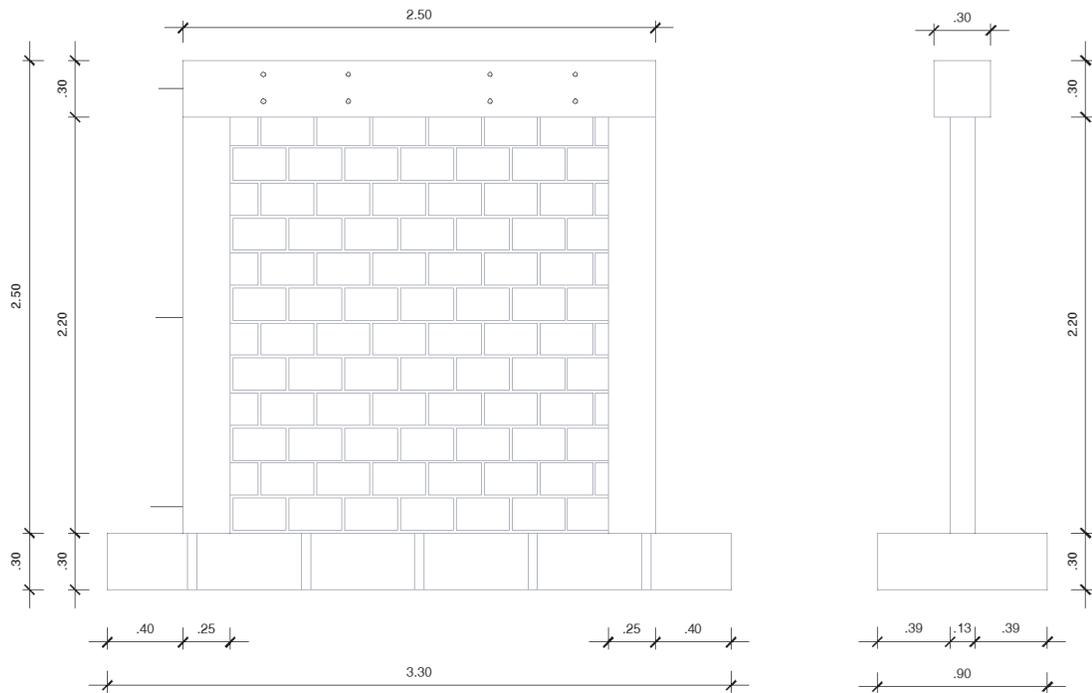


Figura 3.5. Especimen básico. unidades: m

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)

A continuación, se muestran los especímenes de los muros ensayados

3.2.5) MURO MBAT-1

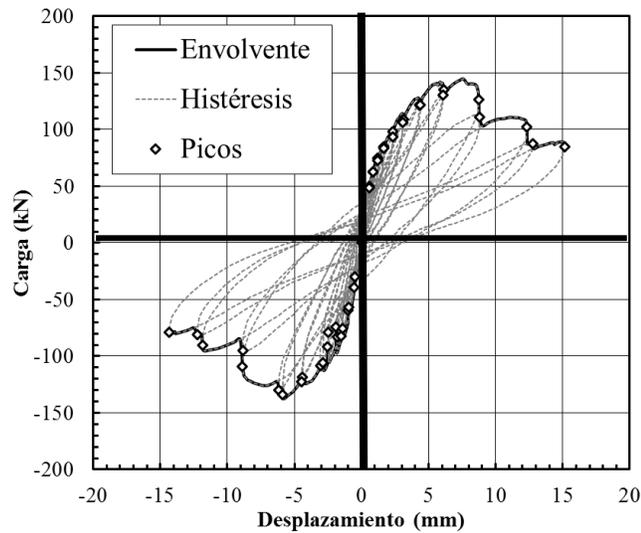


Figura 3.6. Curva histerética del espécimen MBAT-1

(Fuente Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016) - curva histerética del espécimen MBAT-1 ensayado de blocker II, donde se observa la envolvente, histéresis y picos

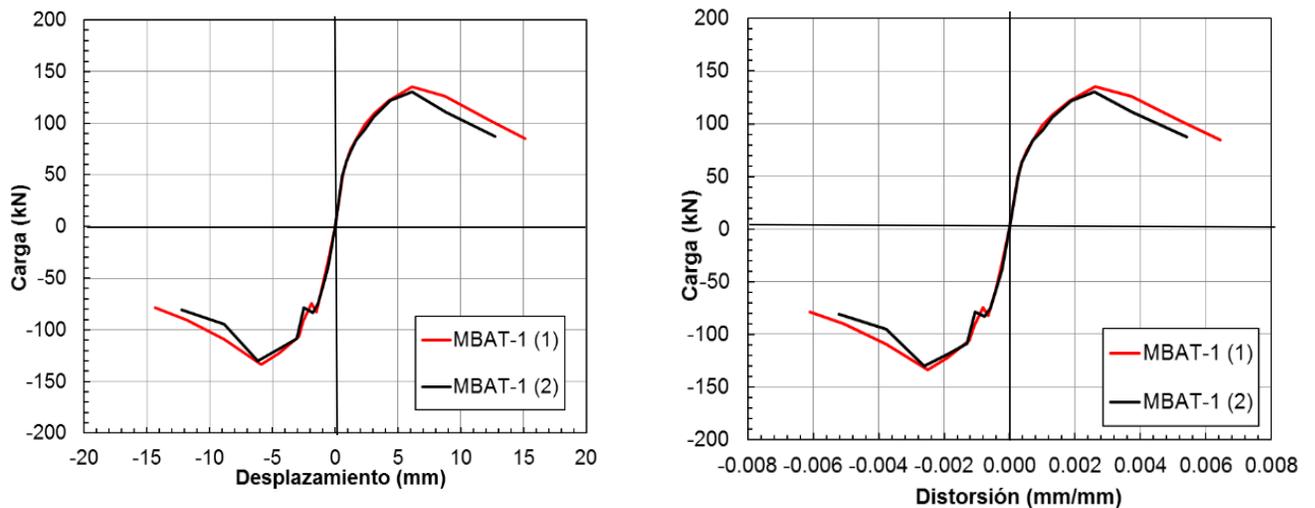


Figura 3.7. Curva de capacidad del espécimen MBAT-1

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016) - curva de capacidad del espécimen MBAT-1 ensayado de blocker II, donde se puede observar la carga, desplazamiento y distorsión

3.2.6) MURO MBAT-2

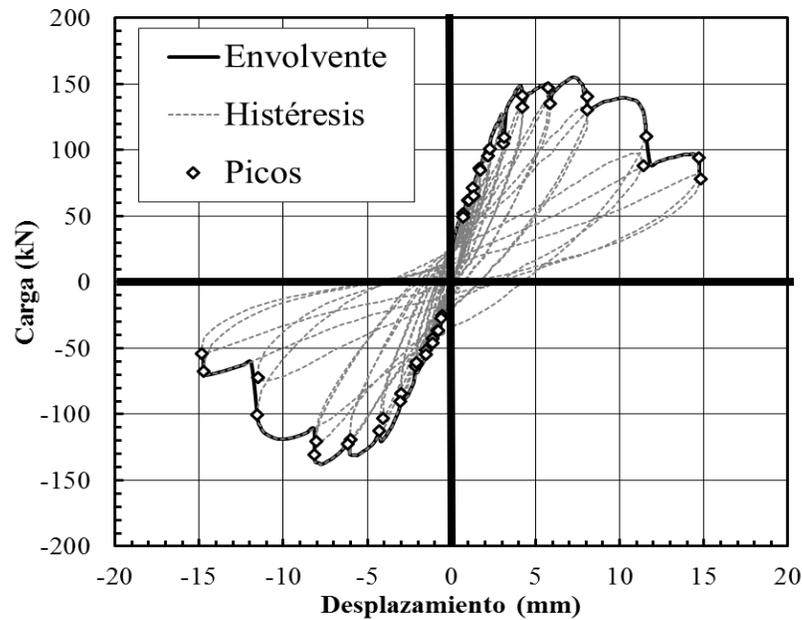


Figura 3. 8. Curva histerética del espécimen MBAT-2

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016)- curva histeretica del espécimen MBAT- 2 ensayado de blocker II, donde se observa la envolvente. histeresis y picos

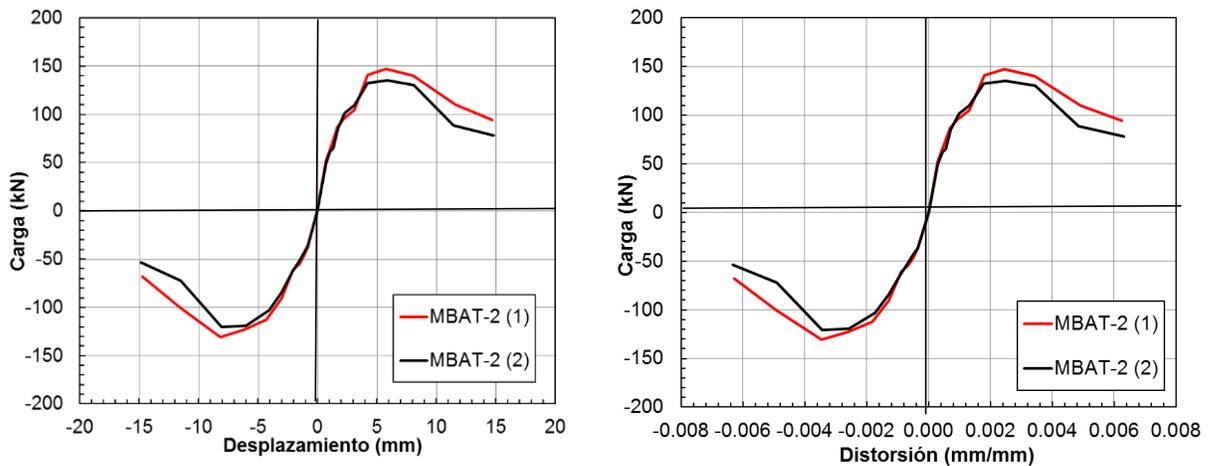


Figura 3.9. Curva de capacidad del espécimen MBAT-2

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016)- curva de capacidad del espécimen MBAT-2 ensayado de blocker II, donde se puede observar la carga, desplazamiento y distorsion.

3.2.7) MURO MBAT-4

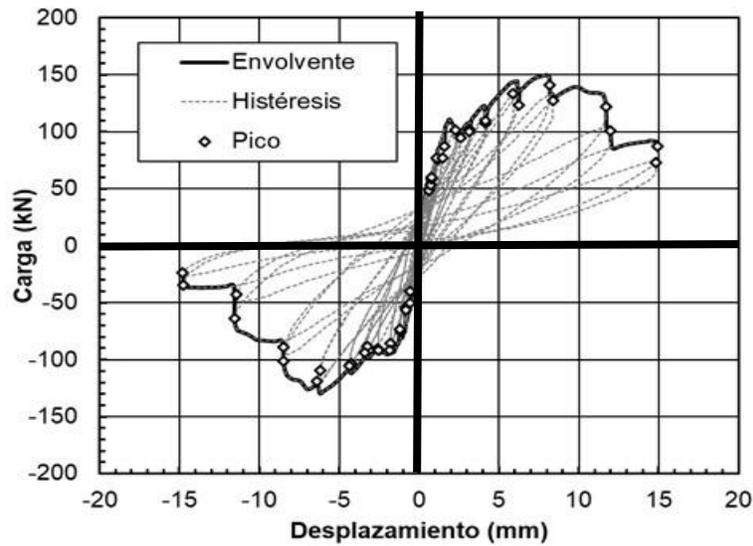


Figura 3.10. Curva histerética del espécimen MBAT-4

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017) - curva histerética del espécimen MBAT- 4 ensayado de blocker II, donde se observa la envolvente, histéresis y picos.

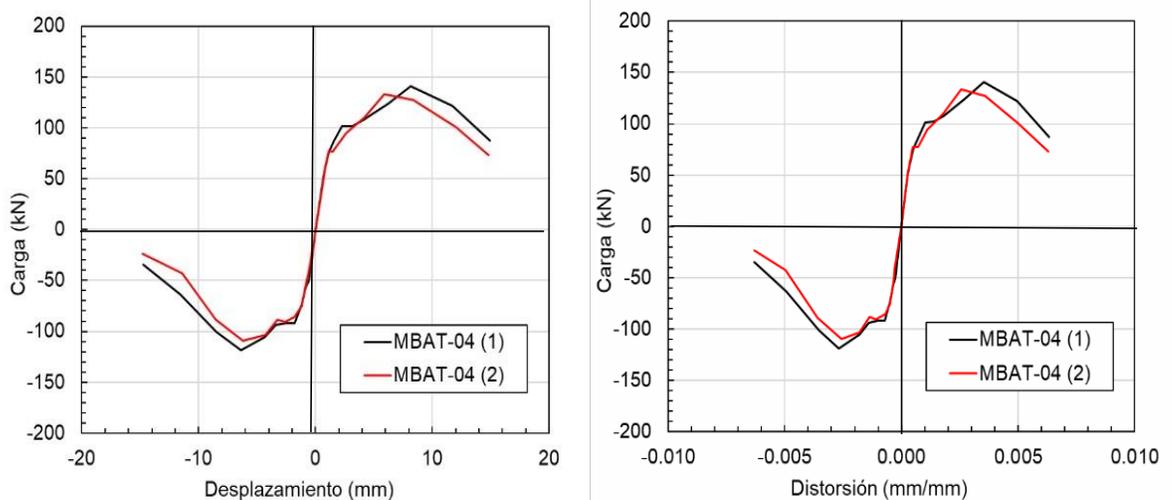


Figura 3.11. Curva de capacidad del espécimen MBAT-4

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017) - curva de capacidad del espécimen MBAT-4 ensayado de blocker II, donde se puede observar la carga, desplazamiento y distorsión.

3.2.8) MURO MBAT-5

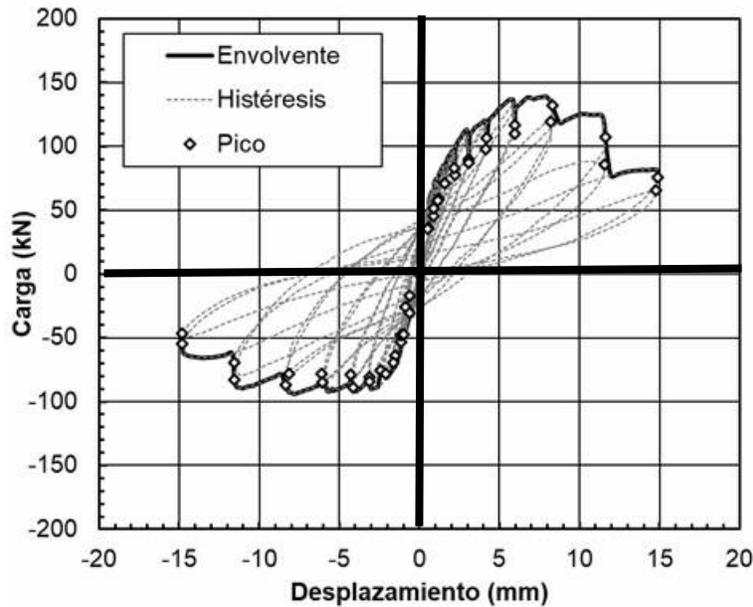


Figura 3.12. Curva histerética del espécimen MBAT-5

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017) - curva histerética del espécimen MBAT- 5 ensayado de blocker II, donde se observa la envolvente, histéresis y picos

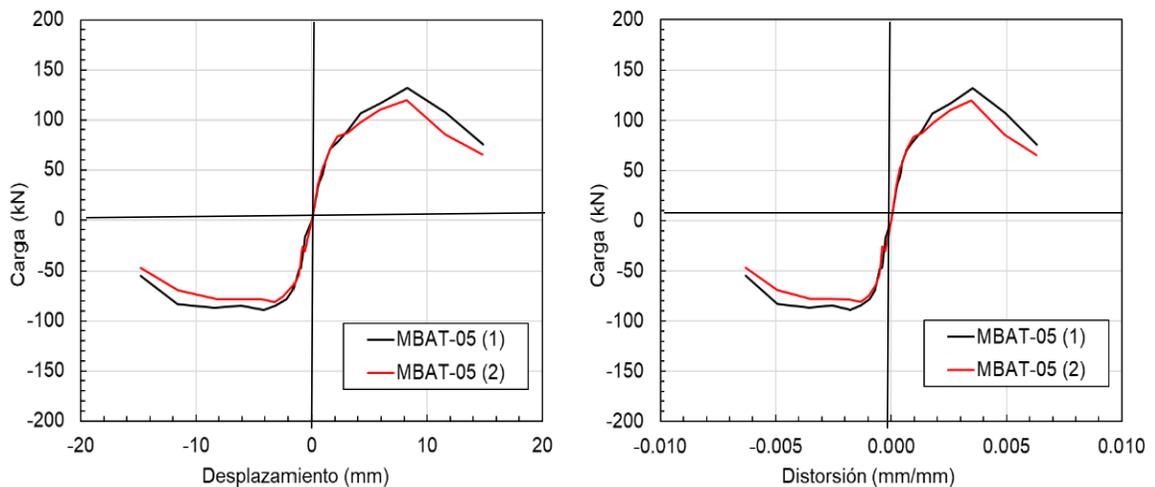


Figura 3.13. Curva de capacidad del espécimen MBAT-5

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017) - curva de capacidad del espécimen MBAT-5 ensayado de blocker II, donde se puede observar la carga, desplazamiento y distorsión

3.3.) VARIABLES

Las variables son factores que intervienen en la investigación para señalar los valores específicos, que caracterizan las cualidades que describen los elementos teóricos que conforman un informe de investigación. En la presente tesis se ha identificado 2 variables que pueden ser medidas.

A continuación, se muestra la operacionalización de las variables:

Tabla N°3.1 operacionalizacion de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
Dependiente : factor de reducción R	El Factor de Reducción de Respuesta Sísmica, “R”, es conceptualmente desarrollado como un medio para tomar en cuenta dos aspectos de la respuesta estructural ante demandas sísmicas: Primeramente, su capacidad para disipar energía, al incursionar en el rango inelástico y en segundo término la sobre resistencia inherente de los sistemas estructurales y sus materiales constitutivos. (Galvez,2008)	Parámetro de diseño	Adimensional
Independiente : muros portantes construidos con blocker II	Es un muro construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel al nivel inferior o a la cimentación. Estos muros componen la estructura de una vivienda informal típica de la ciudad de Tacna .	-Especímenes -carga máxima	- número de especímenes - para la carga máxima se utilizará una medida cuantitativa de kilo newton (kN) - para el desplazamiento

-desplazamiento	se utilizará una medida cuantitativa de milímetros (mm)
-rigidez	- para la rigidez se utilizará una unidad cuantitativa de kilo newton milímetro (kN/mm)
-distorsión	-para la distorsión se utilizará una unidad cuantitativa de milímetros (mm/mm)
-energía	-para la energía se utilizará una unidad cuantitativa de kilo newton - milímetro (Kn-mm)

3.4) TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1) TÉCNICAS

Las principales técnicas que se utilizaron para la recolección de datos fueron:

- ✓ Investigación bibliográfica
- ✓ Recolección de datos de fase experimental y observación experimental.
- ✓ Análisis dinámico modal espectral de una vivienda de dos pisos.
- ✓ Redacción del informe final.
- ✓ Instrumentos.
- ✓ Para el presente trabajo se ha elaborado cuestionarios y fichas de registro de datos.

3.5) PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.5.1) INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se recopiló información relacionada al proyecto de investigación. El comportamiento sísmico de muros de albañilería confinada ante cargas laterales, y metodologías para obtener el valor de R

3.5.2) RECOLECCIÓN DE DATOS DE FASE EXPERIMENTAL Y OBSERVACIÓN EXPERIMENTAL

Se tomó como datos 04 muros correspondiente a los especímenes MBAT1, MBAT 2, MBAT 4 y MBAT5.

Para determinar el factor R, se utilizará el criterio propuesto por Ángel San Bartolomé, que consiste en igualar la energía elástica equivalente (E) a la capacidad de absorción de la energía inelástica (Eh), basado en los ensayos antes mencionados.

3.5.3) ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL DE UNA VIVIENDA DE DOS PISOS

Se realizó el análisis dinámico modal espectral de una vivienda de dos pisos construida con blocker II, se evaluó los resultados como son desplazamientos distorsiones y fuerzas de corte.

3.5.4) REDACCIÓN DEL INFORMA FINAL

En base a toda la información bibliográfica y a la evaluación de los resultados se evaluó el presente informe de tesis.

CAPITULO IV

4) RESULTADOS

4.1) DETERMINACIÓN DEL PARÁMETRO “R”

De acuerdo a los resultados experimentales desarrollados en nuestro país la resistencia lateral de albañilería confinada a fuerza cortante se alcanza para una distorsión angular de aproximadamente 1/800 y se mantiene constante hasta una distorsión en 1/200 o 0.005, 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, Tinman&QUIUN,2001)

Sin embargo, de la recopilación de los ensayos experimentales se ha podido establecer el límite de reparación es de 0.003 es decir menor que el límite establecido por la norma E.030, en ese sentido la ductilidad es menor por lo que el valor de R igual a 3 no garantiza que las estructuras de albañilería construida con blocker II desarrollen desplazamientos límites. de lo mencionado anteriormente se requiere determinar el valor de R para muros construidos con blocker II.

A continuación, se propone los valores de R a partir de los ensayos experimentales en muros construidos con Blocker II.

Para determinar experimentalmente el factor R, se utilizó el criterio propuesto por Ángel San Bartolomé, que consiste en igualar la energía elástica equivalente (E) a la capacidad de absorción de la energía inelástica (Eh).

Para el cálculo de Eh, se utilizó la distorsión máxima de 0.005, ya que es el valor máximo permitido por la NTE E.030. Asimismo, el valor R se determinó mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{2} K_o E_h}{V_r}$$

Donde:

R : Factor de reducción de la fuerza sísmica

Ko : Rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente

Vr : Carga de agrietamiento diagonal obtenida experimentalmente

Eh : Capacidad de absorción de energía inelástica de los muros

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada muro

4.1.1) MURO MBAT-1

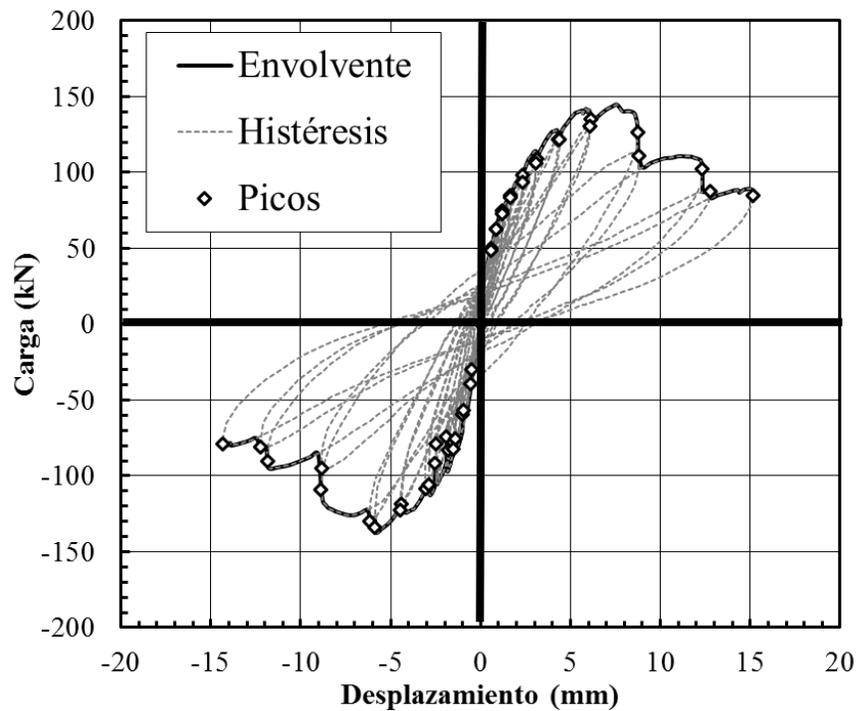


Figura 4.1. Curva histerética del espécimen MBAT-1

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016), se observa el comportamiento del muro MBAT-1 que se está conformando por la envolvente, histéresis y picos.

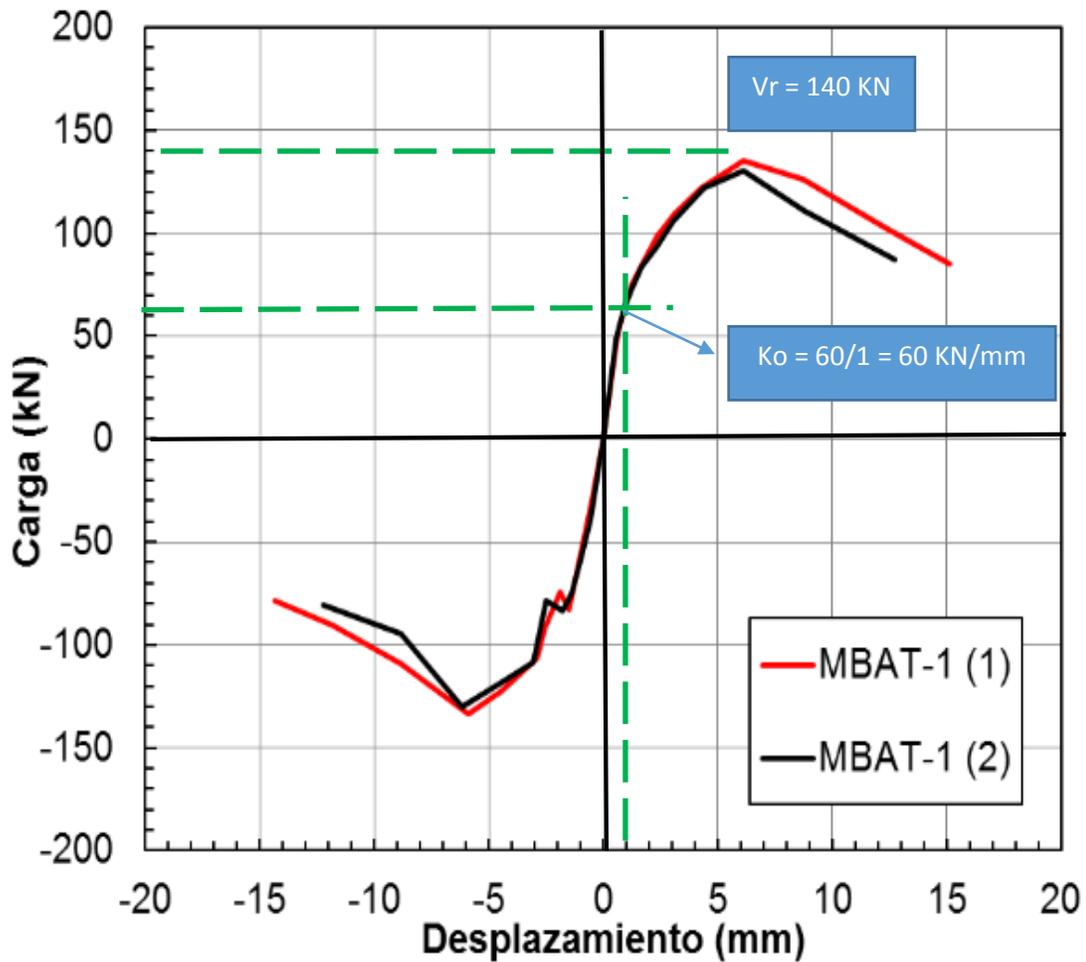


Figura 4.2 Curva de capacidad del espécimen MBAT-1

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016)- curva de capacidad (carga vs desplazamiento) del espécimen MBAT-1 ensayado del blocker II, donde se puede observar los valores obtenidos de V_r (carga de agrietamiento obtenida experimentalmente) y K_o (rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente).

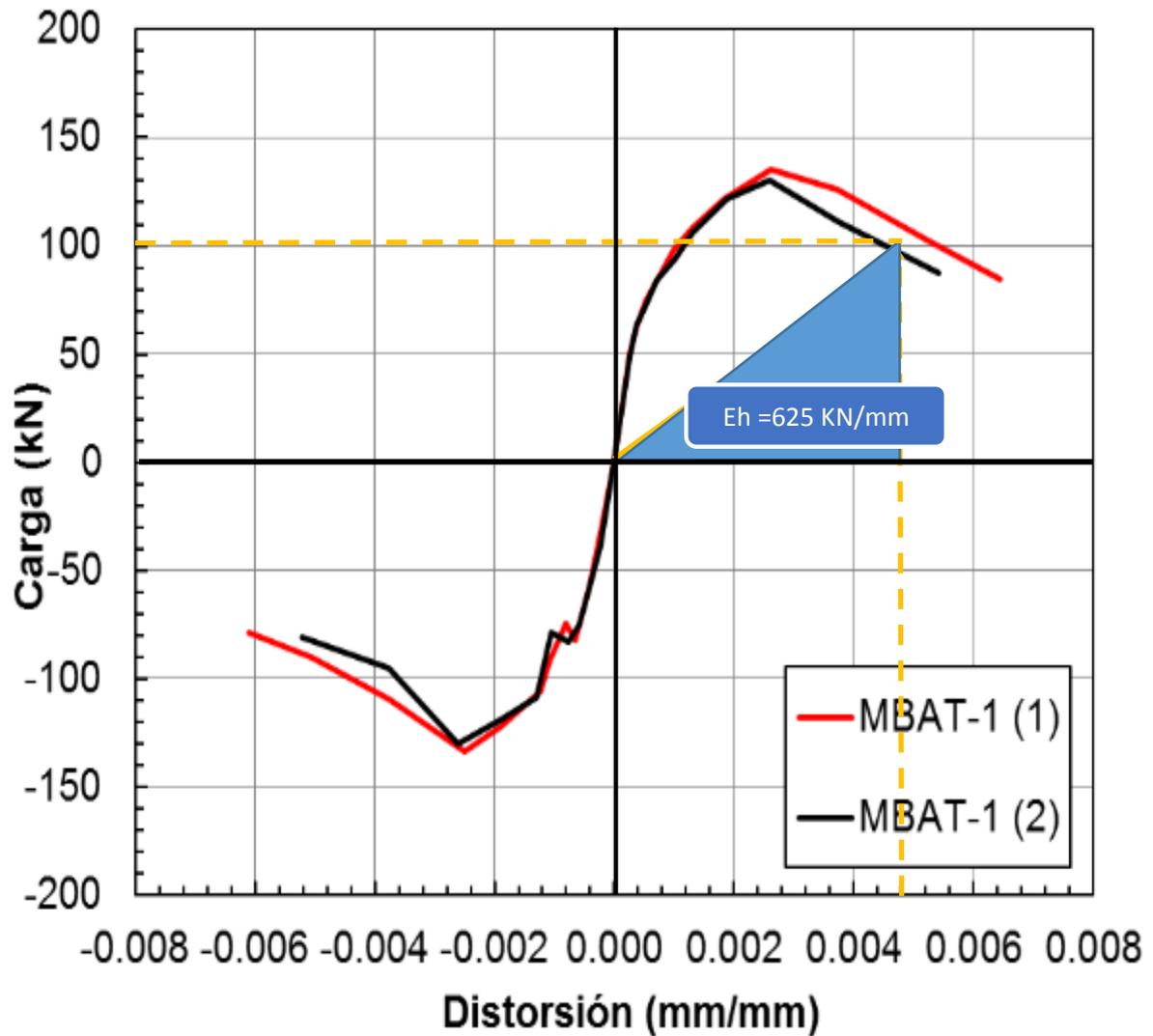


Figura 4.3 Curva de capacidad del espécimen MBAT-1

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016)- curva de capacidad (carga vs distorsión) del espécimen MBAT-1 ensayado del blocker II, donde se puede observar como se obtuvo el valor de E_h (capacidad de absorción de energía inelástica de los muros)

Determinacion de R experimentalmente:

- $V_r=140\text{KN}$ (carga de agrietamiento diagonal obtenida experimentalmente):
(valor obtenido experimentalmente de la figura 4.2 curva de capacidad carga vs desplazamiento del espécimen MBAT-1)
- $K_o=60\text{KN/mm}$ (rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente):
(valor obtenido experimentalmente de la figura 4.2 curva de capacidad carga vs desplazamiento del espécimen MBAT-1, donde $K_o= F/D$)
- $E_h=625\text{KN-mm}$ (capacidad de absorcion de energía inelástica de los muros):
 $B = D_{\text{max}} * H$ entrepiso mm = $0.005 * 2500\text{mm} = 12.5\text{mm}$
 $H = \text{Carga} = 100 \text{ KN}$ para una distorsion de 0.005
 $E_h = B * H / 2 = 12.5 * 100 / 2 = 625\text{KN-mm}$
 (valor obtenido experimentalmente de la figura 4.3 curva de capacidad carga vs distorsion del espécimen MBAT-1)
- $R=1.956$ (factor de reducción de fuerza sísmica):

$$R = \frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{2 K_o E_h}}{V_r}$$

$$R = \frac{\sqrt{2 (60)(625)}}{140} = 1.956$$

4.1.2) MURO MBAT-2

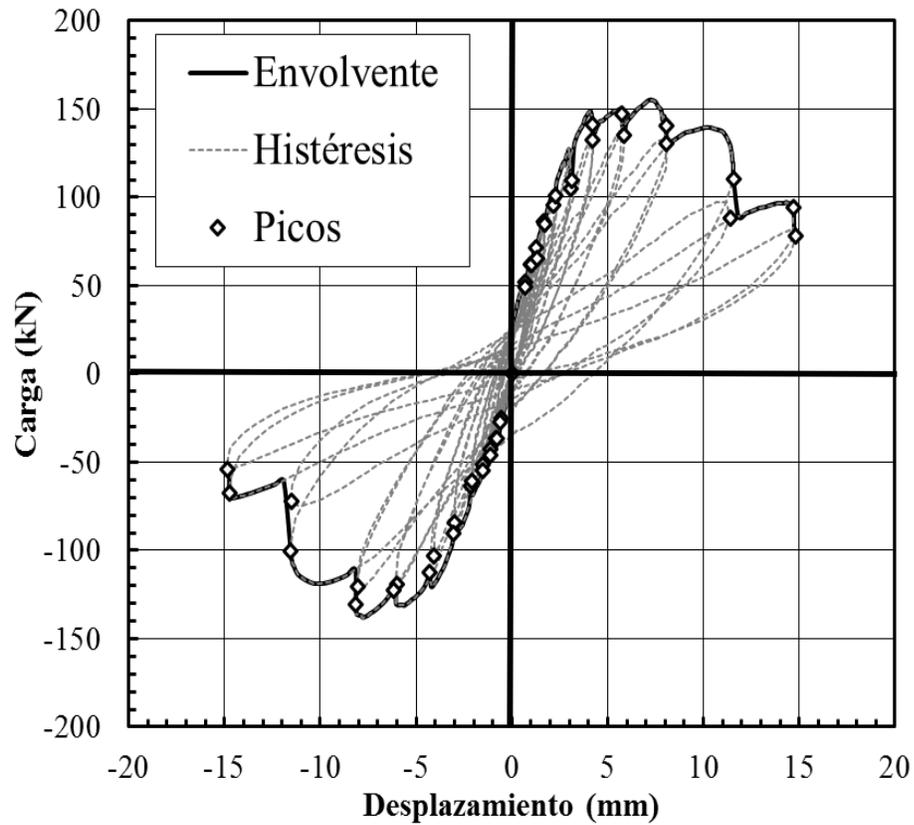


Figura 4.4 Curva histerética del espécimen MBAT-2

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016) -se observa el comportamiento del muro MBAT-2 que se esta conformada por la envolvente, histéresis y picos.

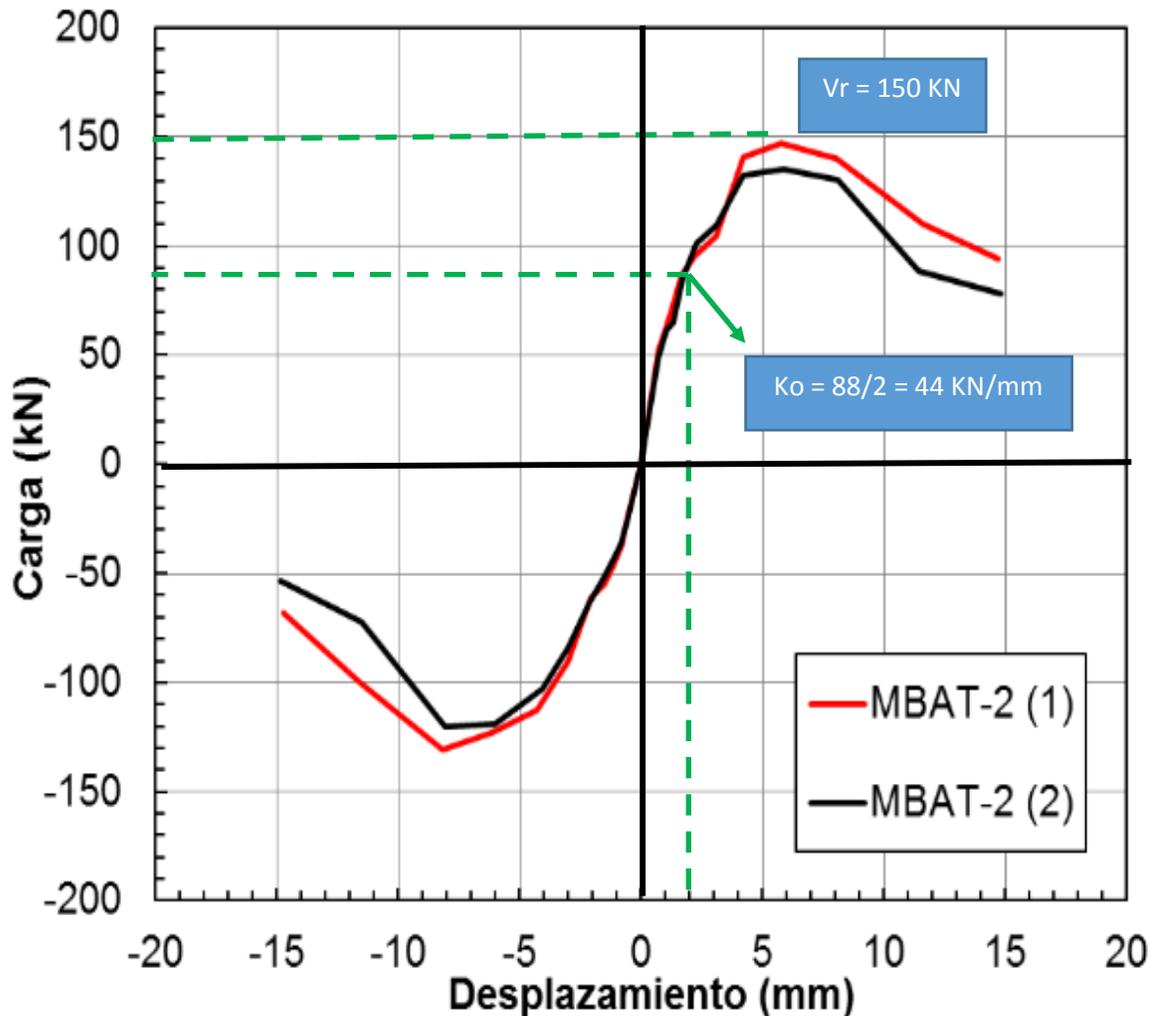


Figura 4.5 Curva de capacidad del espécimen MBAT-2

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016)- curva de capacidad (carga vs desplazamiento) del espécimen MBAT-2 ensayado del blocker II, donde se puede observar los valores obtenidos de V_r (carga de agrietamiento obtenida experimentalmente) y K_o (rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente).

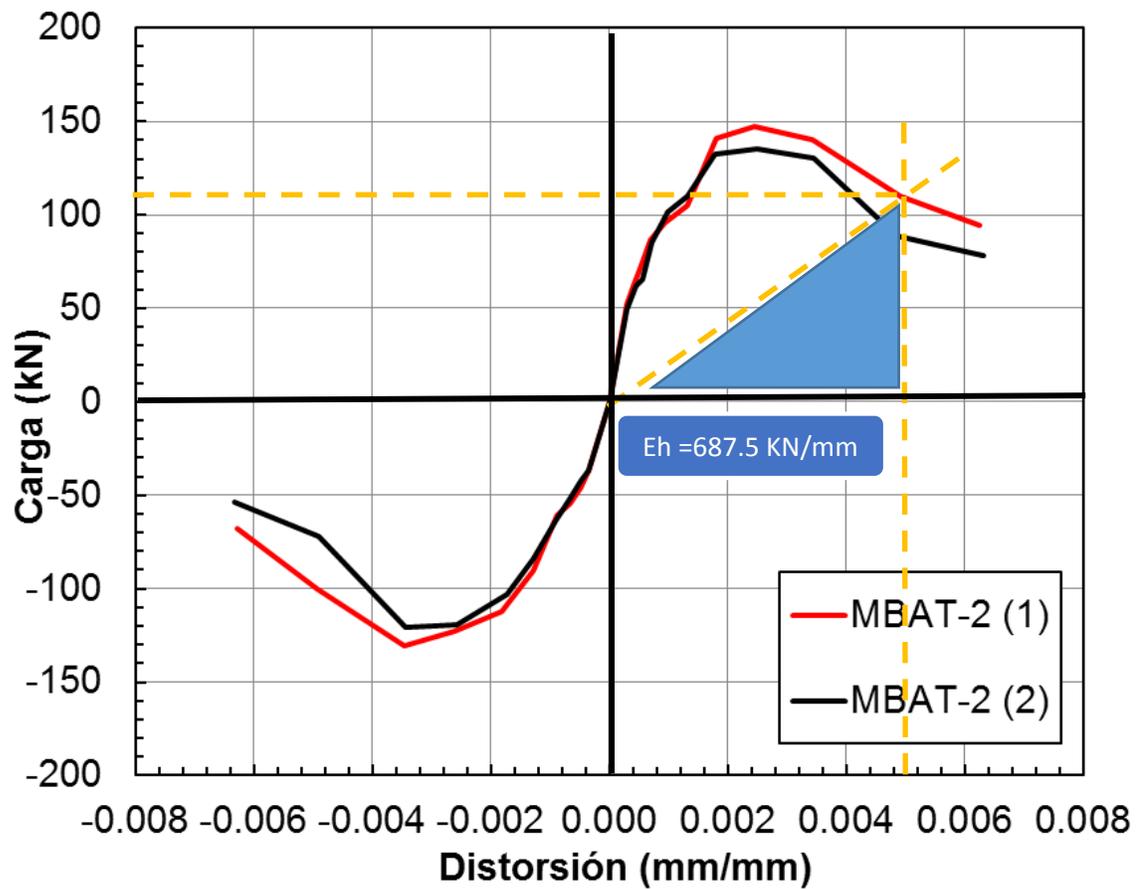


Figura 4.6 Curva de capacidad del espécimen MBAT-2

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2016) curva de capacidad (carga vs distorsión) del espécimen MBAT-2 ensayado del blocker II, donde se puede observar como se obtuvo el valor de E_h (capacidad de absorción de energía inelástica de los muros)

Determinacion de R experimentalmente:

- $V_r=150\text{KN}$ (carga de agrietamiento diagonal obtenida experimentalmente):
(valor obtenido experimentalmente de la figura 4.5 curva de capacidad carga vs desplazamiento del espécimen MBAT-2)
- $K_o=44\text{KN/mm}$ (rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente):
(valor obtenido experimentalmente de la figura 4.5 curva de capacidad carga vs desplazamiento del espécimen MBAT-2, donde $K_o= F/D$)
- $E_h=687.5\text{ KN-mm}$ (capacidad de absorcion de energía inelástica de los muros):
 $B = D_{\text{max}} * h$ entrepiso mm = $0.005 * 2500\text{mm} = 12.5\text{mm}$
 $H = \text{Carga} = 110\text{ KN}$ para una distorsion de 0.005
 $E_h = B * H / 2 = 12.5 * 110 / 2 = 687.5\text{ KN-mm}$
 (valor obtenido experimentalmente de la figura 4.6 curva de capacidad carga vs distorsion del espécimen MBAT-2)
- $R=1.639$ (factor de reducción de fuerza sísmica):

$$R = \frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{2 K_o E_h}}{V_r}$$

$$R = \frac{\sqrt{2(44)(687.5)}}{150} = 1.639$$

4.1.3) MURO MBAT-4

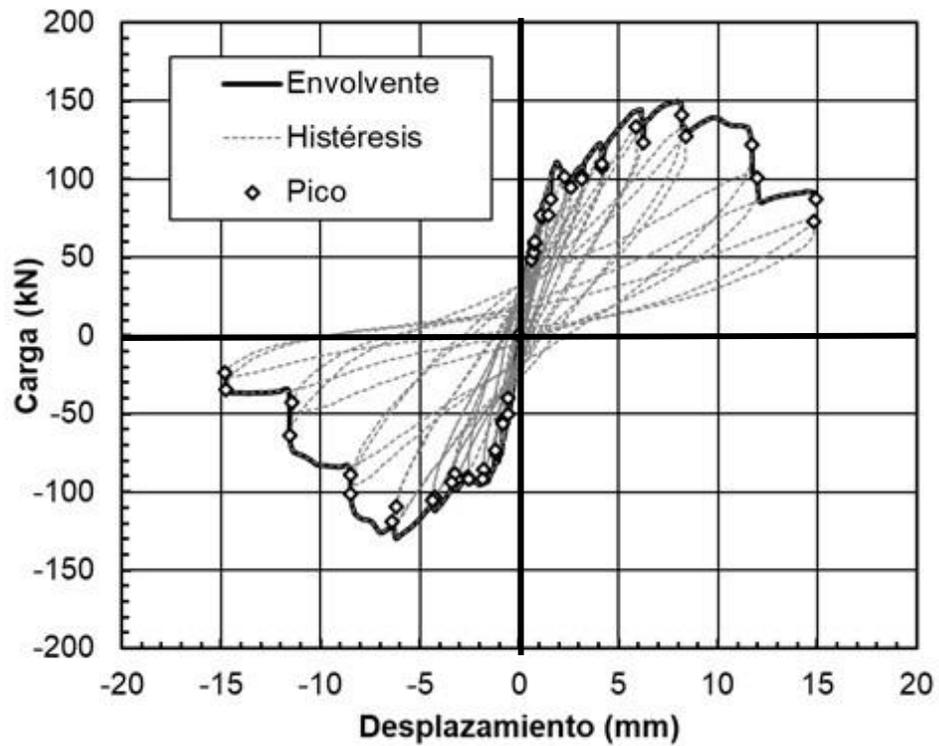


Figura 4.7. Curva histerética del espécimen MBAT-4

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)- se observa el comportamiento del muro MBAT-4 que se está conformada por la envolvente, histéresis y picos.

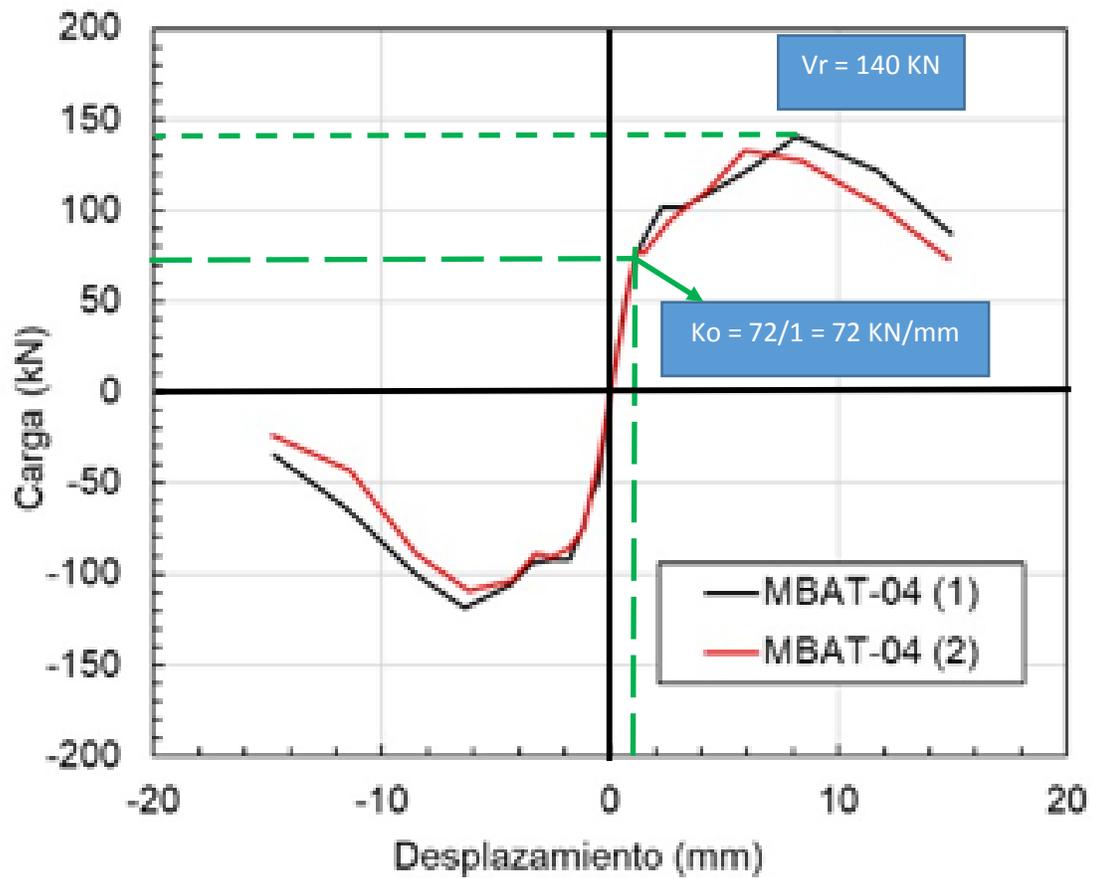


Figura 4.8. Curva de capacidad del espécimen MBAT-4

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017) curva de capacidad (carga vs desplazamiento) del espécimen MBAT-4 ensayado del blocker II, donde se puede observar los valores obtenidos de V_r (carga de agrietamiento obtenida experimentalmente) y K_o (rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente).

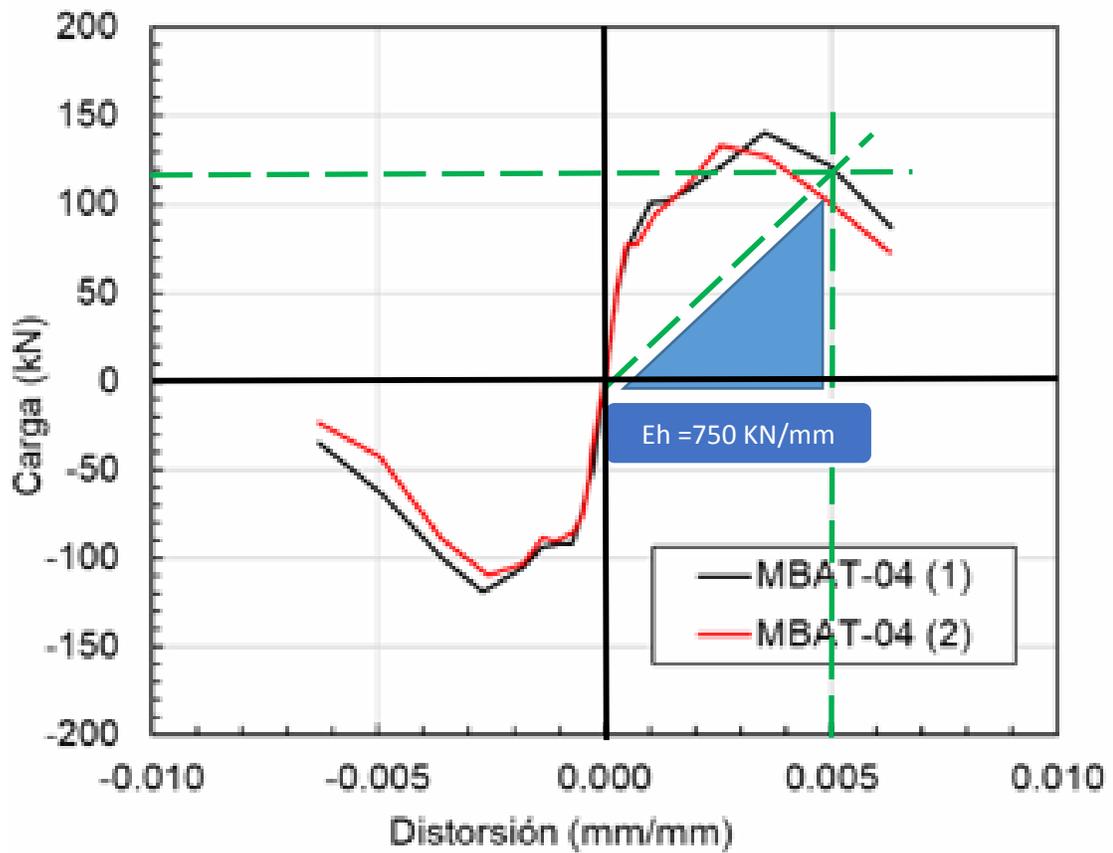


Figura 4. 9 Curva de capacidad del espécimen MBAT-4

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)- curva de capacidad (carga vs distorsion) del espécimen MBAT-4 ensayado del blocker II, donde se puede observar como se obtuvo el valor de E_h (capacidad de absorción de energía inelástica de los muros)

Determinacion de R experimentalmente:

- $V_r=140\text{KN}$ (carga de agrietamiento diagonal obtenida experimentalmente):
(valor obtenido experimentalmente de la figura 4.8 curva de capacidad carga vs desplazamiento del espécimen MBAT-4)
- $K_o=72\text{ KN/mm}$ (rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente):
(valor obtenido experimentalmente de la figura 4.8 curva de capacidad carga vs desplazamiento del espécimen MBAT-4, donde $K_o= F/D$)
- $E_h =750\text{ KN-mm}$ (capacidad de absorcion de energía inelástica de los muros):
 $B =D_{\text{max}} *h$ entre piso mm = $0.005 * 2500\text{mm} =12.5\text{mm}$
 $H = \text{Carga} = 120\text{ Kn}$ para una distorsion de 0.005
 $E_h= B*H/2 =12.5*120 /2 = 750\text{ KN-mm}$
 (valor obtenido experimentalmente de la figura 4.9 curva de capacidad carga vs distorsion del espécimen MBAT-4)
- $R=2.347$ (factor de reducción de fuerza sísmica):

$$R = \frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{2 K_o E_h}}{V_r}$$

$$R = \frac{\sqrt{2(72)(750)}}{140} = 2.347$$

4.1.4) MURO MBAT-5

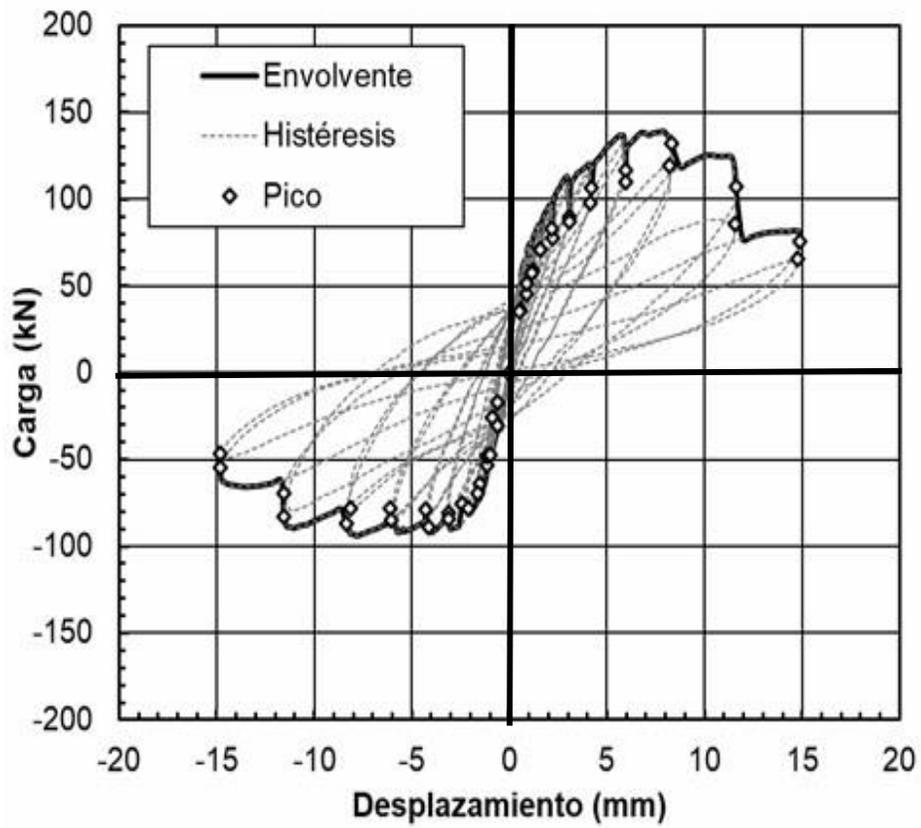


Figura 4.10. Curva histerética del espécimen MBAT-5

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017) se observa el comportamiento del muro MBAT-5 que se está conformada por la envolvente, histéresis y picos.

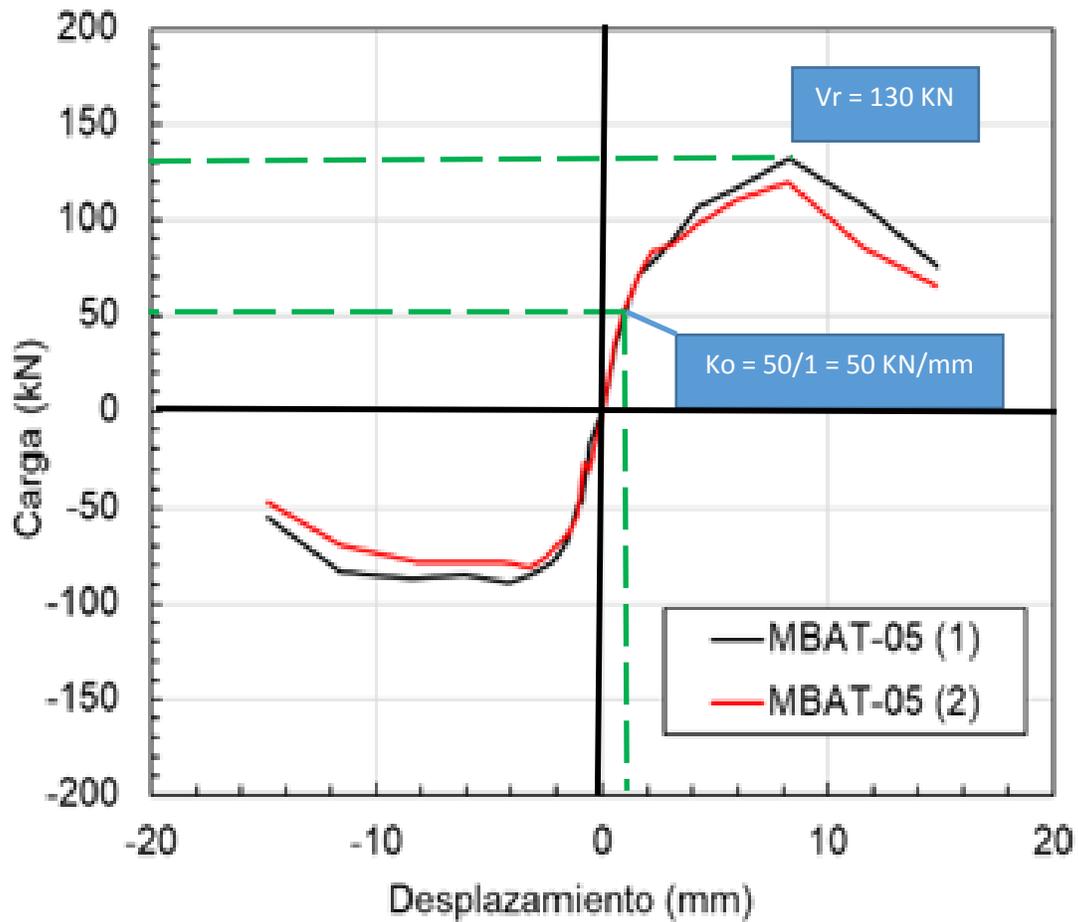


Figura 4.11 Curva de capacidad del espécimen MBAT-5

(Fuente: ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)- curva de capacidad (carga vs desplazamiento) del espécimen MBAT-5 ensayado del blocker II, donde se puede observar los valores obtenidos de V_r (carga de agrietamiento obtenida experimentalmente) y K_o (rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente).

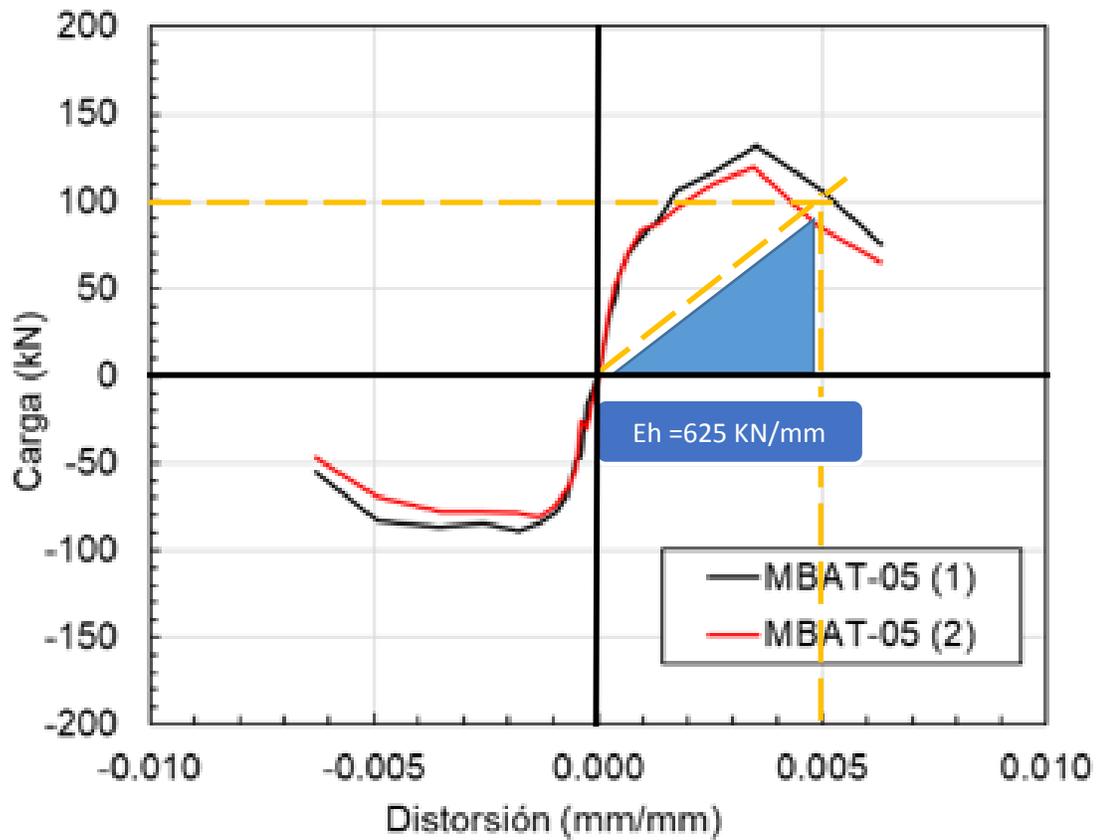


Figura 4.12 Curva de capacidad del espécimen MBAT-5

(Fuente: Ensayo de carga cíclica de tres muros a escala natural -2017)- curva de capacidad (carga vs distorsion) del espécimen MBAT-5 ensayado del blocker II, donde se puede observar como se obtuvo el valor de E_h (capacidad de absorción de energía inelástica de los muros)

Determinacion de R experimentalmente:

- $V_r=130\text{KN}$ (carga de agrietamiento diagonal obtenida experimentalmente):
(valor obtenido experimentalmente de la figura 4.11 curva de capacidad carga vs desplazamiento del espécimen MBAT-5)
- $K_o=50\text{ KN/mm}$ (rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente):
(valor obtenido experimentalmente de la figura 4.11 curva de capacidad carga vs desplazamiento del espécimen MBAT-5, donde $K_o= F/D$)
- $E_h=625\text{ KN-mm}$ (capacidad de absorcion de energía inelástica de los muros):
 $B = D_{\text{max}} * h \text{ entrepiso mm} = 0.005 * 2500\text{mm} = 12.5\text{mm}$
 $H = \text{Carga} = 100\text{ Kn}$ para una distorsion de 0.005
 $E_h = B * H / 2 = 12.5 * 100 / 2 = 625\text{ KN-mm}$
 (valor obtenido experimentalmente de la figura 4.12 curva de capacidad carga vs distorsion del espécimen MBAT-5)
- $R=1.92$ (factor de reducción de fuerza sísmica):

$$R = \frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{2 k_o E_h}}{V_r}$$

$$R = \frac{\sqrt{2(50)(625)}}{100} = 1.92$$

4.2) ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA VIVIENDA CONSTRUIDA CON BLOCKER II, R= 3

4.2.1) DESCRIPCIÓN:

La estructura modelada es una vivienda de dos niveles construida con blocker II, de configuración estructural regular en planta y elevación, está constituida por un sistema estructural de albañilería.

La dimensión de las vigas, muros, y columnas se pueden observar en los planos adjuntos en el presente trabajo de investigación, la losa es aligerada unidireccional de 20cm de espesor.

Según el estudio de suelos, la zona donde está ubicada la vivienda de dos niveles posee un suelo rígido.

La vivienda se encuentra ubicada en la localidad de Tacna, distrito de Gregorio Albarracín, provincia de Tacna.

4.2.2) PROGRAMAS DE COMPUTO

Los esfuerzos generados por los movimientos sísmicos y las cargas verticales se estiman asumiendo un sistema de cargas aplicado a la estructura. Estas fuerzas deben ser definidas de modo que representen lo más cercano al fenómeno real. Existen diversos métodos para su determinación, desde los más sencillos hasta los más complejos que sólo pueden ser desarrollados con la ayuda de un software.

Para el análisis de la vivienda de dos niveles se empleó el programa ETABS (Extended 3D Analysis of Building Systems), versión 2013. Este es un programa para análisis estructural y diseño de estructuras que incluye las mejores técnicas actualmente disponibles.

4.2.3) NORMATIVIDAD

En todo el proceso de análisis y diseño se ha utilizado las normas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

- Medrado de cargas Norma E.020
- Diseño sismo resistente Norma E.030
- Albañilería Norma E.070

4.2.4) ANÁLISIS SÍSMICO

El análisis se realizó según la norma vigente NTE E.030 (2016) del Reglamento Nacional de Edificaciones. Considerando las condiciones de suelo, las características de la estructura y las condiciones de uso, se utilizaron los siguientes parámetros sísmicos:

- Factor de Zona: $Z = 0.45$ (Zona 4)
- Factor de Uso: $U = 1$
- Factor de suelo: $S = 1$ (Suelo Rígido)
- Periodo de la plataforma $T_p = 0.4$ seg.
- Periodo T_L $T_L = 2.5$ seg.
- Coeficiente de reducción $R_x = 3$ (Albañilería Confinada, estructura regular)
- Coeficiente de reducción $R_y = 7$ (Sistema dual, estructura regular)

A partir de estos valores se determinó el espectro de pseudo aceleraciones, como se ve en la figura 4.13 Y 4.14.

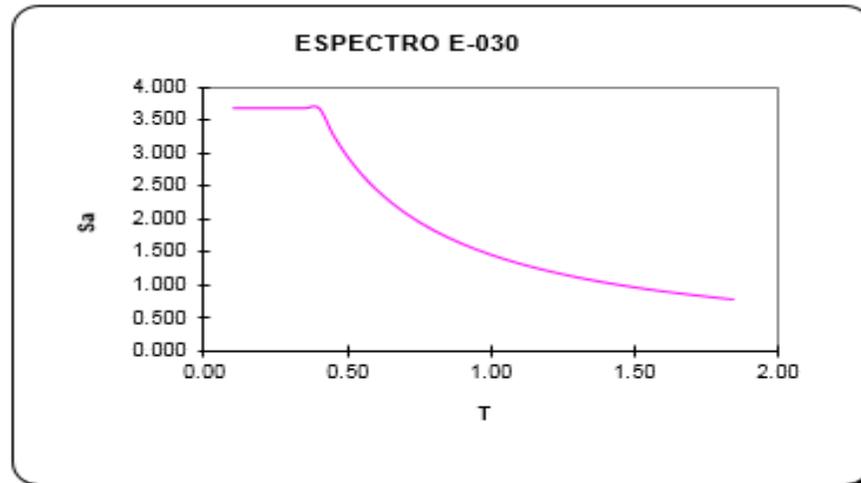


Figura 4.13 Espectro de pseudo aceleración dirección X-X, se observa que para un $R=3$ nos da un $S_a=3.67$

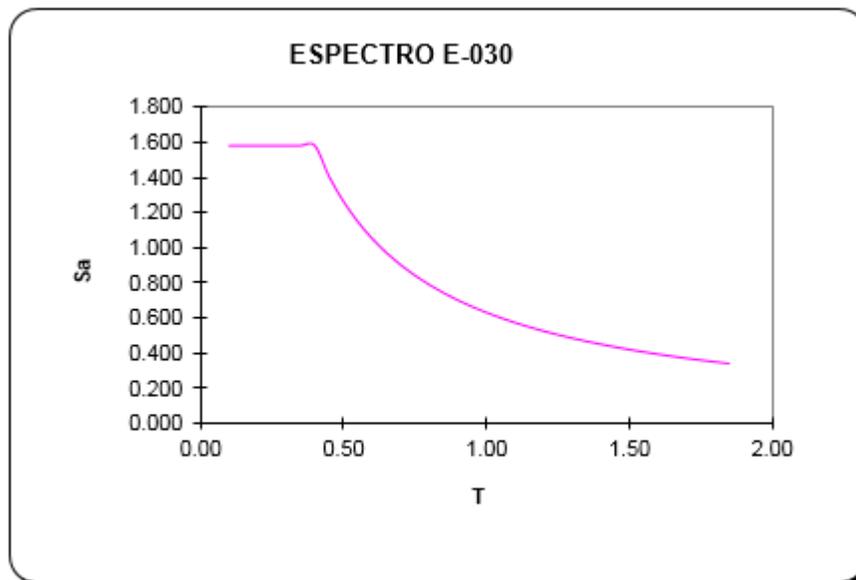


Figura 4.14 Espectro de pseudo aceleración dirección Y-Y, se observa que para un $R=7$ nos da un $S_a=1.57$

Para efectos del análisis, las masas de los elementos modelados como columnas, muros, y vigas fueron estimados por el programa ETABS, mientras que las masas de los demás elementos se estimaron a partir de los siguientes pesos:

CARGAS MUERTAS:

Peso de los acabados: 150 Kg/m²

Peso de losa aligerada unidireccional h=0.20m: 300Kg/m²

CARGAS VIVAS:

Vivienda: 200Kg/m²

Techo y azotea: 100 kg/m²

4.2.5) RESULTADOS

4.2.5.1) PERIODOS Y MODOS DE VIBRACIÓN

Con estas cargas y con las propiedades de las secciones transversales, se puede determinar los periodos de vibrar.

En la tabla siguiente se observa los valores de periodos y modos, siendo el del eje Y-Y un valor de 0.047seg, y en el eje X-X de 0.039 seg.

TABLA N°4.1. Periodos y modos de vibración

Case	Mode	Period			Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
		sec	UX	UY				
Modal	1	0.047	0.0022	0.5729	0.0022	0.5729	0.22	0.22
Modal	2	0.039	0.05432	0.0982	0.5454	0.6711	0.2025	0.2025
Modal	3	0.037	0.323	0.118	0.8684	0.7891	0.3828	0.3828
Modal	4	0.013	0.1302	0.00004132	0.9986	0.7891	0.0019	0.0019
Modal	5	0.01	0.0012	0.0458	0.9998	0.8349	0.1573	0.1573
Modal	6	0.01	0.0002	0.1651	1	1	0.0355	0.0355

En el siguiente gráfico, se muestra el periodo fundamental en la dirección "X".

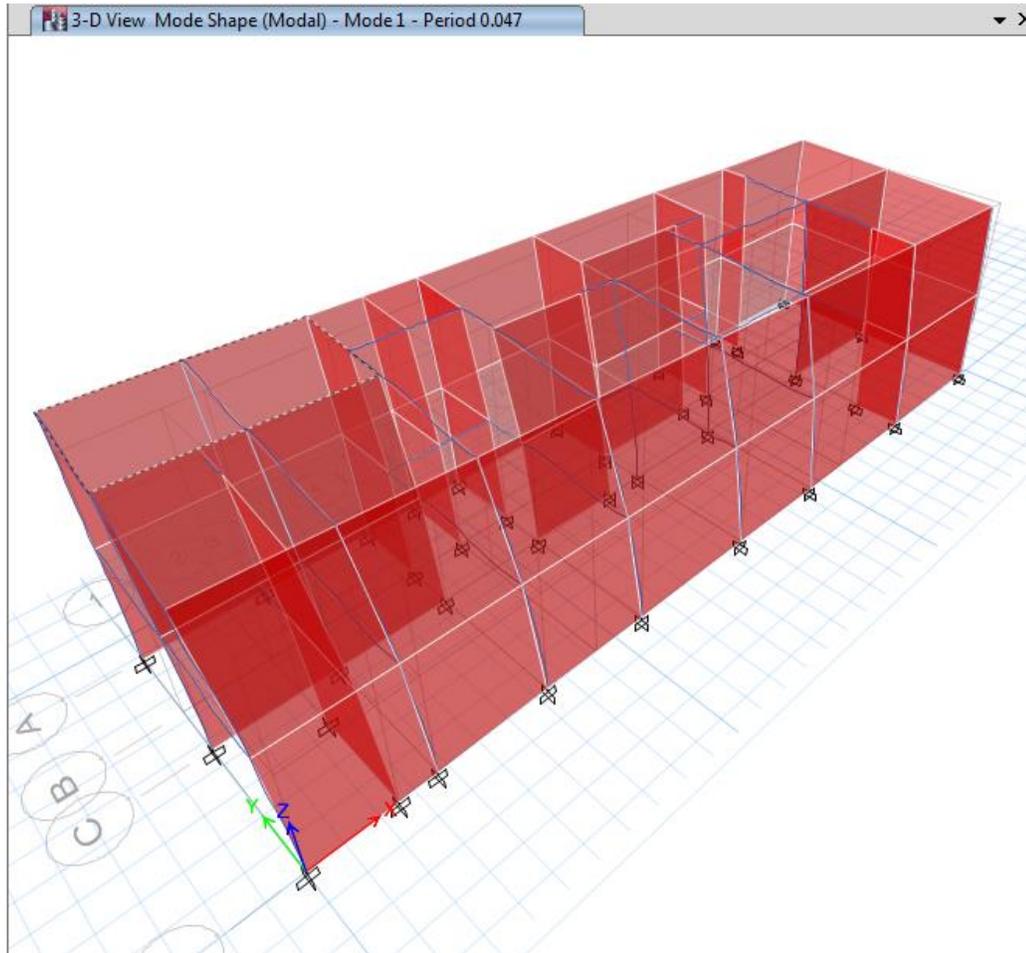


Figura 4.15. Periodo fundamental en la dirección "x"

se observa que para un $R=3$ nuestro periodo fundamental es de 0.047 en la dirección "X"

4.2.5.2) Verificación del peso

TABLA N°4.2 Verificación del peso

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM
		kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m
Story1	piso1	9966.94	9966.94	9.7899	3.1357
Story2	piso2	7115.99	7115.99	9.6568	3.1163

Albañilería = 800 - 1000 kg/m² por piso
 Concreto Armado = 1000 - 1300 kg/m² por piso

Peso 1 = $9966.94 \times 9.81 = 97775.6814$ kg

Área = 109.79 m²

Peso /área = 890.57 kg /m²

4.2.5.3) Distorsiones de entre piso

Según la norma vigente para cada dirección de análisis, para estructuras las distorsiones calculadas por el programa deben ser multiplicados por R.

En la tabla 02 y 03 se resumen las distorsiones máximas en cada nivel, calculados por el programa ETABS.

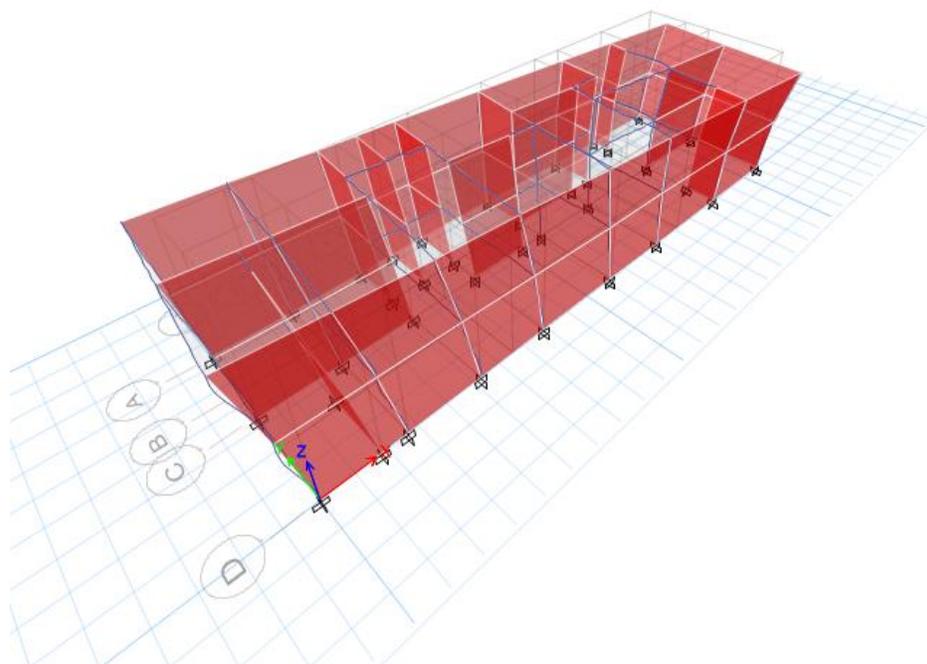


Figura 4.16. Vista del desplazamiento en el eje X-X (en cm)

TABLA N°4.3. Distorsiones máximas eje X-X

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DRIFT*R*0.75
					m	m	m	
Story2	SISMOXX Max	X	0.000037	2	1.73	0	5	0.00008325
Story1	SISMOXX Max	X	0.000032	2	1.76	0	2.5	0.000072

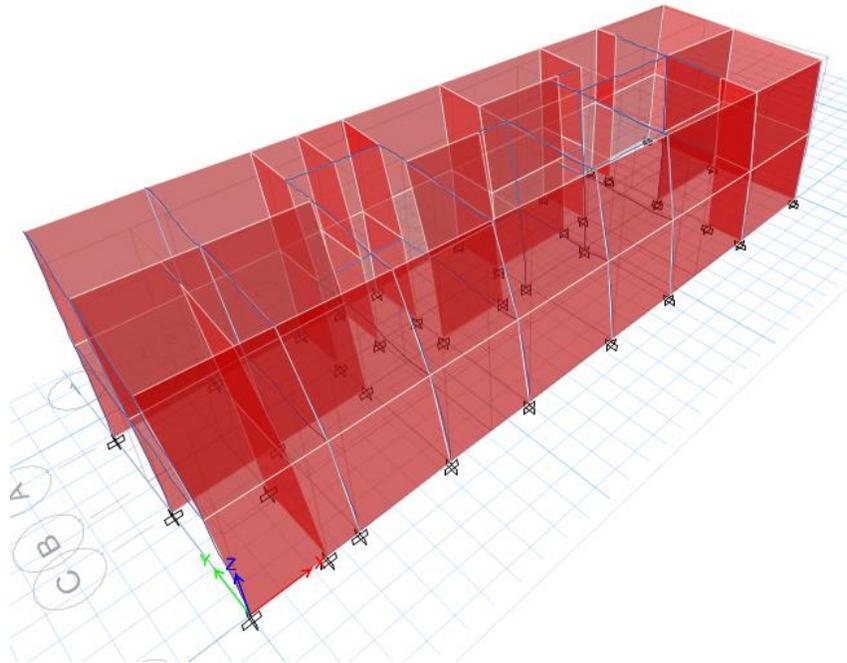


Figura 4.17. Vista del desplazamiento en el eje Y-Y (en cm)

TABLA N°4.4. Distorsiones máximas eje Y-Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DRIFT*R*0.75
					m	m	m	
Story2	SISMOYY Max	X	0.00004	23	0	3.15	5	0.00009
Story1	SISMOYY Max	X	0.000021	23	0	3.15	2.5	0.00004725

Fuente: (Elaboracion propia)

4.2.5.4) Fuerza de corte mínima en la base:

$V_{ex} = 62843.8287375 \text{ kg}$

$V_{ey} = 26933.0694589286 \text{ kg}$

TABLA N°4.5 Verificación de la fuerza de corte mínima en la base

	Ve	80%Ve	Vd	Cumple ??	escalar		nuevo escalar
SISMO XX	62843.82 87	50275.062 99	54033. 15	si	1		
SISMO YY	26933.06 95	21546.455 5	18209. 94	no	1	1.1832	50308. 89 1.185

TABLA N°4.6. Valor escalado

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Story1	sismo xx Max	Bottom	0	54033.15	5992.93	188510.06	24838.12	214595.03
Story1	sismo yy Max	Bottom	0	3043.5	21578.77	199137.92	86498.74	12238.12

4.3) ANÁLISIS SÍSMICO DE UNA VIVIENDA CONSTRUIDA CON BLOCKER II, R= 1.966

4.3.1) DESCRIPCIÓN:

La estructura modelada es una vivienda de dos niveles construida con blocker II, de configuración estructural regular en planta y elevación, está constituida por un sistema estructural de albañilería.

La dimensión de las vigas, muros, y columnas se pueden observar en los planos adjuntos en el presente trabajo de investigación, la losa es aligerada unidireccional de 20cm de espesor.

Según el estudio de suelos, la zona donde está ubicada la vivienda de dos niveles posee un suelo de roca o suelos muy rígidos.

La vivienda se encuentra ubicada en la localidad de Tacna, distrito de Gregorio Albarracín, provincia de Tacna.

4.3.2) PROGRAMAS DE COMPUTO

Los esfuerzos generados por los movimientos sísmicos y las cargas verticales se estiman asumiendo un sistema de cargas aplicado a la estructura. Estas fuerzas deben ser definidas de modo que representan lo más cercano al fenómeno real. Existen diversos métodos para su determinación, desde los más sencillos hasta los más complejos que sólo pueden ser desarrollados con la ayuda de un software.

Para el análisis de la vivienda de dos niveles se empleó el programa ETABS (Extended 3D Analysis of Building Systems), versión 2013. Este es un programa para análisis estructural y diseño de estructuras que incluye las mejores técnicas actualmente disponibles.

4.3.3) NORMATIVIDAD

En todo el proceso de análisis y diseño se utilizarán las normas comprendidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.):

- Medrado de cargas Norma E.020
- Diseño sismo resistente Norma E.030
- Albañilería Norma E.070

4.3.4) ANÁLISIS SÍSMICO

El análisis se realizó según la norma vigente NTE E.030 (2016) del Reglamento Nacional de Edificaciones. Considerando las condiciones de suelo, las características de la estructura y las condiciones de uso, se utilizaron los siguientes parámetros sísmicos:

- Factor de Zona: $Z = 0.45$ (Zona 4)
- Factor de Uso: $U = 1$
- Factor de suelo: $S = 1$ (Suelo Rígido)
- Periodo de la plataforma $T_p = 0.4$ seg.
- Periodo T_L $T_L = 2.5$ seg.
- Coeficiente de reducción $R_x = 1.966$ (Albañilería Confinada, estructura regular)
- Coeficiente de reducción $R_y = 7$ (Sistema dual, estructura regular)

A partir de estos valores se determinó el espectro de pseudo aceleraciones, como se ve en la figura 4.18 Y 4.19

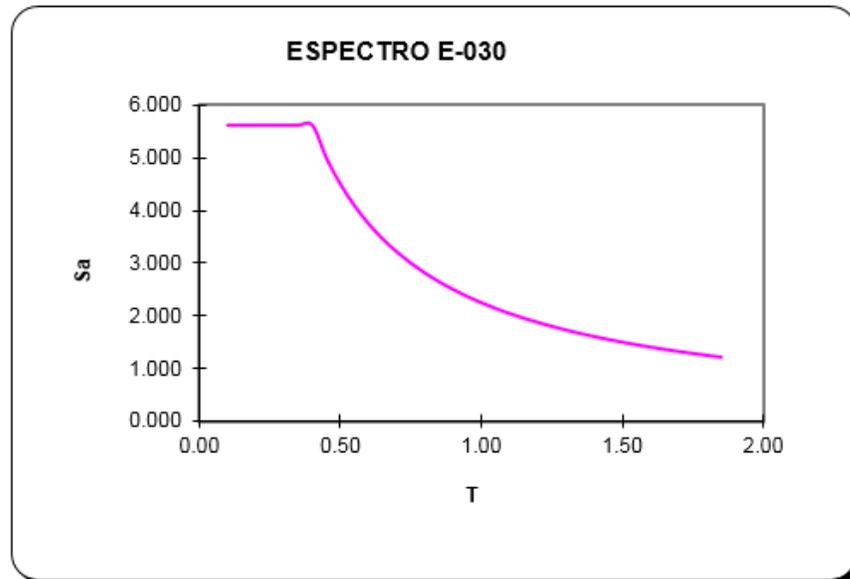


Figura 4.18. Espectro de pseudo aceleración dirección X-X, se observa que para un $R=1.966$ nos da un $S_a=5.61$

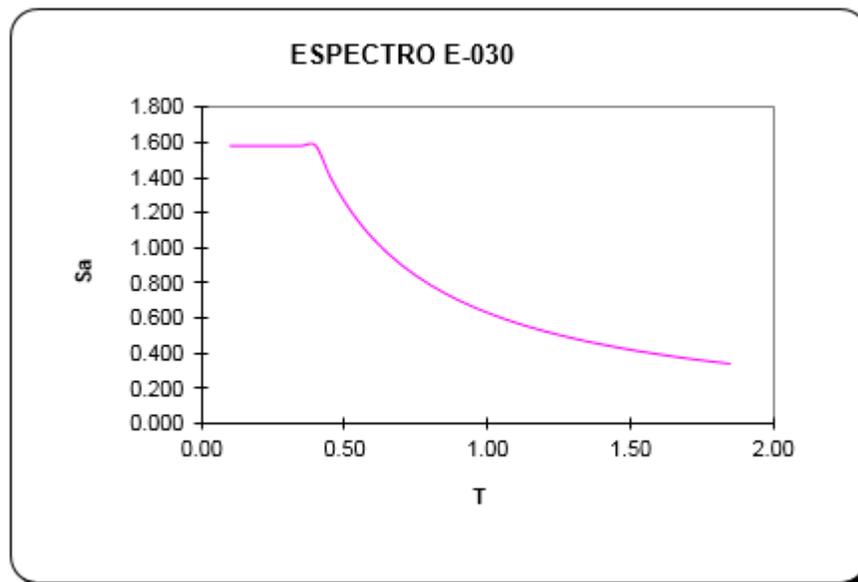


Figura 4.19. Espectro de pseudo aceleración dirección Y-Y, se observa que para un $R=7$ nos da un $S_a=1.57$

Para efectos del análisis, las masas de los elementos modelados como columnas, muros, y vigas fueron estimados por el programa ETABS, mientras que las masas de los demás elementos se estimaron a partir de los siguientes pesos:

CARGAS MUERTAS:

Peso de los acabados: 150 Kg/m²

Peso de losa aligerada unidireccional h=0.20m: 300Kg/m²

CARGAS VIVAS:

Vivienda: 200Kg/m²

Techos y azotea: 100 kg/m²

4.3.5) RESULTADOS

4.3.5.1) PERIODOS Y MODOS DE VIBRACIÓN:

Con estas cargas y con las propiedades de las secciones transversales, se puede determinar los periodos de vibrar.

En la tabla siguiente se observa los valores de periodos y modos, siendo el del eje Y-Y un valor de 0.047seg, y en el eje X-X de 0.039 seg.

TABLA N°4.7. Periodos y modos de vibración

Case	Mode	Period			Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
		sec	UX	UY				
Modal	1	0.047	0.0022	0.5729	0.0022	0.5729	0.22	0.22
Modal	2	0.039	0.05432	0.0982	0.5454	0.6711	0.2025	0.2025
Modal	3	0.037	0.323	0.118	0.8684	0.7891	0.3828	0.3828
Modal	4	0.013	0.1302	0.00004132	0.9986	0.7891	0.0019	0.0019
Modal	5	0.01	0.0012	0.0458	0.9998	0.8349	0.1573	0.1573
Modal	6	0.01	0.0002	0.1651	1	1	0.0355	0.0355

En el siguiente gráfico, se muestra el periodo fundamental en la dirección "X".

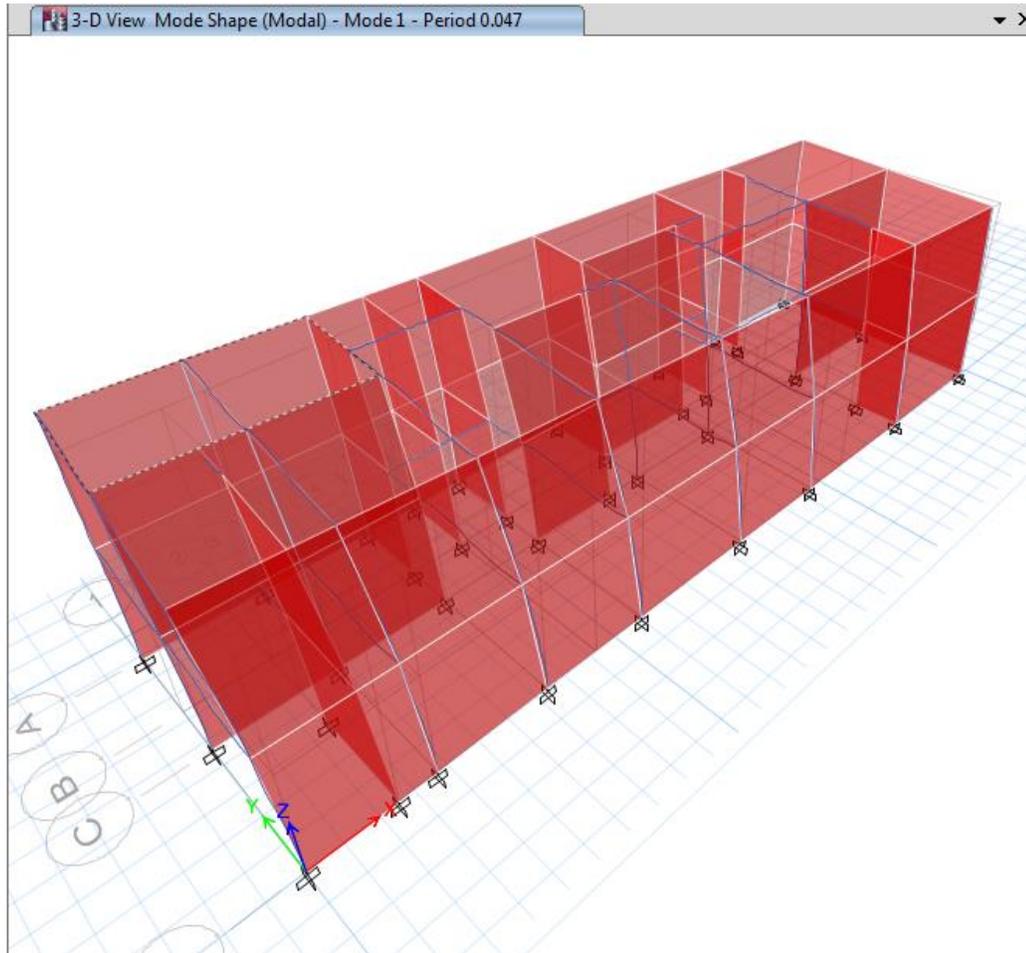


Figura 4.20. Periodo fundamental en la dirección "x"

se observa que para un $R=1.966$ nuestro periodo fundamental es de 0.047 en la dirección "Y"

4.3.5.2) Verificación del peso:

TABLA N°4.8. Verificación del peso

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM
		kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m
Story1	piso1	9966.94	9966.94	9.7899	3.1357
Story2	piso2	7115.99	7115.99	9.6568	3.1163

Albañilería = 800 - 1000 kg/m ² por piso Concreto Armado = 1000 - 1300 kg/m ² por piso

Peso 1 = $9966.94 \times 9.81 = 97775.6814$ kg

Área = 109.79 m²

Peso /área = 890.57 kg /m²

4.3.5.3) Distorsiones de entre piso

Según la norma vigente para cada dirección de análisis, para estructuras las distorsiones calculadas por el programa deben ser multiplicados por R.

En la tabla 02 y 03 se resumen las distorsiones máximas en cada nivel, calculados por el programa ETABS.

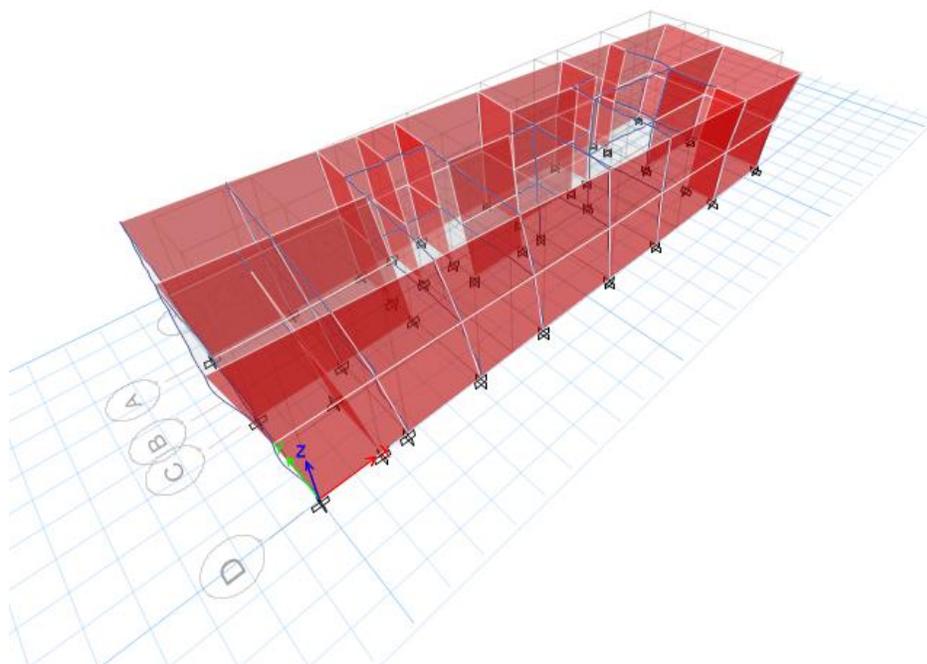


Figura 4.21. Vista del desplazamiento en el eje X-X(en cm)

TABLA N°4.9. Distorsiones máximas eje X-X

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DRIFT*R*0.75
					m	m	m	
Story2	SISMOXX Max	X	0.000057	2	1.73	0	5	0.0000840465
Story1	SISMOXX Max	X	0.000048	2	1.73	0	2.5	0.000070776

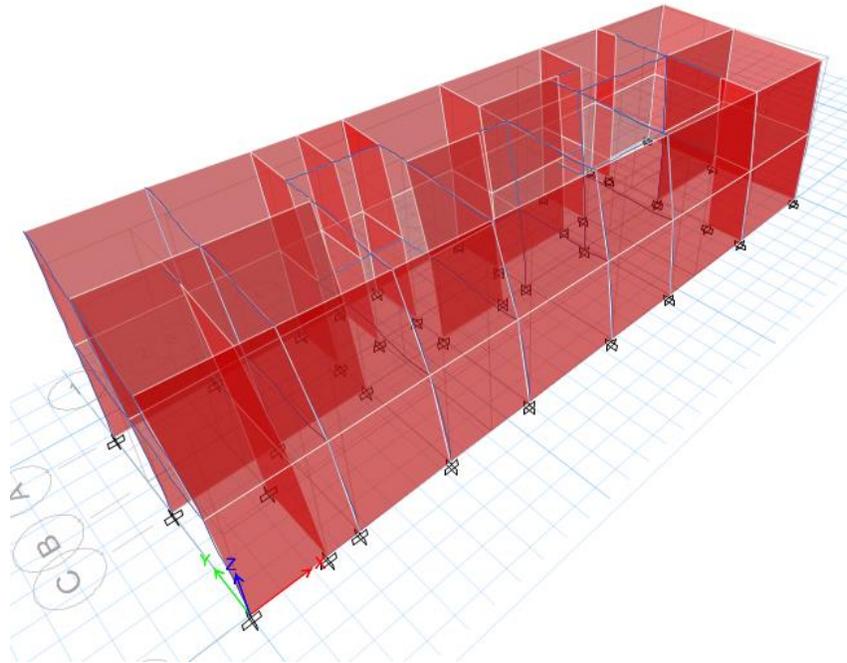


Figura 4.22. Vista del desplazamiento en el eje Y-Y(en cm)

TABLA N°4.10. Distorsiones máximas eje Y-Y

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	DRIFT*R*0.75
					m	m	m	
Story2	SISMOYY Max	X	0.00004	23	0	3.15	5	0.00005898
Story1	SISMOYY Max	X	0.000021	23	0	3.15	2.5	0.0000309645

4.3.5.4) Fuerza de corte mínima en la base:

Vex = 95895.9746 kg

Vey = 26933.0695kg

TABLA N°4.11. Fuerza de corte mínima en la base

	Ve	80%Ve	Vd	Cumpl e??	escalar				nuevo esczla r
SISMO XX	95895.9 746	76716.77974 059	82450 .93	si	1				
SISMO YY	26933.0 695	21546.45556 71429	18209 .94	no	1	1.183224962	21669.8	286	1.19

TABLA N°4.12. Valor escalado

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m
Story1	sismo xx Max	Bottom	0	82450.93	9144.8	287653.61	37901.28	327457.5
Story1	sismo yy Max	Bottom	0	3056.34	21669.82	199978.17	86863.71	12289.76

4.4) COMPARACION DE RESULTADOS

4.4.1) DESPLAZAMIENTOS

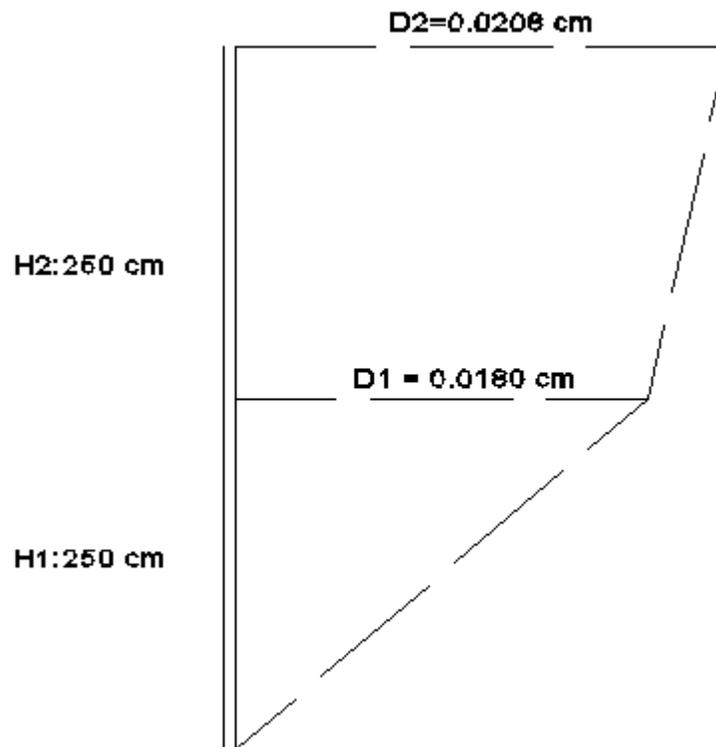


Figura 4.23. Vista del desplazamiento en el eje X-X con $R=3$ (en cm)

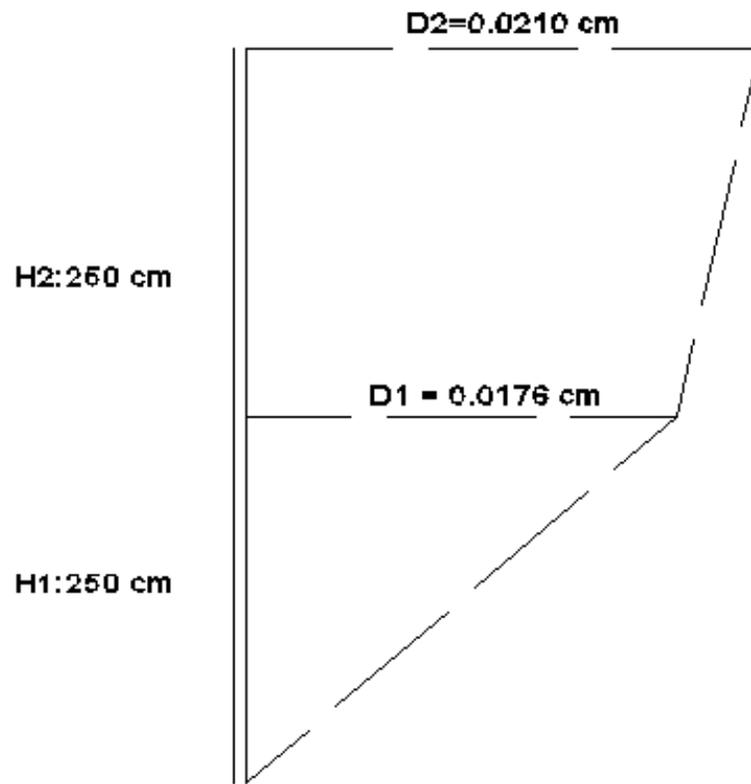


Figura 4.24. Vista del desplazamiento en el eje X-X con $R=1.966$ (en cm)

TABLA N°4.13. Comparación de desplazamientos

DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO PARA R=3	DESPLAZAMIENTO PARA R =1.966
DESPLAZAMIENTO 1	0.0180 cm	0.0176 cm
DESPLAZAMIENTO 2	0.0208 cm	0.0210 cm

Se observa que los desplazamientos obtenidos para R=3 y para R=1.966 son similares, esto debido a que los muros de albañilería aportan una gran inercia y por lo tanto mayor rigidez por lo que no se observa tanta diferencia en los desplazamientos.

4.4.2) FUERZAS DE CORTE

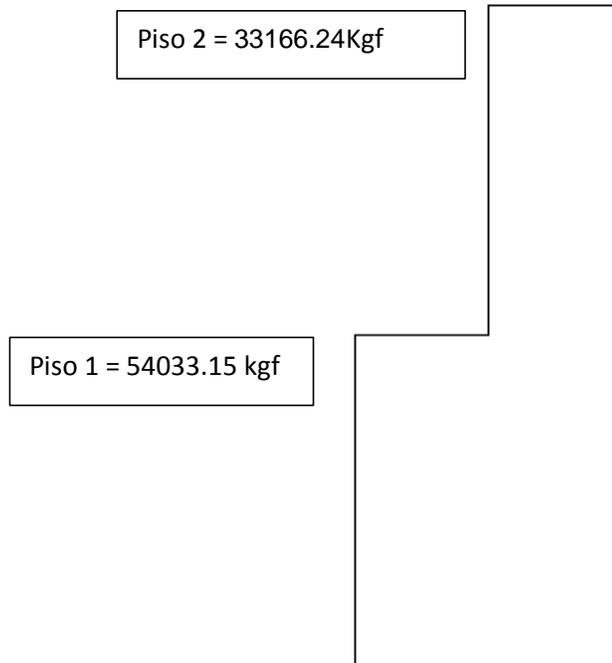


Figura 4.25. Vista de la fuerza de corte en el eje X-X con $R=3$ (en cm)

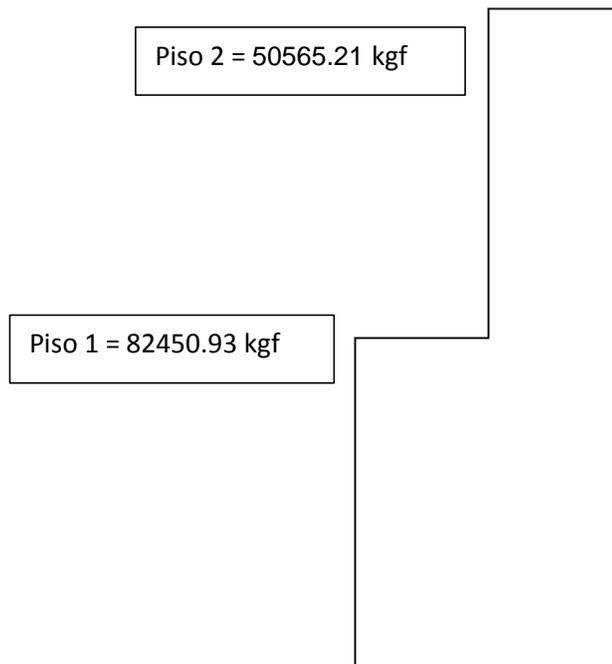


Figura 4.26. Vista de la fuerza de corte en el eje X-X con $R=1.966$ (en cm)

TABLA N°4.14. Comparación de fuerzas de corte

piso	FUERZA DE CORTE	FUERZA DE CORTE
	PARA R=3	PARA R =1.966
1	54033.15 kgf	82450.93 kgf
2	33166.24 Kgf	50609.44 kgf

Se observa que para el $R = 1.966$ obtenido en base a ensayos experimentales del presente trabajo de investigación se obtiene una fuerza de corte mayor a la obtenida con el $R=3$ de la norma E.030 y por lo tanto menor es el valor de R nuestra estructura tiene una menor capacidad de resistencia lateral y mayor fuerza cortante, lo que a su vez implica mayor posibilidad de daño estructural.

CAPITULO V

5) DISCUSIONES

5.1) COMO HIPÓTESIS PRINCIPAL SE PLANTEÓ

verificar si el factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R de la NTE E.030 (Diseño sismo resistente) se aplica a muros de albañilería construidos con la unidad hueca Blocker II.

Al respecto mencionamos lo siguiente:

En la ciudad de Tacna, las unidades de albañilería son típicas de nuestra localidad y poco usadas en los demás departamentos del Perú. En la norma E.030 especifican el valor de $R = 3$ para edificaciones de albañilería, pero con unidades de albañilería sólidas, es decir tiene un área igual o mayor que el 70% del área bruta. sin embargo, la unidad de albañilería blocker II usada en Tacna tiene un área equivalente menor que el 70% del área bruta por lo cual es considerada como una unidad de albañilería hueca y para la cual ya no se debería considerar el $R=3$ que especifica la norma. En la ciudad de Tacna se debe emplear unidades solidas o macizas en la construcción de los muros portantes de albañilería y no unidades huecas como el blocker II es por eso que en el presente trabajo de investigación en base a ensayos experimentales sometidos a cargas cíclicas se determinó el valor de R para unidades de albañilería de blocker II y se obtuvieron valores más bajos a lo establecido en la norma E.030($R=1.966$).

Resulta importante que el valor de R que se especifica en nuestra normatividad, sea determinado mediante ensayos experimentales típicos y característicos de cada departamento claros y verificables, a fin de que puedan ser contrastados por diversos investigadores y se genere un camino para su actualización si la información disponible así lo amerita, o para su incorporación en la Norma E.030, ya que los valores obtenidos mediante ensayos experimentales a escala real son más exactos.

5.2) EN CUANTO A LAS HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

5.2.1) COMO HIPÓTESIS ESPECIFICA 1 SE HABÍA PLANTEADO

A través de ensayos cíclicos, se obtienen gráficas de cargas vs desplazamientos obtenidos de los resultados de lazos histeréticos. De la envolvente cíclica que rodea los lazos histeréticos de los muros portantes se obtienen las curvas de capacidad o curvas de comportamiento. Con las curvas de capacidad de los ensayos experimentales se puede obtener los valores de R para diferentes elementos estructurales.

Al respecto mencionamos lo siguiente:

Para verificar y proponer el factor de reducción de respuesta sísmica R a nivel mundial existen diferentes metodologías, siendo una de ellas la metodología planteada por el ATC (2004) y Klingner (2007), en la que determina que el valor del Factor R podría ser usado cuando las estructuras de muros portantes cumplan con ciertas condiciones, como por ejemplo: continuidad de los muros, densidades de muros adecuadas, uso de refuerzo en base a barras corrugadas en los extremos y de malla electro soldada en el alma, tanto vertical como horizontal (Galvez, 2008)

Otra manera de determinar el valor de R, es el señalado por Ángel San Bartolomé que consiste en igualar la energía elástica equivalente (E) a la capacidad de absorción de la energía inelástica (Eh).

Para el cálculo de Eh, se utilizó la distorsión máxima de 0.005, ya que es el valor máximo permitido por la NTE E.030. Asimismo, el valor R se determinó mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{V_e}{V_r} = \frac{\sqrt{2 K_o E_h}}{V_r}$$

Donde:

R : Factor de reducción de la fuerza sísmica

Ko : Rigidez lateral inicial obtenida experimentalmente

Vr : Carga de agrietamiento diagonal obtenida experimentalmente

Eh : Capacidad de absorción de energía inelástica de los muros

En este trabajo se ha determinado diferentes valores de R para 4 muros de albañilería construidos con blocker II, y ensayados a carga lateral cíclica con carga vertical de 10Tn.

5.2.2) Como hipótesis específica 2 se había planteado

Cuanto menor es el valor de R nuestra estructura tiene una menor capacidad de resistencia lateral y mayor fuerza cortante, lo que a su vez implica una mayor posibilidad de daño estructural.

en base a la comparación de datos obtenidos en el análisis sísmico de una vivienda de dos niveles construida con blocker II realizado con un R=1.966 (promedio de los ensayos experimentales) y R=3 (norma E.030), se observó que había una gran variación en las fuerzas de corte en la base y se determinó que cuanto menos es el valor de R nuestra estructura tiene una menor capacidad de resistencia lateral y mayor fuerza de corte .ya que La determinación del valor de R es importante pues no solamente define la capacidad de resistencia lateral de nuestra estructura, sino que también influye en su probable desempeño ante un sismo severo

CONCLUSIONES

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

CONCLUSIÓN GENERAL:

se ha verificado que el factor de reducción R obtenido a partir de ensayos experimentales de muros de albañilería construidos con blocker II sometidos a carga lateral cíclica y carga vertical de 10tn es menor a la planteada por la norma E.030, ya que se obtuvieron valores de r promedio de 1.96 en comparación con el valor de 3 propuesto en la norma E.030.

CONCLUSIÓN ESPECIFICA 1:

Para determinar experimentalmente el factor R , se utilizó el criterio propuesto por Ángel San Bartolomé, que consiste en igualar la energía elástica equivalente (E) a la capacidad de absorción de la energía inelástica (E_h). Para el cálculo de E_h , se utilizó la distorsión máxima de 0.005, ya que es el valor máximo permitido por la NTE E.030. los valores de R obtenidos para cada muro fueron los siguientes:

TABLA N°4.15. Resultados de ensayos experimentales

MURO	R
MURO MBAT-1	1.956
MURO MBAT-2	1.639
MURO MBAT-4	2.347
MURO MBAT-5	1.923

CONCLUSIÓN ESPECIFICA 2:

en base a los datos obtenidos de los ensayos experimentales y aplicados y comparados con la norma E.030 en un analisis sismico de una vivienda de albañileria construida con bloquer II realizada en el programa ETABS se ha podido detrmnar que no existe una mayor variacion en los resultados obtenidos para desplazamientos y distorsiones sin embargo en las fuerzas de corte en la base el valor se ha incrementado en un 52.52%.

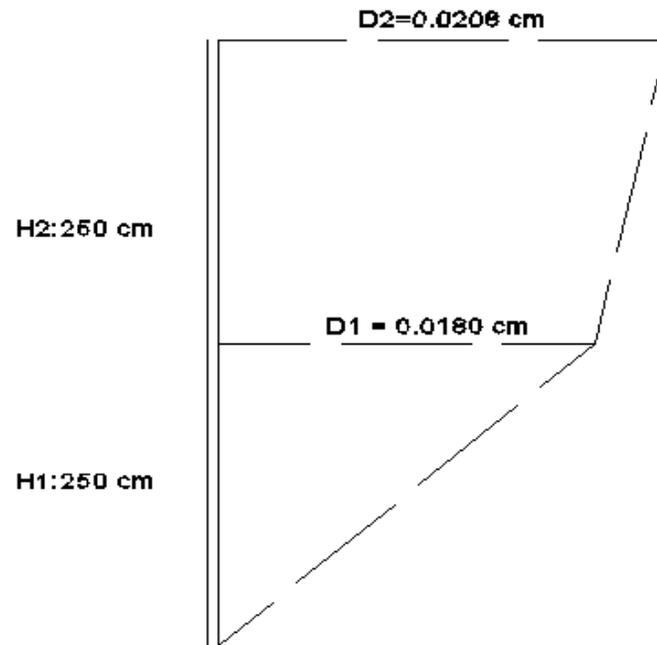
-DESPLAZAMIENTOS

Figura 4.23. Vista del desplazamiento en el eje X-X con $R=3$ (en cm)

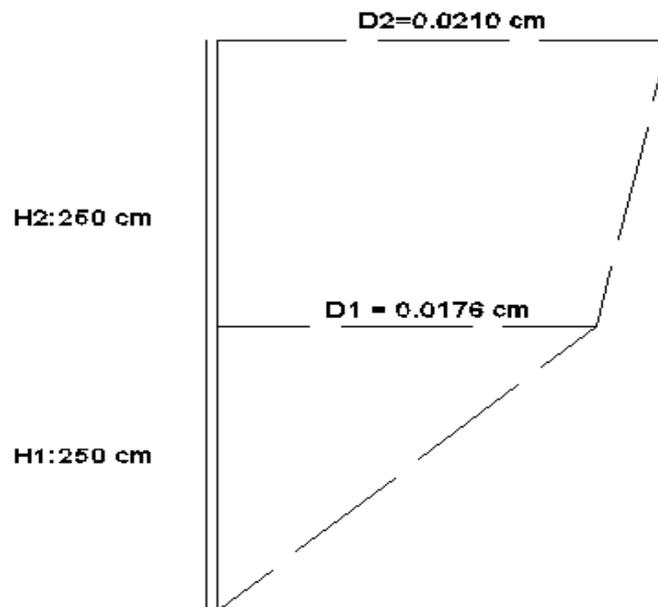


Figura 4.24. Vista del desplazamiento en el eje X-X con $R=1.966$ (en cm)

TABLA N°4.13. Comparación de desplazamientos

DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO PARA R=3	DESPLAZAMIENTO PARA R =1.966
DESPLAZAMIENTO 1	0.0180 cm	0.0176 cm
DESPLAZAMIENTO 2	0.0020 cm	0.0210 cm

Se observa que los desplazamientos obtenidos para R=3 y para R=1.966 son similares, esto debido a que los muros de albañilería aportan una gran inercia y por lo tanto mayor rigidez por lo que no se observa tanta diferencia en los desplazamientos.

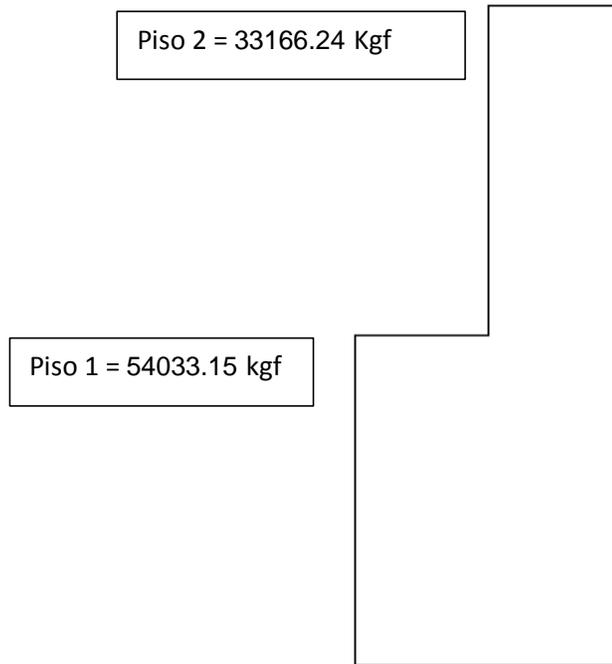
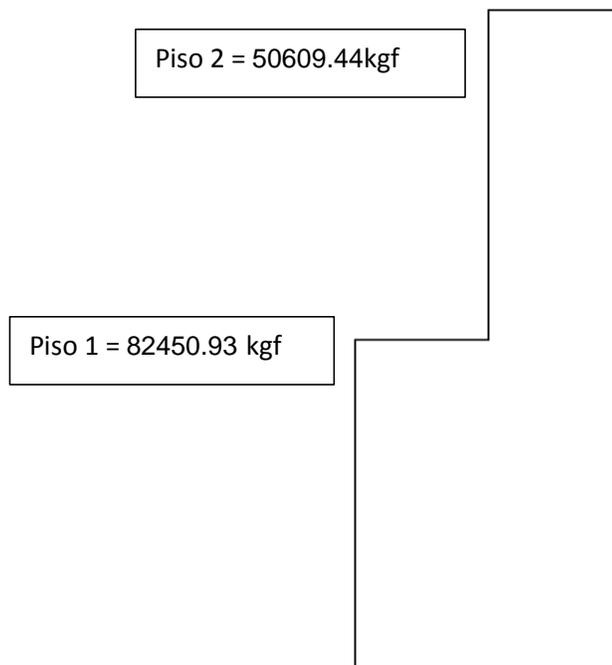
-FUERZAS DE CORTE**Figura 4.25. Vista de la fuerza de corte en el eje X-X con $R=3$ (en cm)****Figura 4.26. Vista de la fuerza de corte en el eje X-X con $R=1.966$ (en cm)**

TABLA N°23. Comparación de fuerzas de corte

piso	FUERZA DE CORTE	FUERZA DE CORTE
	PARA R=3	PARA R =1.966
1	54033.15 kgf	82450.93 kgf
2	33166.24 Kgf	50609.44 kgf

Se observa que para el $R = 1.966$ obtenido en base a ensayos experimentales del presente trabajo de investigación se obtiene una fuerza de corte mayor a la obtenida con el $R=3$ de la norma E.030 y por lo cuanto menor es el valor de R nuestra estructura tiene una menor capacidad de resistencia lateral y mayor fuerza cortante, lo que a su vez implica mayor posibilidad de daño estructural.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN GENERAL

Se recomienda a la Universidad Privada de Tacna crear una base de datos de ensayos experimentales en unidades de albañilería típica de nuestra localidad, para que futuros tesis puedan proponer otros parámetros sísmicos ya que nos encontramos en una zona altamente sísmica.

RECOMENDACIÓN ESPECIFICA 1

Se debe tener en cuenta que los valores R presentados en el presente trabajo de investigación se evaluaron a partir de los resultados de ensayos experimentales para un muro sometido a carga lateral y carga vertical de 10tn a escala real, en tal sentido recomiendo a futuros tesis proponer valores de R en base a análisis numéricos.

RECOMENDACIÓN ESPECIFICA 2

Se recomienda a la Universidad privada de Tacna difundir los estudios llevados a cabo a las autoridades locales y regionales, para que sean considerados en proyectos de mitigación de desastres por sismos, ya que como se vio en los resultados las fuerzas cortantes se incrementan lo cual podía provocar grandes daños a las edificaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acero, J. & Cotrado, D. (2016). “*Propuesta de fórmula para la determinación de la densidad de muros construidos con Blocker II*”. Proyecto de investigación FAING-UPT.

Acero, J. & Cotrado, D. y Chaparro, E. (2016). Proyecto de investigación “Propuesta de reforzamiento estructural para muros de albañilería construidos con blocker II” proyecto de investigación faing-upt.

Galvez (2008) “propuesta del factor de reducción de fuerza sísmica para sistemas estructurales en concreto armado con muros reforzados por barras dúctiles y mallas electro soldadas” recuperado de:
<http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/109/2008/04/Valor-R-en-SMDL.pdf>

gallegos, H. & Casabonne, C. (2016). “*ALBAÑILERIA ESTRUCTURAL TERCERA EDICION*”.

Muñoz, A. & Tinman, M (2001). “*El sismo del 23 de junio del 2001 y la vulnerabilidad de las edificaciones peruanas*”. Recuperado de :
[http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/617/2013/04/20070720 Sismo Arequipa-2001-M-T.pdf](http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/617/2013/04/20070720_Sismo_Arequipa-2001-M-T.pdf)

San bartolome (2005) “COMENTARIOS A LA NORMA TÉCNICA DE EDIFICACIÓN E.070 ALBAÑILERÍA INFORME FINAL (Capítulos 1 a 10)”

SEISMIC FORCE REDUCTION AND DISPLACEMENT AMPLIFICATION FACTORS:

http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/10_vol10_5875.pdf

SENCICO. (2016) "*Actualización de las NTE del RNE*". Lima, Perú. Recuperado de <http://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>

Tavera, H (2002). "*El terremoto de la región sur de Perú del 23 de junio del 2001*".

Recuperado de

http://www.igp.gob.pe/portal/images/documents/64/publicaciones/otras_publicaciones/libros/Arequipa_2001.pdf

VERIFICATION OF SPECTRAL REDUCTION FACTORS FOR SEISMIC ASSESSMENT OF BRIDGES:

[http://www.nzsee.org.nz/db/Bulletin/Archive/42\(2\)0111.pdf](http://www.nzsee.org.nz/db/Bulletin/Archive/42(2)0111.pdf)

ANEXOS

ANEXOS N°01

MATRIZ DE

CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Planteamiento del problema	Hipótesis	Objetivo	Variable	Indicador	Método
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo se puede verificar si el factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R de la NTE E.030 (Diseño sismo resistente) se aplica a muros de albañilería contruidos con la unidad hueca Blocker II?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>A) ¿Cómo se puede proponer el valor de R, basados en el criterio de igualar la energía elástica equivalente a la</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>Para llevar a cabo la verificación del factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R es necesario tener información del daño estructural que pudiera experimentar ante un escenario sísmico. Para tal fin, los muros de albañilería contruidos con la unidad hueca blocker II en base a ensayos experimentales realizados en el laboratorio de Estructuras del CISMID-UNI, son una</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>verificar si el factor de reducción de las fuerzas sísmicas elásticas R de la NTE E.030 (Diseño sismo resistente) se aplica a muros de albañilería contruidos con la unidad hueca Blocker II.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>A) Proponer el valor de R, basados en el criterio de igualar la energía elástica equivalente a la inelástica. La base de datos serán los diferentes ensayos realizados en por la Escuela profesional de</p>	<p>Dependiente:</p> <p>factor de reducción R</p> <p>Independiente:</p> <p>muros portantes contruidos con blocker II</p>	<p>- Adimensional</p> <p>- para el desplazamiento se utilizará una medida cuantitativa de milímetros (mm)</p> <p>- para la rigidez se utilizará una unidad cuantitativa de kilo newton milímetro (KN/mm)</p> <p>-para la distorsión se utilizará una unidad cuantitativa de milímetros (mm/mm)</p>	<p>-Para determinar experimentalmente el factor R, se utilizará el criterio propuesto por Ángel San Bartolomé, que consiste en igualar la energía elástica equivalente (E) a la capacidad de absorción de la energía inelástica (Eh).</p> <p>-Para el cálculo de Eh, se utilizará la distorsión máxima de 0.005, ya que es el valor máximo permitido por la NTE E.030</p>

<p>inelástica tomando como data los diferentes ensayos realizados en por la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna?</p> <p>b) ¿Cómo influye el factor R de la NTE E.030 y lo propuesto en esta investigación, en el análisis sísmico de una vivienda de albañilería construida con blocker II?</p>	<p>herramienta muy útil y componente clave para futuros estudios de vulnerabilidad sísmica</p> <p>Hipótesis específicas.</p> <p>A) A través de ensayos cíclicos, se obtienen gráficas de cargas vs desplazamientos obtenidos de los resultados de lazos histeréticos. De la envolvente cíclica que rodea los lazos histeréticos de los muros portantes se obtienen las curvas de capacidad o curvas de comportamiento. Con las curvas de capacidad de los ensayos experimentales se</p>	<p>Ingeniería Civil de la Universidad Privada de Tacna</p> <p>B) Evaluar la influencia del factor R de la NTE E.030 y lo propuesto en esta investigación, en el análisis sísmico de una vivienda de albañilería construida con blocker II</p>		<p>-para la energía se utilizará una unidad cuantitativa de kilo newton - milímetro (KN-mm)</p>	
--	--	---	--	---	--

	<p>puede obtener los valores de R para diferentes elementos estructurales.</p> <p>B) Cuanto menor es el valor de R nuestra estructura tiene una menor capacidad de resistencia lateral y mayor fuerza cortante , lo que a su vez implica una mayor posibilidad de daño estructural .</p>				
--	--	--	--	--	--

ANEXOS N°02
INFORME DE ENSAYOS
CISMID-UNI 2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

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



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.



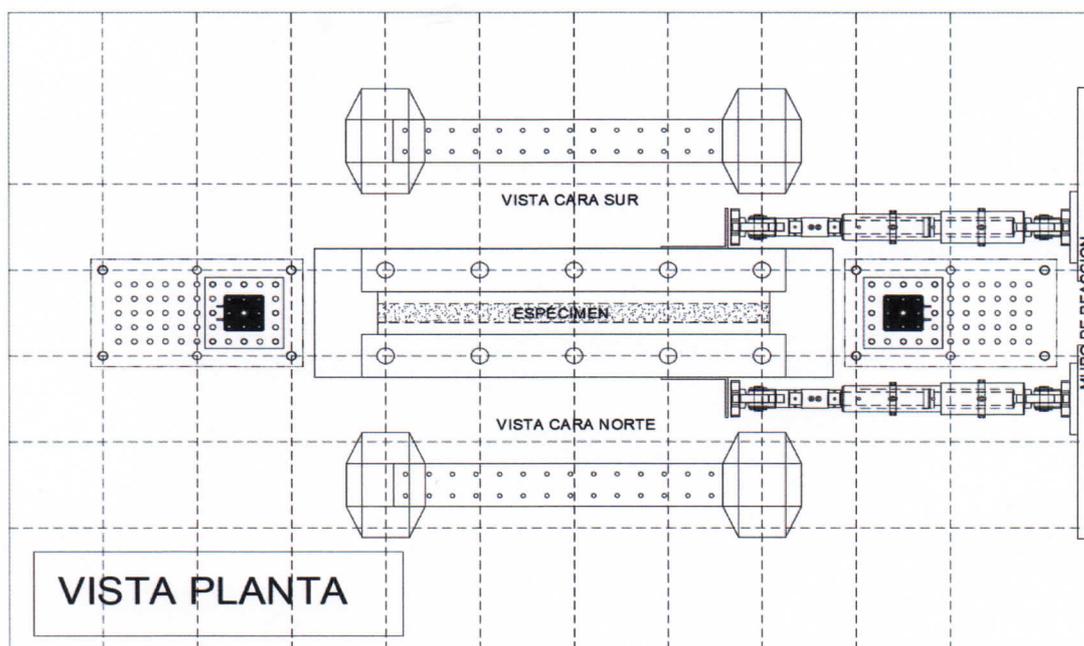


Figura 1. Vista en planta del aparato de carga

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.

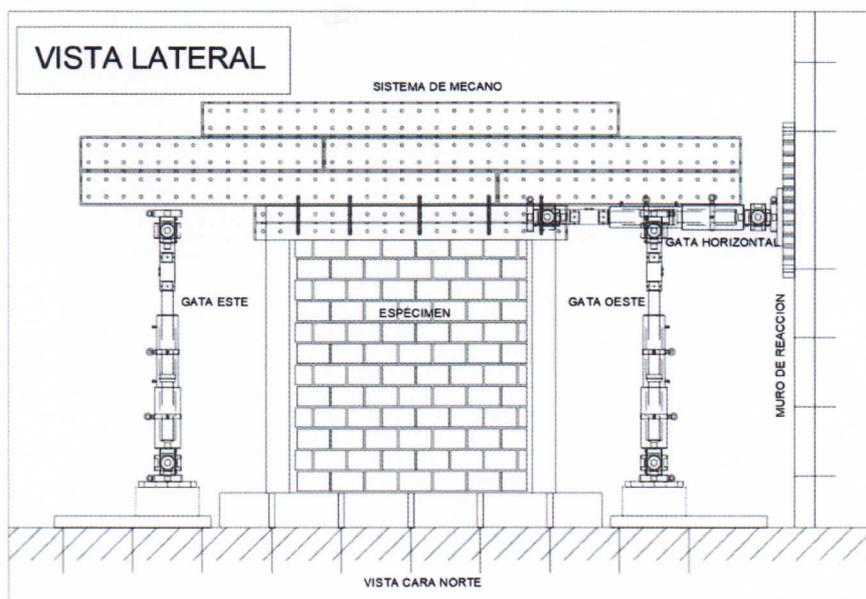


Figura 2. Esquema de la configuración del ensayo cíclico

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.

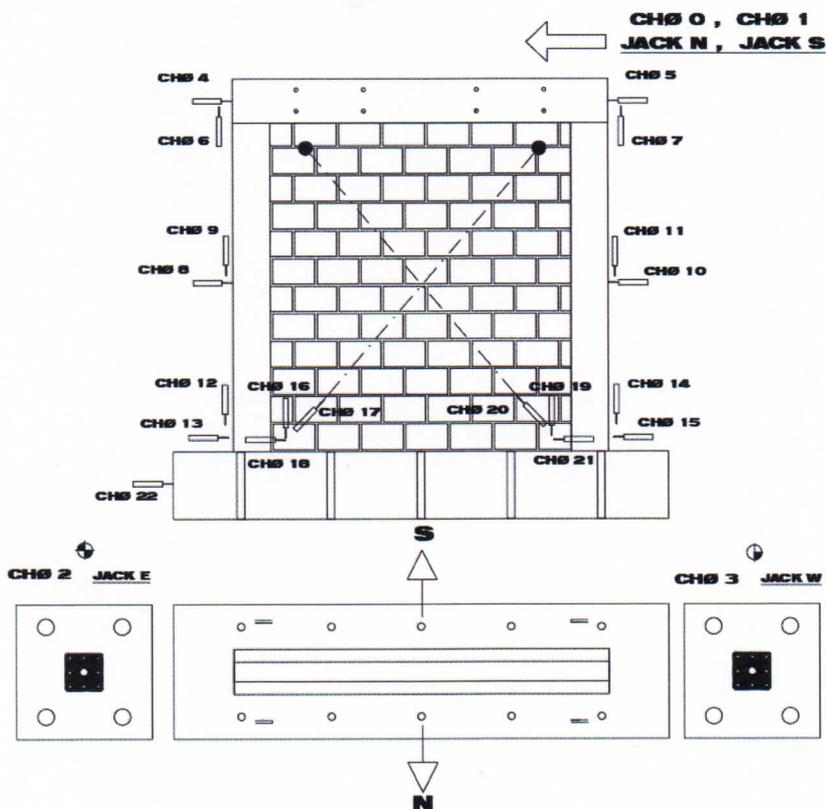


Figura 3. Sistema de adquisición

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.

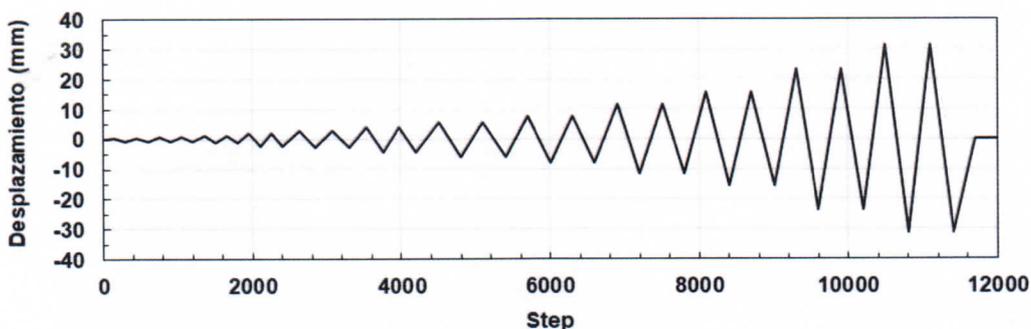


Figura 4. Protocolo de desplazamiento objetivo



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.

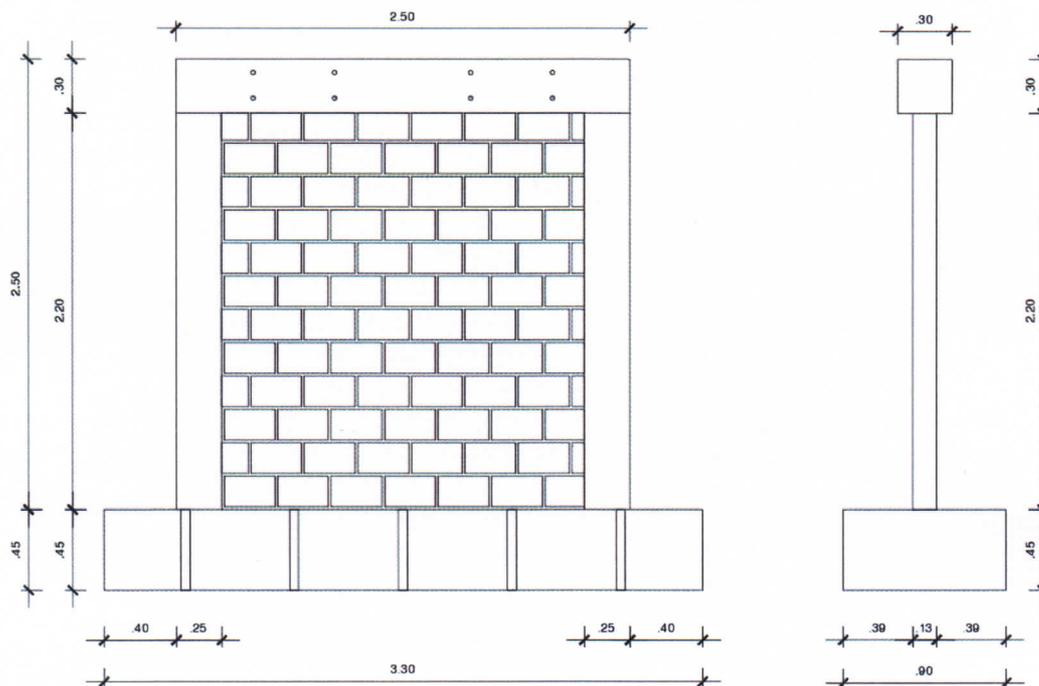


Figura 5. Espécimen básico. Unidades: m

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.

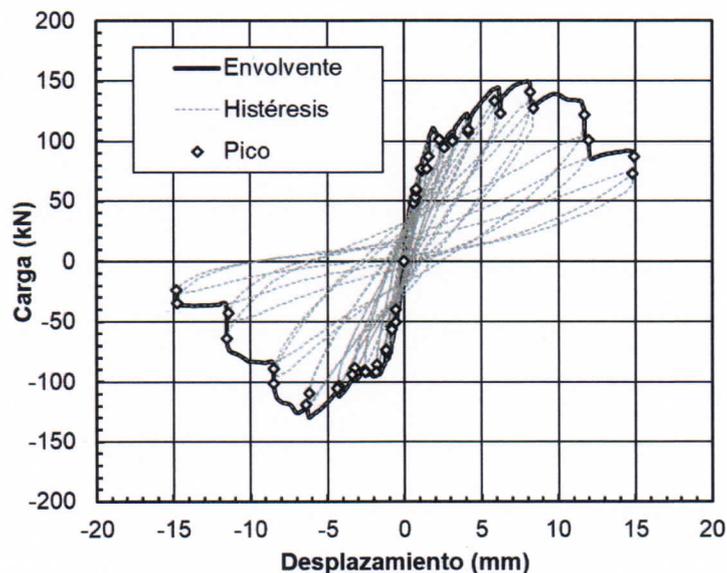


Figura 6. Curva histerética del espécimen MBAT-4

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.

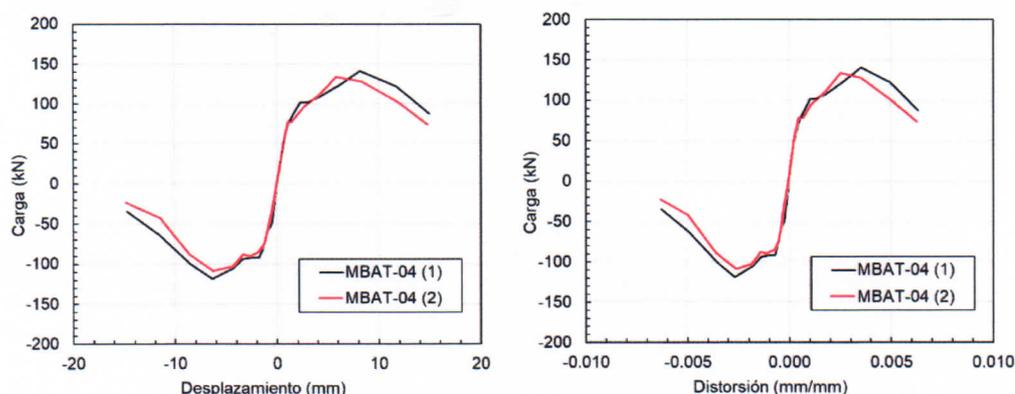


Figura 7. Curva de capacidad del espécimen MBAT-4

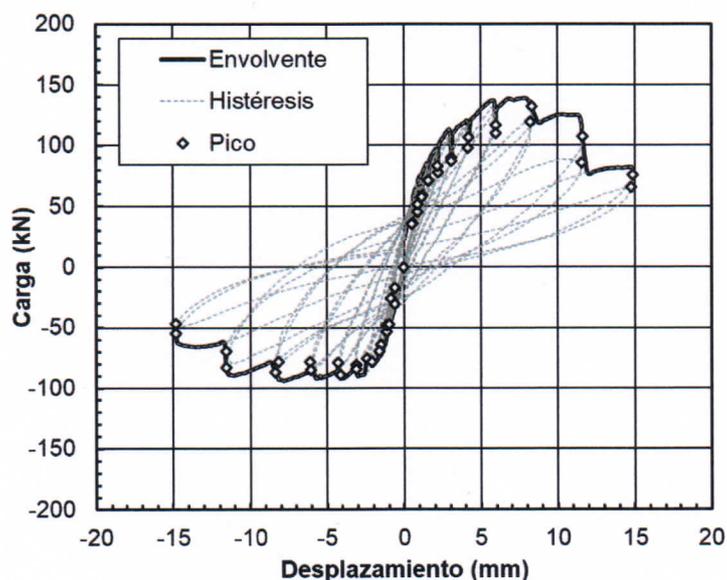


Figura 8. Curva histerética del espécimen MBAT-5

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.

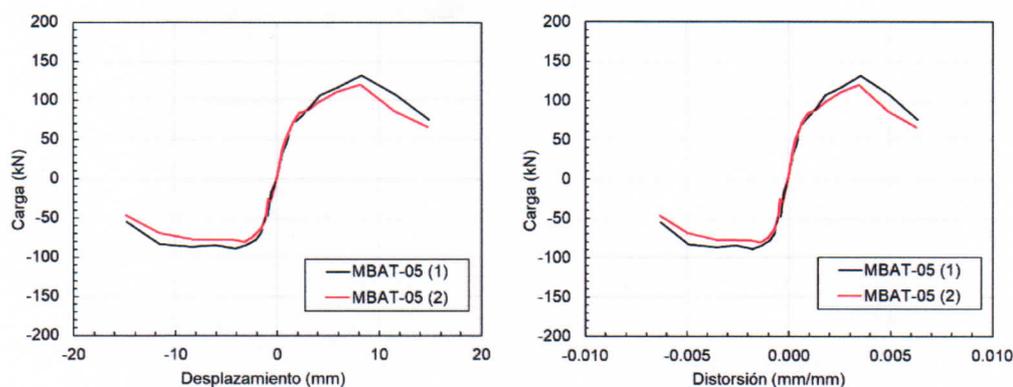


Figura 9. Curva de capacidad del espécimen MBAT-5

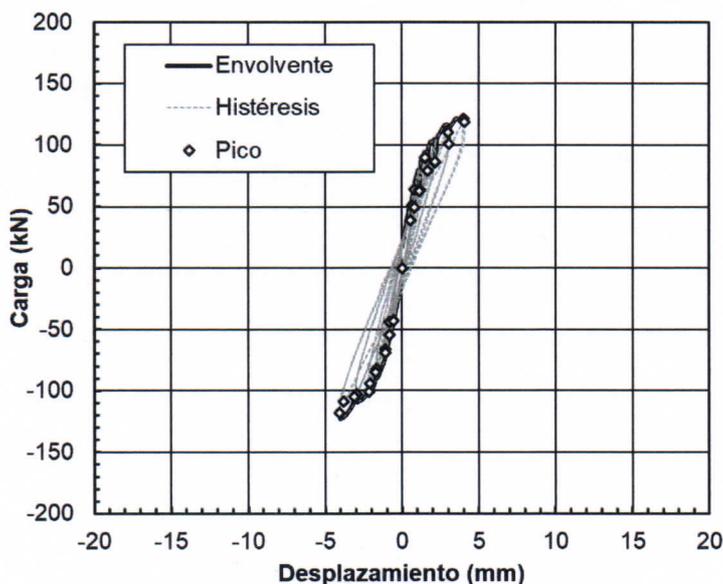


Figura 10. Curva histerética del espécimen MBAT-6

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.

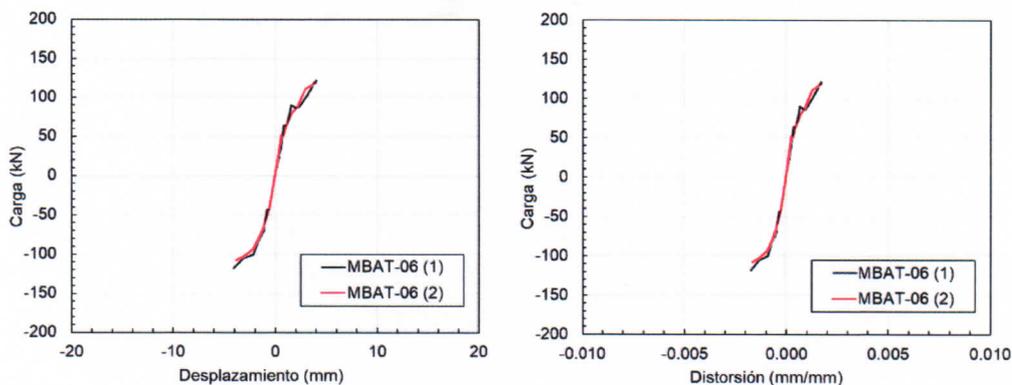


Figura 11. Curva de capacidad del espécimen MBAT-6

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

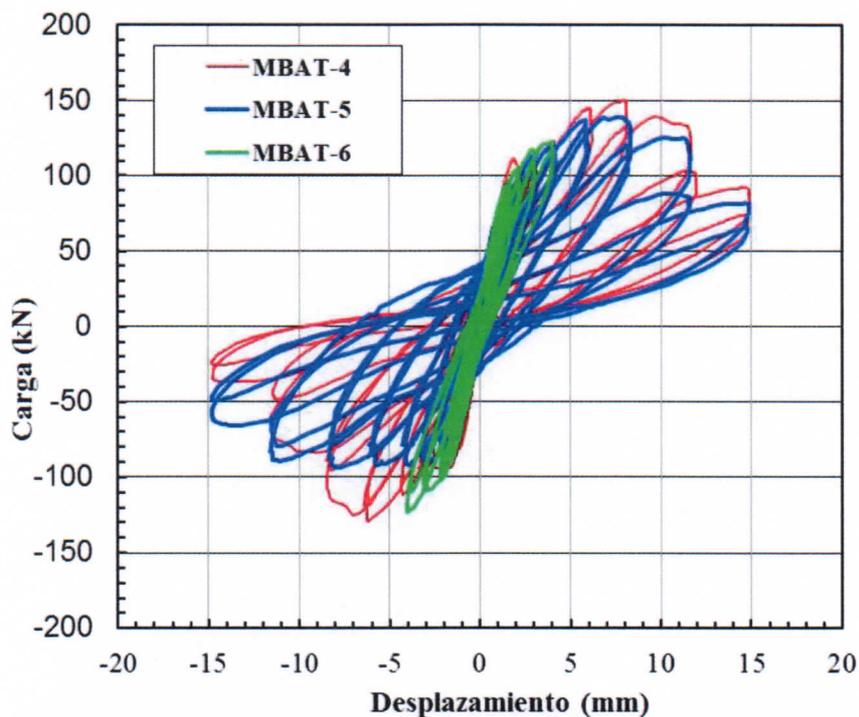


Figura 12. Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados

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.

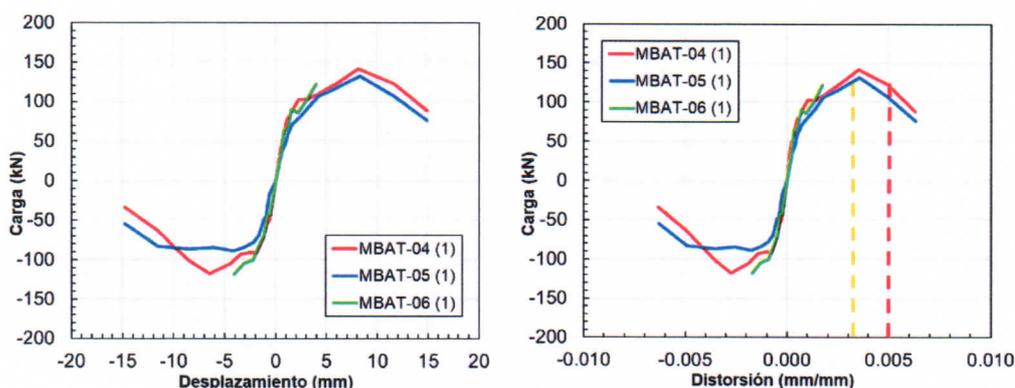


Figura 13. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

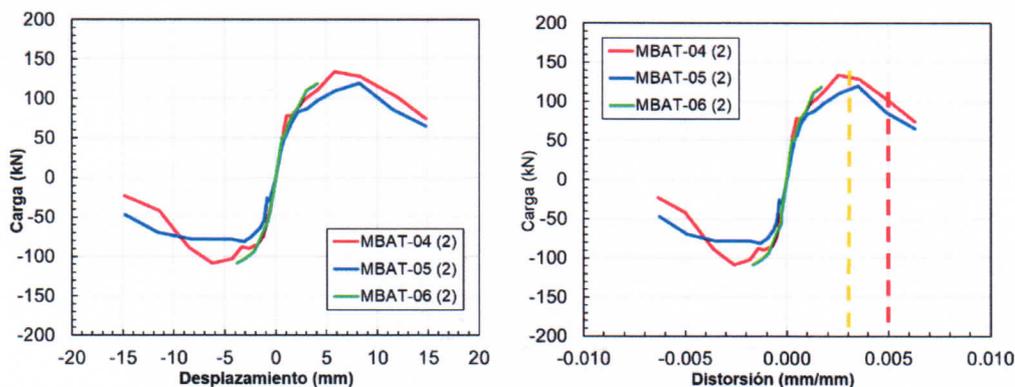


Figura 14. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo

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.

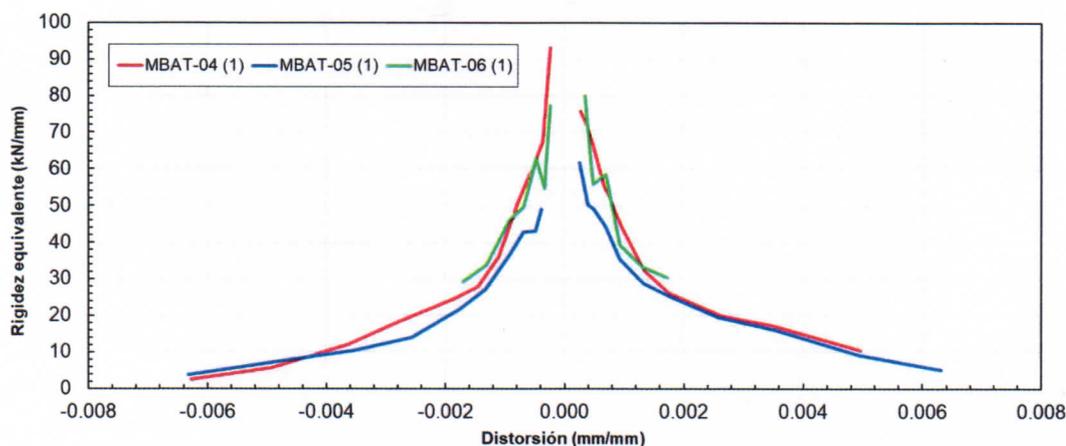


Figura 15. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

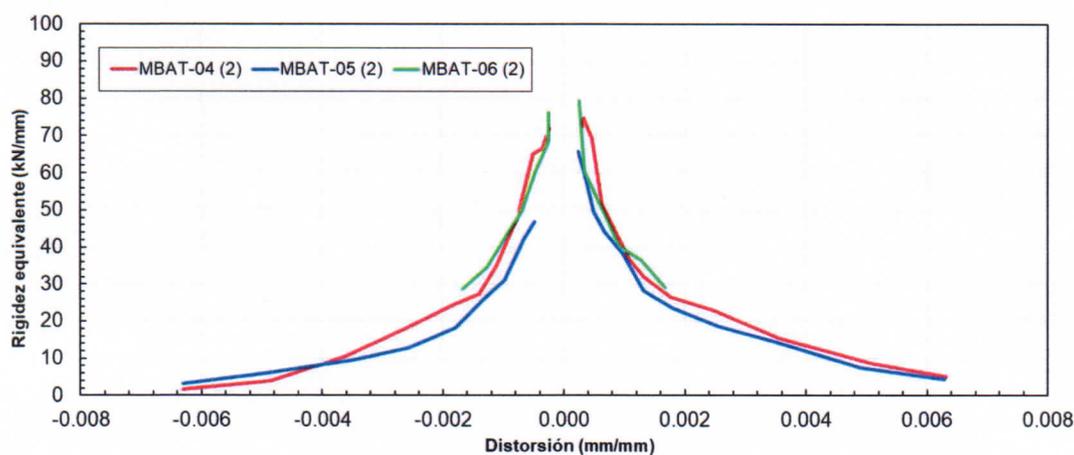


Figura 16. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo

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

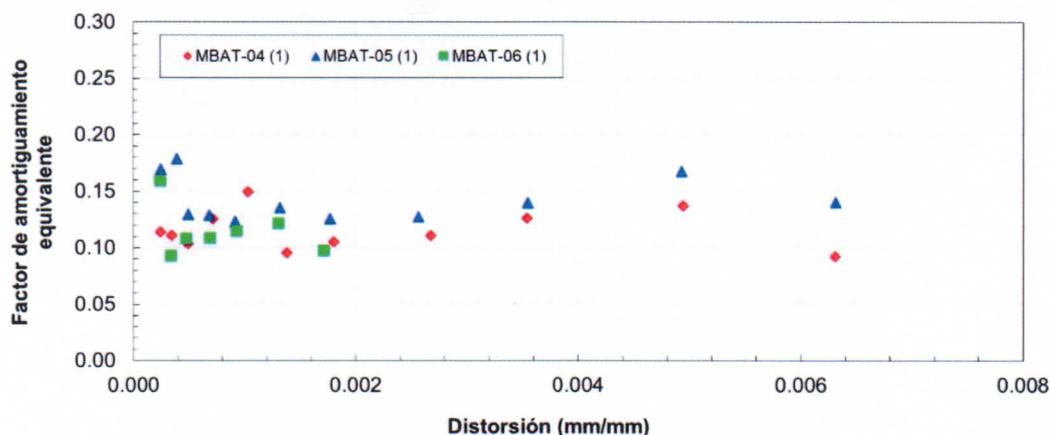


Figura 17. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

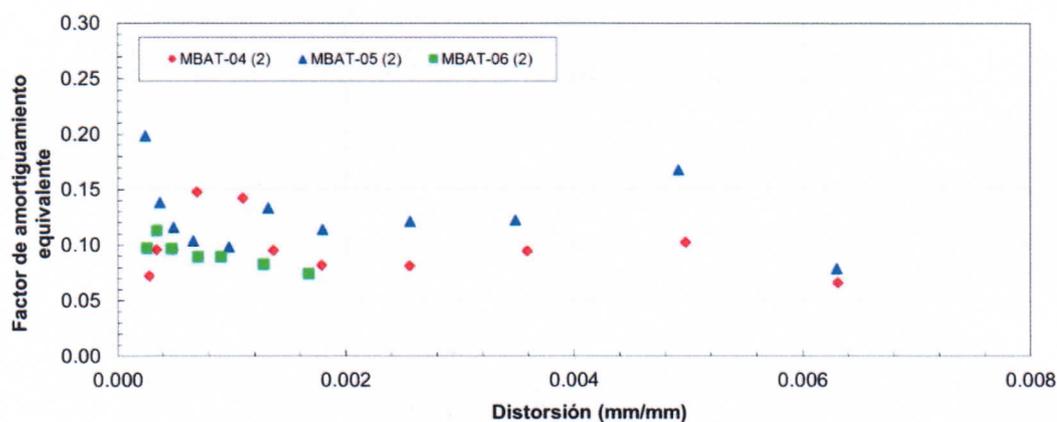


Figura 18. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo



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**

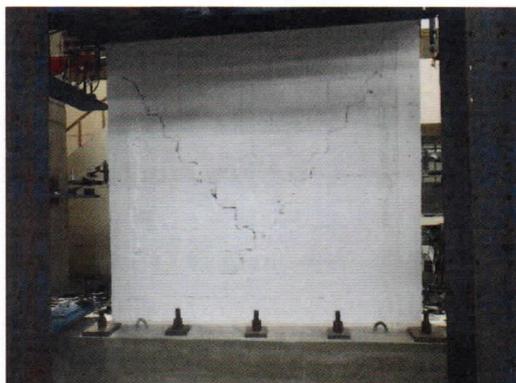


Foto 1. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100 Vista cara Sur.

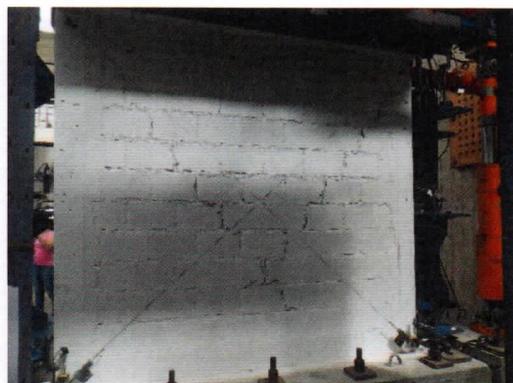


Foto 2. Formación de grietas diagonales en el mortero hasta la parte central del muro para una distorsión 1/1100. Vista cara Norte.



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.

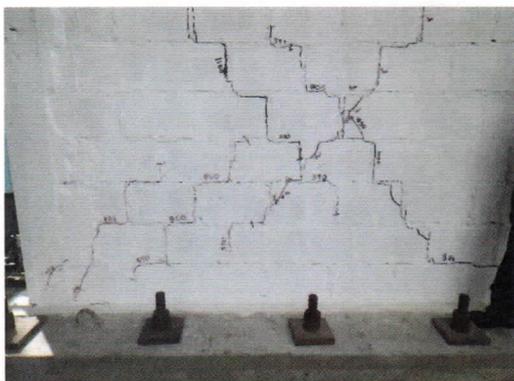


Foto 7. Continuación de grietas diagonales y aparición de una pequeña grieta nueva en la esquina inferior Oeste, vista cara Sur para una distorsión de 1/550.



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

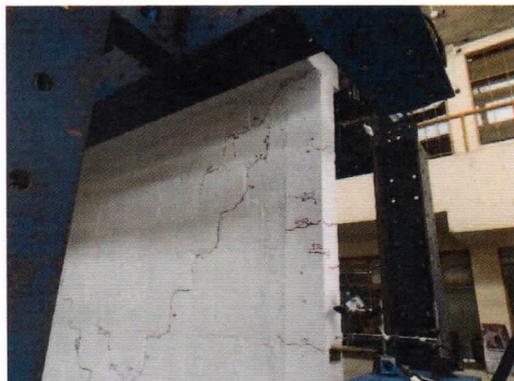


Foto 9. Aparición de grietas por flexión en la parte superior de la columna Este para una distorsión de 1/550.

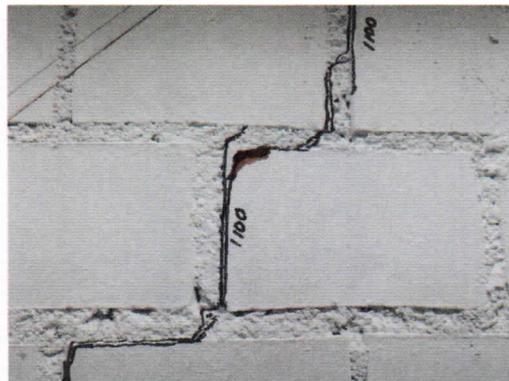


Foto 10. Continúa abriéndose la parte desprendida del ladrillo (1° ciclo) para una distorsión de 1/400



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.

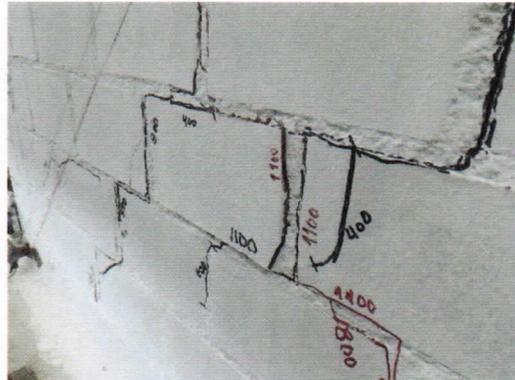


Foto 14. Comienza a separarse un ladrillo en la parte central de la cara Norte en el 1° ciclo para una distorsión de 1/300.

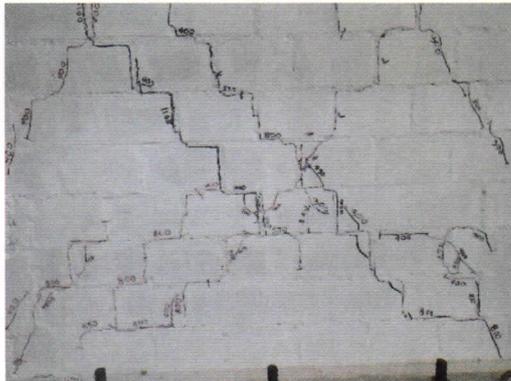


Foto 15. Aparición de pequeñas grietas (en su mayoría continuaciones de grietas diagonales anteriores) en la parte central de la cara Sur para una distorsión de 1/300.

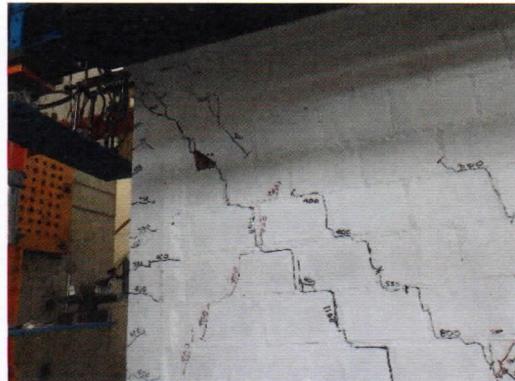


Foto 16. Aparición de una grieta diagonal en la esquina superior Oeste de la cara Sur, además ocurre el desprendimiento de una esquina del ladrillo cercano a la grieta para una distorsión de 1/300.



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.

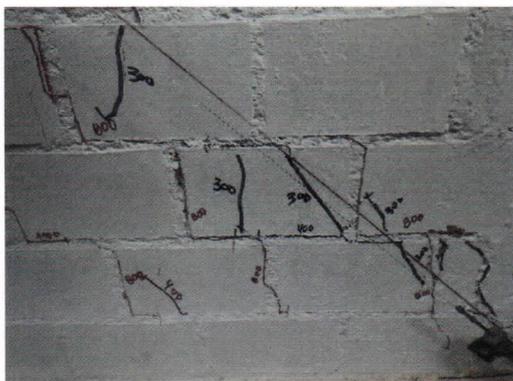


Foto 19. Aparición de pequeñas grietas verticales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/300 en el 2° ciclo.



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.

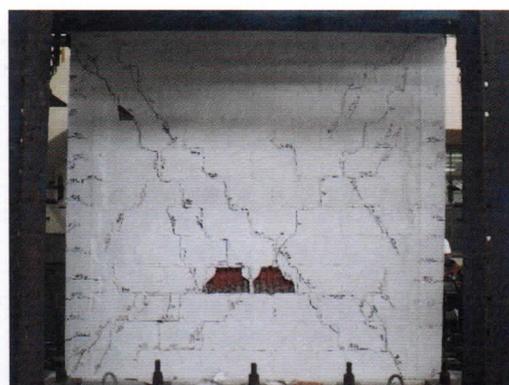


Foto 24. Desprendimiento del ladrillo al Oeste del ladrillo de la Foto 20 en la cara Sur para una distorsión de 1/300 al realizar la descarga del 2° ciclo.

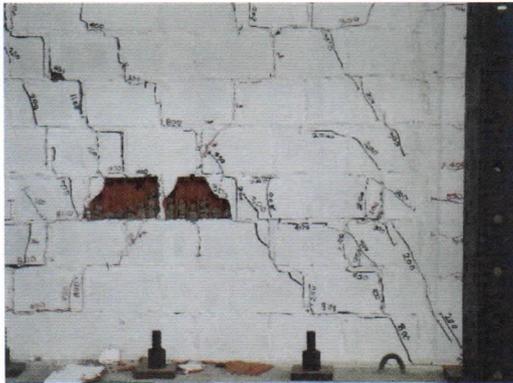


Foto 25. Levantamiento del ladrillo al lado Este del ladrillo de la foto anterior en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 1° ciclo.



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.

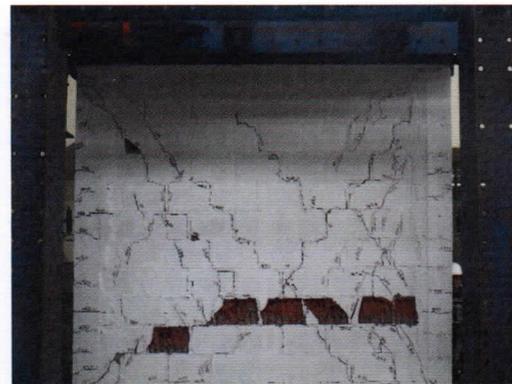


Foto 30. Desprendimiento de caras de 3 ladrillos en la zona central Este adyacentes a los de la Foto 30 en la cara Sur para una distorsión de 1/200 en el 2° ciclo.

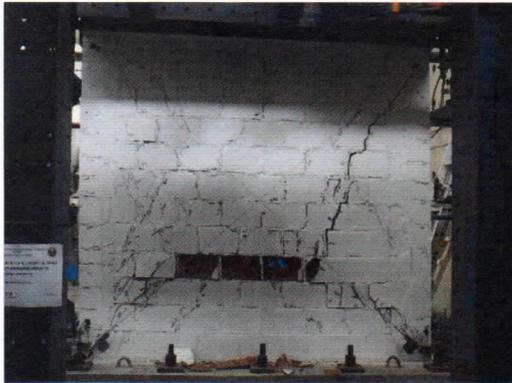


Foto 31. Levantamiento de un ladrillo en la parte central Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150 en el 1° ciclo.



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.

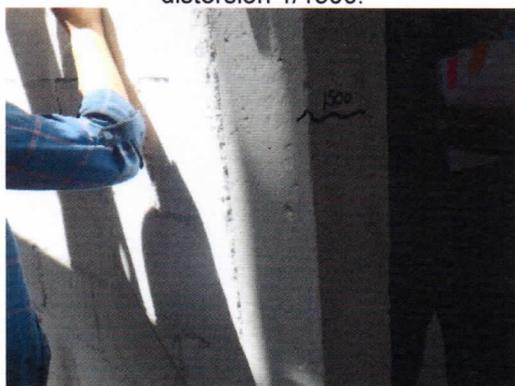


Foto 38. Aparición de primera grieta en la parte central de la columna Oeste para una distorsión 1/1500.

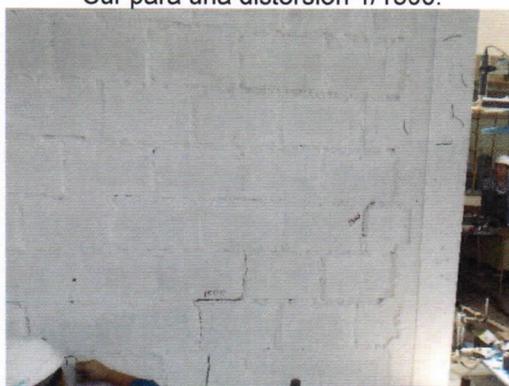


Foto 39. Formación de pequeñas grietas diagonales en el mortero en la parte inferior Este de la cara Sur para una distorsión 1/1500.



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.

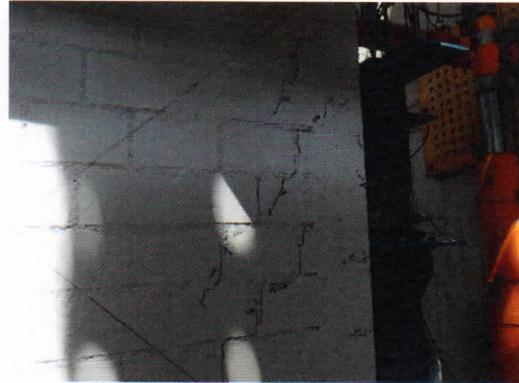


Foto 43. Formación de grietas diagonales en el mortero en la parte superior Oeste de la cara Norte para una distorsión 1/1100.



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.

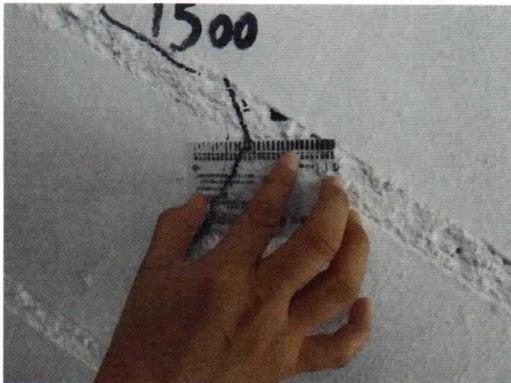


Foto 48. Espesor de grieta de 0.4mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.

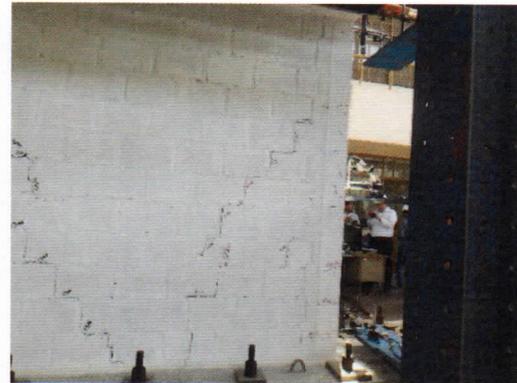


Foto 49. Formación de grietas por flexión en la parte inferior de la columna Este para una distorsión de 1/1100.



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.

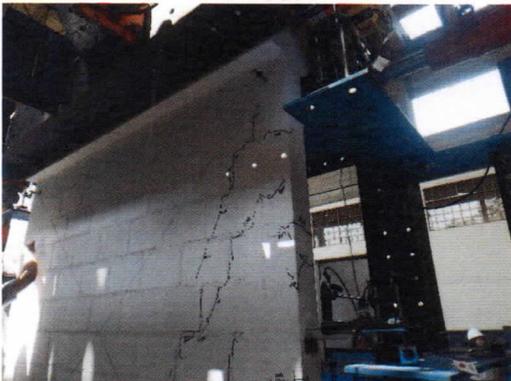


Foto 52. Formación de grietas horizontales en la parte superior de la columna Oeste para una distorsión de 1/800.

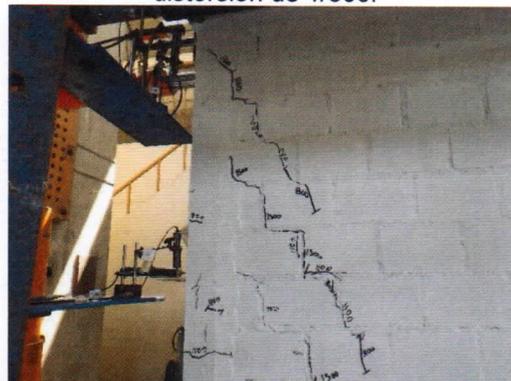


Foto 53. Continuación de grietas diagonales en el lado Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/800.

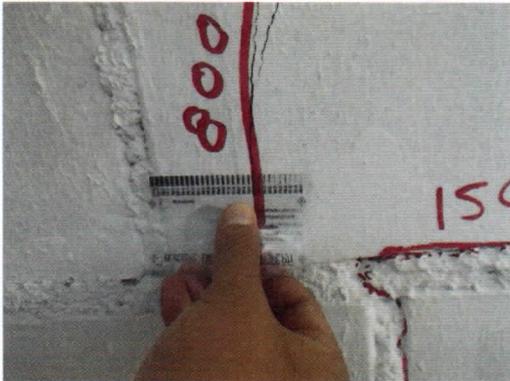


Foto 54. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte para una distorsión de 1/800.



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

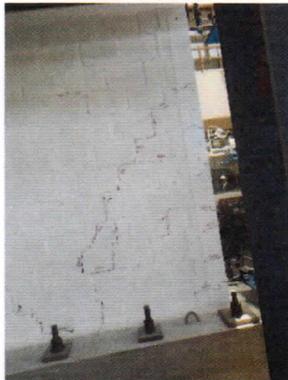


Foto 56. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/800.

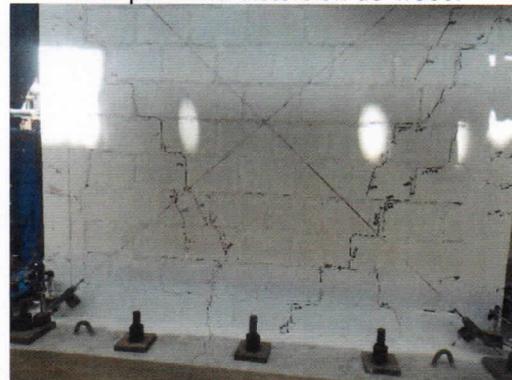


Foto 57. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/800.

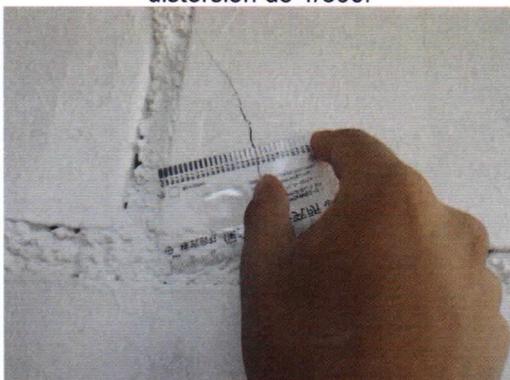


Foto 58. Espesor de grieta de 0.55mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/550.



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

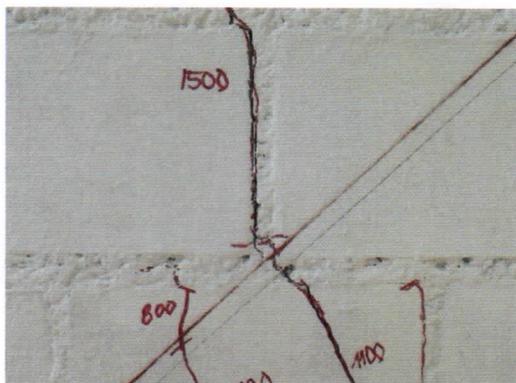


Foto 60. Desprendimiento de tapa del ladrillo con el mortero al lado inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550

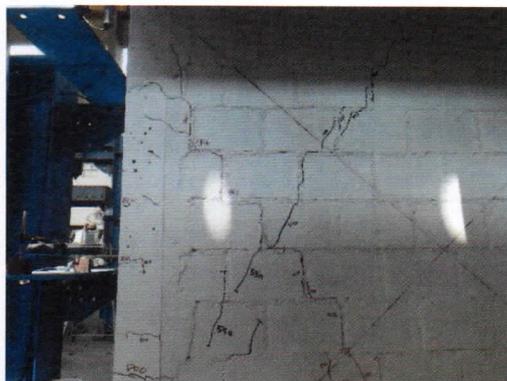


Foto 61. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Norte para una distorsión de 1/550.

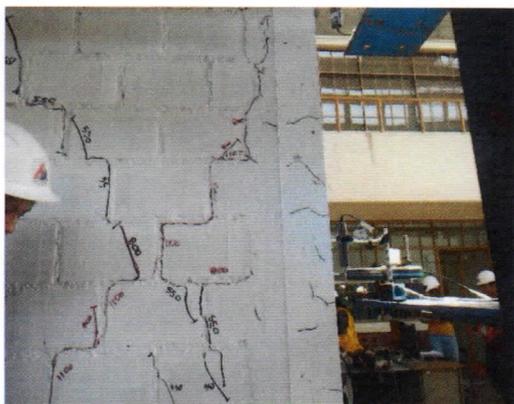


Foto 62. Formación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/550.

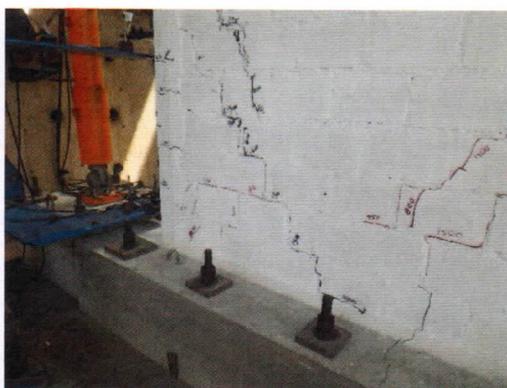


Foto 63. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/550.



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.

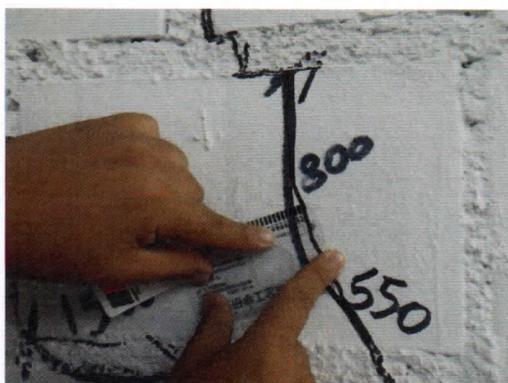


Foto 67. Espesor de grieta de 2.00mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/400.

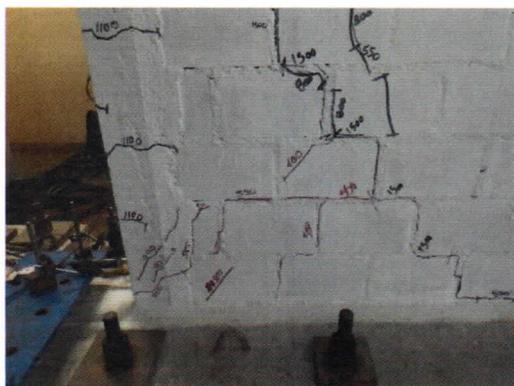


Foto 68. Formación de grietas diagonales en el talón Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/400.

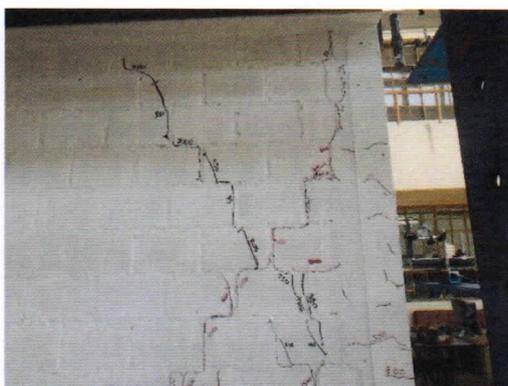


Foto 69. Continuación de grietas diagonales en el lado Este de la cara Sur para una distorsión de 1/400.



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

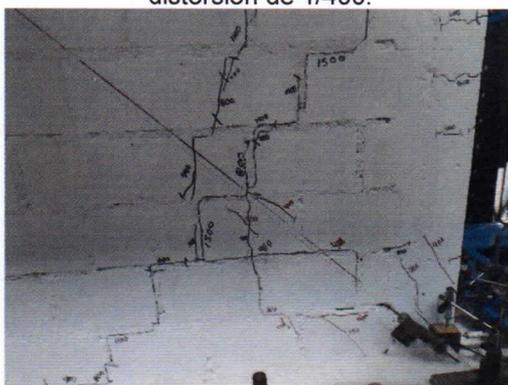


Foto 71. Formación de grietas diagonales en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2º ciclo.

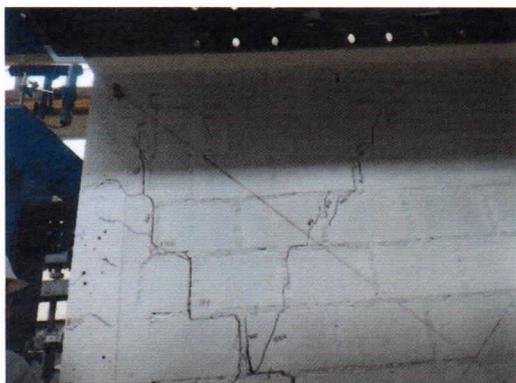


Foto 72. Formación de grietas diagonales en la esquina superior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/400 en el 2° ciclo.

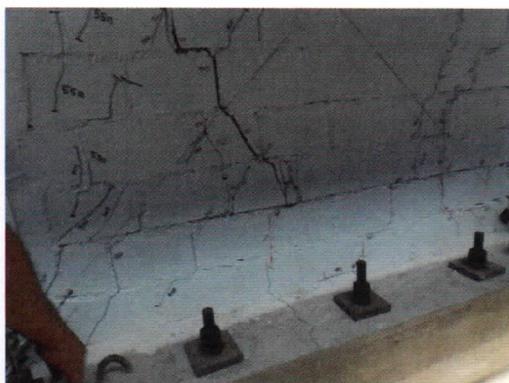


Foto 73. Desprendimiento de ladrillo en la zona inferior Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

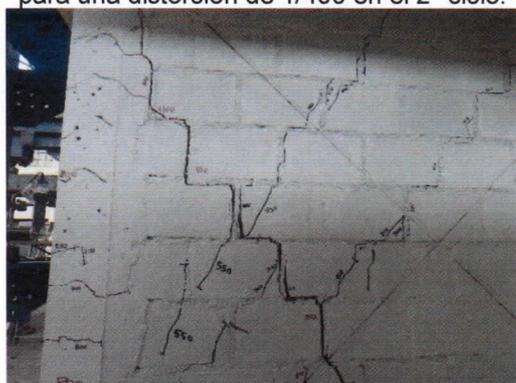


Foto 74. Separación de ladrillo con mortero a lo largo de grieta diagonal en la parte Este de la cara Norte para una distorsión de 1/300.

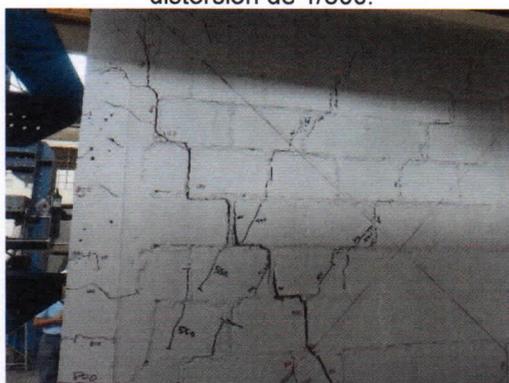


Foto 75. Formación de grietas diagonales en la parte superior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.



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

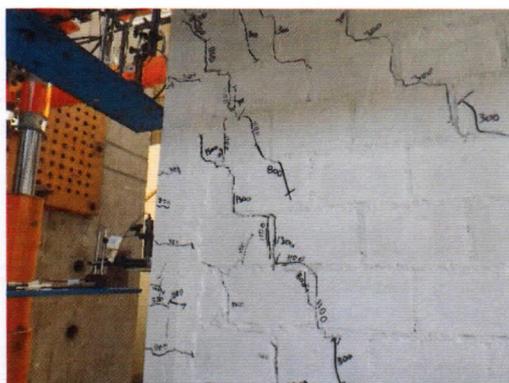


Foto 77. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/300.



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.

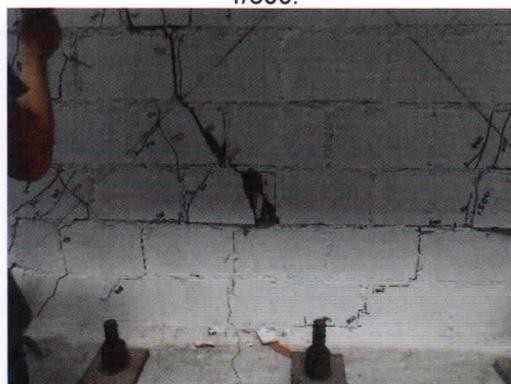


Foto 81. Levantamiento y desprendimiento de parte de un ladrillo en la parte inferior central de la cara Norte para una distorsión de 1/300.



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

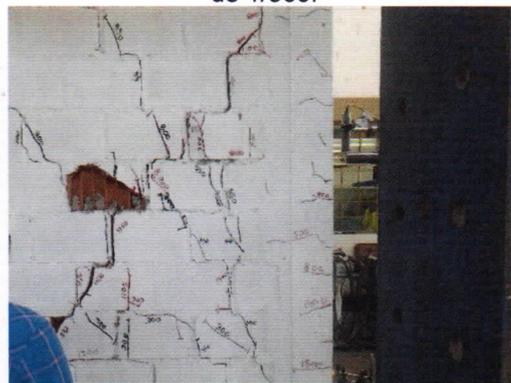


Foto 83. Desprendimiento de un ladrillo en la parte central Este de la cara Sur para una distorsión de 1/200.



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.

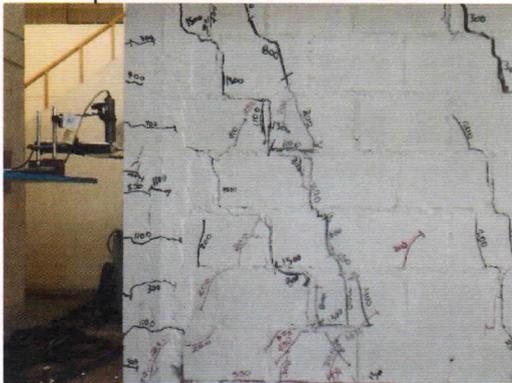


Foto 86. Formación de grietas diagonales en la parte Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.

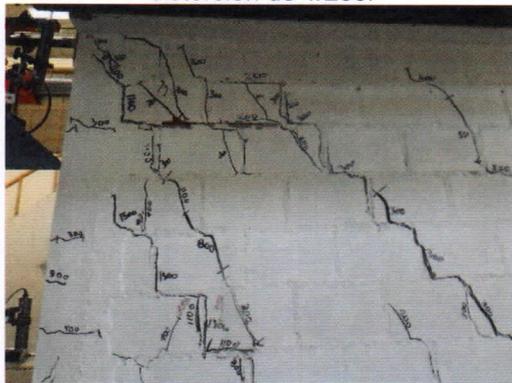


Foto 87. Formación de grietas diagonales en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/200.



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.

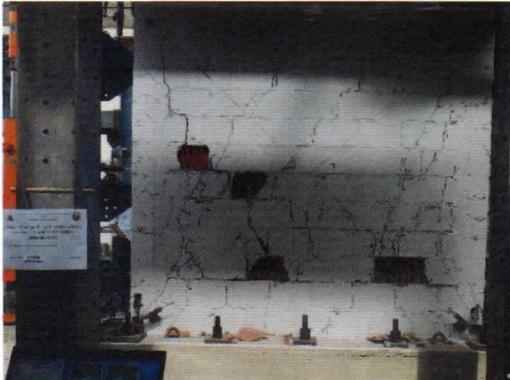


Foto 90. Desprendimiento de ladrillo en la parte central Este de la cara Norte para una distorsión de 1/200.



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.

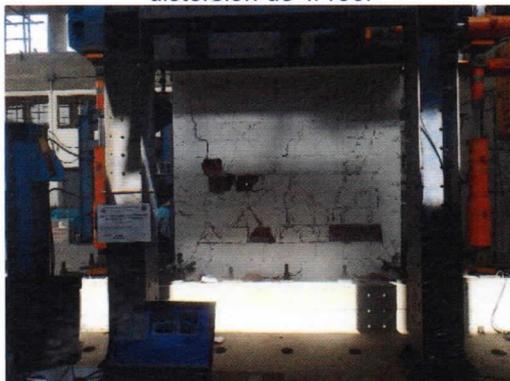


Foto 94. Desprendimiento de ladrillo en la parte inferior Oeste de la cara Norte para una distorsión de 1/150.



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.

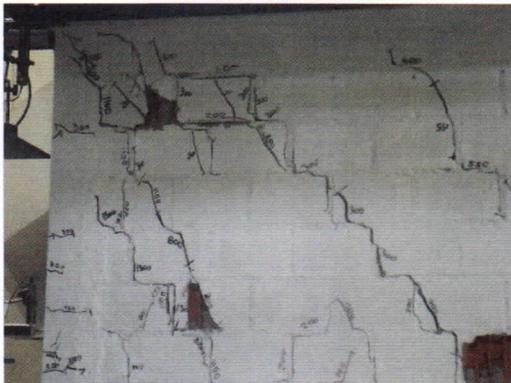


Foto 98. Levantamiento de ladrillo en la parte superior Oeste de la cara Sur para una distorsión de 1/150.



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.

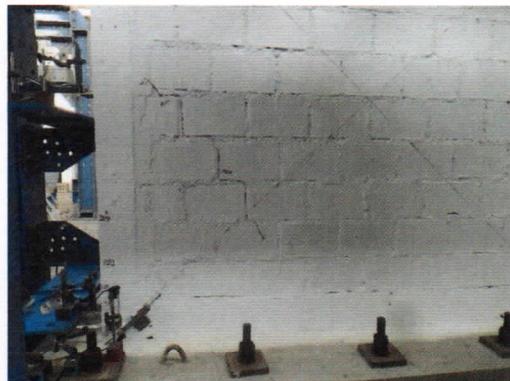


Foto 102. Formación de las primeras grietas en la cara norte del talón de la columna Este para una distorsión 1/1500.



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

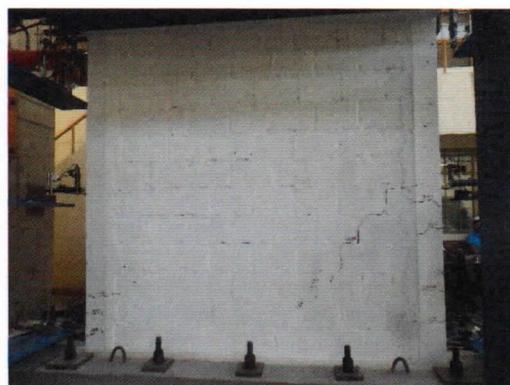


Foto 104. Aparición de grietas diagonales en el mortero en el lado Este de las caras Norte y Sur a una distorsión 1/1500.



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.

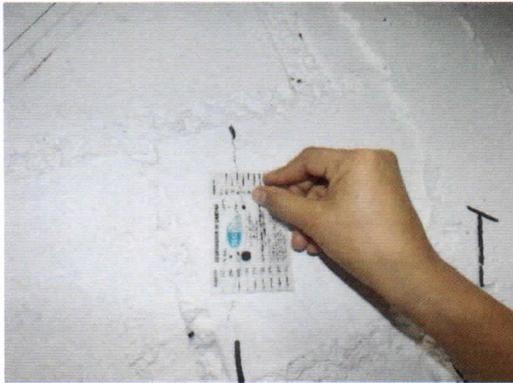


Foto 107. Espesor de grieta de 0.2mm en ladrillo de la cara Sur para una distorsión de 1/1100.

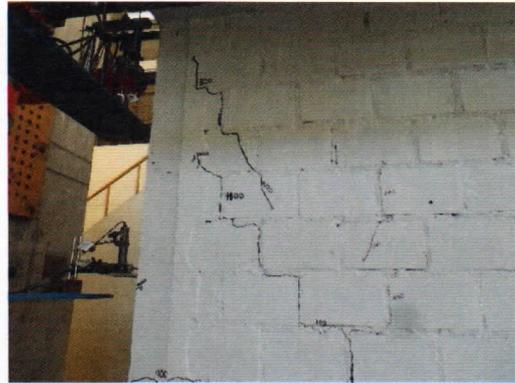


Foto 108. Formación de las primeras grietas en la parte superior Este de la cara Sur del muro para una distorsión 1/800.

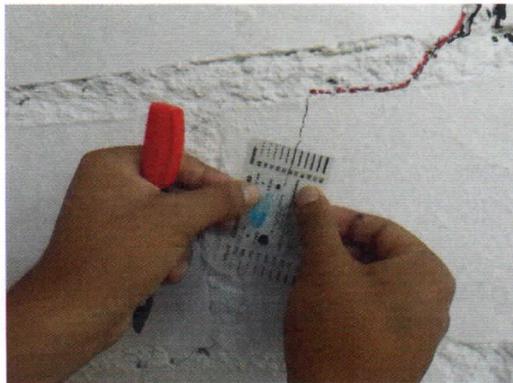


Foto 109. Espesor de grieta de 0.3mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/800.



Foto 110. Continuación de grietas en el ladrillo y en el mortero en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/800.



Foto 111. Espesor de grieta de 0.5mm en ladrillo de la cara Norte y Sur para una distorsión de 1/550.



Foto 112. Continuación de grietas para una distorsión 1/550.

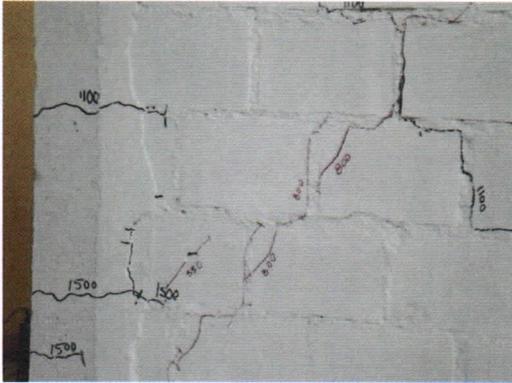


Foto 113. Aparición de nuevas grietas en el ladrillo en las caras Norte y Sur para una distorsión de 1/550.



Foto 114. Aparición de grieta en la base de la cara Sur para una distorsión 1/550.

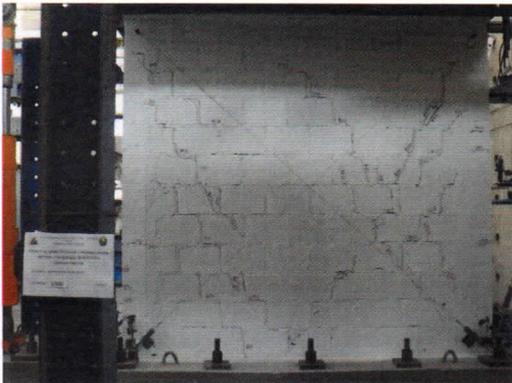


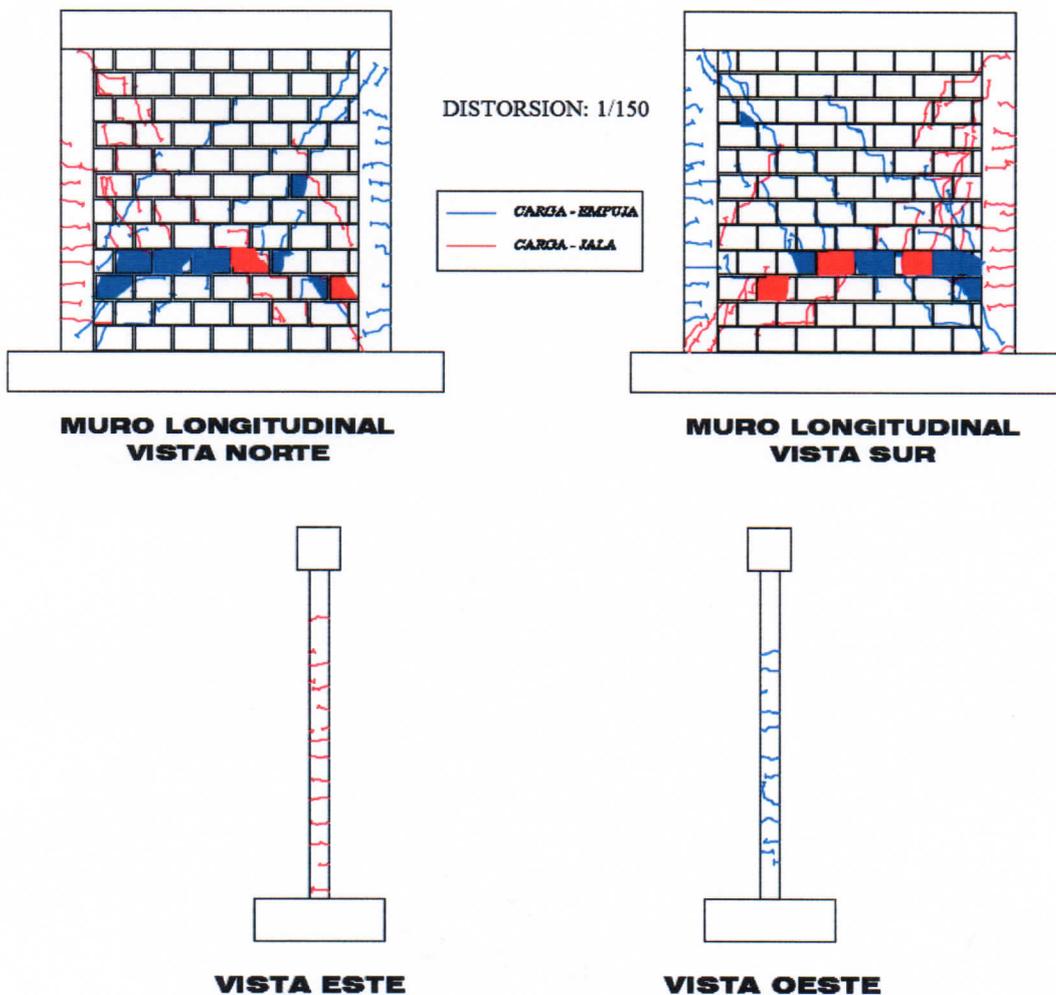
Foto 115. Continuación de grietas en el mortero y el ladrillo en la cara Norte para una distorsión de 1/550.

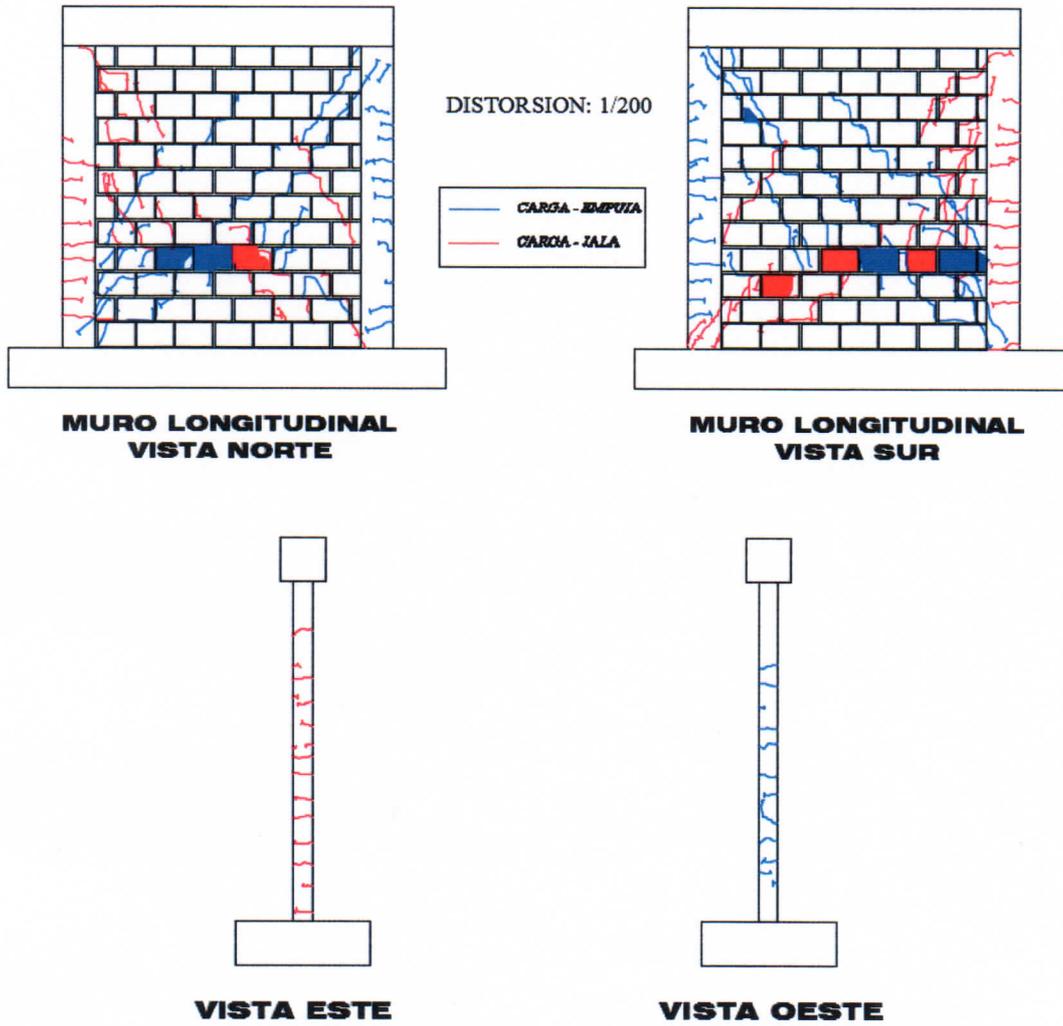


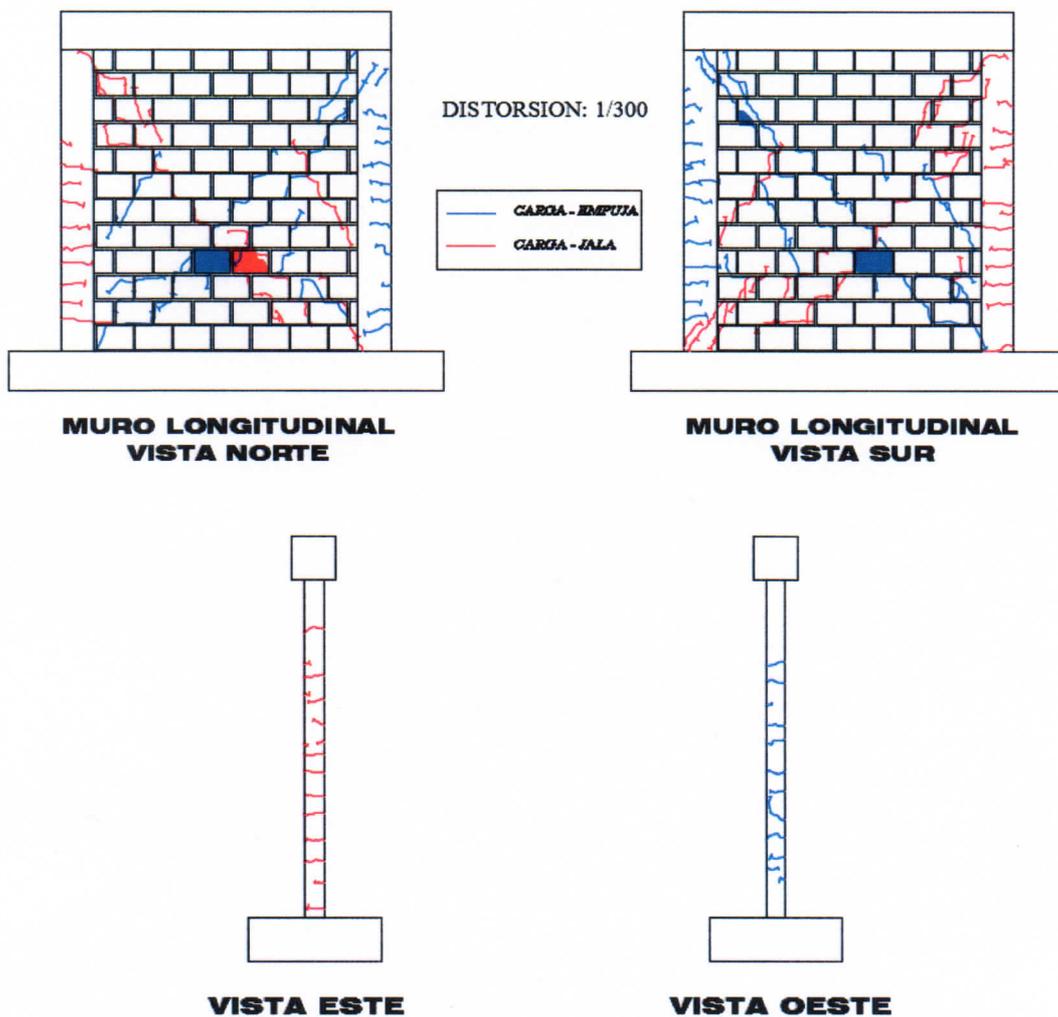
Foto 116. Continuación de grietas en el mortero y el ladrillo en la cara Sur para una distorsión de 1/550.

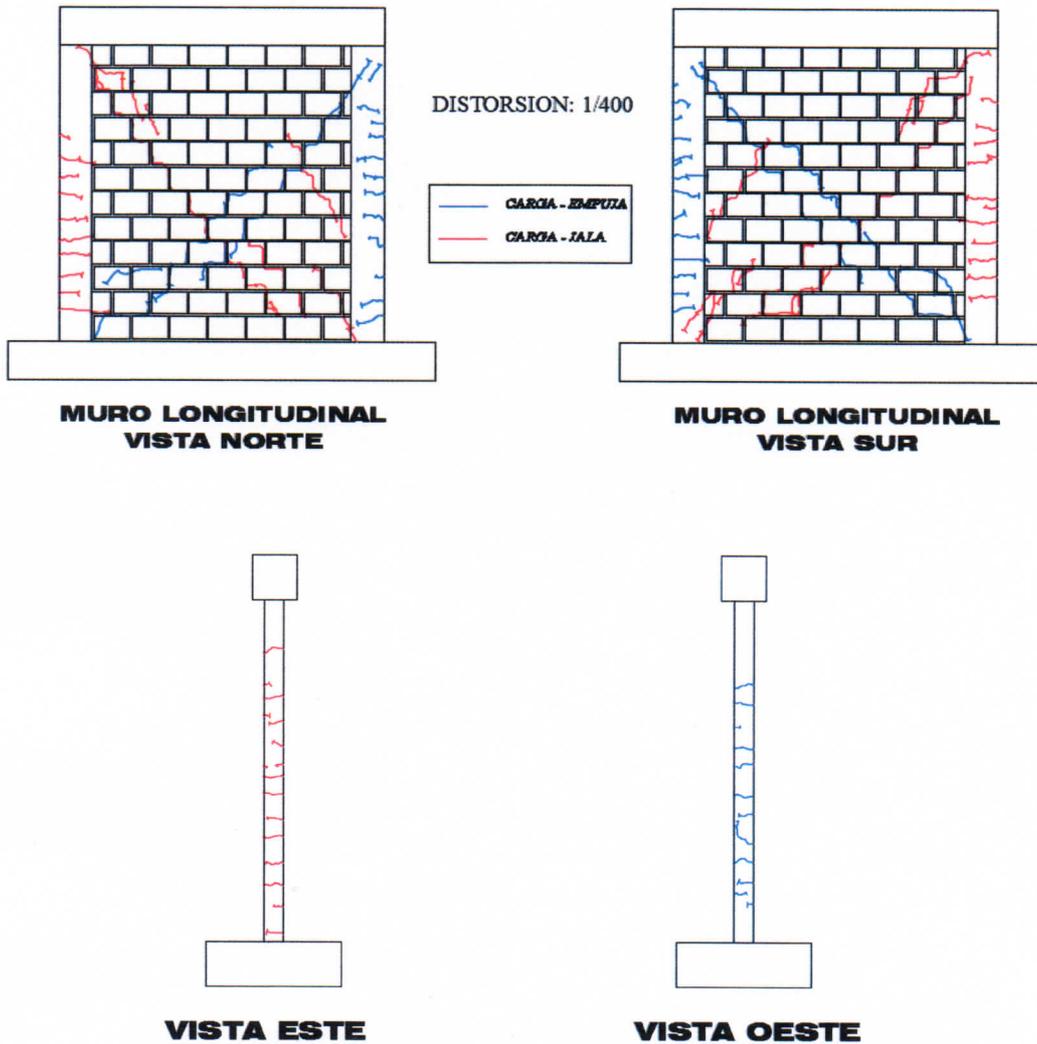
Mapeo de grietas

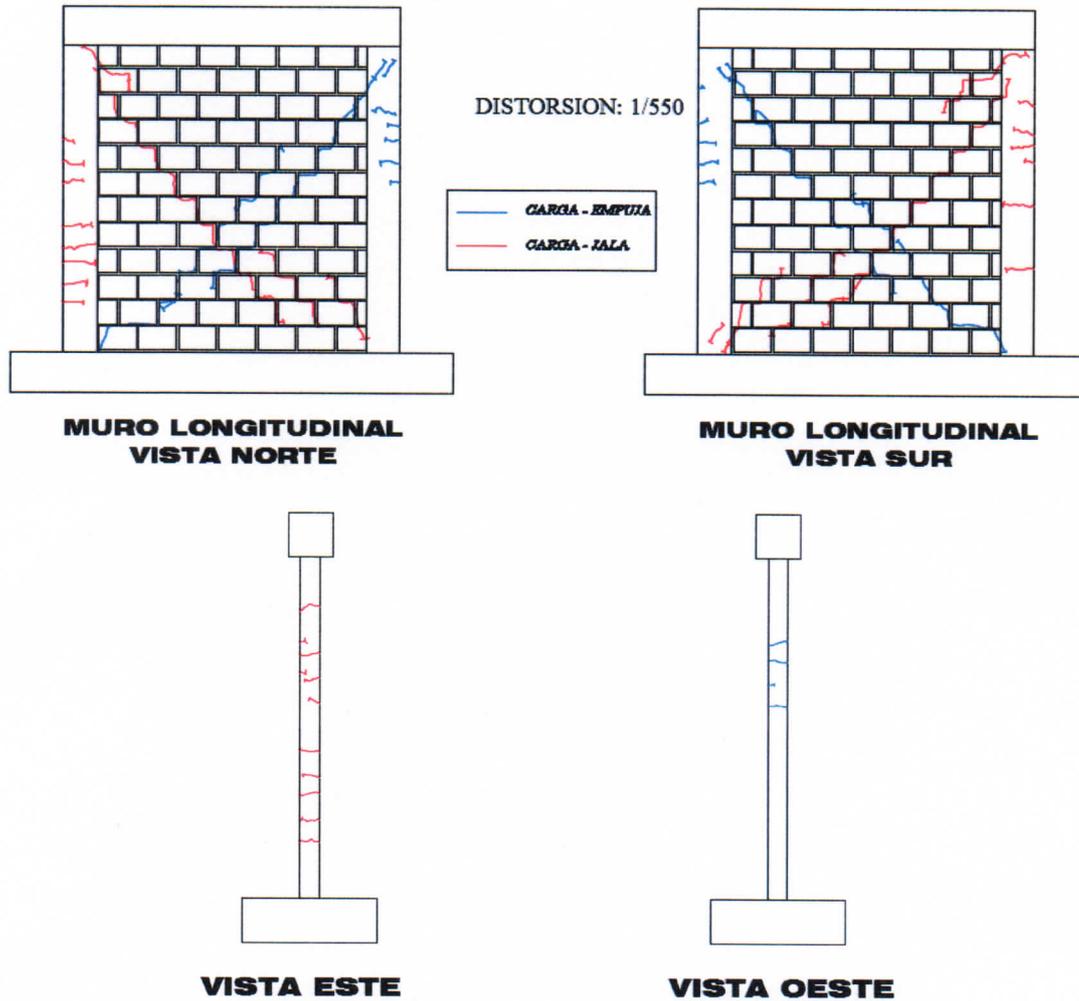
MBAT-04

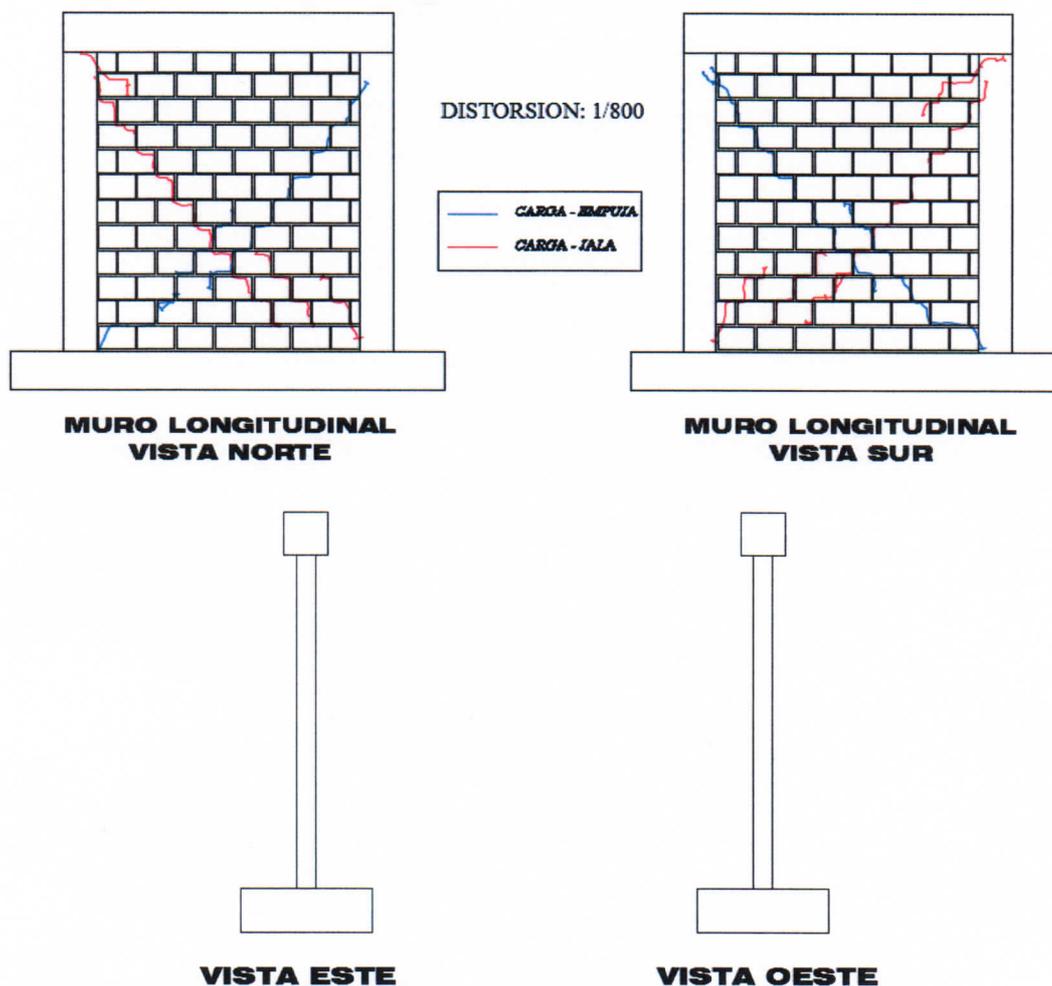


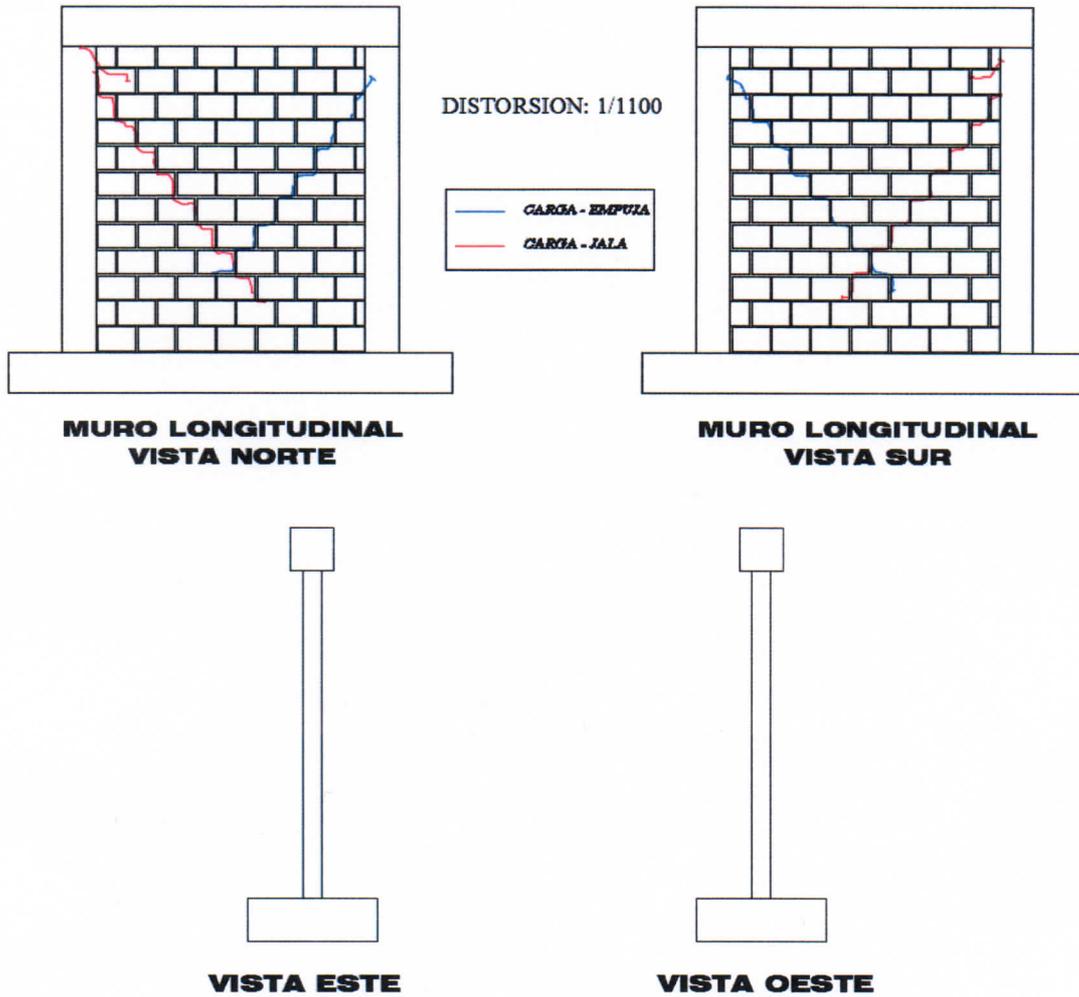




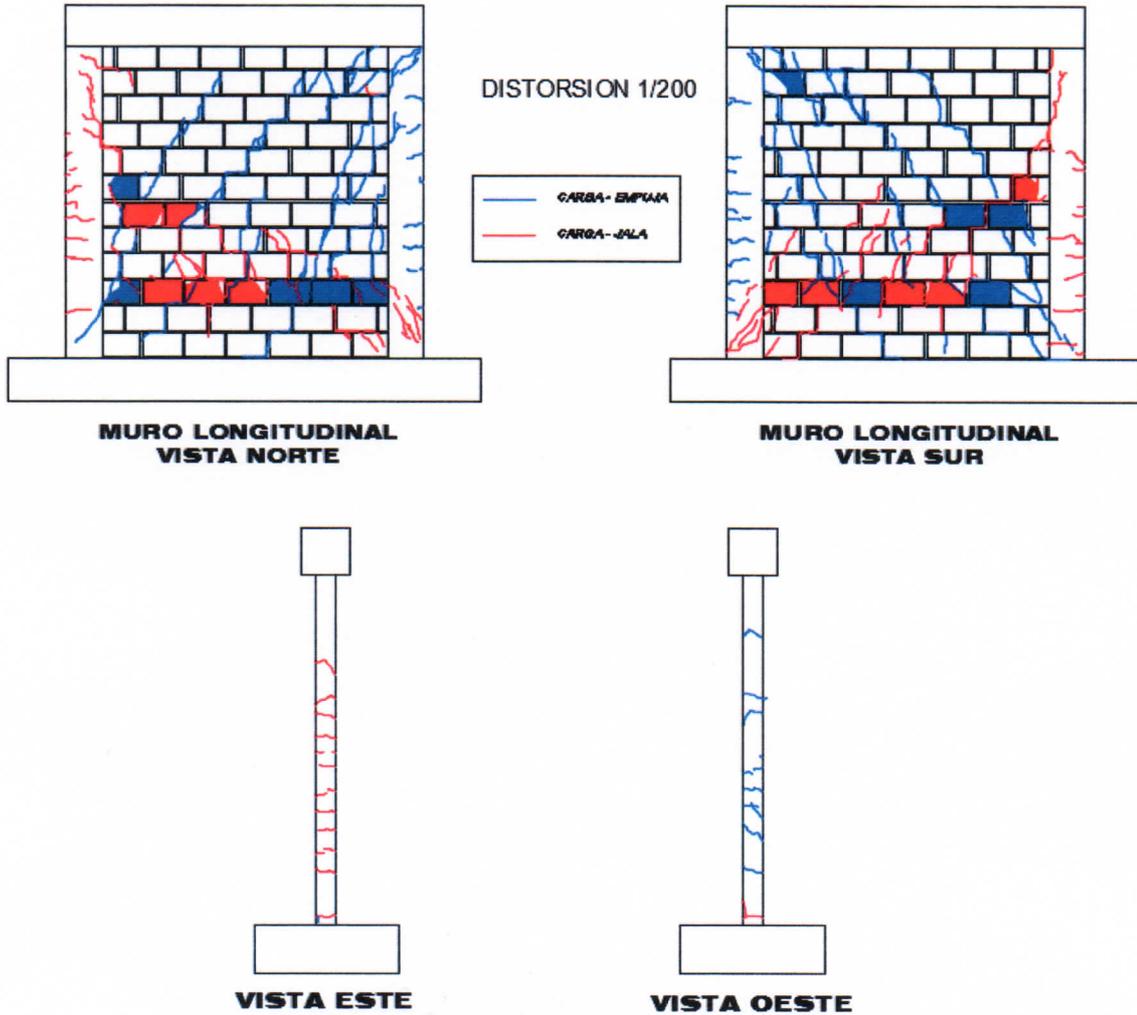


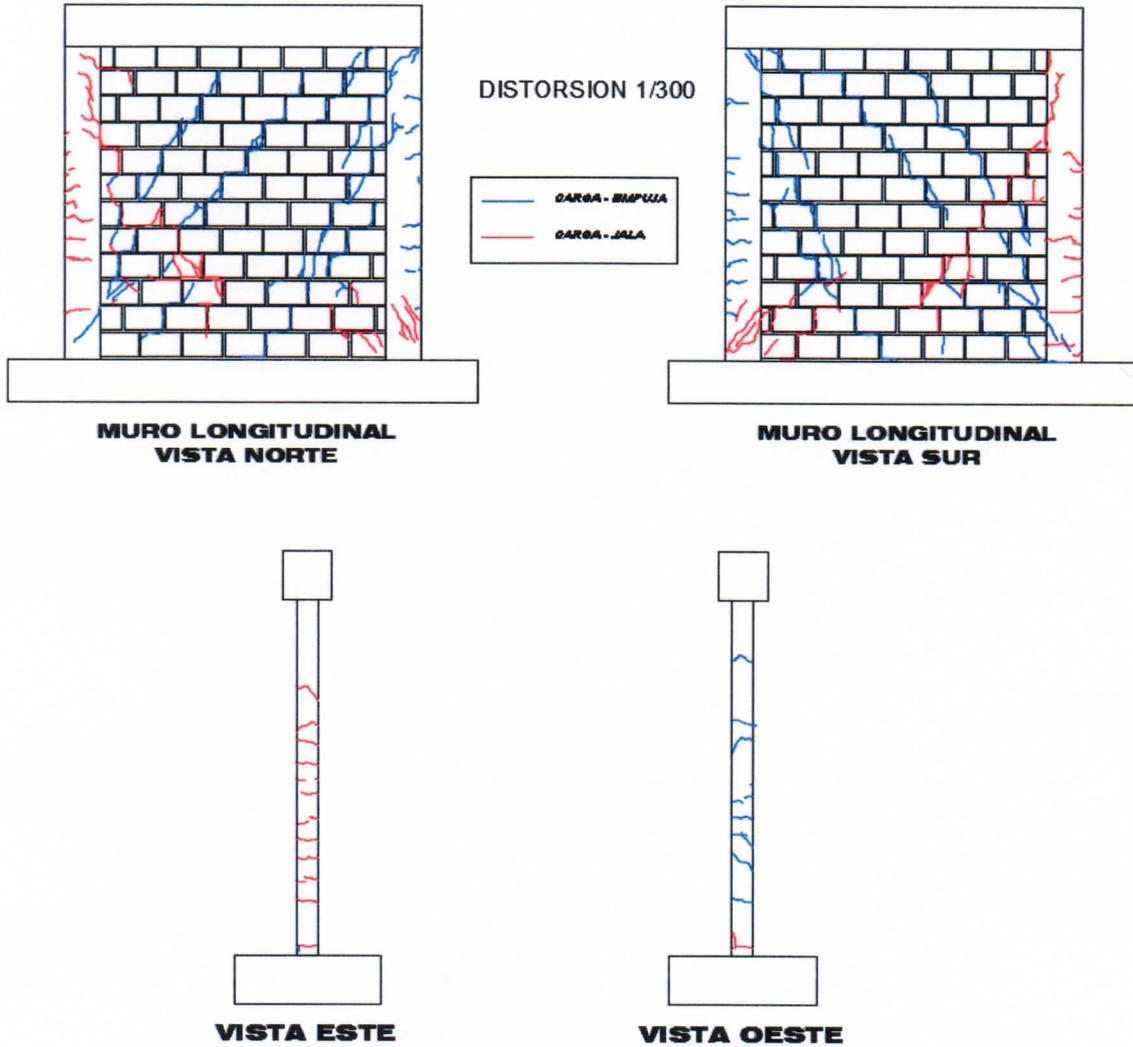


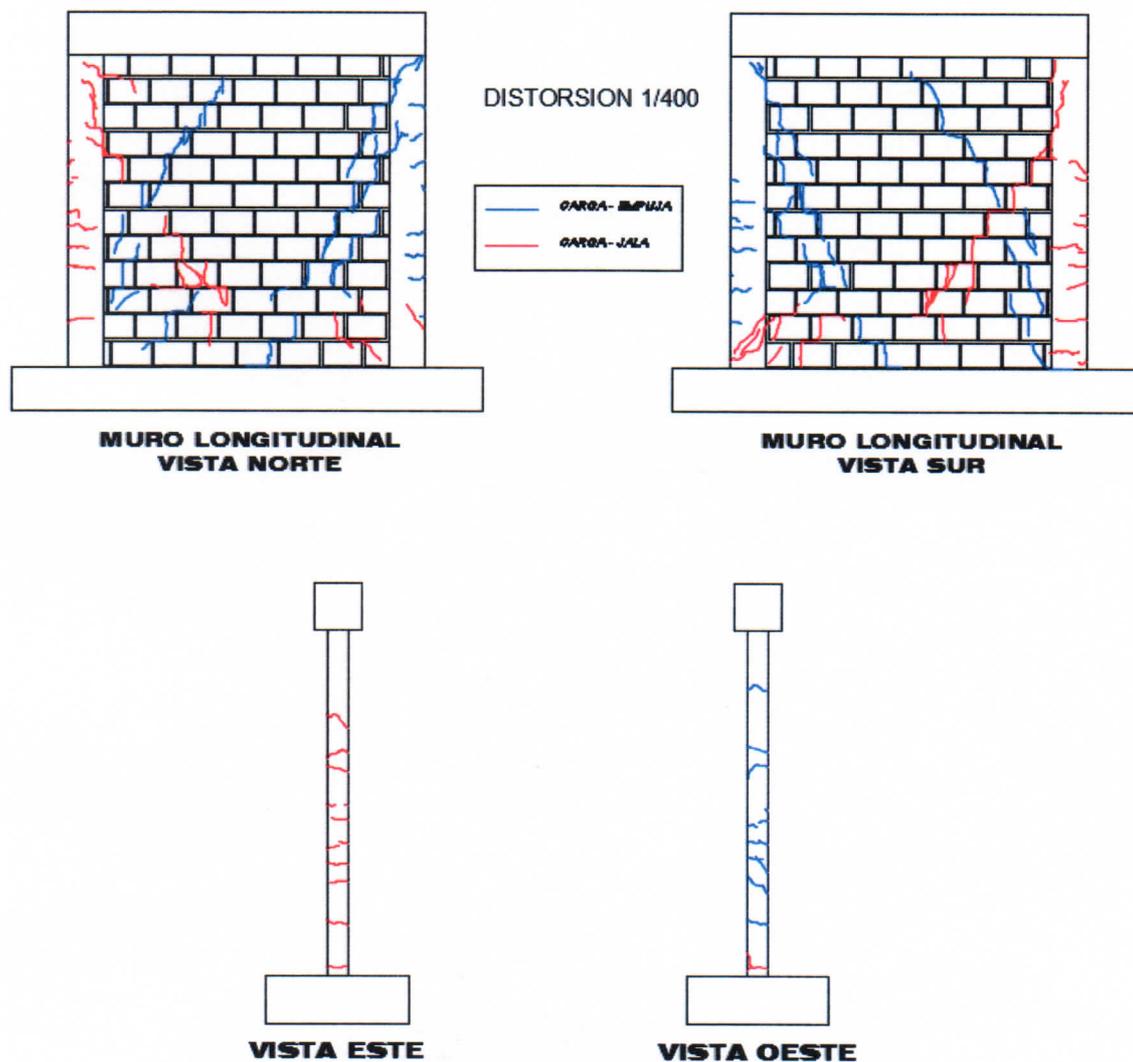


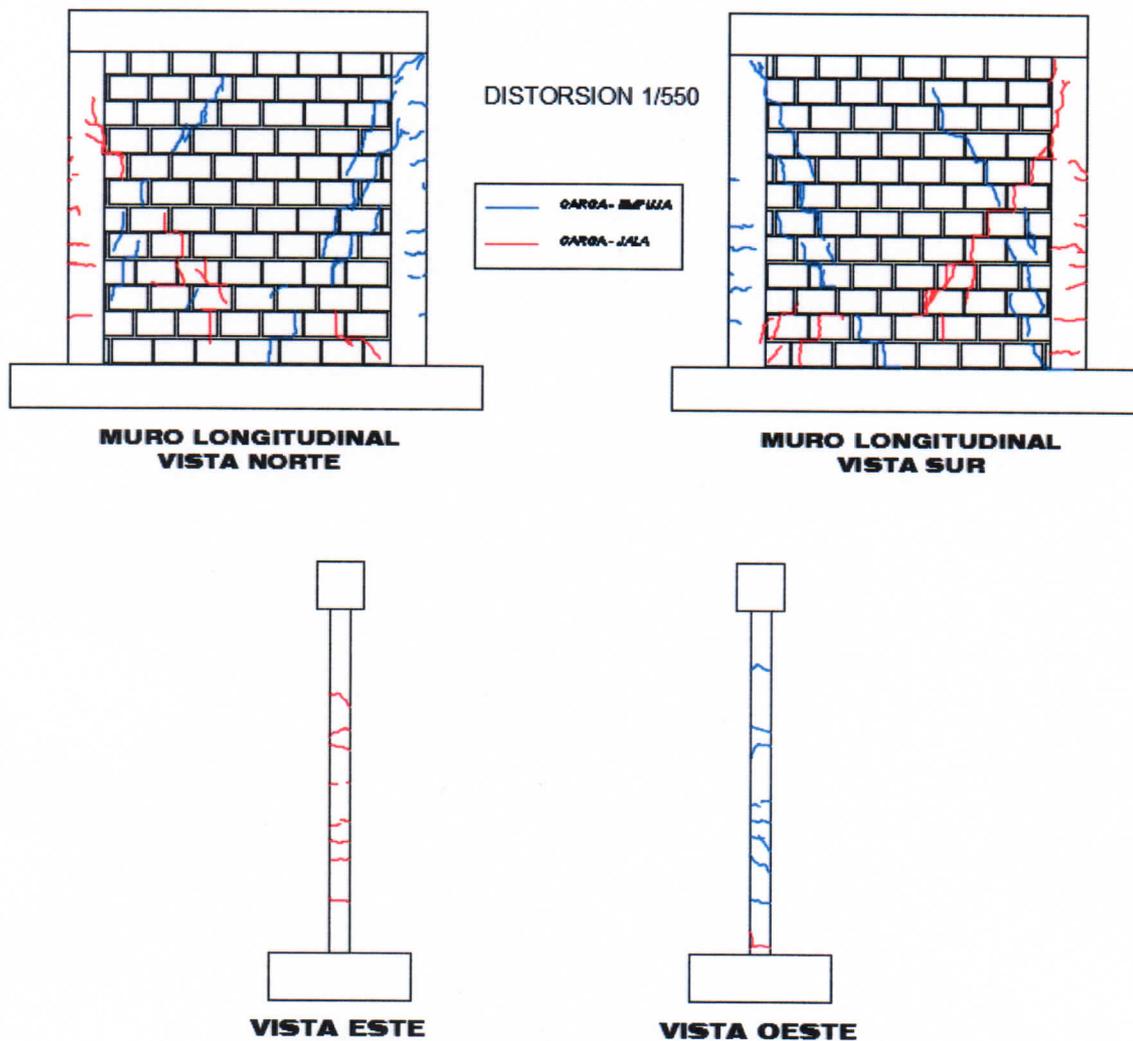


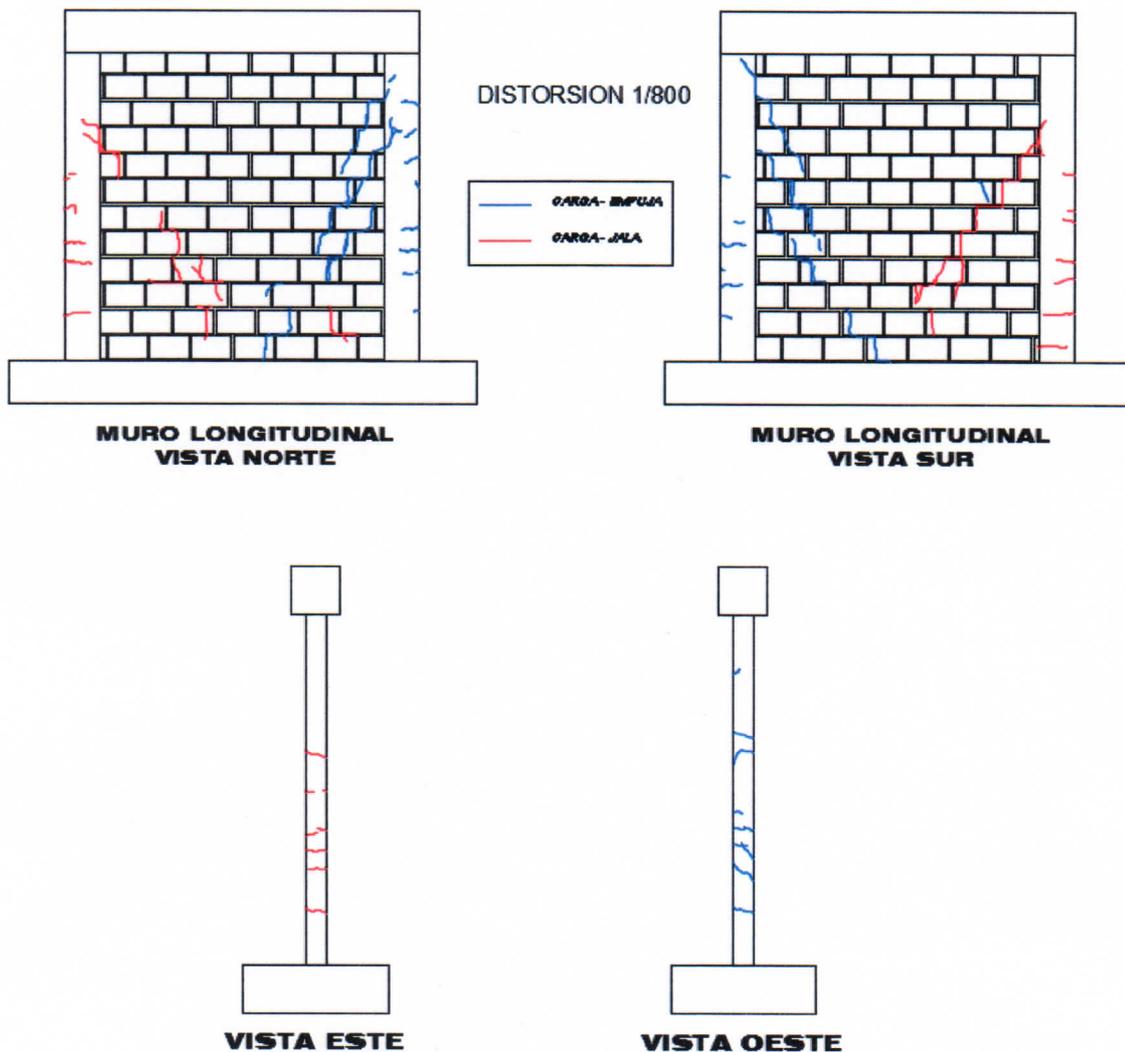
MBAT-05

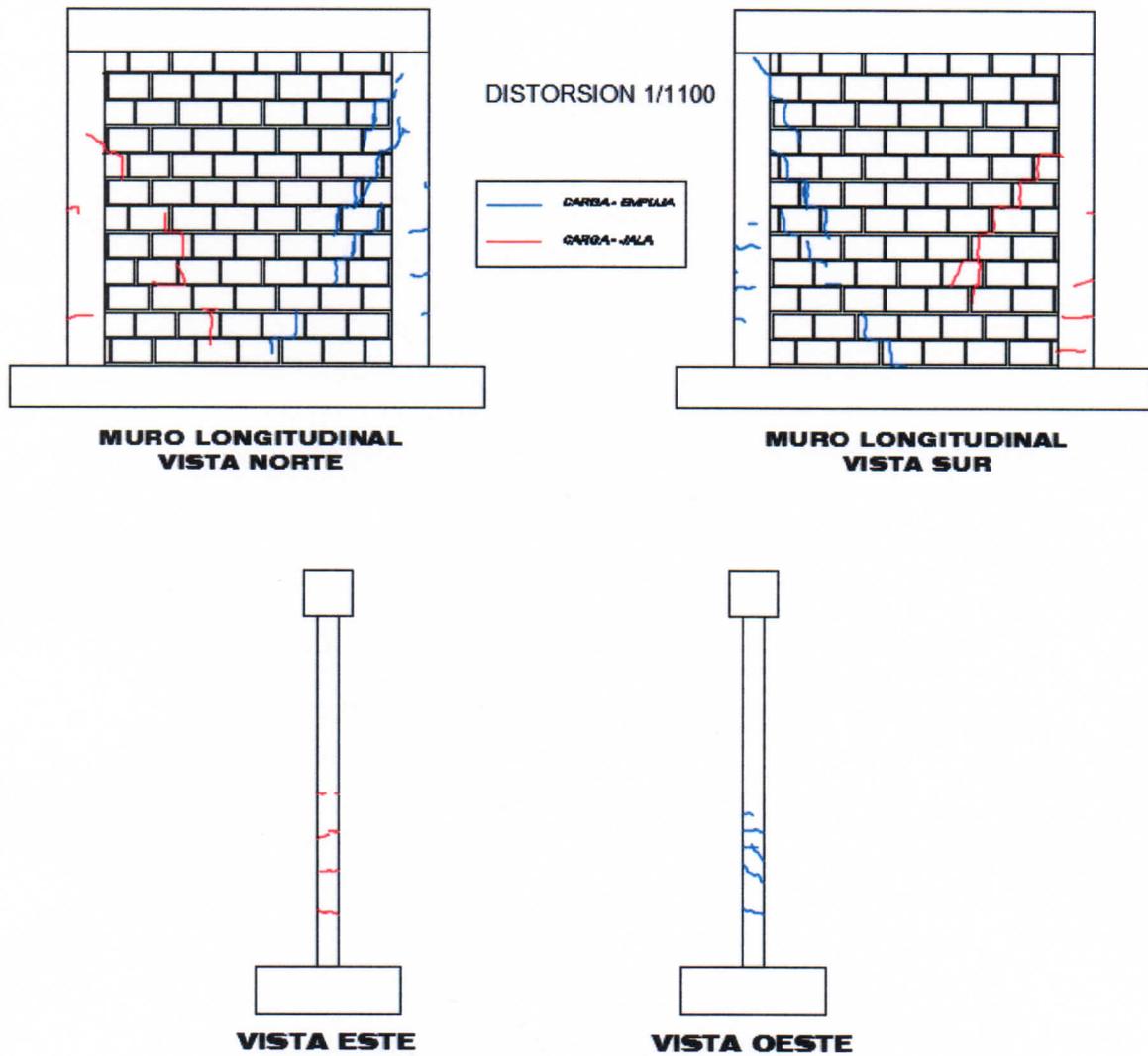








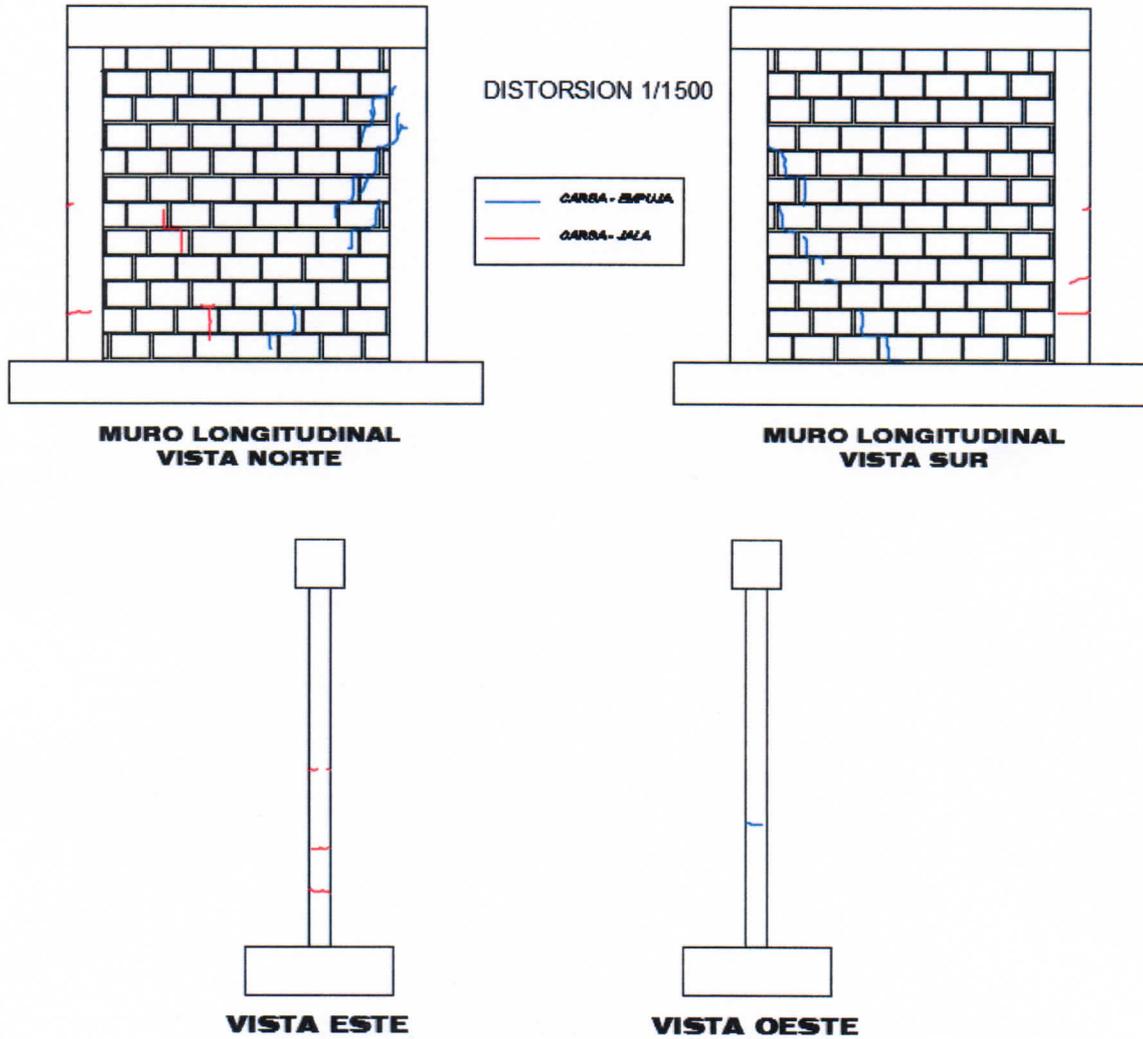




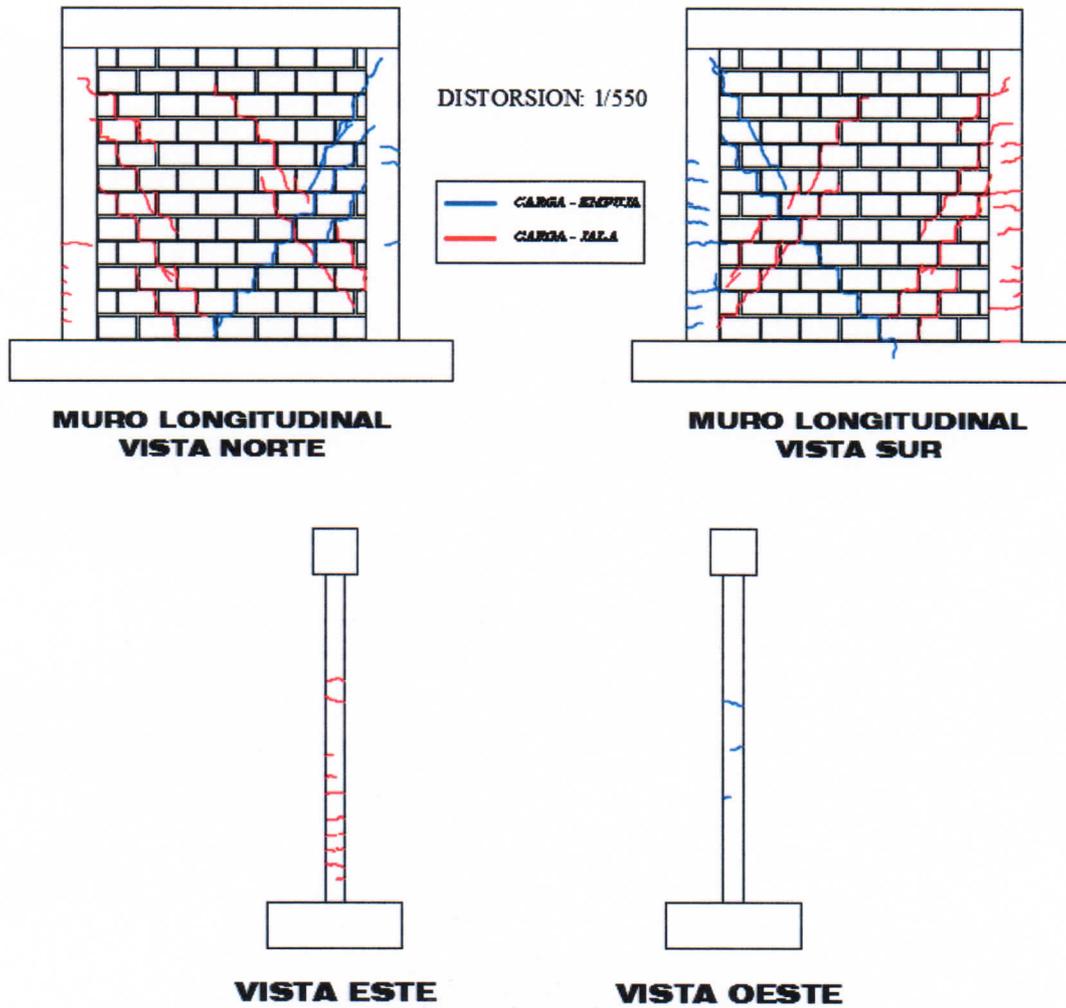


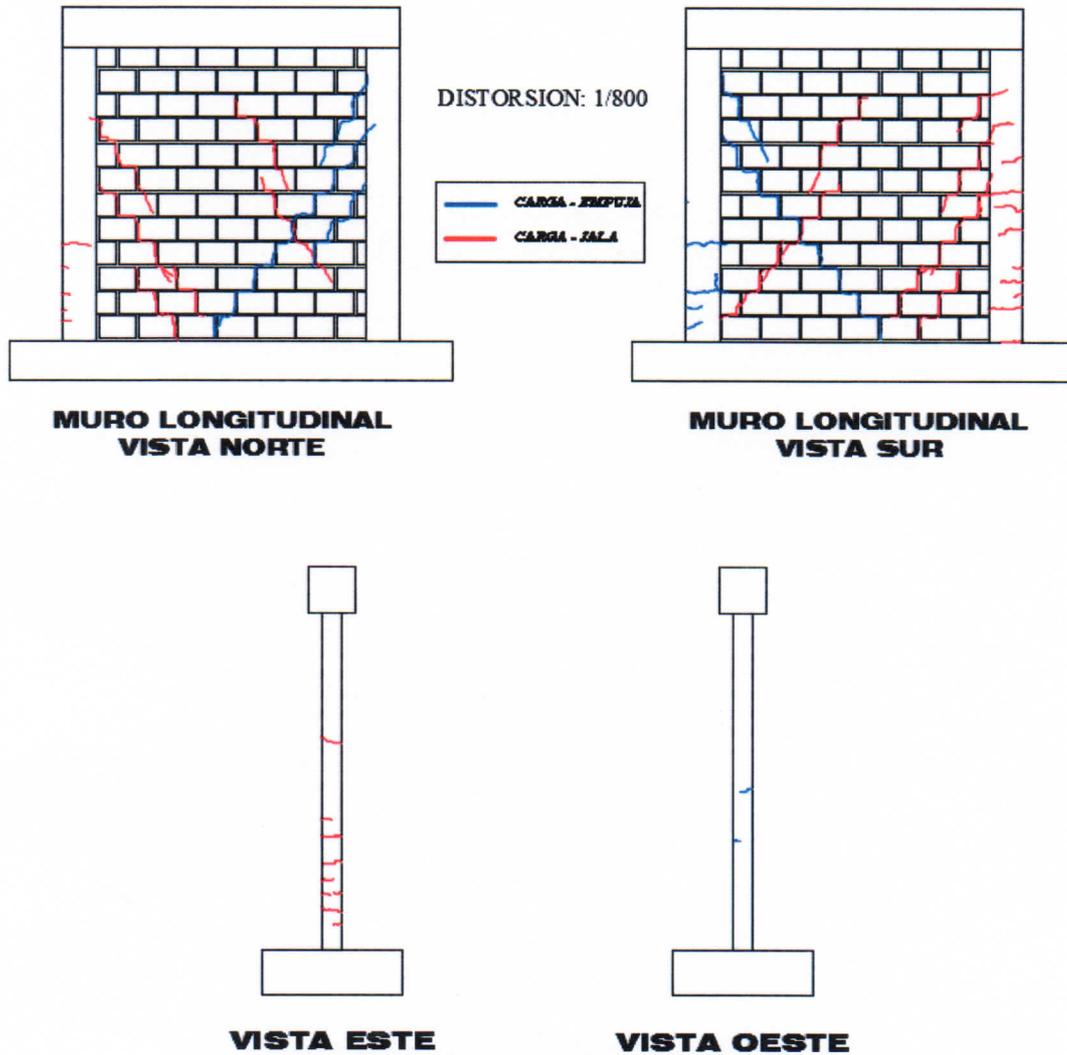
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

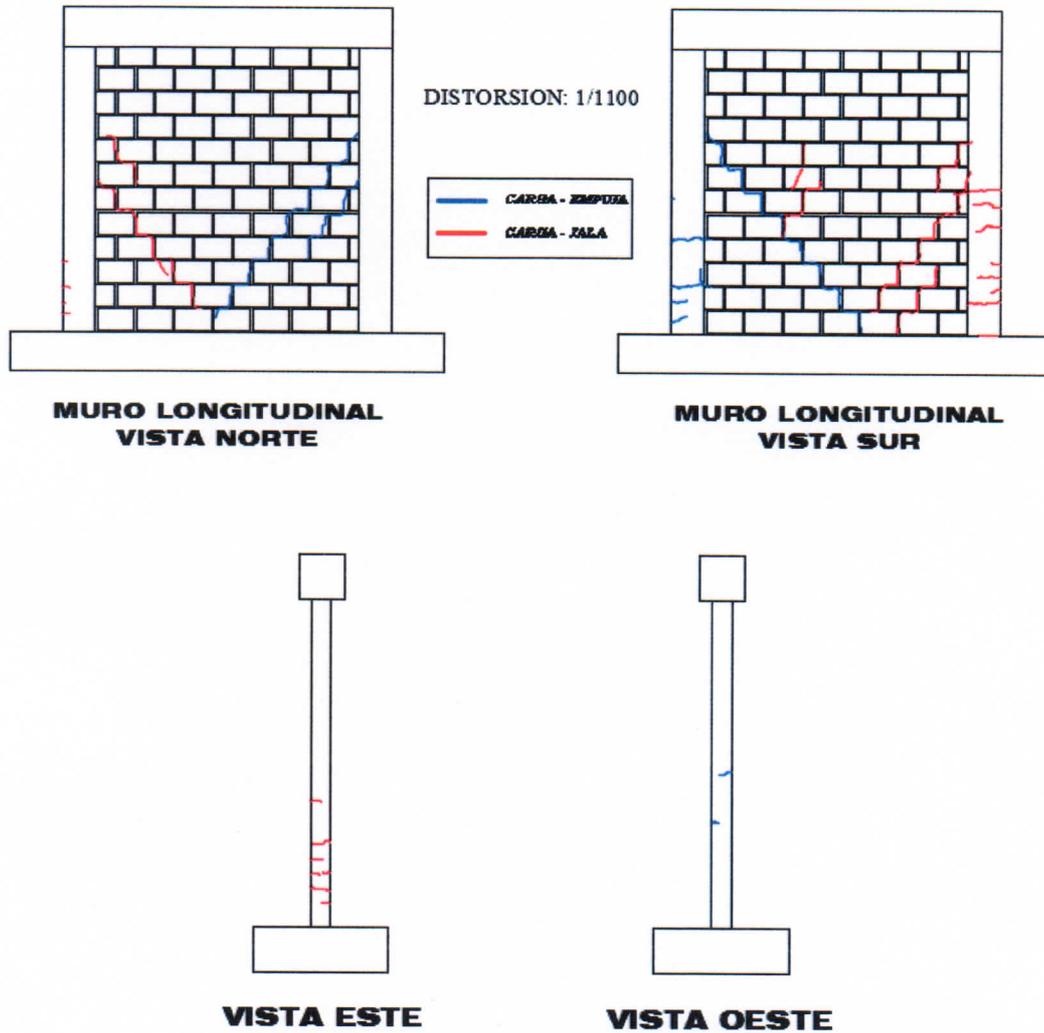
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID

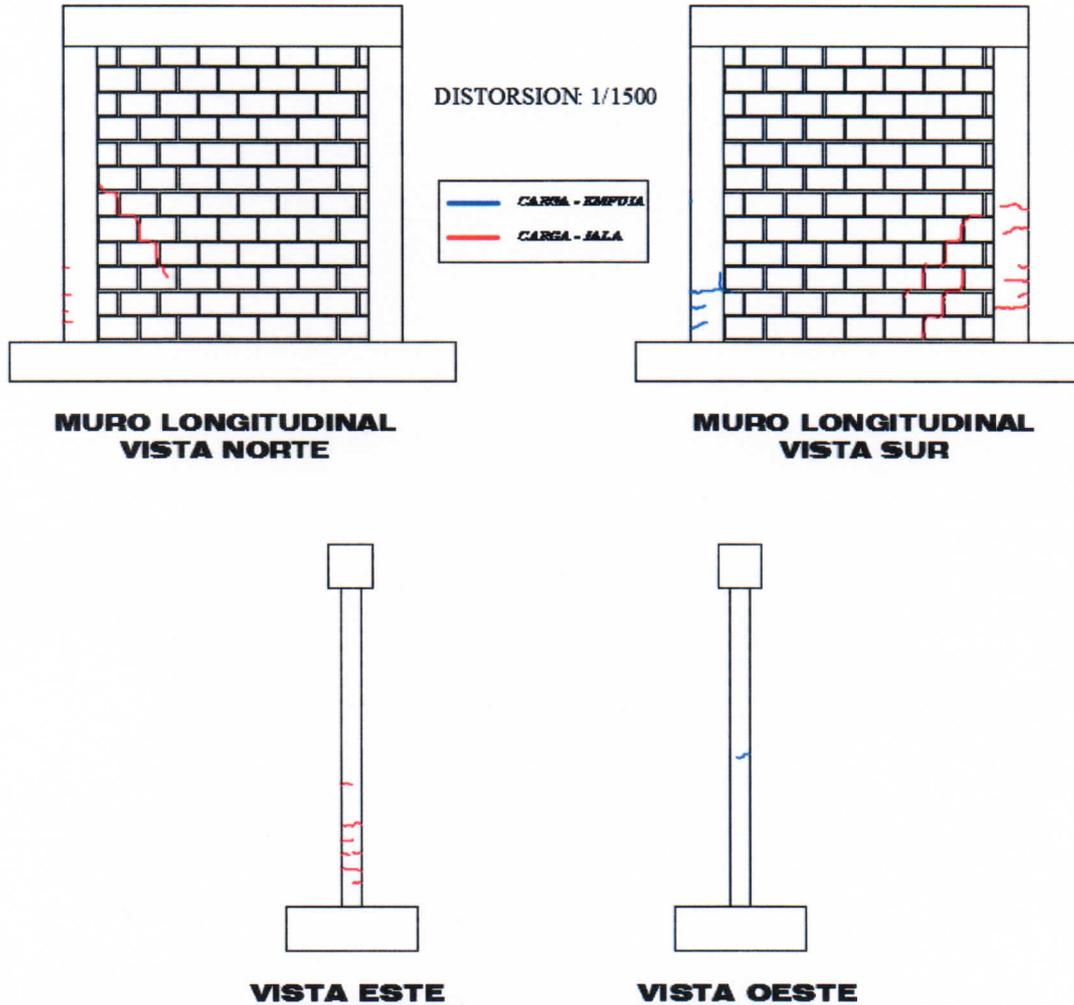


MBAT-06











Of. N° 006-LE-CISMID/2017

Lima, 09 de Febrero de 2017

Señora Ingeniero
DINA COTRADO FLORES
Directora de la Escuela de Ingeniería Civil
Universidad Privada de Tacna
Presente.-

De mi consideración:

Por medio del presente permítame saludarle y hacer llegar a su despacho el informe final del "Ensayo de Carga Cíclica de Tres Muros a Escala Natural con Especímenes de Albañilería Blocker II", cuyas pruebas han sido ejecutadas en nuestro Laboratorio.

Quedamos a vuestra disposición para cualquier aclaración requerida por vuestra institución con referencia a los resultados experimentales.

Sin otro particular, quedo de Ud.

Atentamente,


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





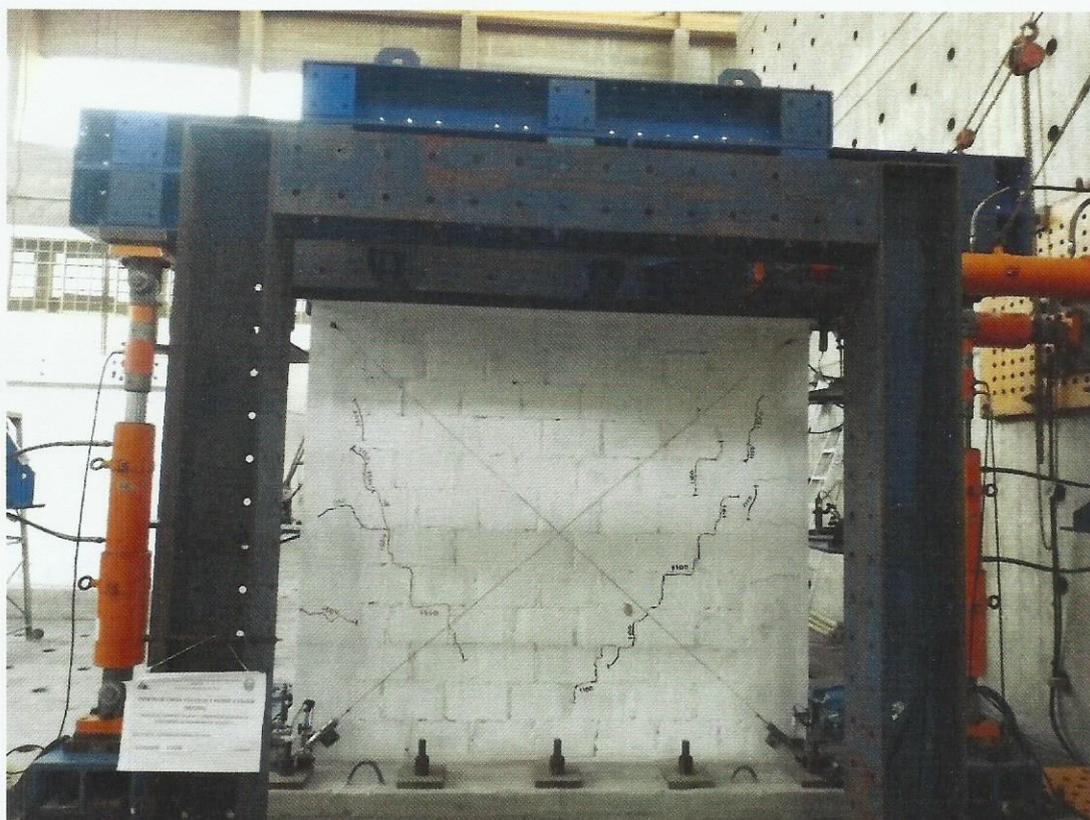
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

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
Bach. Ing. Daniel Felipe Escalante Mariño

Lima – Perú – Diciembre de 2016

AV. TÚPAC AMARU N° 1150 – LIMA 25 – PERÚ – Apartado Postal 31-250 Lima 31

Telefax (51-1) 482-0790 Teléfonos: 482-0777 (301) 482-0790 (422)




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



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 en fecha 03/12/2015. En respuesta a la solicitud, se elaboró una propuesta técnico económica para la realización de ensayos cíclicos en tres muros de albañilería con unidades blocker II, que fue enviada por el Laboratorio de Estructuras de CISMID el 12/08/2016.

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 un pórtico de acero que rodea al espécimen a manera de pórtico de reacción de uno de los extremos de las gatas hidráulicas, un 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, las gatas hidráulicas verticales, que mantendrán una carga constante, apoyarán 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.




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



CONTENIDO

CONTENIDO	2
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE FOTOS	4
1. ANTECEDENTES	5
2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO	5
2.1. Descripción del mecano de carga	5
2.2. Sistema de aplicación de carga	6
2.3. Sistema de adquisición	7
2.4. Protocolo de desplazamientos	7
3. ESPÉCIMEN	9
4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS	10
5. CONCLUSIONES	17
ANEXOS	18
Panel fotográfico	19
MBAT-01	19
MBAT-02	22
MBAT-03	25
Mapeo de grietas	27
MBAT-01	27
MBAT-02	34
MBAT-03	43




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



LISTA DE FIGURAS

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


CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 31632





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 pequeñas grietas cercanas a las columna Oeste a una distorsión 1/1500.	19
Foto 2. Grietas formadas a largo de la diagonal en la cara norte del muro a una distorsión 1/1100.	19
Foto 3. Grietas diagonales en la cara sur del muro para una distorsión 1/1100	19
Foto 4. Mas grietas en la diagonal del muro para una distorsión 1/800.	19
Foto 5. Grietas formadas a flexión y más grietas diagonales para una distorsión 1/550.	19
Foto 6. Aparición de grietas diagonales en el muros para la distorsión 1/550.	19
Foto 7. Aparición de más grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/400.	20
Foto 8. Grieta de más grietas paralelos a las líneas del mortero para una distorsión 1/300.	20
Foto 9. Acumulacion de grieta en la diagonal del muro y desprendimiento de pequeños pedazos de la albañilería, ara una distorsión de 1/300.	20
Foto 10. Desprendimiento de pequeños pedazos de ladrillo para una distorsión 1/300.	20
Foto 11. Acumulación de grietas cercanas las columnas, para una distorsión de 1/200.	21
Foto 12. Estado final del muro para una distorsión 1/200.	21
Foto 13. Formación de pequeñas grietas diagonales para una distorsión 1/2150.	22
Foto 14. Grietas formadas a largo de la diagonal en la cara sur del muro a una distorsión 1/1100.	22
Foto 15. Grietas diagonales en el muro y grietas por flexión en las columnas para una distorsión 1/1100	22
Foto 16. Mas grietas en la diagonal del muro para una distorsión 1/800.	22
Foto 17. Grietas formadas a flexión y más grietas diagonales para una distorsión 1/550.	22
Foto 18. Aparición de grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/550.	22
Foto 19. Aparición de más grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/400.	23
Foto 20. Grieta de más grietas paralelos a las líneas del mortero para una distorsión 1/400.	23
Foto 21. Acumulacion de grieta en la diagonal del muro para una distorsión de 1/300.	23
Foto 22. Desprendimiento de pequeño pedazo de ladrillo para una distorsión 1/300.	23
Foto 23. Acumulación de grietas cercanas las columnas, para una distorsión de 1/200.	24
Foto 24. Estado final del muro para una distorsión 1/150.	24
Foto 25. Formación de pequeñas grietas diagonales para una distorsión 1/2150.	25
Foto 26. Grietas por flexión formadas en las columnas a una distorsión 1/1500.	25
Foto 27. Grietas a flexión en las columnas para una distorsión 1/1100	25
Foto 28. Grietas en la diagonal del muro para una distorsión 1/800.	25
Foto 29. Grietas diagonales en ambos sentidos (Empujando y Jalando) para una distorsión 1/800.	25
Foto 30. Aparición de grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/550.	25
Foto 31. Aparición de más grietas en las columnas para la distorsión 1/550.	26
Foto 32. Grieta de más grietas paralelos a las líneas del mortero para una distorsión 1/550.	26



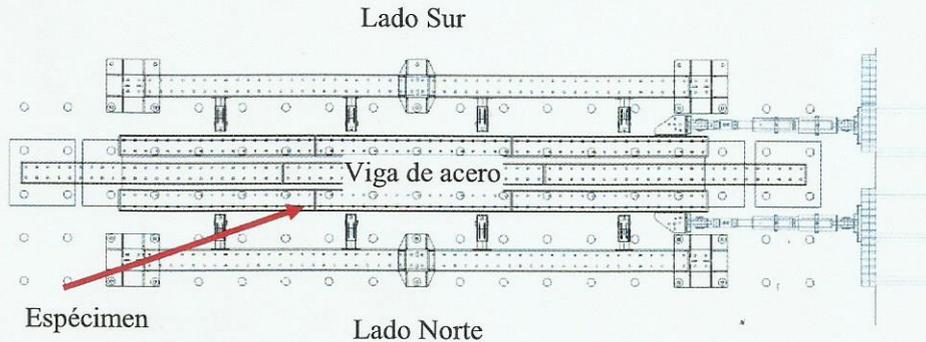


Figura 1. Vista en planta del aparato de carga

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 sobre el pórtico de concreto armado representativo del módulo 780-PRE. Durante el desarrollo del ensayo, la carga axial aplicada por las dos gatas hidráulicas verticales se mantendrá constante en 550 kN. La carga axial es aplicada con las dos gatas hidráulicas, bajo control de carga, usando la carga vertical requerida, que se distribuye horizontalmente mediante una viga de acero soportada por la viga superior de concreto del espécimen.

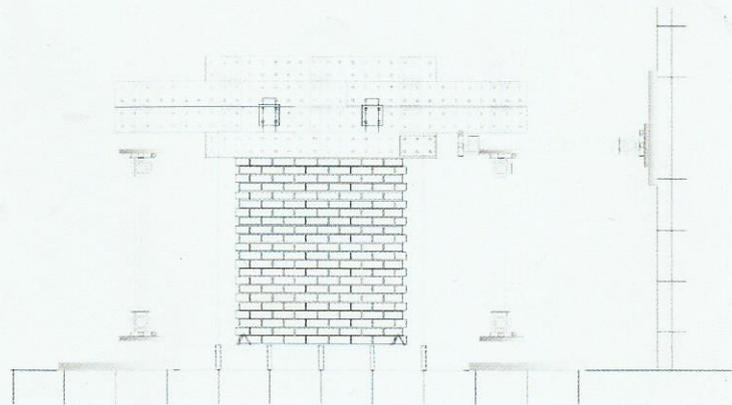


Figura 2. Esquema de la configuración del ensayo cíclico

2.3. Sistema de adquisición

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.

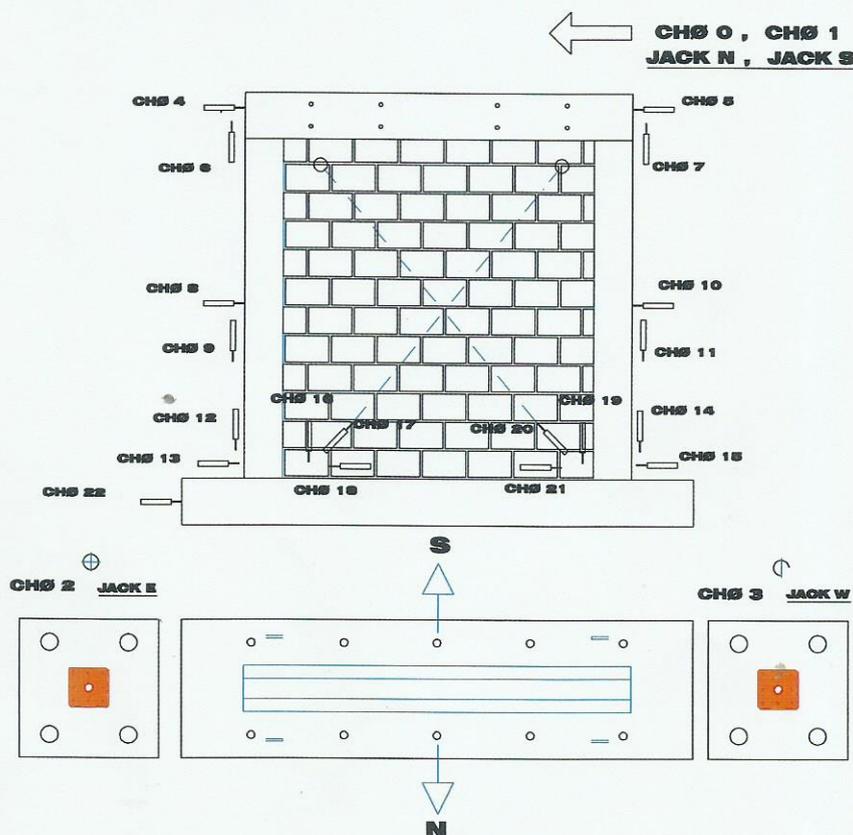


Figura 3. Sistema de adquisición

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.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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

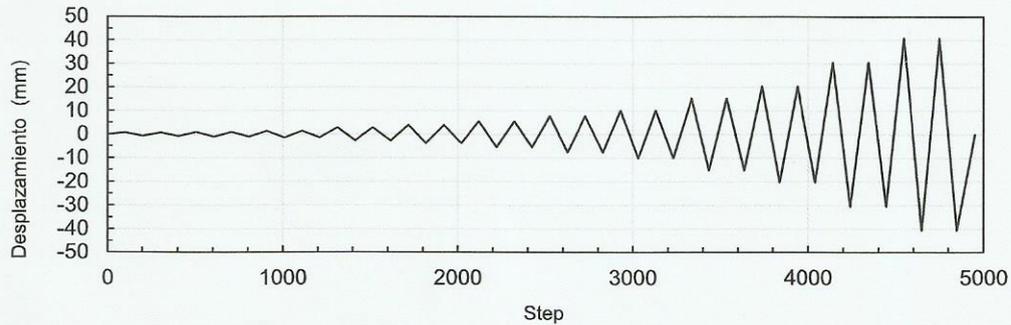


Figura 4. Protocolo de desplazamiento objetivo

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	12
Distorsión objetivo	1/4200	1/3000	1/2150	1/1100	1/800	1/550	1/400	1/300	1/200	1/150	1/100	1/75


CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



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 0.30 m de altura.

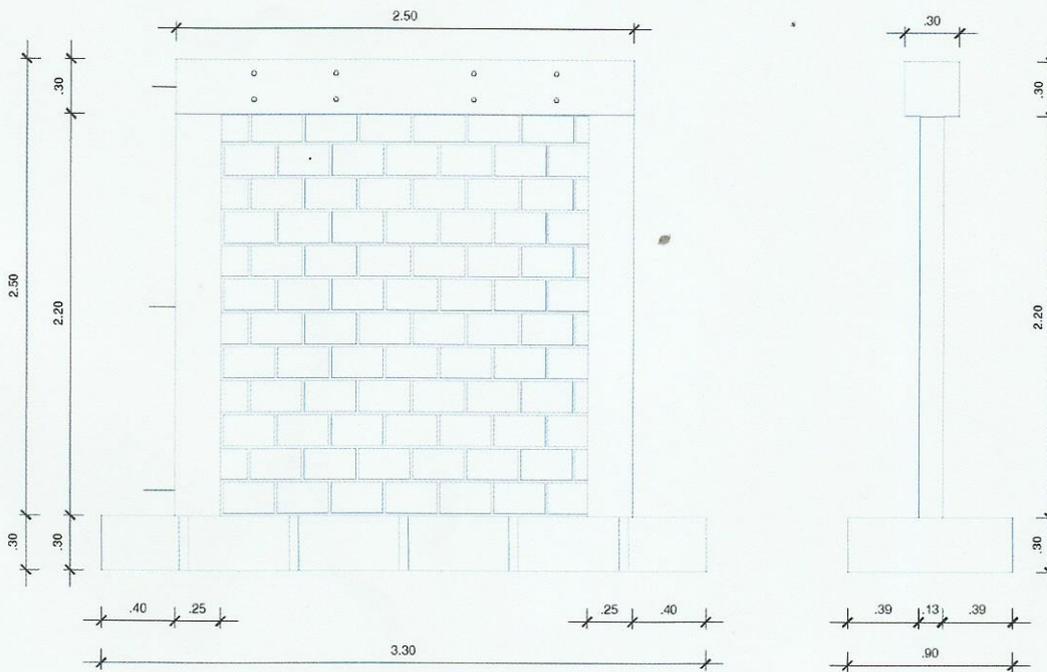


Figura 5. Espécimen básico. Unidades: m

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-1, MBAT-2 y MBAT-3, respectivamente.

Los especímenes MBAT-1 y MBAT-2 se llevaron hasta su condición última (desplazamientos donde la carga se menor que el 80% de la carga máxima aplicada). Mientras, que el espécimen MBAT-3, se llevó hasta la condición de reparabilidad que ocurre aproximadamente a un nivel de distorsión de 1/550.

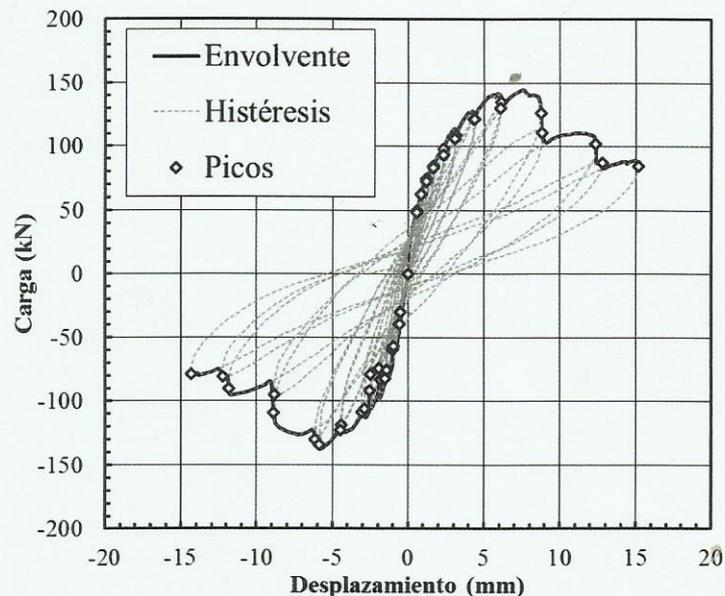


Figura 6. Curva histérica del espécimen MBAT-1

La Figura 7 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-1, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro.

CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 31832

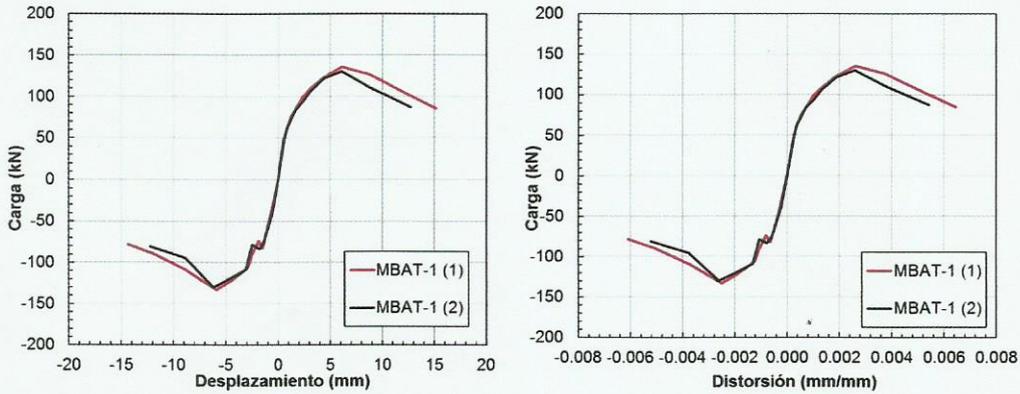


Figura 7. Curva de capacidad del espécimen MBAT-1

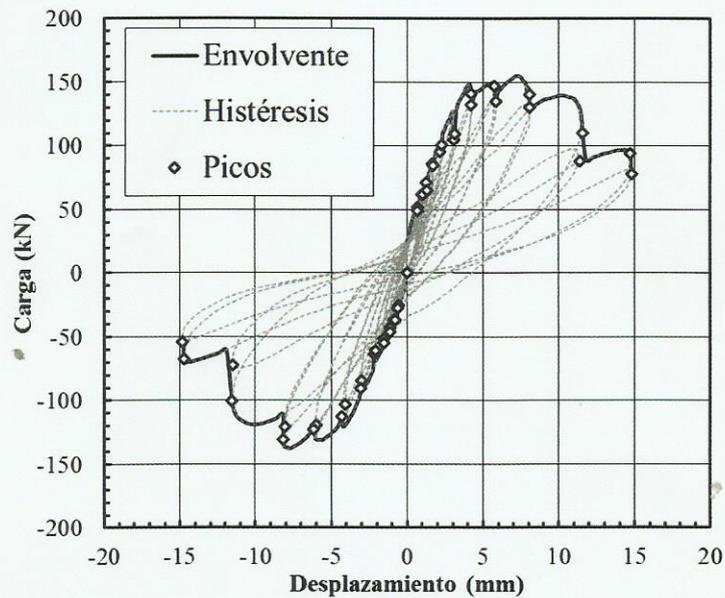


Figura 8. Curva histerética del espécimen MBAT-2

La Figura 9 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-2, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro.



Carlos Alberto Zavala Toledo
CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832

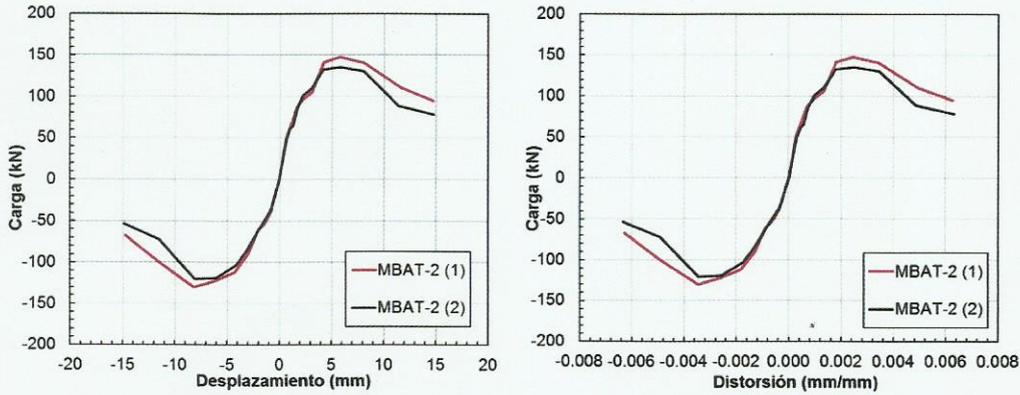


Figura 9. Curva de capacidad del espécimen MBAT-2

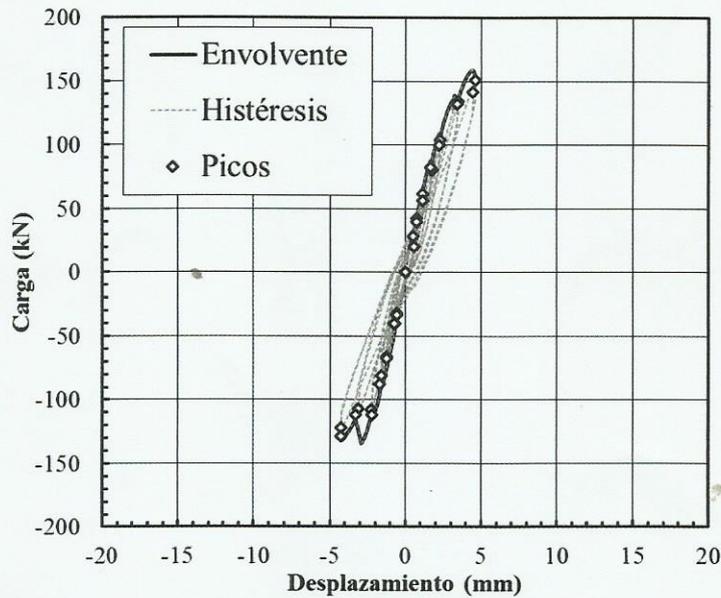


Figura 10. Curva histerética del espécimen MBAT-3

La Figura 11 muestra la relación en la amplitud de cada ciclo y la carga correspondiente del espécimen MBAT-3, que se encuentra expresada en términos de desplazamiento y distorsión. Esta curva representa la curva de capacidad del elemento muro.

Carlos Alberto Zavala Toledo
CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832

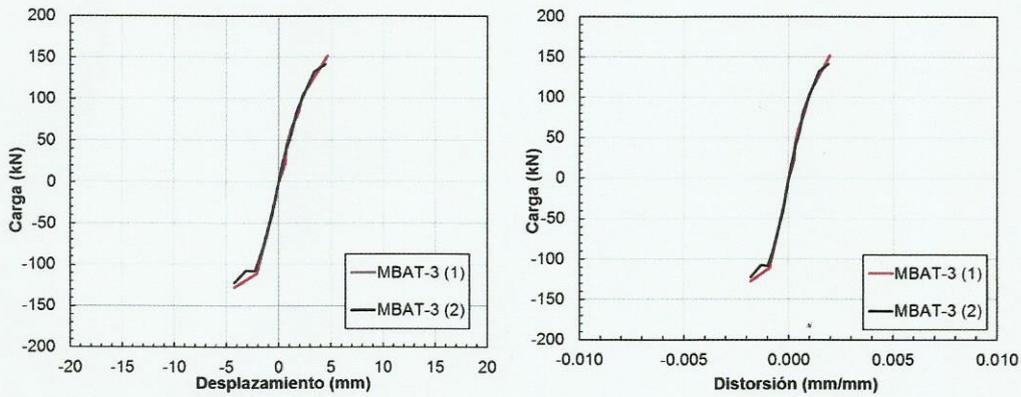


Figura 11. Curva de capacidad del espécimen MBAT-3

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

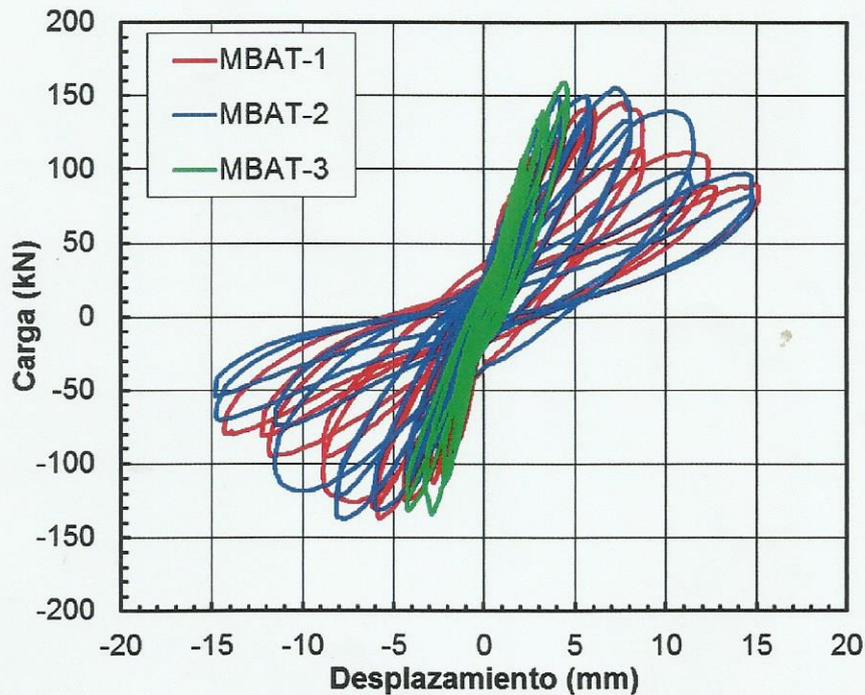


Figura 12. Comparación de las curvas histeréticas de los especímenes ensayados

CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832

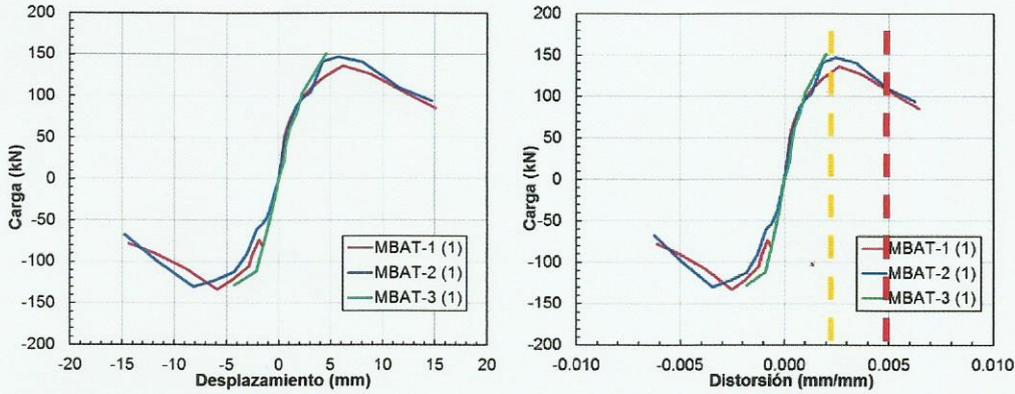


Figura 13. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

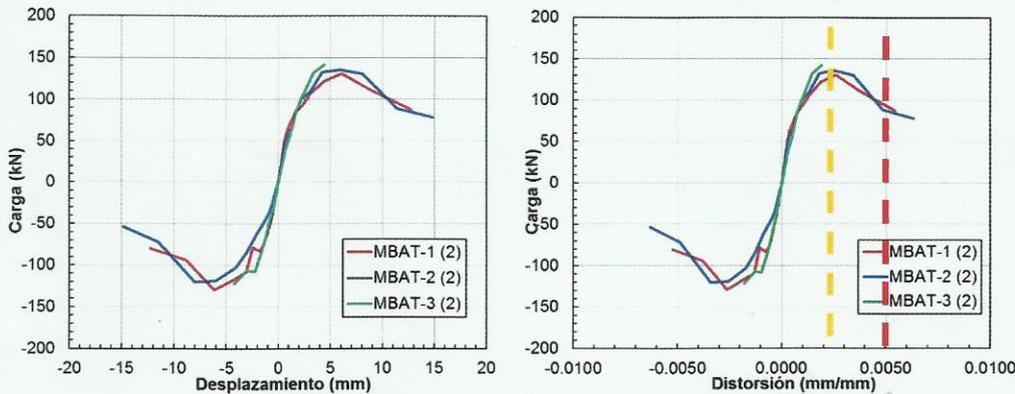


Figura 14. Comparación de la curva de capacidad de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo

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.

Handwritten signature
CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 31832

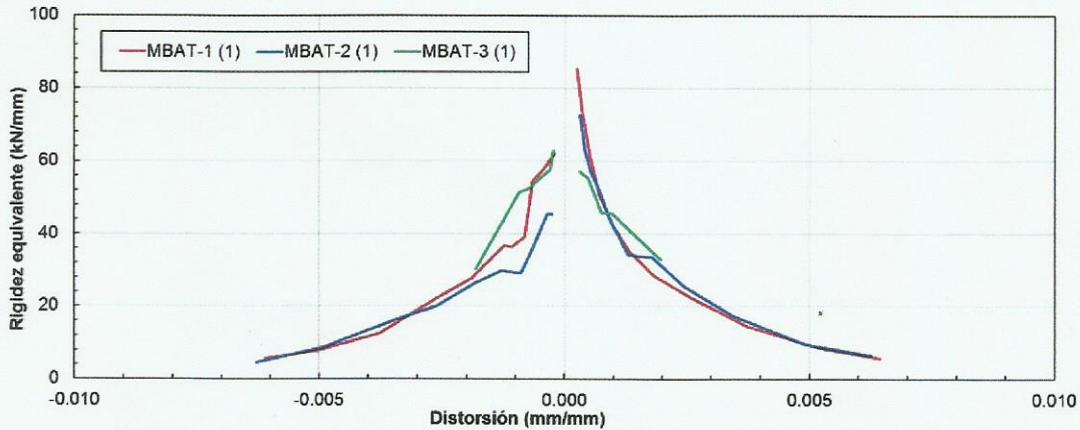


Figura 15. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

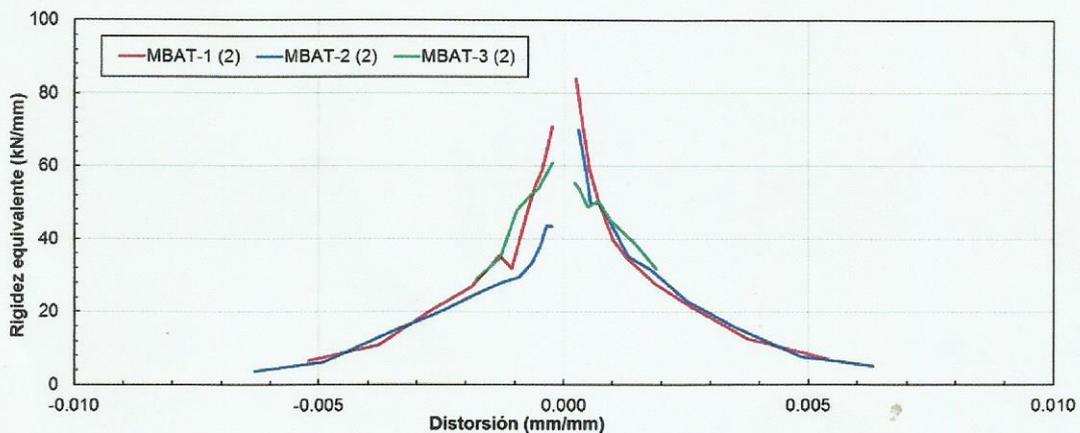


Figura 16. Comparación de degradación de la rigidez equivalente de los especímenes ensayados para la segunda aplicación de la distorsión objetivo

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.



CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31632

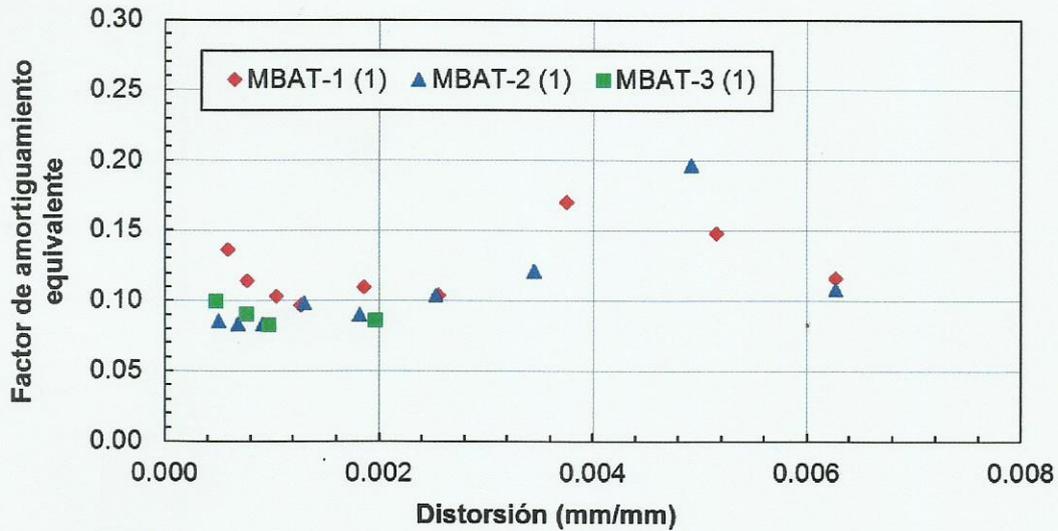


Figura 17. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la primera aplicación de la distorsión objetivo

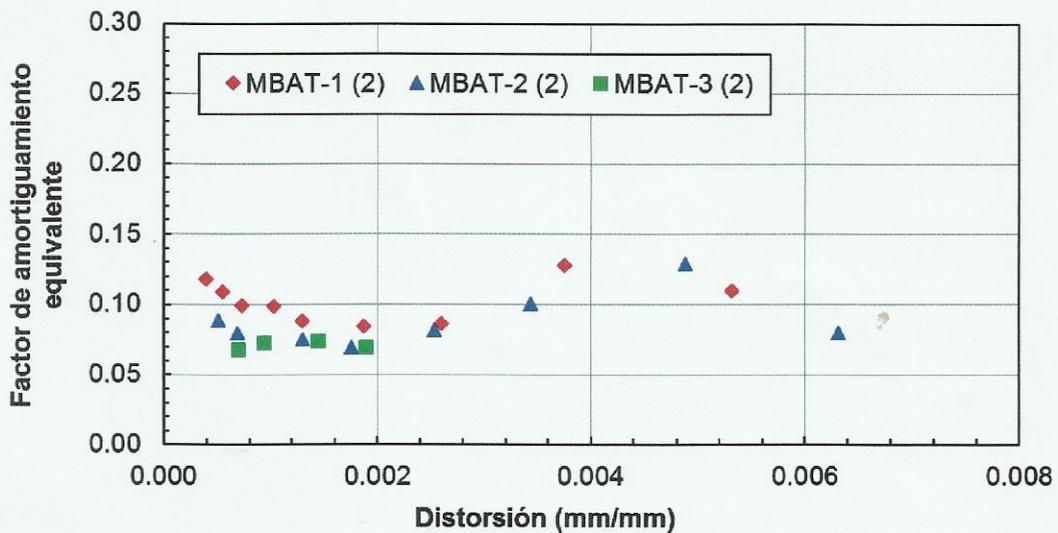


Figura 18. Comparación del factor de amortiguamiento de los especímenes ensayados para la segunda aplicación (repetición) de la distorsión objetivo

CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



5. CONCLUSIONES

De los tres especímenes ensayados cíclicamente se concluye lo siguiente:

- Los especímenes MBAT-1 y MBAT-2 se llevaron hasta su condición última (desplazamientos donde la carga sea menor que el 80% de la carga máxima aplicada).
- El espécimen MBAT-3, 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 133 kN (0.41 N/mm^2), que sucede a un nivel de distorsión de 0.0025 (1/400) 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 87 kN (0.27 N/mm^2).


CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



ANEXOS


CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 21832

AV. TÚPAC AMARU N° 1150 – LIMA 25 – PERÚ – Apartado Postal 31-250 Lima 31

Telefax (51-1) 482-0790 Teléfonos: 482-0777 (301) 482-0790 (422)



Panel fotográfico
MBAT-01



Foto 1. Formación de pequeñas grietas cercanas a las columna Oeste a una distorsión 1/1500.



Foto 2. Grietas formadas a largo de la diagonal en la cara norte del muro a una distorsión 1/1100.



Foto 3. Grietas diagonales en la cara sur del muro para una distorsión 1/1100



Foto 4. Mas grietas en la diagonal del muro para una distorsión 1/800.

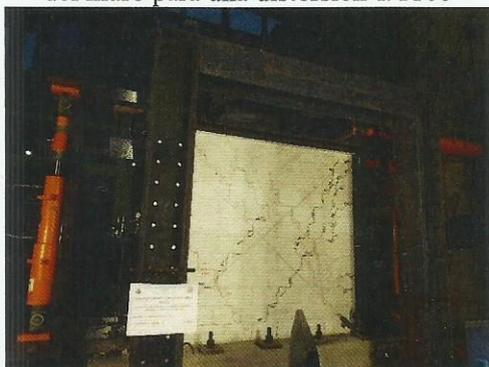


Foto 5. Grietas formadas a flexión y más grietas diagonales para una distorsión 1/550.

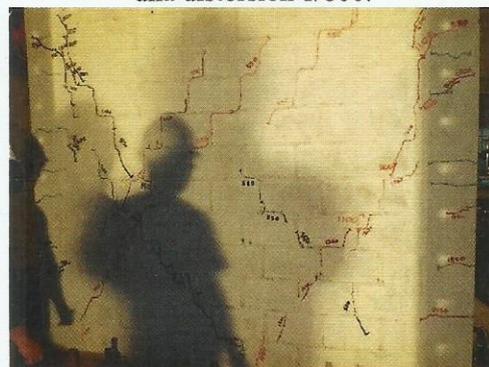


Foto 6. Aparición de grietas diagonales en el muros para la distorsión 1/550.

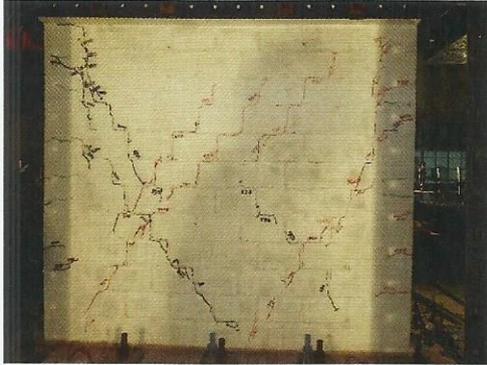


Foto 7. Aparición de más grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/400.



Foto 8. Grieta de más grietas paralelos a las líneas del mortero para una distorsión 1/300.

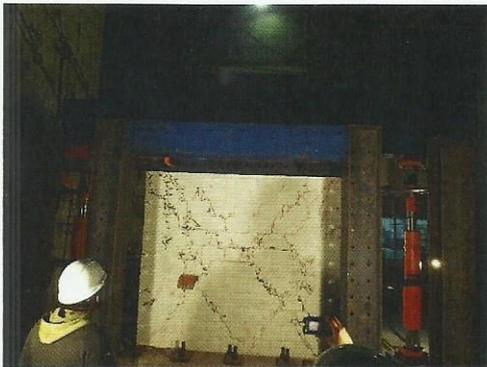


Foto 9. Acumulación de grieta en la diagonal del muro y desprendimiento de pequeños pedazos de la albañilería, ara una distorsión de 1/300.

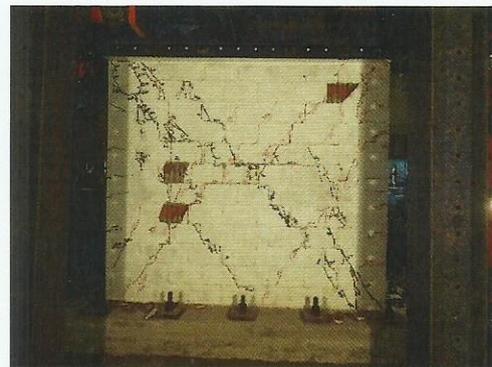


Foto 10. Desprendimiento de pequeños pedazos de ladrillo para una distorsión 1/300.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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

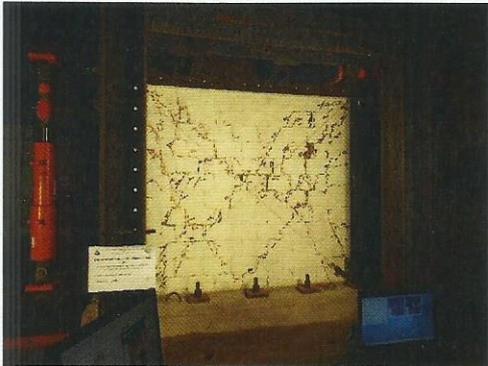


Foto 11. Acumulación de grietas cercanas las columnas, para una distorsión de 1/200.



Foto 12. Estado final del muro para una distorsión 1/200.


CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 31632



MBAT-02

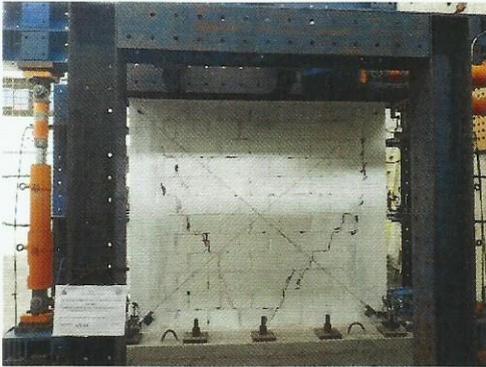


Foto 13. Formación de pequeñas grietas diagonales para una distorsión 1/2150.



Foto 14. Grietas formadas a largo de la diagonal en la cara sur del muro a una distorsión 1/1100.



Foto 15. Grietas diagonales en el muro y grietas por flexión en las columnas para una distorsión 1/1100



Foto 16. Mas grietas en la diagonal del muro para una distorsión 1/800.

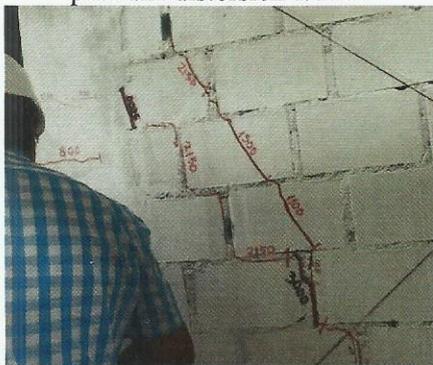


Foto 17. Grietas formadas a flexión y más grietas diagonales para una distorsión 1/550.

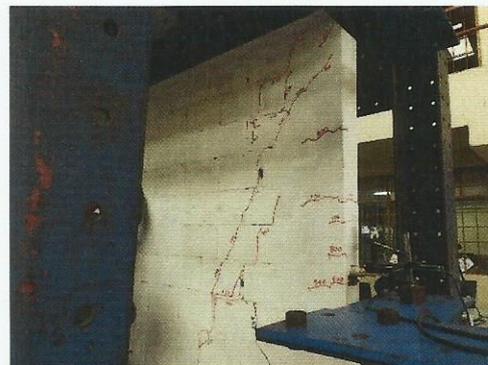


Foto 18. Aparición de grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/550.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



Foto 19. Aparición de más grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/400.

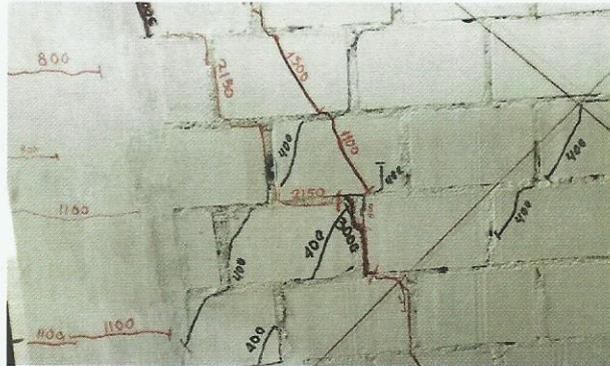


Foto 20. Grieta de más grietas paralelos a las líneas del mortero para una distorsión 1/400.



Foto 21. Acumulación de grieta en la diagonal del muro para una distorsión de 1/300.

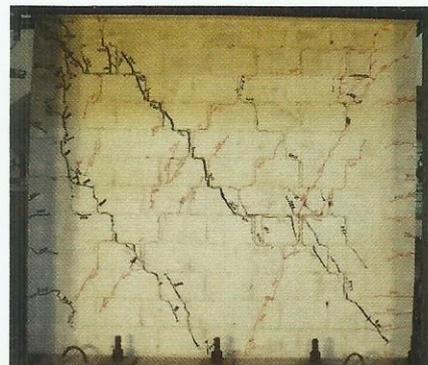


Foto 22. Desprendimiento de pequeño pedazo de ladrillo para una distorsión 1/300.




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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

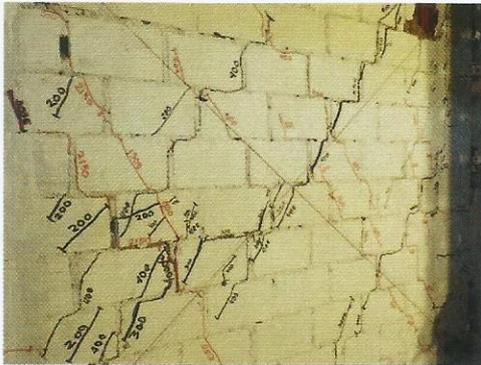


Foto 23. Acumulación de grietas cercanas las columnas, para una distorsión de 1/200.

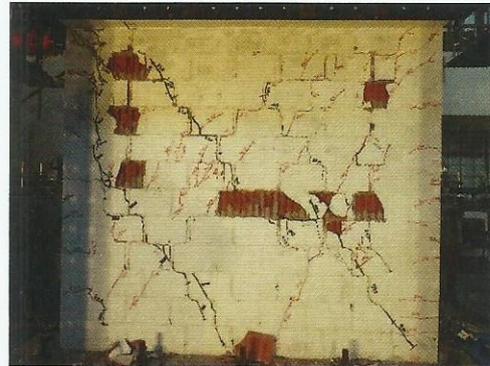


Foto 24. Estado final del muro para una distorsión 1/150.

AV. TÚPAC AMARU N° 1150 – LIMA 25 – PERÚ – Apartado Postal 31-250 Lima 31

Telefax (51-1) 482-0790 Teléfonos: 482-0777 (301) 482-0790 (422)




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



MBAT-03



Foto 25. Formación de pequeñas grietas diagonales para una distorsión 1/2150.

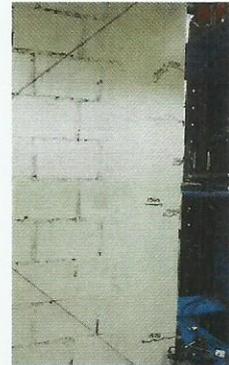


Foto 26. Grietas por flexión formadas en las columnas a una distorsión 1/1500.



Foto 27. Grietas a flexión en las columnas para una distorsión 1/1100



Foto 28. Grietas en la diagonal del muro para una distorsión 1/800.

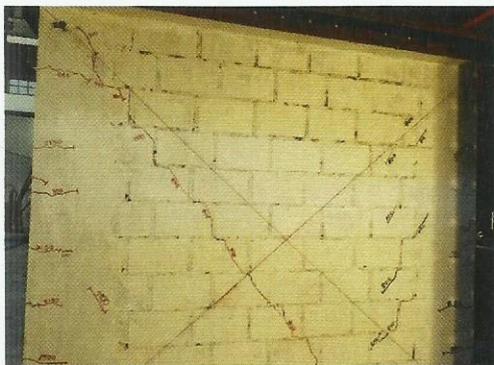


Foto 29. Grietas diagonales en ambos sentidos (Empujando y Jalando) para una distorsión 1/800.

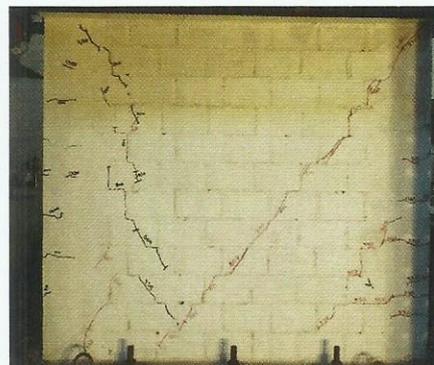


Foto 30. Aparición de grietas diagonales en el muro para la distorsión 1/550.



CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31632



Foto 31. Aparición de más grietas en las columnas para la distorsión 1/550.

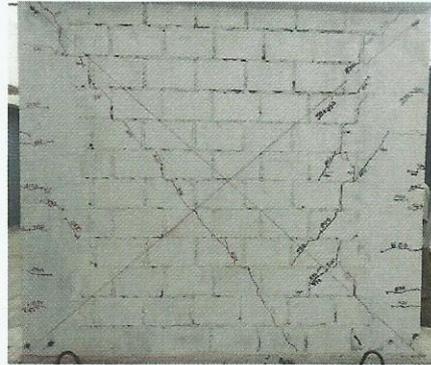


Foto 32. Grieta de más grietas paralelos a las líneas del mortero para una distorsión 1/550.


CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 21822





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

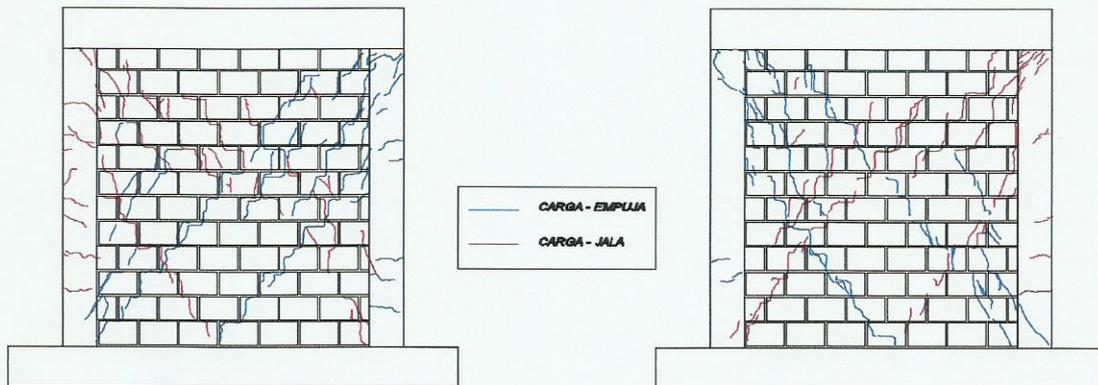
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



Mapeo de grietas

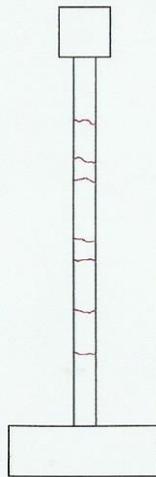
MBAT-01

DISTORSIÓN 1/300

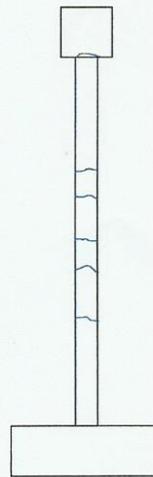


NS

SN



E



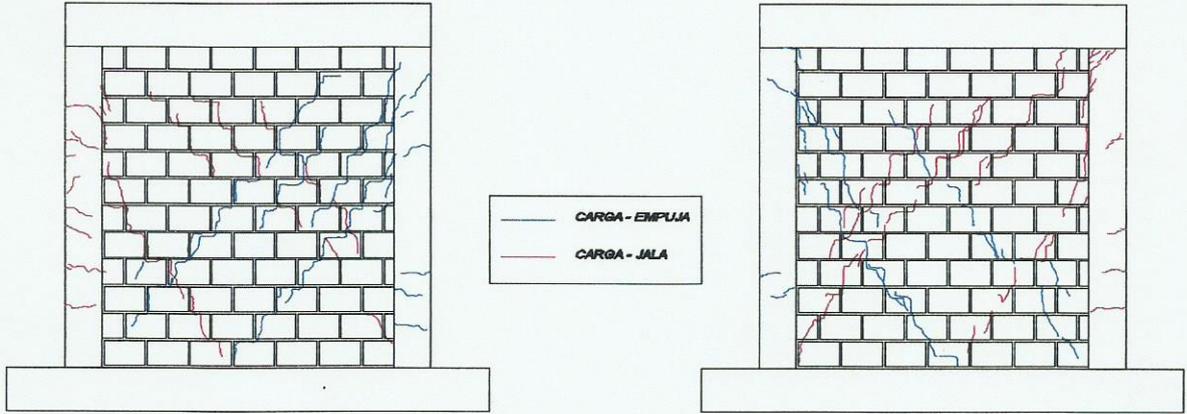
W




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31932

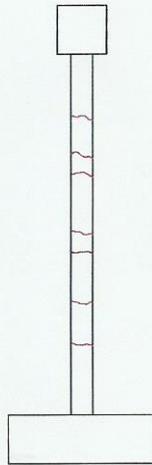


DISTORSIÓN 1/400

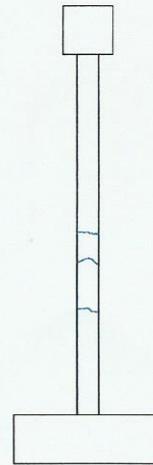


NS

SN

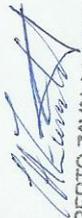


E



W




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832

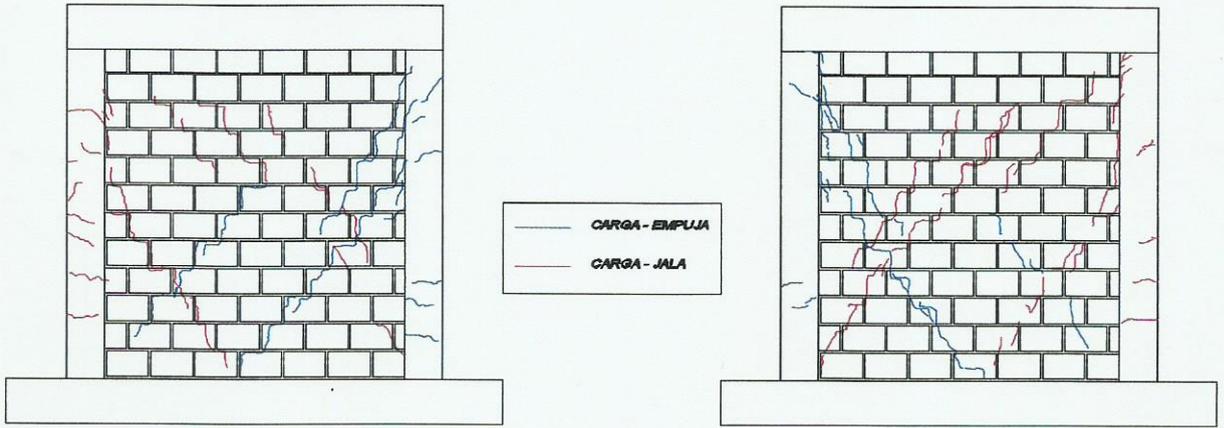


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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

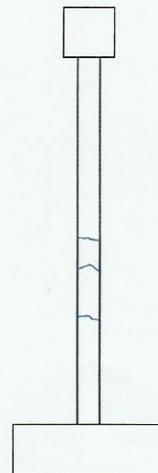
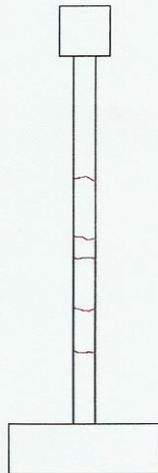


DISTORSIÓN 1/550



NS

SN



E

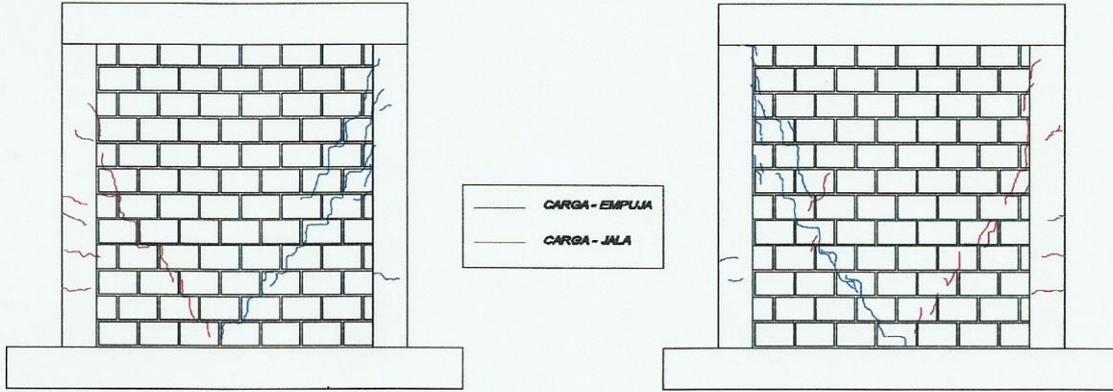
W




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31632

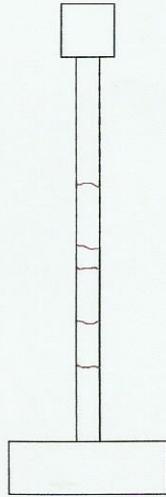


DISTORSIÓN 1/800

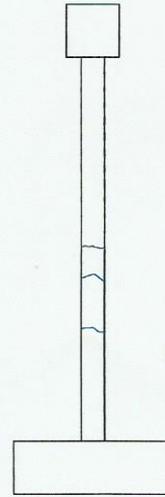


NS

SN



E



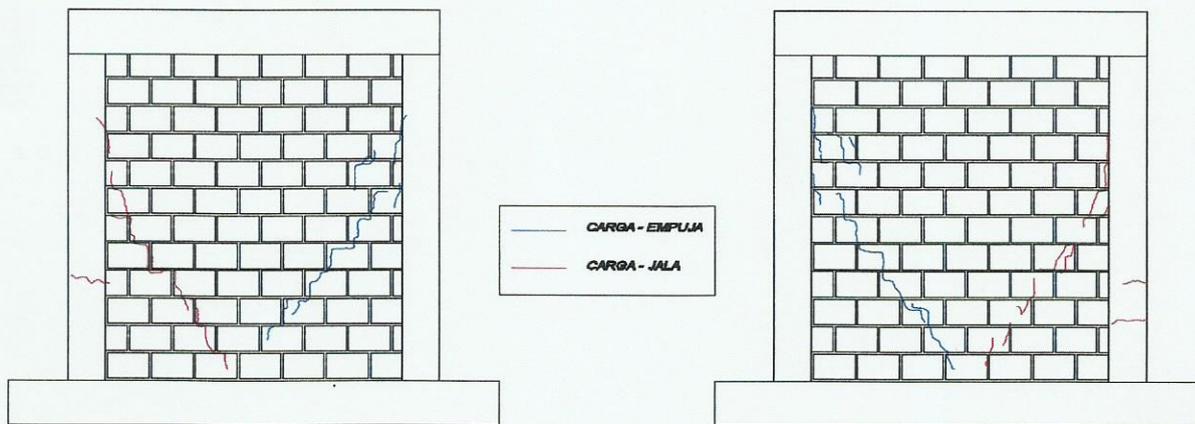
W




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 31832

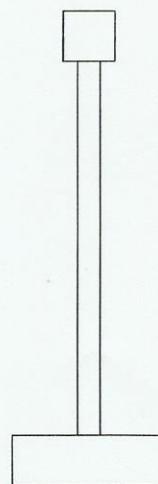
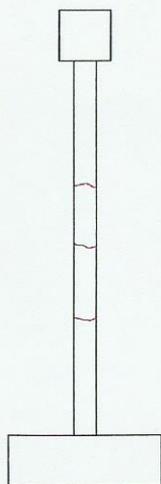


DISTORSIÓN 1/1100



NS

SN



E

W




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31632

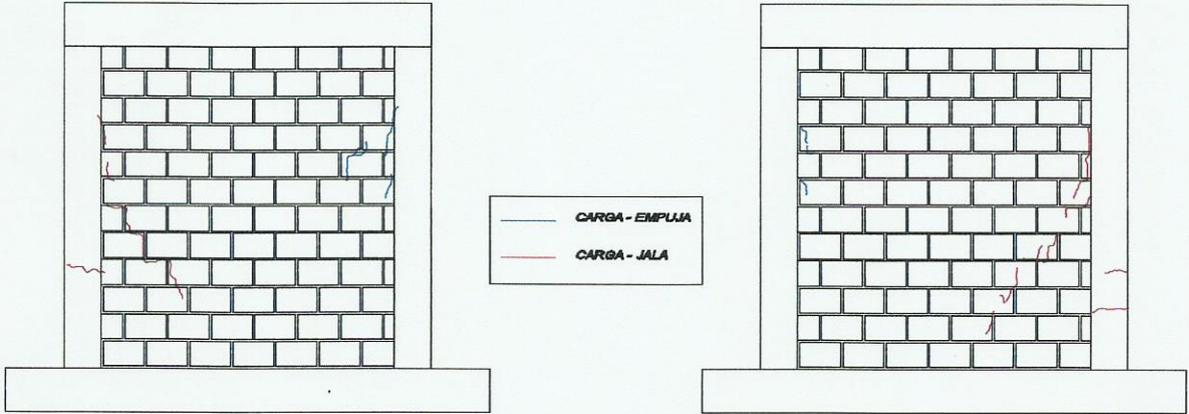


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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

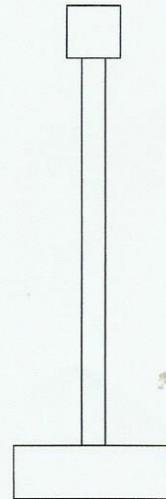
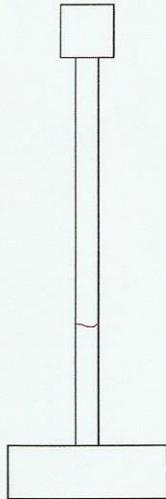


DISTORSIÓN 1/1500



NS

SN



E

W

AV. TÚPAC AMARU N° 1150 – LIMA 25 – PERÚ – Apartado Postal 31-250 Lima 31

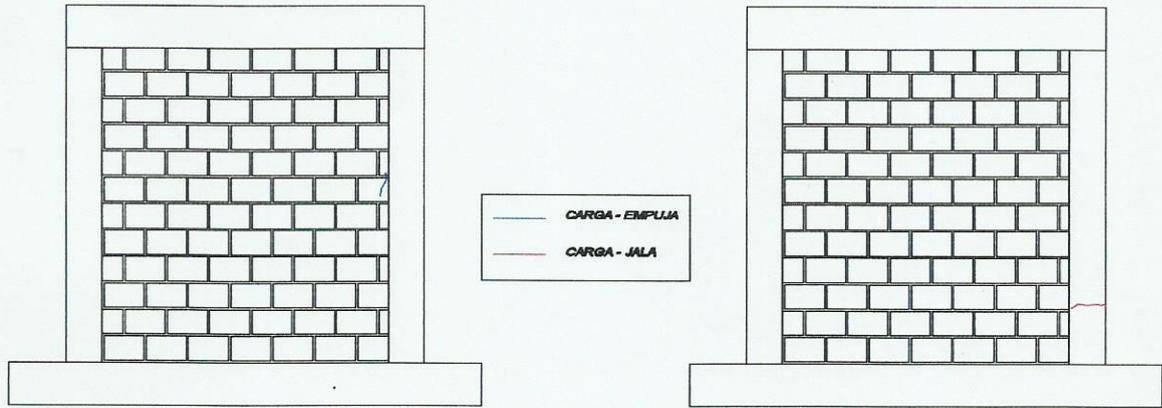
Telefax (51-1) 482-0790 Teléfonos: 482-0777 (301) 482-0790 (422)



Carlos Alberto Zavala Toledo
CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 21632

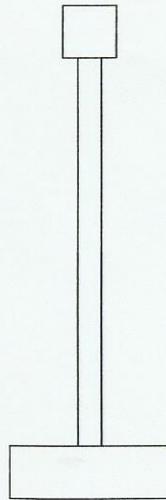


DISTORSIÓN 1/2150

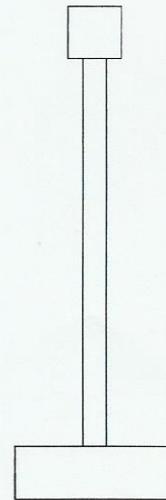


NS

SN



E



W

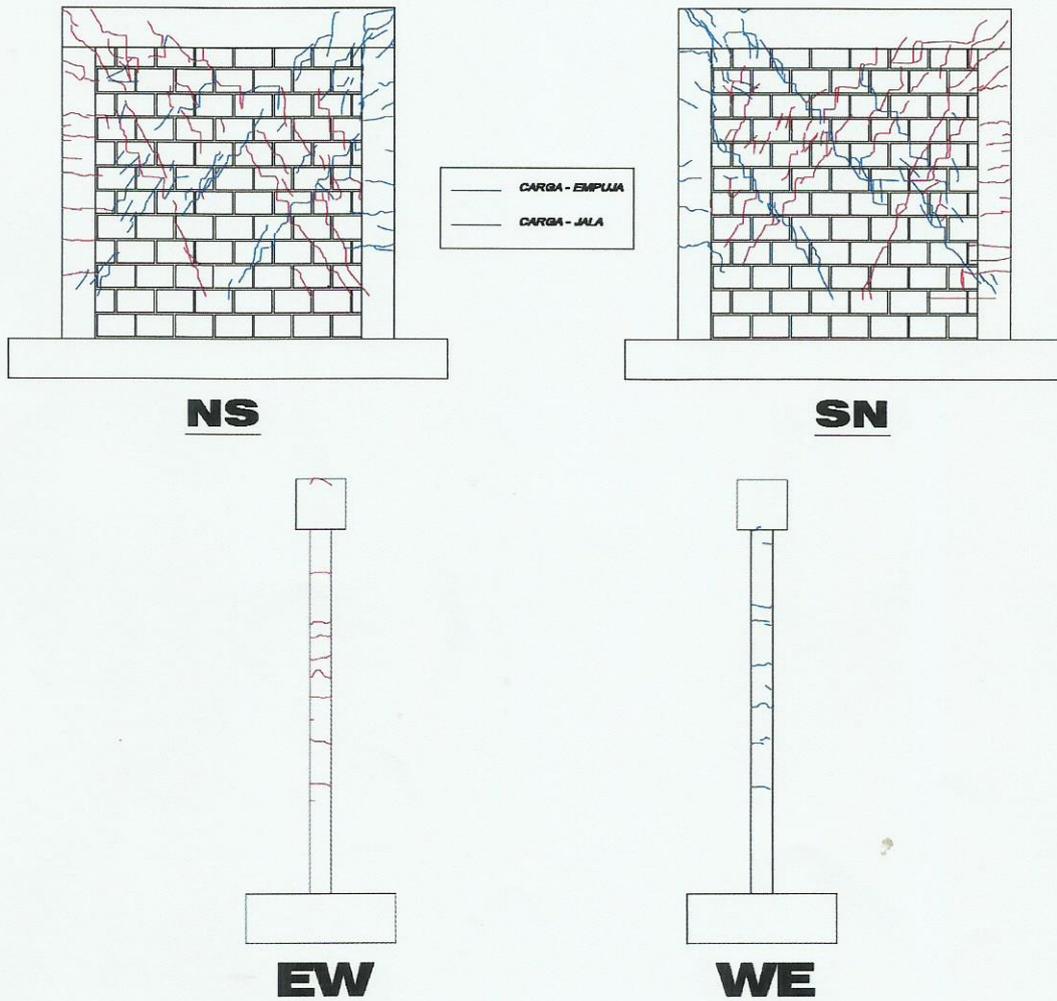


Carlos Alberto Zavala Toledo
CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31032



MBAT-02

DISTORSIÓN 1/200

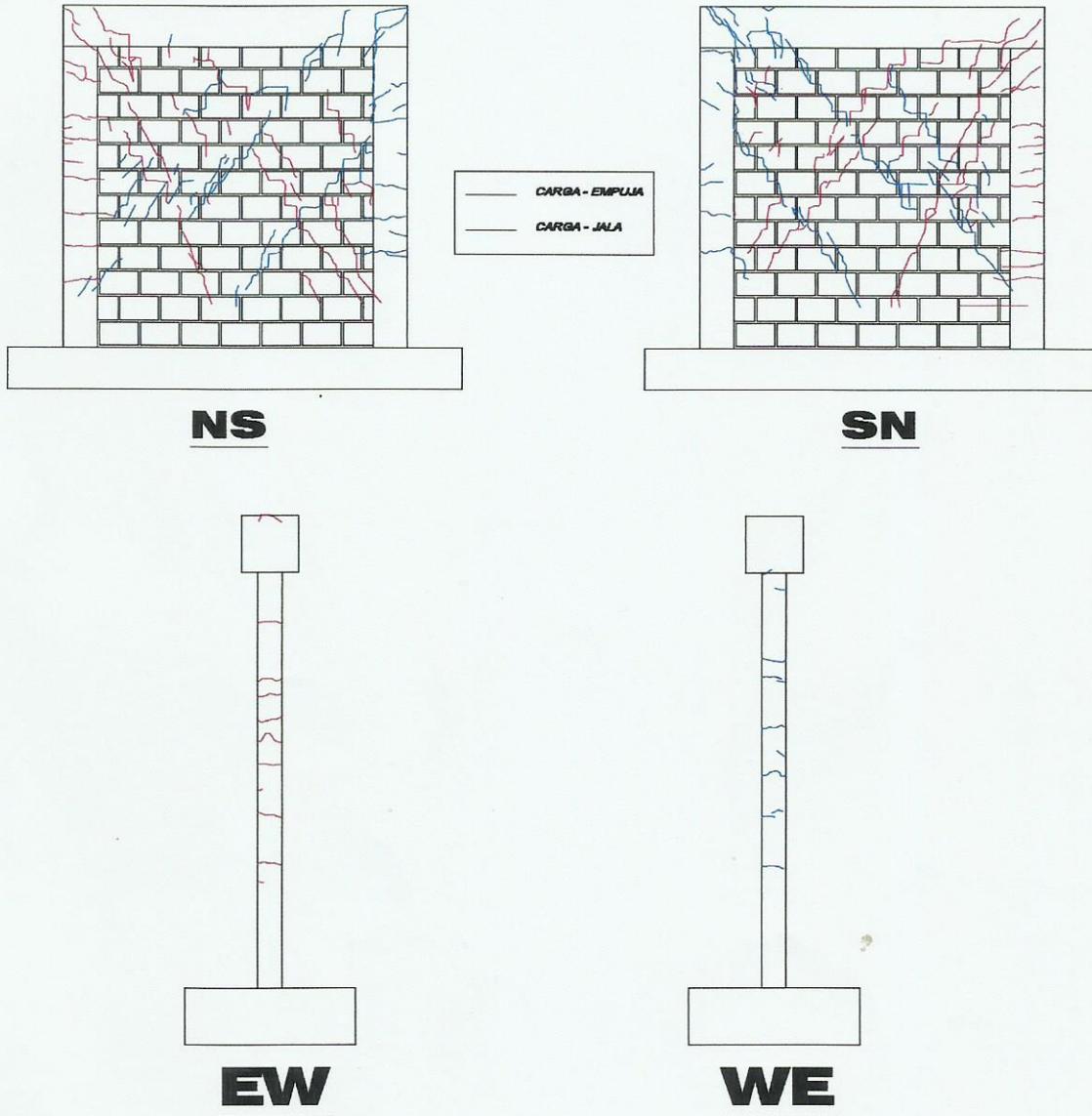


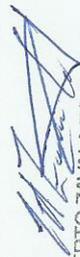

CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 31632





DISTORSIÓN 1/300

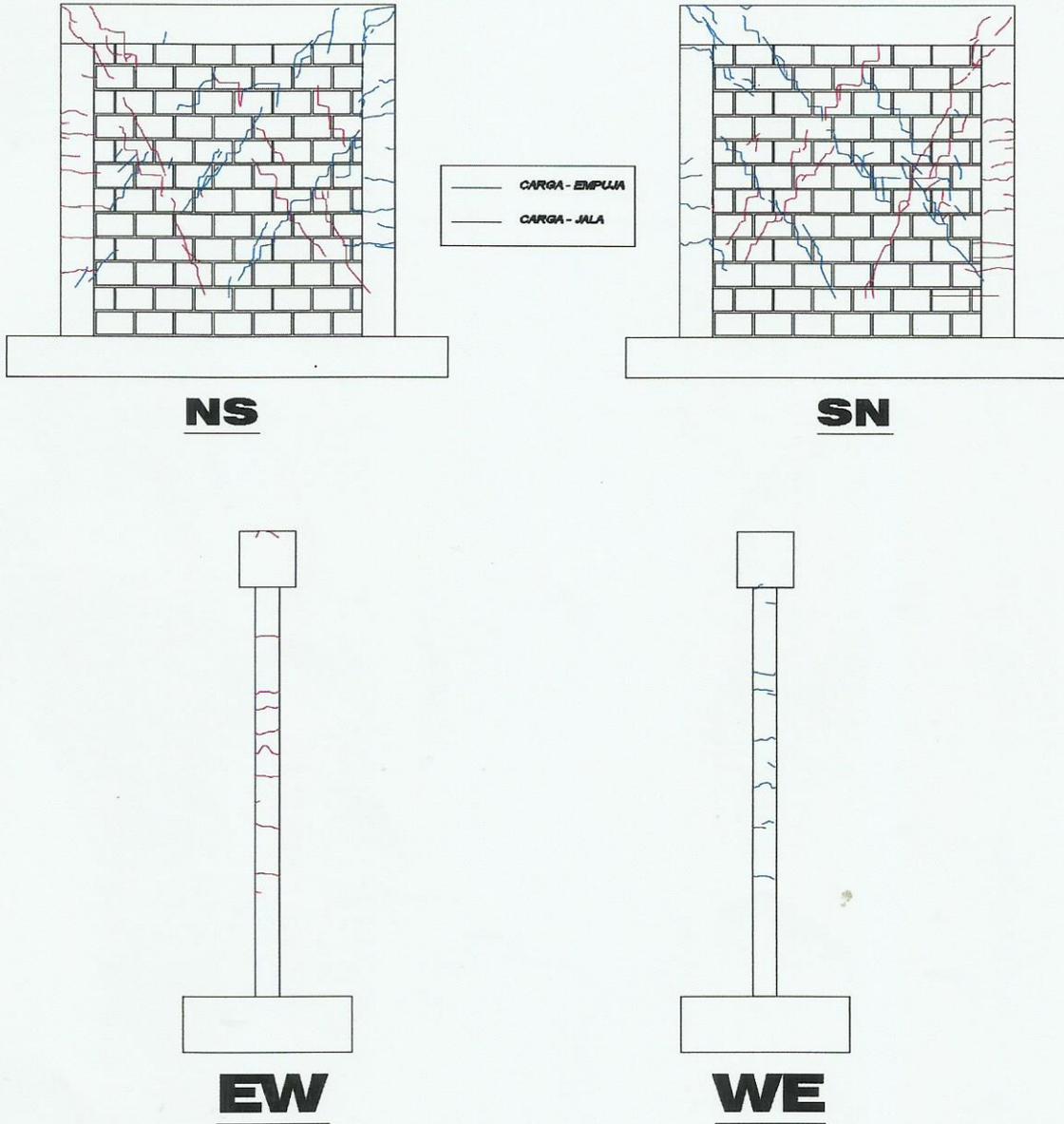



CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832





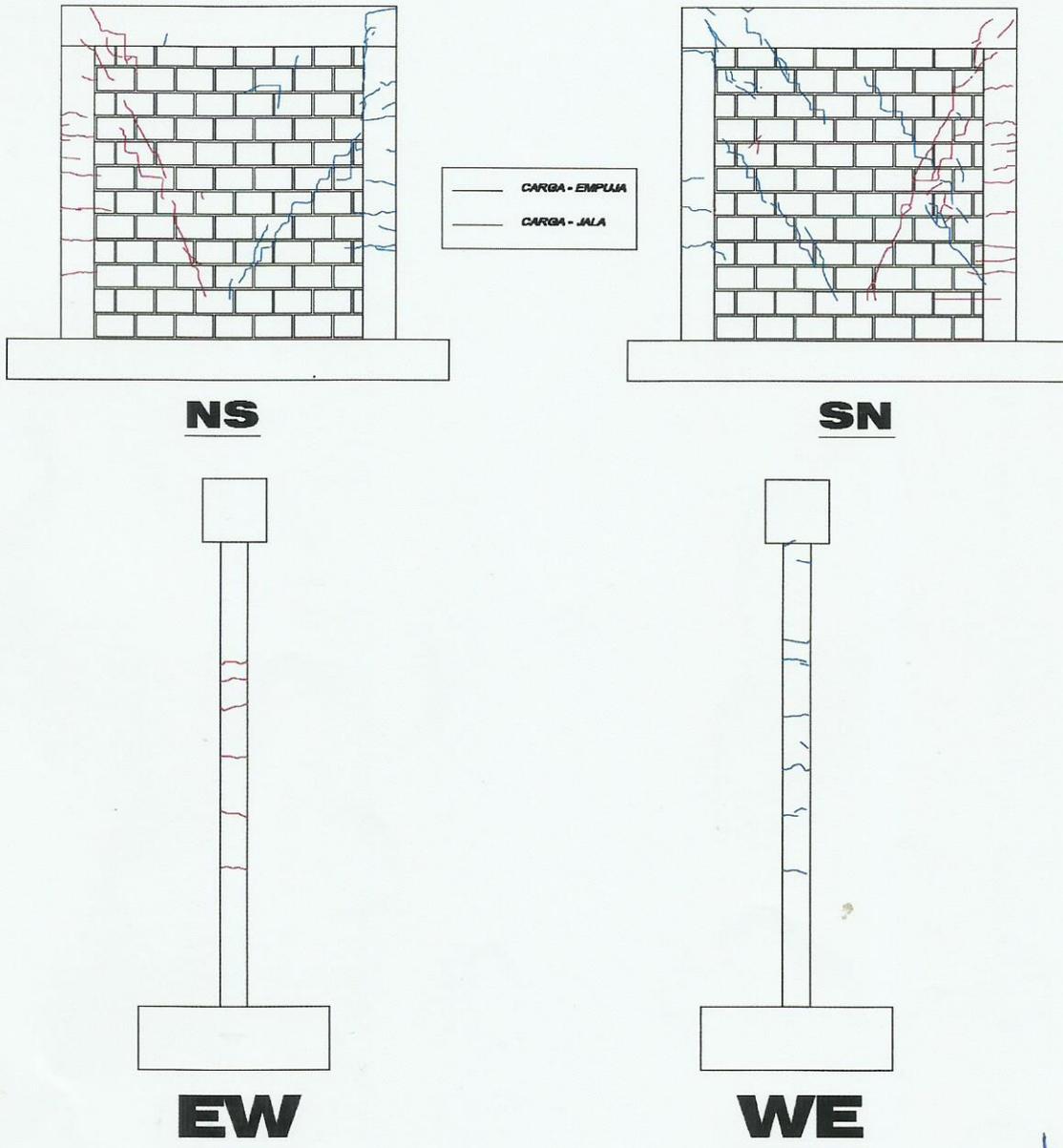
DISTORSIÓN 1/400

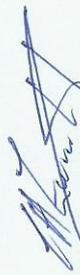


Carlos Alberto Zavala Toledo
CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 31832



DISTORSIÓN 1/550

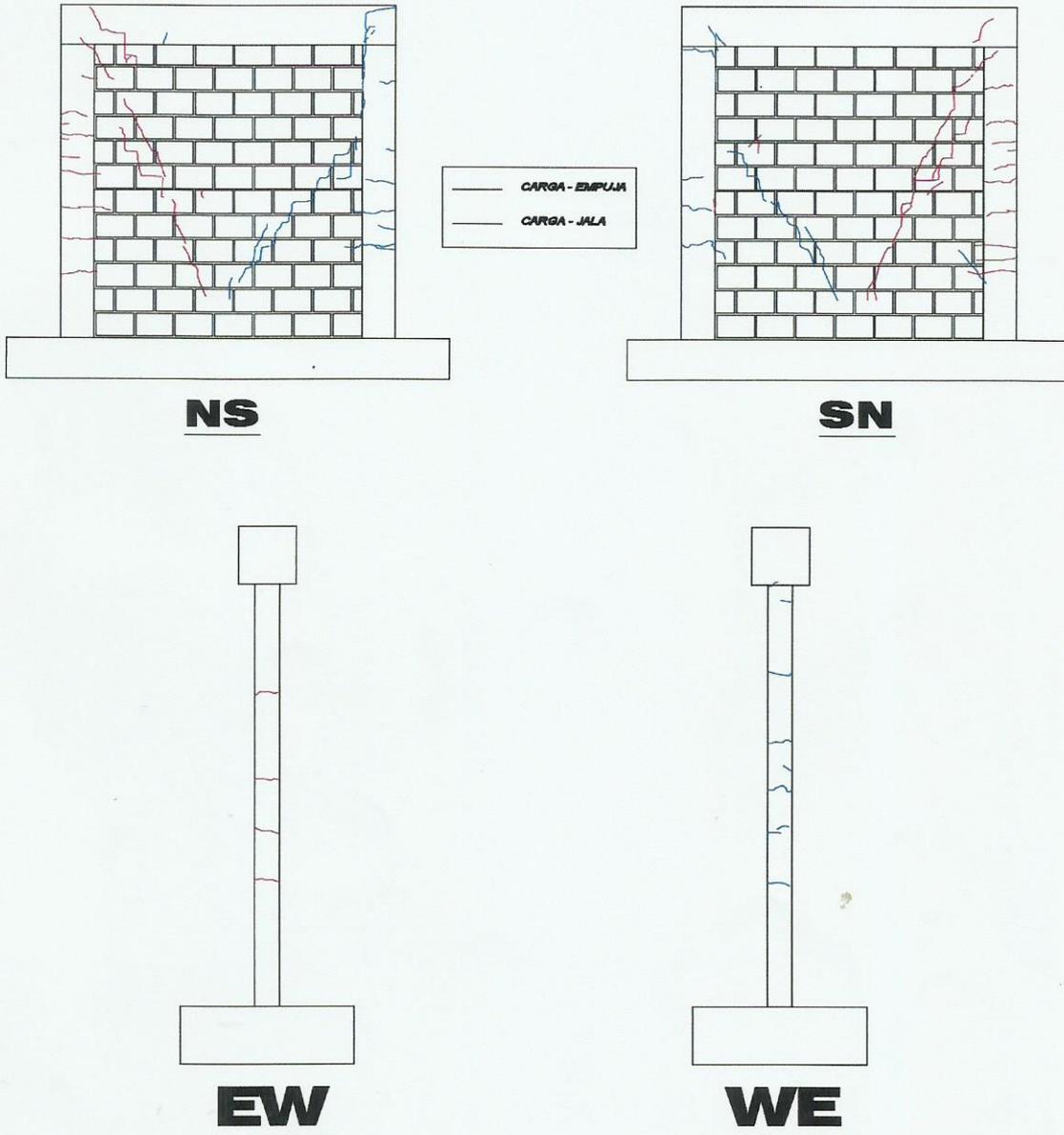


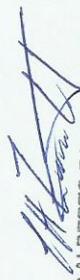

CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832





DISTORSIÓN 1/800




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



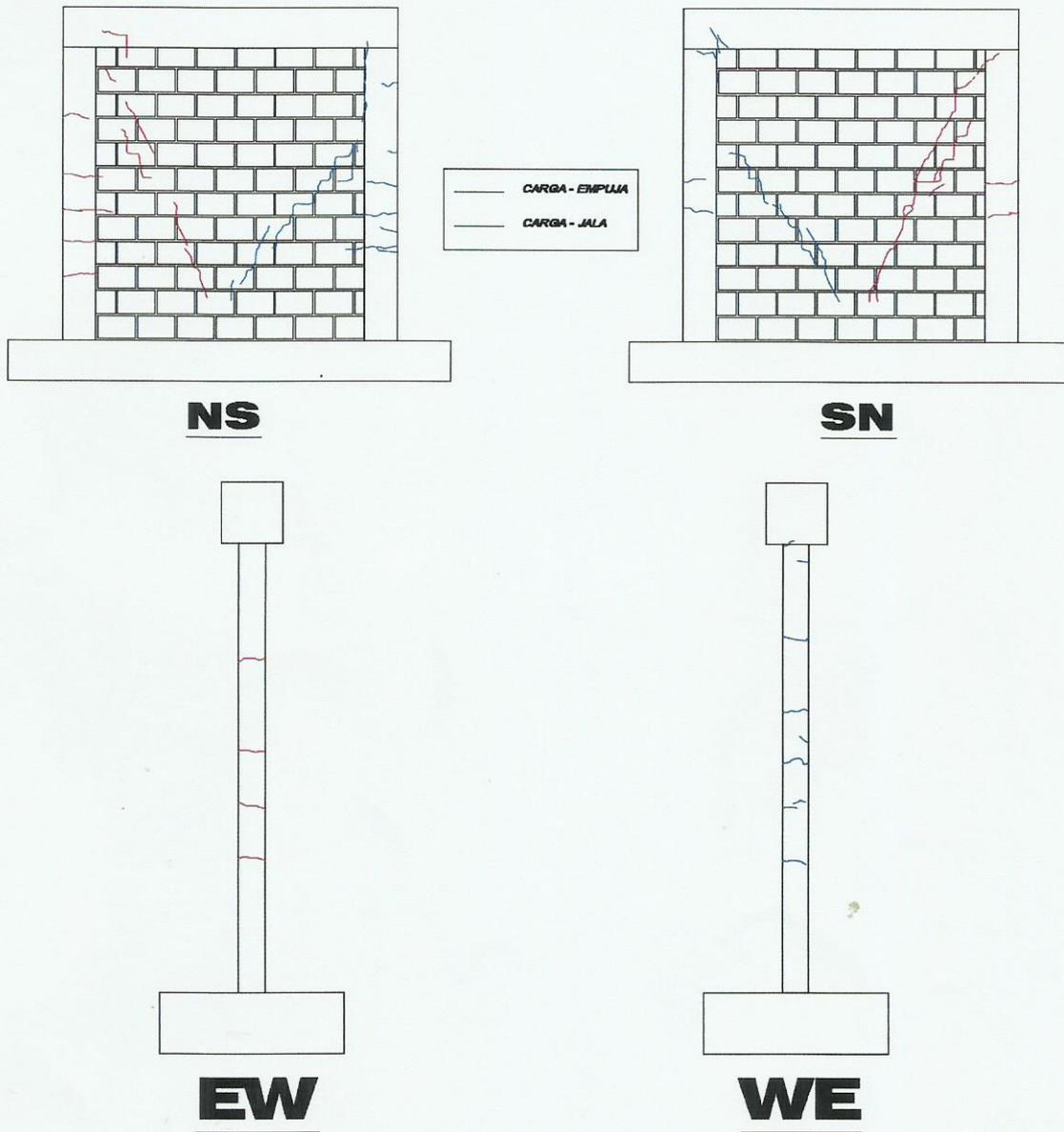


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



DISTORSIÓN 1/1100

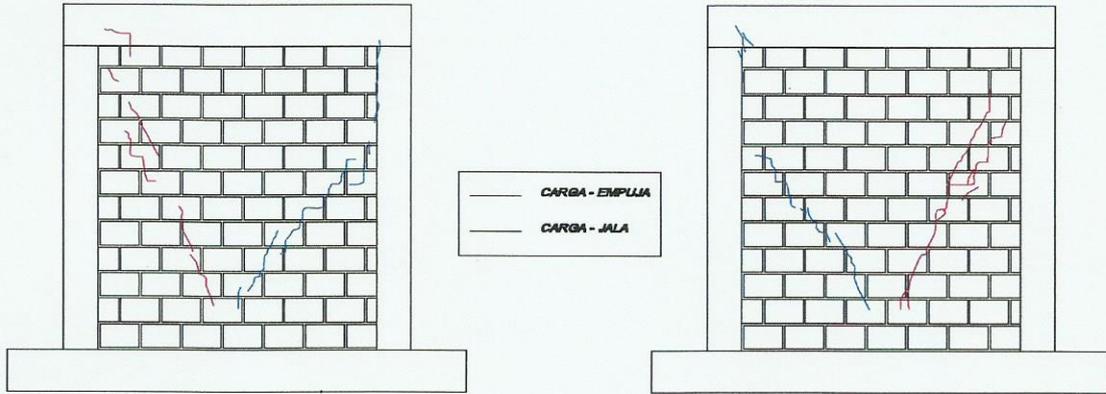



CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



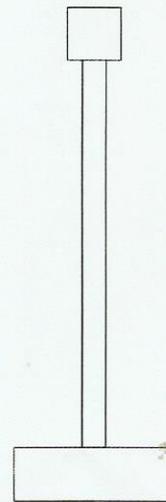
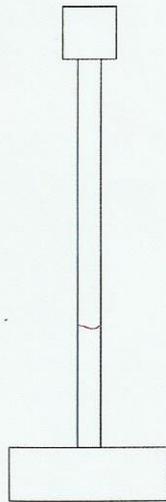


DISTORSIÓN 1/1500



NS

SN



E

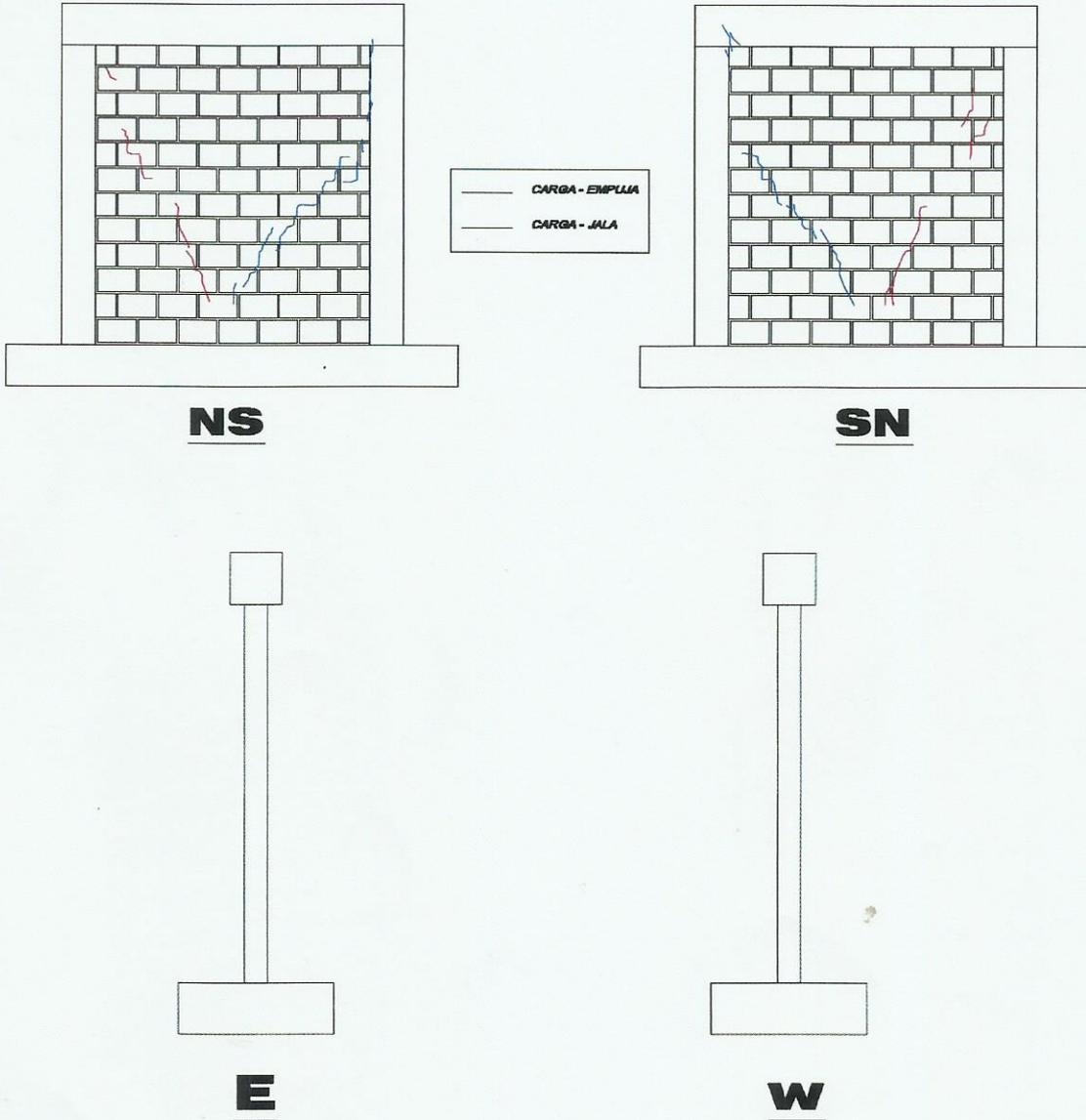
W


CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIPAN° 51832





DISTORSIÓN 1/2150




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



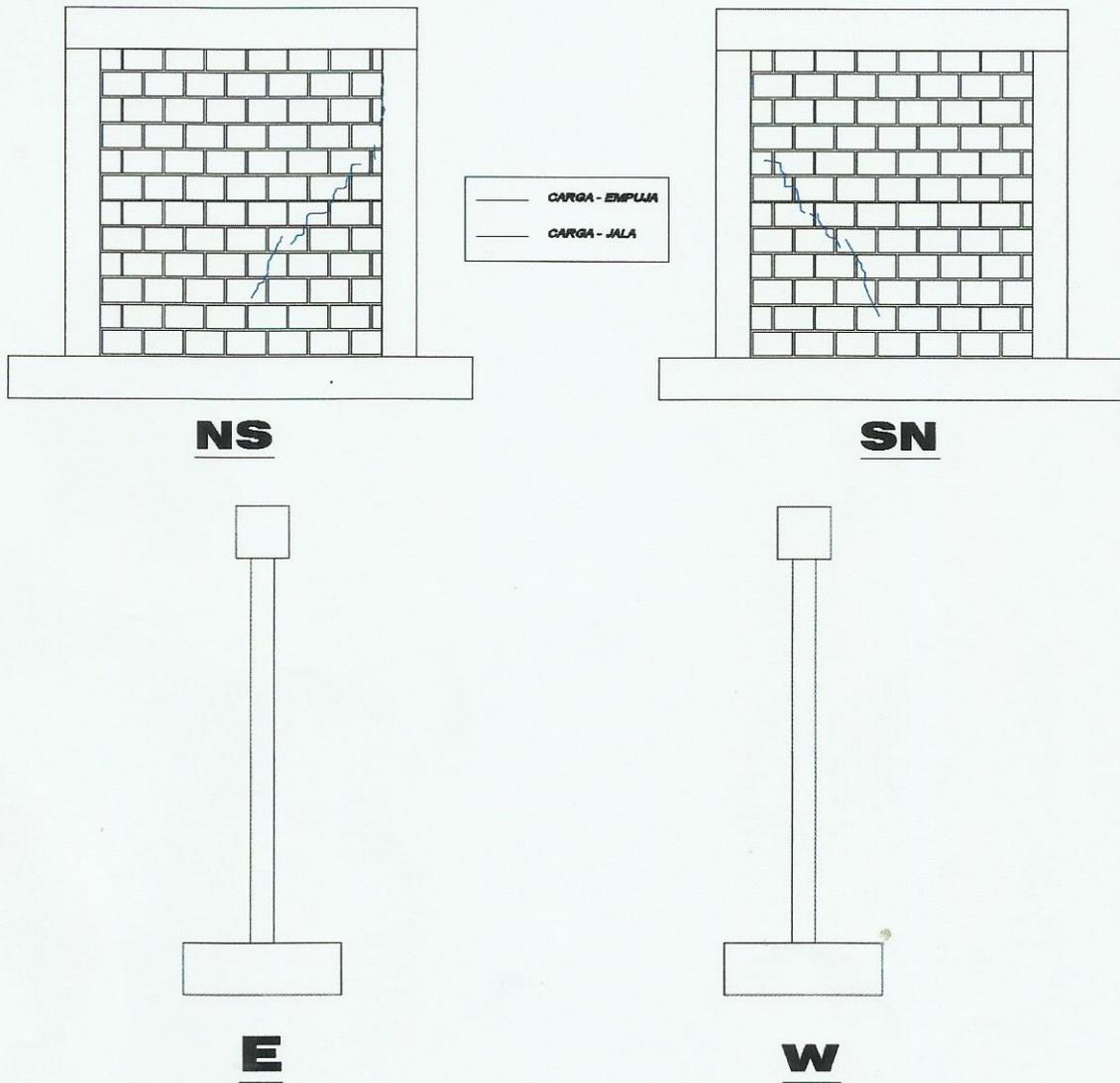


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



DISTORSIÓN 1/3000




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 31632

AV. TÚPAC AMARU N° 1150 – LIMA 25 – PERÚ – Apartado Postal 31-250 Lima 31

Telefax (51-1) 482-0790 Teléfonos: 482-0777 (301) 482-0790 (422)





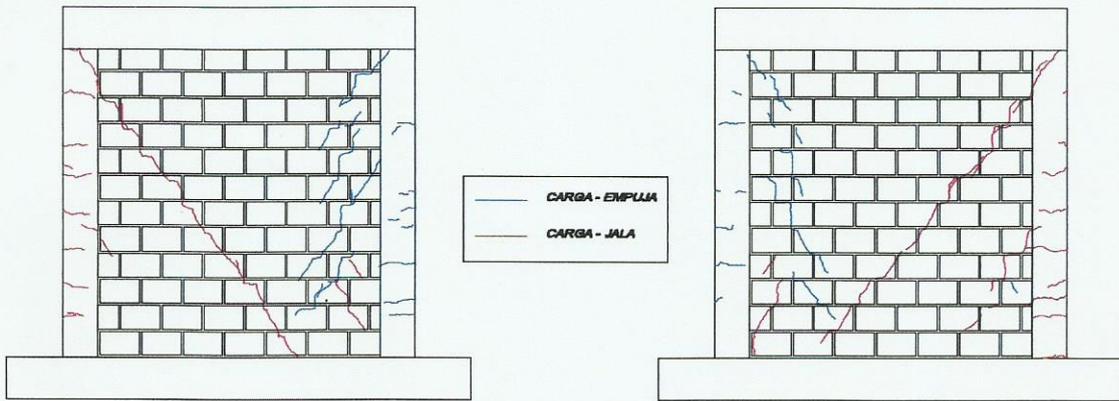
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



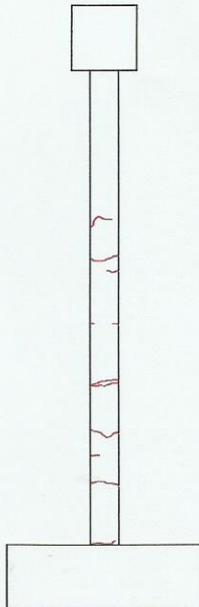
MBAT-03

DISTORSIÓN 1/550

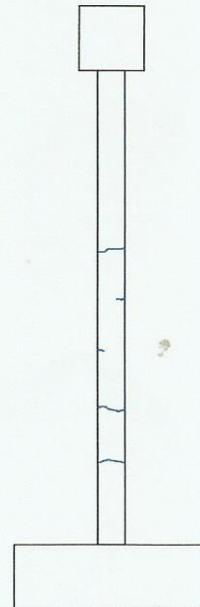


NS

SN



EW



WE


CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832



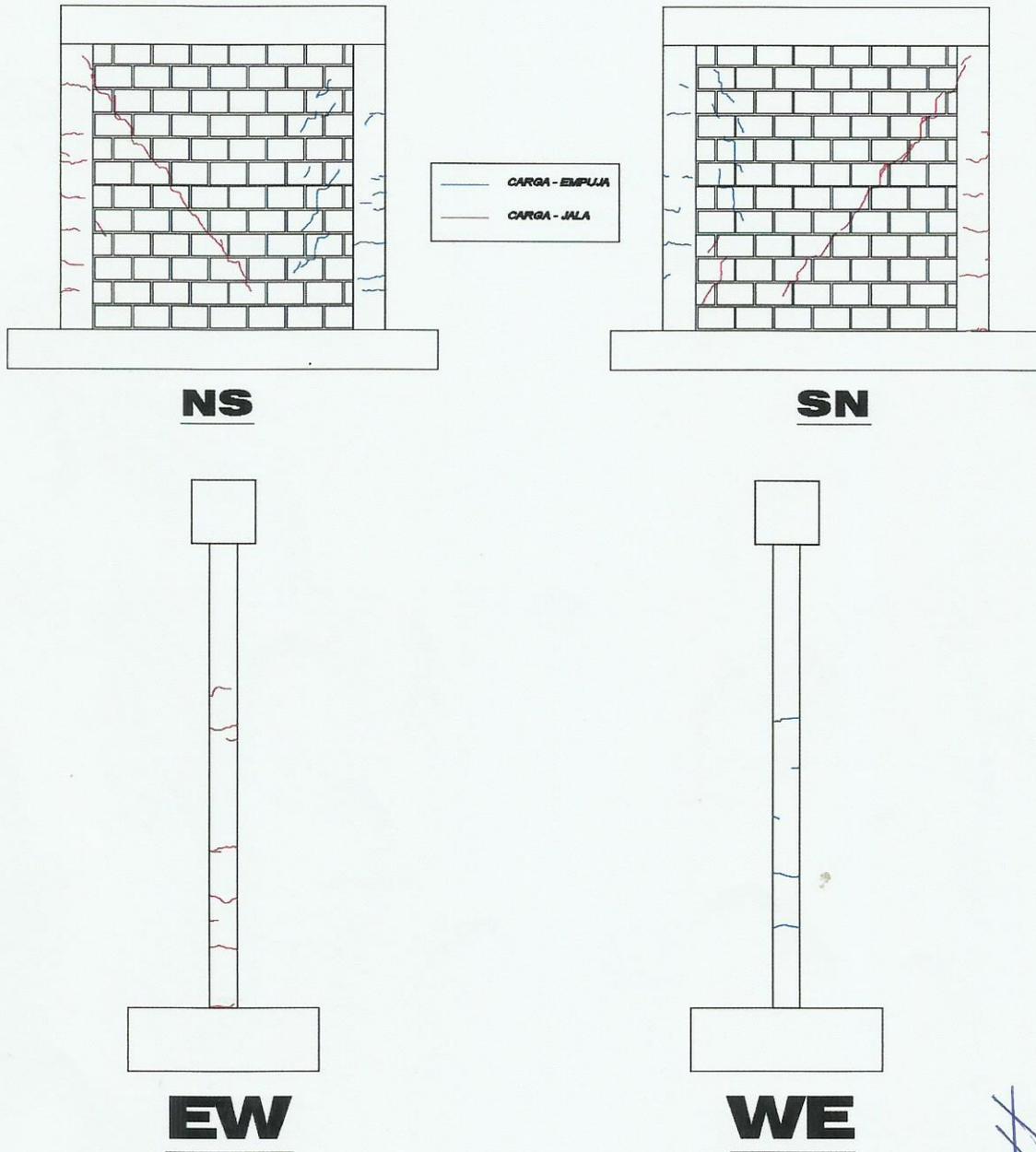


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

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



DISTORSIÓN 1/800

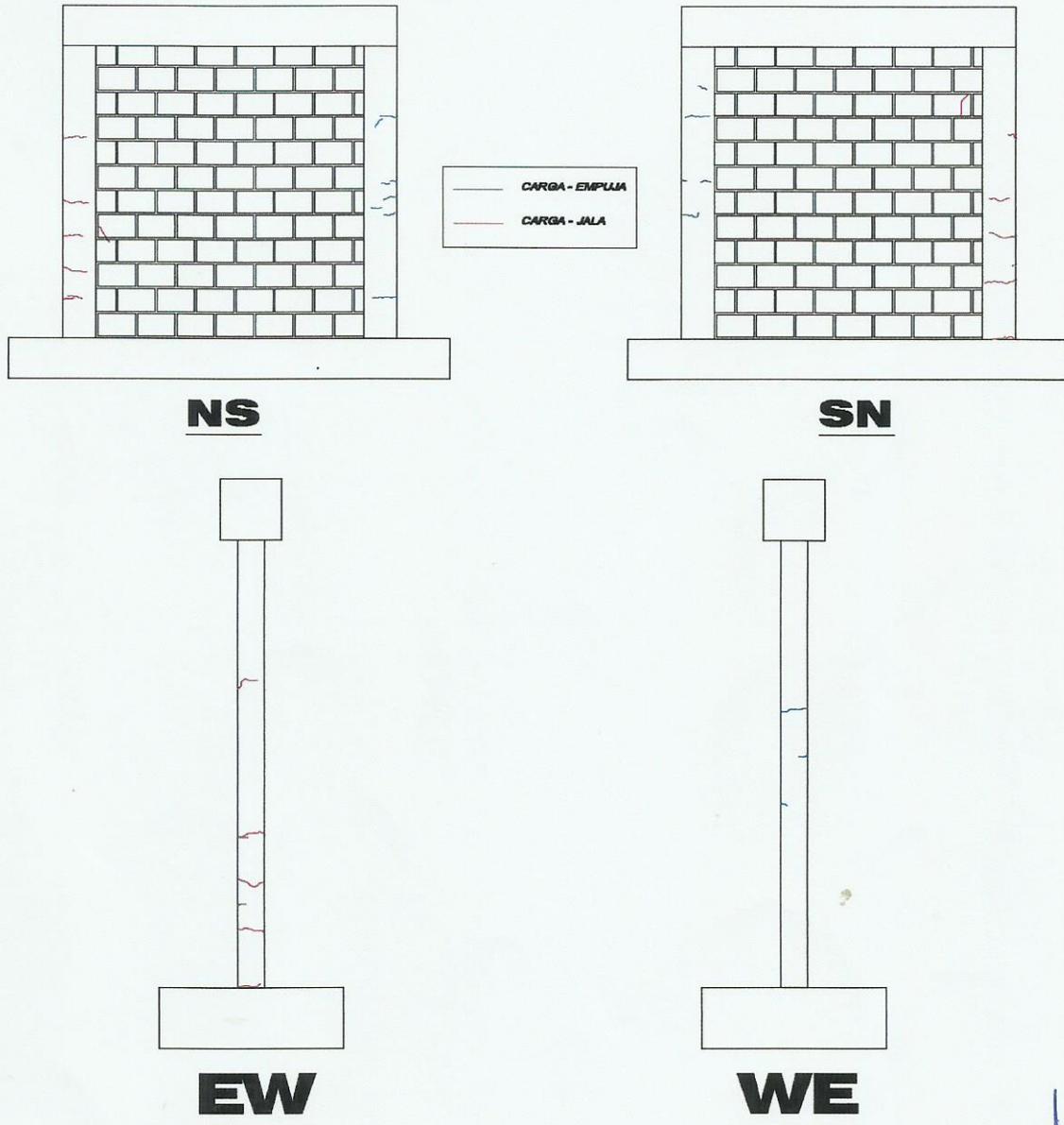



CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832





DISTORSIÓN 1/1100




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31682

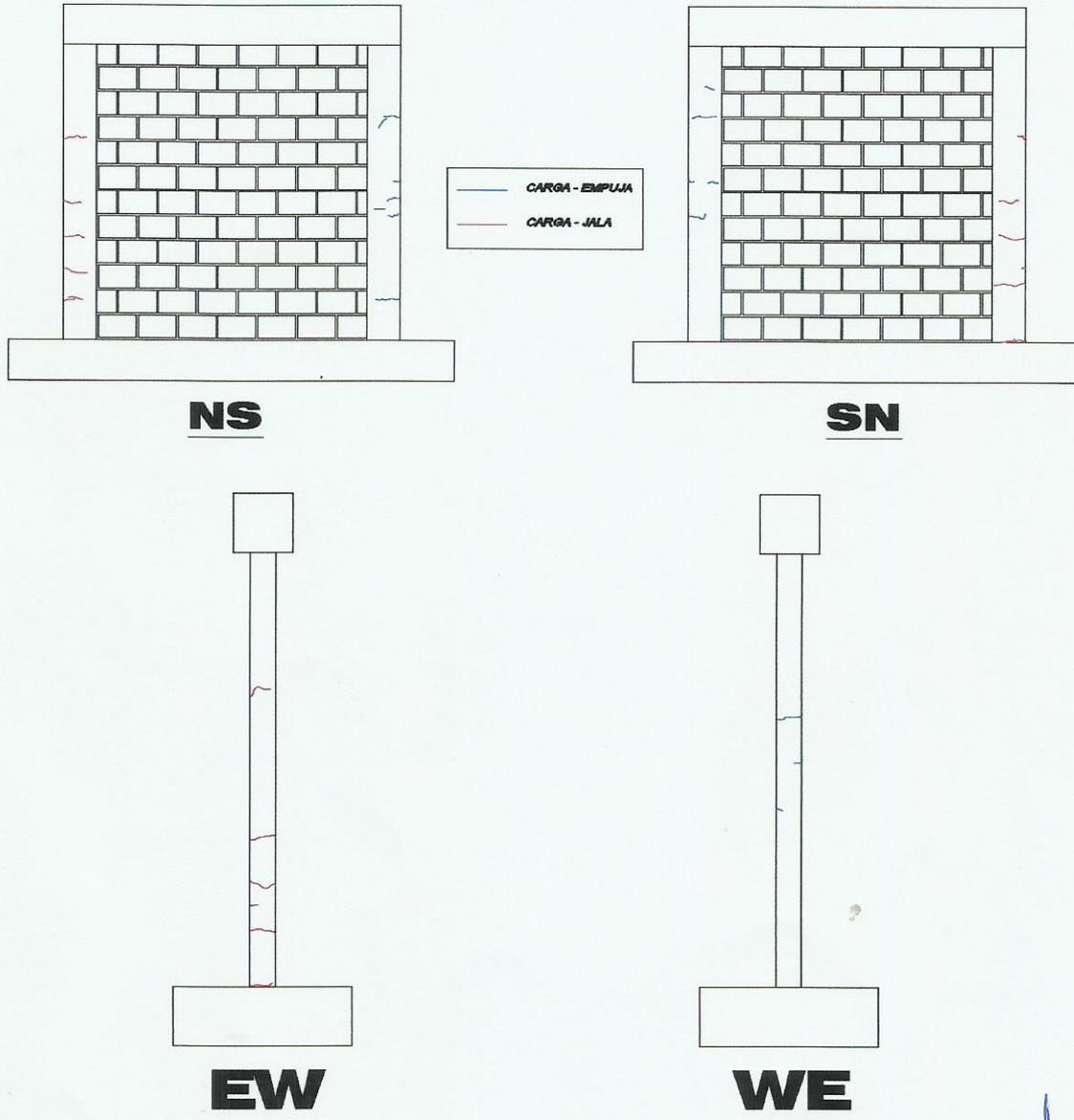




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



DISTORSIÓN 1/1500

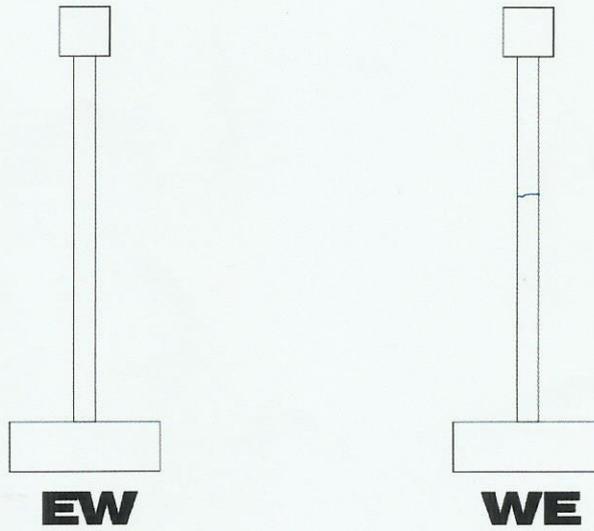
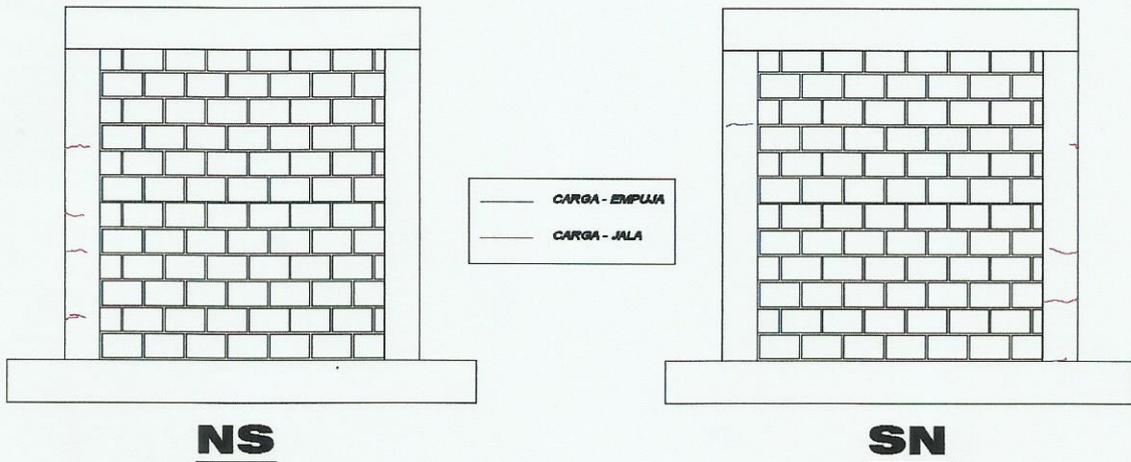



CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31632





DISTORSIÓN 1/2150




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 31832

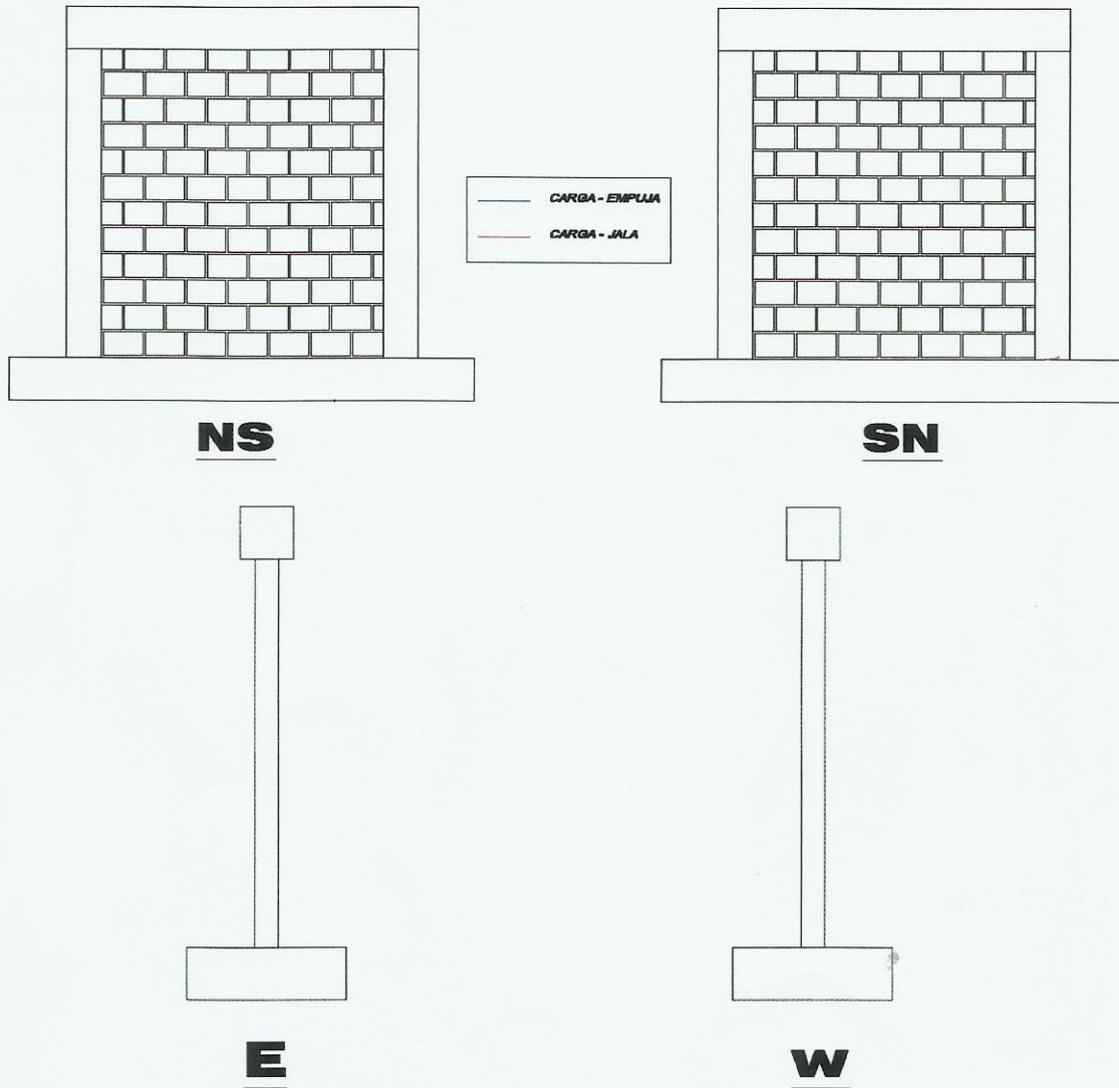




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES – CISMID



DISTORSIÓN 1/3000




CARLOS ALBERTO ZAVALA TOLEDO
INGENIERO CIVIL
R.O.U. CIP Nº 31832



ANEXOS N°03
PLANO DE VIVIENDA DE
DOS NIVELES

