

**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA:**

**COMPORTAMIENTO DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA,  
REFORZADAS CON FIBRA NATURAL Y ARTIFICIAL,  
SOMETIDAS A IMPACTO**

**AUTOR:**

**BADILLO VÉLEZ, EDWARD MANUEL**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**ING. YÉPEZ ROCA, LUIS OCTAVIO, MSC.**

**Guayaquil, Ecuador**

**4 de marzo del 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Badillo Vélez, Edward Manuel**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

### **TUTOR**

f. \_\_\_\_\_

**ING. YÉPEZ ROCA, LUIS OCTAVIO, MSC.**

### **DIRECTORA DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**ING. ALCÍVAR BASTIDAS, STEFANY ESTHER, MSC.**

**Guayaquil, a los 04 días del mes de marzo del año 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

## DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Badillo Vélez, Edward Manuel**

### DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Comportamiento de Paredes de Mampostería, Reforzadas con Fibra Natural y Artificial, Sometidas a Impacto** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 04 días del mes de marzo del año 2020**

### EL AUTOR

f. \_\_\_\_\_  
**Badillo Vélez, Edward Manuel**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Badillo Vélez, Edward Manuel**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Comportamiento de Paredes de Mampostería, Reforzadas con Fibra Natural y Artificial, Sometidas a Impacto**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 04 días del mes de marzo del año 2020**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_  
**Badillo Vélez, Edward Manuel**



# UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

[VOLVER A LA VISTA GENERAL DEL ANÁLISIS](#)



[CONFIGURACIÓN](#)

REMITENTE  
edwardbadi77@hotmail.com

ARCHIVO  
Badillo Edward FINAL editado - copia.pdf

SIMILITUD  
1 %

COINCIDENCIAS

FUENTES

DOCUMENTO COMPLETO

MOSTRAR EN EL TEXTO

Citas  Paréntesis  Diferencias detalladas de texto

I

FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:  
COMPORTAMIENTO DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA,  
REFORZADAS CON FIBRA NATURAL Y ARTIFICIAL,  
SOMETIDAS A IMPACTO

URKUND

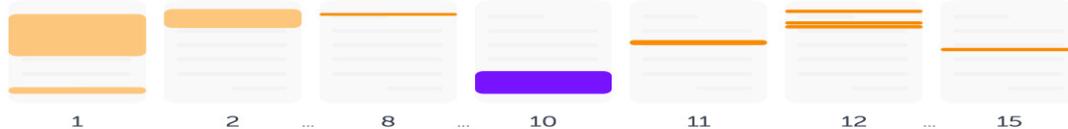
NUEVO URKUND

[CONFIGURACIÓN](#)

## VISTA GENERAL DEL ANÁLISIS



10 PÁGINAS DE UN TOTAL DE 18 CONTIENEN SIMILITUDES



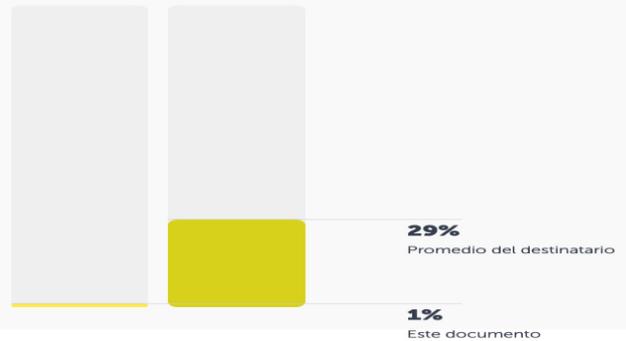
[VER TODAS LAS PÁGINAS](#)

### COINCIDENCIAS

- 6** **SIMILITUD DE TEXTO**  
Alta similitud de contenido
- 1** **ADVERTENCIAS**  
Uso inusual de caracteres

[VER DOCUMENTO COMPLETO](#)

### ÍNDICE DE SIMILITUD



Urkund sugiere fuentes primarias y alternativas. Es el usuario quien debe decidir qué fuente quiere incluir o excluir del informe.  
[SABER MÁS](#)

### DETALLES DEL ENVÍO

REMITENTE  
edwardbadi77@hotmail.com

ARCHIVO  
[Badillo Edward FINAL editado - copia.pdf](#)

FECHA DE ENVÍO (ECT)  
2020-03-03T16:00:00

NÚMERO DE ENVÍO  
64783061

PALABRAS  
9979



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## **AGRADECIMIENTO**

Somos lo que nuestros padres forjan en nosotros, cual un herrero forja sus metales a altas temperaturas y golpes precisos, que dan como resultado un trabajo terminado y de buena calidad y uso adecuado para lo cual fue formado.

Gracias a mis padres por acogerme en su núcleo familiar y darme la oportunidad de existir. Gracias madre mía por ser ese herrero que presencialmente y ahora desde tu morada eterna, has direccionado la forja en mí.

Gracias a mis hijos por ser la motivación diaria para luchar por mi progreso académico y posterior culminación de mi carrera universitaria.

Gracias Andrea, madre de mis hijos, por tu tiempo a mi lado y tu apoyo incondicional.

Gracias maestros de mi facultad, por aportar en mi formación profesional; a algunos de ellos y de manera personal, agradecerles por apostar por mí.

A mi PADRE CELESTIAL, mi agradecimiento eterno.

Edward Badillo Vélez

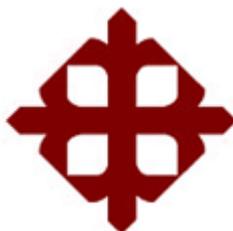


UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de grado a mi familia entera, quienes a mi lado sufrieron el desgaste y esfuerzo titánico de este trabajo.

Una persona, quien ya no me acompaña físicamente, pero si espiritualmente desde la eternidad, encabeza como abanderado este selecto grupo familiar, mi bella y abnegada madre, gracias Leonor Vélez.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

f. \_\_\_\_\_

**ING. LUIS OCTAVIO YÉPEZ ROCA MSC.**

TUTOR

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

**ING. STEFANY ESTHER ALCÍVAR BASTIDAS MSC.**

DIRECTORA DE CARRERA

f. \_\_\_\_\_

**ING. CLARA GLAS CEVALLOS MSC.**

COORDINADORA DEL ÁREA

f. \_\_\_\_\_

**ING. WALTER MERA ORTIZ PHD.**

OPONENTE



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## ÍNDICE

### CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	2
1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 PROBLEMA.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2 OBJETIVOS.....	5
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
2.3 HIPÓTESIS.....	6
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPITULO III.....	7
3 MARCO REFERENCIAL.....	7
3.1 COMPONENTES DE LOS ESPECÍMENES.....	7
3.1.1 Mortero.....	7
3.1.2 Agua.....	8
3.1.3 Cemento.....	8
3.1.4 Arena.....	8

3.1.5	Fibra Vegetal.....	8
3.1.6	Fibra Artificial . ....	8
3.1.7	Características técnicas. ....	8
3.1.8	Preparación del mortero. ....	9
3.2	CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO. ....	9
3.2.1	Trabajabilidad.....	9
3.2.2	Retención de Agua.....	9
3.2.3	Rata de endurecimiento. ....	10
3.2.4	Durabilidad.....	10
3.3	BLOQUES DE ARCILLA.....	10
3.3.1	Características. ....	10
3.4	MALLA DE FIBRAS NATURALES Y ARTIFICIALES.....	16
3.4.1	Malla de fibra de carbono. ....	16
3.4.2	Malla de fibra de bambú. ....	17
3.5	ELABORACIÓN DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA.....	18
3.5.1	Herramientas.....	18
3.5.2	Mano de obra. ....	18
CAPITULO IV .....		19
4	CONSTRUCCIÓN DE PANELES DE PRUEBA.....	19
4.1	DETALLE GENERAL.....	19
4.2	CARACTERISTICAS DE CADA PANEL DE PRUEBA.....	20
4.2.1	Construcción panel sin refuerzo. ....	20
4.2.2	Construcción panel con malla de fibra de carbono. ....	21

4.2.3	Construcción panel con malla de fibra de bambú. ....	22
4.2.4	Curado de los paneles. ....	23
4.3	USO DE LA NORMA MEXICANA: NMX-C-405-1997-ONNCCE. ....	25
4.4	ESPECIFICACIONES. ....	25
4.5	RESISTENCIA EN PRUEBAS A LA COMPRESION SIMPLE. ....	25
4.6	RESISTENCIA DEL MURO A CARGA LATERAL. ....	26
4.7	RESISTENCIA DEL MURO AL FUEGO. ....	26
4.8	RESISTENCIA DEL MURO AL IMPACTO. ....	26
4.9	RESISTENCIA PERPENDICULAR AL PLANO DE UNA CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA. ....	27
CAPÍTULO V .....		28
5	MARCO CONCEPTUAL DE FIBRAS. ....	28
5.1	MALLA DE FIBRAS. ....	28
CAPITULO VI .....		30
6	PARTE EXPERIMENTAL. ....	30
6.1	METODO DE PRUEBA. ....	30
6.2	PANELES ESTRUCTURALES TIPO I. ....	30
6.2.1	Resistencia al impacto. ....	30
6.2.2	Equipo y herramienta. ....	32
6.3	PREPARACIÓN Y ENSAYO. ....	32
6.3.1	Preparación. ....	32
6.3.2	Proceso del ensayo. ....	32
6.3.3	Panel sin refuerzo. ....	34

6.3.4	Panel reforzado con fibra de carbono.....	43
6.3.5	Panel reforzado con fibra de bambú.....	45
CAPÍTULO VII .....		50
7	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
CAPITULO VIII .....		53
8	PROPUESTA DE REFUERZO DE MAMPOSTERIA CON MALLA DE FIBRAS NATURALES Y ARTIFICIALES. ....	53
8.1	COSTO- BENEFICIO.....	53
CAPITULO IX .....		54
9	CONCLUSIONES.....	54
9.1	RECOMENDACIONES.....	54
CAPITULO X .....		55
10	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	55



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ensayo a compresión, laboratorio de estructuras, UCSG, Edward Badillo.....	12
Ilustración 2: Bloques de arcilla a ensayar, lab. De estructuras, UCSG, Edward Badillo.....	13
Ilustración 3: Ensayo del bloque a compresión, lab. De estructuras, UCSG, Edward Badillo.....	14
Ilustración 4: Falla a compresión del bloque, lab. de estructuras, UCSG, Edward Badillo.....	15
Ilustración 5: Malla de fibra de carbono, UCSG, Edward Badillo.....	16
Ilustración 6: Caña guadúa, fibra de bambú, Edward Badillo .....	17
Ilustración 7: Dimensiones del espécimen, Edward Badillo.....	19
Ilustración 8: panel mampostería sin refuerzo, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo.....	21
Ilustración 9: panel mampostería con refuerzo de malla de fibra de carbono, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo. ....	22
Ilustración 10: panel mampostería reforzado con fibra de bambú, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo.....	23
Ilustración 11: Curado del hormigón, laboratorio de Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020 .....	24
Ilustración 12: Toma de información de la prueba de impacto, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	31

Ilustración 13: panel mampostería sin enlucir, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	33
Ilustración 14: panel mampostería terminado, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	33
Ilustración 15: Perfil metálico tipo U125x50x25x3, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	34
Ilustración 16: Ajuste de medidas del pórtico, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	35
Ilustración 17: panel mampostería ajustado para la prueba de impacto, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	36
Ilustración 18: Puntales metálicos, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020 .....	37
Ilustración 19: Sensor electrónico LVDT, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	38
Ilustración 20: Consola electrónica que procesa los impulsos, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	39
Ilustración 21: Instalación de masa de impacto, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	40
Ilustración 22: Ensayo de impacto en panel sin refuerzo, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	41
Ilustración 23: Toma de información, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020 .....	42
Ilustración 24: panel mampostería reforzado con fibras de carbono, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	43
Ilustración 25: Consola para medir desplazamientos, laboratorio de Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	44

Ilustración 26: Panel reforzado con fibra de bambú, laboratorio de Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	46
Ilustración 27: Masa de 50 kg, laboratorio de Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020.....	48
Ilustración 28: Resultados de las pruebas de impacto, Edward Badillo, UCSG, 2020 .....	51



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## RESUMEN

Ante la necesidad de mejorar las condiciones de resistencia de las paredes de mampostería, tomando en cuenta que, en los eventos telúricos recientes, han demostrado su fragilidad por su falta de elasticidad, se propone obtener repuestas de especímenes reforzados con fibras naturales y también artificiales. La intención es encontrar alternativas seguras en las edificaciones para mejorar las condiciones de vida humana, así como de la misma construcción.

En este estudio de investigación, se ha intentado con éxito, ensayar especímenes propuestos, cuyas construcciones están reforzadas con fibras naturales en un caso, y fibras artificiales en otro.

Los ensayos a estos especímenes, nos han dado datos, a través de la prueba de impacto, y registrados valores numéricos por medio de un transductor de desplazamiento, información que nos ha permitido tabular dato interesante para proponer como alternativa segura de construcción de paredes hechas con mampostería reforzada.

Los resultados obtenidos de los ensayos, nos permiten concluir que las edificaciones modernas deben ser construidas, reforzadas con fibras, ya sean naturales o artificiales, en sus elementos no estructurales, como son las paredes de mampostería.

***Palabras Claves:*** Mampostería, Mortero, Fibra, Carbono, Bambú, Impacto, Especimen.



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

## ABSTRACT

Given the need to improve the conditions of resistance of the masonry walls, considering that, in recent telluric events, they have demonstrated their fragility due to their lack of elasticity, it is proposed to obtain responses of specimens reinforced with natural and also artificial fibers. The intention is to find safe alternatives in buildings to improve the conditions of human life, as well as the construction itself. In this research study, successful attempts have been made to test proposed specimens, whose constructions are reinforced with natural fibers in one case, and artificial fibers in another.

The tests on these specimens have given us data, through the impact test, and recorded numerical values by means of a displacement meter; information that has allowed us to tabulate interesting data to propose as a safe alternative for building walls made of reinforced masonry.

The results obtained from the tests allow us to conclude that modern buildings must be constructed, and reinforced with fibers, whether natural or artificial, in their non-structural elements, such as brickwork walls.

***Key Words:*** *Masonry Unit, Mortar, Fiber, Carbon, Bamboo, Impact, Specimen.*

# CAPÍTULO I

## 1 INTRODUCCIÓN.

La presente propuesta y desarrollo de investigación para trabajo de grado, trata sobre el comportamiento de las paredes ante efectos de mamposterías reforzadas con fibras naturales como bambú y artificiales como la fibra de carbono, sometidas a impactos.

El desarrollo de la mampostería reforzada en el Ecuador, es muy poco recurrente, tomando en cuenta la poca resistencia de sus materiales y que, además, tienen deficiencias de costos y calidad endosadas a la sociedad.

Para esto este estudio y desarrollo de investigación, se proponen los siguientes materiales que a continuación como una descripción de los materiales necesarios para realizar el proyecto en mención, como son:

### DESCRIPCIÓN

- Arena corriente de río.
- Mampostería de arcilla (0.10X0.20X0.41).
- Cemento portland tipo GU.
- Agua potable.
- Fibra Artificial (Fibra de carbono).
- Fibra Natural (bambú / caña guadúa).
- Perfil metálico (U125X50X3).
- Materiales de soldadura.
- Amarras de nylon
- Alambre
- Saco de cuero
- Municiones de plomo
- Deformímetro
- Herramientas varias.

## **1.1 ANTECEDENTES.**

En Guayaquil, los trabajos con mampostería reforzadas, no se aplican de manera normal o regular, o son muy poco implementadas por los constructores debido al poco conocimiento sobre estos y los costos de operación y materiales.

La falta de estudio y difusión de otras opciones para mejorar el comportamiento de la mampostería, la falta de normas técnicas que establezcan la necesidad de usar refuerzos en los morteros durante las construcciones de paredes de bloque, son detalles que se deben considerar a futuro inmediato como alternativa válida y necesaria en nuestro medio de alto riesgo sísmico.

Consideración muy importante a tomar en cuenta, “las normas ecuatorianas de diseño sismo-resistente de edificios están basadas en los códigos de Estados Unidos, y para esto, la norma NEC-2011 sigue el ASCE/SEI 7-10, además, el ACI-318/11.

Sin embargo, según Barros, catedrático universitario, en algunas exigencias y detalles puntuales existen diferencias importantes” (Barros, 2016).

Ante los acontecimientos sísmicos últimos acaecidos en la región costa y el país entero, el sector de la construcción se ve en la necesidad de mejorar las características sismo resistentes de las edificaciones y construcciones que alberguen vidas humanas y que tengan un gado de importancia de uno.

Es así que se tienen resultados de los diferentes estudios que se hacen para disminuir los problemas de falta de edificación con condiciones sismorresistentes. Los materiales de mampostería, no pueden ser exentos de ello; y ante ese evento, se analiza la manera de mejorar su comportamiento reforzando la mampostería con diferentes materiales que perduran y son amigables con el ambiente.

## **1.2 PROBLEMA.**

Los materiales de ingeniería son los elementos básicos e importantes en la construcción debido al papel que juegan en la edificación misma y por la relación costo y beneficio; es como dice Ashby “ los materiales de ingeniería son importantes para generar beneficios prácticos y ambientales” (Ashby et al., 2008).

Desde esta óptica, se debe coordinar medidas urgentes y rápidas de tal manera que puedan ser asentadas como norma legal.

El control de calidad de los materiales de ingeniería es otro detalle a seguir y regular, en vista del rol de confort y vida que desempeñan en la sociedad actual.

Los elementos que no cumplen las normas mínimas de calidad, se transforman en un riesgo permanente, tomando en cuenta el detalle de la zona de alto riesgo sísmico en la que se asienta la ciudad de Guayaquil de manera particular y la región costera de manera general.

Se han perdido vidas humanas, cuantiosas pérdidas materiales, dejando a su paso tragedia, desolación y necesidades inmediatas de vivienda, salud y alimentación.

Todo esto se podría prevenir, si se hace conciencia del tremendo peligro que corren las personas al habitar vivienda o edificaciones sin la más mínima condición de seguridad constructiva.

El país avanza, si las tragedias últimas son tomadas en cuenta y se analizan a través de los organismos pertinentes, los correctivos necesarios, considerando como un laboratorio de macro pruebas, los sismos últimos y de esta manera en base a estudios, obtener respuestas y dar resultados que corrijan la forma tradicional de construir sin control y sin alternativas normadas, que tengan características sismo resistentes, y que sean aplicadas con carácter de obligatoriedad.

Todo es posible, si se hace conciencia y se tiene la voluntad de mejorar.

## **CAPÍTULO II**

### **2 OBJETIVOS.**

#### **2.1 OBJETIVO GENERAL.**

Determinar a través de la prueba de impacto, las deformaciones máximas de especímenes de prueba. Esto nos ayudara a determinar la resistencia de la mampostería ante movimientos sísmicos, comparando los especímenes de mampostería tradicionales, con paneles reforzados con fibras naturales que en este caso es la fibra de bambú y fibras artificiales, que para este caso es la fibra de carbono.

#### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Obtener resultados favorables para la construcción en Ecuador, al someter el espécimen reforzado con fibras naturales y artificiales, como las de bambú y carbono a ensayos de deformación por impacto.

En este estudio comparativo de prueba de impacto entre tres tipos de construcciones de mamposterías, se ha tomado como referencia y guía técnica, la aplicación de la Norma Mexicana NMX-C-405-1997-ONNCCE

Esta norma clasifica a los especímenes según su uso estructural como techos, entrepisos y lo que nos compete que son los muros. Los paneles TIPO I, solo son para uso de muro, objeto de este estudio; y paneles TIPO II, entrepisos y techos.

Los resultados se compararían con las pruebas que se hagan en especímenes de mampostería y construcción normal y tradicional.

Los ensayos de impacto se harán a cada espécimen en características idénticas en cuanto a su geometría y aplicación del impacto, más diferentes en su construcción de refuerzo.

### **2.3 HIPÓTESIS.**

La mampostería con fibras de bambú y carbono, poseen mayor ductilidad, por lo tanto, se comportan mecánicamente mejor ante eventos sísmicos comparado con mampostería sin refuerzo.

Esto mejorará la construcción local.

### **2.4 JUSTIFICACIÓN.**

Los eventos sísmicos siempre dejan una enseñanza, desde esa óptica, es sumamente necesario encontrar alternativas que suplan las deficiencias constructivas actuales y que queda en evidencia luego de un evento telúrico, como los vividos últimamente en el país.

## **CAPITULO III**

### **3 MARCO REFERENCIAL.**

#### **3.1 COMPONENTES DE LOS ESPECÍMENES.**

##### **3.1.1 Mortero.**

Masa blanda y pastosa en estado sólido, que obtenemos de mezclar dosificadamente, agua, cemento portland y arena.

Sirve de aglomerante para pegar los diferentes elementos que conforman la mampostería, aplicándola entre las uniones o juntas (verticales y horizontales).

También sirve para dar acabado arquitectónico a las fachadas y mamposterías en general.

Esta masa debe ser de consistencia plástica de tal manera que pueda ser manejable y moldeable durante el proceso constructivo al momento de su aplicación.

Una de las funciones principales es la de dar acabado a los elementos constructivos, de esta manera mejora su arquitectura.

También se debe incluir entre las funciones del mortero, la protección de los elementos construidos ante el intemperismo.

El mortero colabora en la resistencia a los diferentes esfuerzos, que soportan los elementos construidos donde son aplicados.

### **3.1.2 Agua.**

Fluido natural, libre de sustancias que puedan alterar el correcto fraguado de la masa de mortero, durante el proceso constructivo, y especialmente durante la vida útil de la construcción.

La cantidad del líquido a usar es muy importante, debido a la resistencia de los elementos.

### **3.1.3 Cemento.**

El mortero será elaborado entre sus componentes, con cemento Portland Tipo GU, usado regularmente en las construcciones tradicionales de nuestro país.

En sus diferentes presentaciones, siempre lo encontraremos con un peso de 50 kg.

### **3.1.4 Arena.**

Agregado elaborado por la trituración de la roca, a través de un proceso mecánico. También se la puede obtener de los ríos.

### **3.1.5 Malla de fibra natural.**

Para esta investigación, se usará como fibra natural, mallas elaboradas con tiras delgadas de bambú.

### **3.1.6 Malla de fibra Artificial.**

Se usará malla de fibra elaborada artificialmente en base al carbono.

### **3.1.7 Características técnicas.**

- Resistencia del mortero común después de 25 días es 6.2 N/mm<sup>2</sup> aproximadamente.
- Resistencia del mortero con fibras, y sometidos a esfuerzos de compresión luego de 25 días es de 600 N/cm<sup>2</sup>.
- Se usará agua en una cantidad promedio de 7.5 lt para 50kg de cemento portland.

### **3.1.8 Elaboración del mortero.**

El mortero debe elaborarse siguiendo una dosificación adecuada, que garantice los índices de calidad y resistencia requerida.

Por laboratorio, se elabora la dosificación en base a una resistencia requerida, la misma que debe cumplir las características de manejabilidad para ser moldeada sin que esto signifique la disminución de la resistencia.

Para la elaboración del mortero, consideremos lo siguiente:

- La humedad de los materiales del mortero como la arena, debe tener un contenido de humedad ( $W_s$ ) bajo, lo que garantizaría la resistencia requerida para la pasta de mortero a emplearse.
- La masa de mortero debe cumplir la dosificación requerida.
- La arena debe ser limpia de impurezas que afecte su buen comportamiento mecánico.

## **3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MASA DE MORTERO.**

### **3.2.1 Su trabajabilidad.**

Para que el mortero pueda ser aplicado en obra y cumpla su objetivo, debe estar dosificado de tal manera que se pueda moldear.

Dicha característica es de suma importancia durante el proceso de construcción de los diferentes elementos y partes a construir y que necesariamente requieren un mortero en su conformación y estructura.

### **3.2.2 Conservación del contenido de humedad.**

Característica que permite al mortero conservar y/o retener el agua de amasado, teniendo una lenta deshidratación del mismo. La pérdida de humedad temprana, provocaría contracciones que dan lugar a fisuras en la superficie del espécimen.

### **3.2.3 Factor de endurecimiento.**

Tiene que ver con el periodo de tiempo dado cuando inicial el fraguado y la finalización de este. El periodo de tiempo del fraguado oscila entre 35min. Mínimo a 7 horas.

### **3.2.4 Su durabilidad.**

Característica que debe cumplir la masa de mortero, para ser resistente al ser expuestos a la intemperie y demás situaciones de exigencia mecánica.

## **3.3 BLOQUES DE ARCILLA.**

Elemento de mampostería elaborada con tierra arcillosa rojiza y cocida a altas temperaturas, con geometría en forma de paralelepípedo.

Es común verlas en las construcciones civiles, conformando diferentes elemento estructurales y no estructurales como losas de entrepiso y paredes.

### **3.3.1 Características de los bloques de arcilla.**

Las normas INEN 643, INEN 639, INEN 642, son la guía para estos elementos.

Estas normas regulan la resistencia a diferentes esfuerzos de los bloques de mampostería en arcilla, esto obedece a su comportamiento mecánico.

Las características de los bloques de arcilla, se ven regulados con la finalidad de tener un respaldo que garantice la correcta función de estos en la edificación.

#### **3.3.1.1 Resistencia al fuego.**

La resistencia al fuego de una pared está relacionada con el diseño y dimensiones de las unidades de mampostería, el tipo de agregados empleados en su fabricación.

Este bloque de arcilla, ofrece una resistencia considerable a las llamas, lo que nos garantiza una construcción confiable.

### 3.3.1.2 Comportamiento térmico.

Una característica esencial del bloque de arcilla, es su capacidad de aislar la posibilidad de transmisión de temperaturas. Esta cualidad divide las condiciones de temperaturas entre los ambientes que la conforman.

### 3.3.1.3 Comportamiento acústico.

Otra característica esencial del bloque de arcilla, es su capacidad de aislar la posibilidad de transmisión de sonidos. Esta cualidad divide las condiciones de audio entre los ambientes que la conforman.

### 3.3.1.4 Impermeabilidad.

Otra característica esencial del bloque de arcilla, es su capacidad de aislar la posibilidad de absorción de líquidos. Esta cualidad permite mantener los ambientes interiores, libres de reproducción de hongos producidos por humedad.

### 3.3.1.5 Ficha técnica.

Bloque de arcilla rojiza
Cocido a más de 1200 grados Celsius
Sus dimensiones son: 0.41m X 0.10m X 0.10m
Resistencia a la compresión simple promedio 16 kg/cm <sup>2</sup>
Peso por unidad del bloque de arcilla 7.10 kg.
Capacidad térmica
Capacidad refractaria
Capacidad acústica
Capacidad de impermeabilidad

*Edward Badillo, UCSG, 2020*

### 3.3.1.6 Datos del ensayo del bloque de arcilla a compresión.

El ensayo consiste en aplicar a los bloques de arcilla, progresivamente una carga de compresión, hasta obtener como resultado, la resistencia máxima admisible del bloque.



**Ilustración 1:** Ensayo a compresión, laboratorio de estructuras, UCSG, Edward Badillo

### 3.3.1.7 Preparación del bloque a ensayar.

Siempre que se quiera obtener por ensayos de laboratorio, la resistencia a la compresión, se deben usar bloques de arcilla enteros y seleccionados considerando la norma INEN 639.



**Ilustración 2:** Bloques de arcilla a ensayar, lab. De estructuras, UCSG, Edward Badillo

### 3.3.1.8 Proceso del ensayo.

Se ensayan tres muestras, se centran tomando en cuenta la rótula, de tal manera que la carga sea aplicada en forma perpendicular a la cara superior de medidas 10cm x 41cm, es decir, en la misma dirección en que se aplican los bloques en la construcción de un muro.

Esta carga a la que se someterá la muestra, debe ser aplicada de manera gradual en un tiempo que no sea menor a un minuto, pero tampoco mayor a dos minutos, aplicando una velocidad constante.



**Ilustración 3:** Ensayo del bloque a compresión, lab. De estructuras, UCSG, Edward Badillo

### 3.3.1.9 Resultado del ensayo.

Como resultado de aplicar una carga de compresión de manera progresiva y de forma constante a tres muestras diferentes de bloques de arcilla, se obtuvieron los siguientes resultados.

Muestra	Carga (Kn)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	64.5	16.04
2	68.6	17.06
3	58.1	14.45
Promedio		15.85



**Ilustración 4:** Falla a compresión del bloque, lab. de estructuras, UCSG, Edward Badillo

### 3.4 MALLA DE FIBRAS NATURALES Y ARTIFICIALES.

#### 3.4.1 Malla de fibra de carbono.



**Ilustración 5: Malla de fibra de carbono, UCSG, Edward Badillo.**

La malla de fibra de carbono, está formada por filamentos de 5–10 micras de diámetro y cuyo compuesto principal es el carbono. Cada fibra de carbono consta de miles de filamentos.

Se definen algunas características:

- Muy buen conductor térmico.
- Muy resistente a la fatiga.
- Muy buen conductor eléctrico.

- Excelente comportamiento a altas temperaturas en condiciones normales.
- Buen comportamiento a la corrosión.
- Buen comportamiento a la abrasión.

El ensayo de la fibra de carbono, para efecto de nuestra prueba, está basada en la norma ASTM D3039, la misma que indica las especificaciones técnicas del material a ensayar, como ensayarlos. Association for Testing Materials-2000.

### 3.4.2 Malla de fibra de bambú.



**Ilustración 6: Caña guadúa, fibra de bambú, Edward Badillo**

El Bambú es una Fibra Natural de celulosa pura, suave, antibacteriana, repelente de los rayos ultravioleta, absorbente y confortable. La fibra natural

de bambú no debe confundirse con la viscosa de bambú que se obtiene a través de un procesamiento químico.

Tiene buen comportamiento al ser sometido a esfuerzos de flexión, mas tiene limitaciones en su comportamiento a esfuerzos de tensión.

### **3.5 ELABORACIÓN DE PAREDES DE MAMPOSTERÍA.**

#### **3.5.1 Herramientas a usar.**

Las siguientes, son los accesorios y herramientas menores a usar:

- Bailejo.
- Martillo
- Taladro neumático
- Pala
- Cinta métrica
- Cuerdas
- Alambre
- Paleta para acabado de enlucir
- Nivel de burbuja
- Regleta
- Accesorios varios.

Se necesita de un personal de buena experiencia, entre lo cuales estarán, un maestro en albañilería, un soldador y ayudantes de construcción, llamados peones u oficiales.

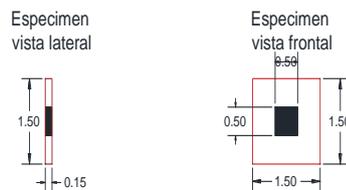
Los conocimientos de trabajo de precisión, con detalles y buen acabado, solo se podrá conseguir seleccionando un buen equipo humano y material de trabajo.

## CAPITULO IV

### 4 CONSTRUCCIÓN DE PANELES DE PRUEBA.

#### 4.1 DETALLE GENERAL.

Para este ensayo del “Estudio Del Comportamiento Estructural De Paredes De Mampostería Con Refuerzo De Fibras Naturales Y Artificiales Sometidas A Impacto”. Construiremos tres paneles de mampostería, compuesta por bloques rectangulares de 0.10 x 0.20 x 0.41 cuya materia prima es la arcilla.



**Ilustración 7: Dimensiones del espécimen, Edward Badillo.**

Las áreas serían idénticas para los tres especímenes en mención, así: 1.5m x 1.5m. Estos tres elementos los someteremos a pruebas de impacto para obtener resultados que den claridad sobre el comportamiento a los esfuerzos sometidos.

Las deformaciones obtenidas luego del impacto, indicarían las bondades de los distintos refuerzos aplicados en el mortero de acabado.

Usando un deformímetro, esos valores pueden ser los resultados que lleven a recomendaciones sobre el uso de mamposterías reforzadas y/o con comportamiento sismorresistente.

## **4.2 CARACTERISTICAS DE CADA PANEL DE PRUEBA.**

Cada panel tendrá detalles diferentes en su construcción, los mismos que se detallan a continuación:

### **4.2.1 Construcción panel sin refuerzo.**

Consiste en construir una pared o muro de mampostería con bloque rectangular de arcilla, recubierto con mortero en sus dos caras, con las mismas características tradicionales como las usadas cotidianamente en nuestras construcciones locales.

El mortero a usar, debe tener espesor promedio de 1.5 cm, y su dosificación a usar es de 1:4 y 25 litros de agua, es decir:

- 50 kg de cemento portland
- 200 kg de arena
- 25 a 30 litros de agua.

La cantidad de agua depende mucho de la humedad de los materiales a usar en la construcción de la pared o muro, clima existente, intemperismo, etc.



**Ilustración 8: panel mampostería sin refuerzo, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo.**

Se debe tomar en cuenta la debida hidratación previa de la mampostería antes de enlucir, para que el bloque no absorba la humedad del mortero y con ello se produzcan fisuras por contracción, así como desprendimiento del mismo.

#### **4.2.2 Construcción panel con malla de fibra de carbono.**

Consiste en construir una pared o muro de mampostería de bloques rectangulares de arcilla, recubierta con mortero en sus dos caras, con una relación 1:4 y 1,5 cm de espesor, con características adicionales a las usadas cotidianamente en construcciones.

A este muro o pared, se le pondrá un refuerzo que consiste en colocar una malla de fibra de carbono en la capa de acabado con mortero en ambos lados de la pared o muro, enfocándola en su área de impacto, es decir, en su parte central. (0.50m x 0.50m).

Previamente la mampostería debe ser debidamente hidratada hasta su punto óptimo, de tal manera que no acuse efectos no deseados en el trabajo de recubrimiento de su acabado con mortero.

La malla tendrá la función de reforzar el mortero, y a través de este, mejorar la resistencia a los diferentes esfuerzos a los que se vería sometida la pared o muro de mampostería.



**Ilustración 9: panel mampostería con refuerzo de malla de fibra de carbono, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo.**

#### **4.2.3 Construcción panel con malla de fibra de bambú.**

Consiste en construir una pared o muro de mampostería de arcilla, recubierta con mortero en sus dos caras, con características adicionales a las usadas cotidianamente en construcciones.

A este muro o pared, se le pondrá un refuerzo con una malla de Bambú en ambos lados de su área de impacto (0.50m x 0.50m).

Previamente la mampostería debe ser debidamente hidratada hasta su punto óptimo, de tal manera que no acuse efectos no deseados en el trabajo de recubrimiento de su acabado con mortero.

La malla tendrá la función de reforzar el mortero, y a través de este, mejorar la resistencia a los diferentes esfuerzos a los que se vería sometida la pared o muro de mampostería.



**Ilustración 10: panel mampostería reforzado con fibra de bambú, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo.**

#### **4.2.4 Curado de los paneles.**

Algo muy importante es el proceso de curado del mortero, este se debe hacer todos los días, una vez que haya empezado su proceso de fraguado, durante por lo menos los primeros 15 días.

El curado se lo hace aplicando agua directamente sobre la superficie de la muestra, o por los métodos convenientes ya conocidos.



**Ilustración 11: Curado del hormigón, laboratorio de Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

Tomando en consideración el clima de la ciudad de Guayaquil en tiempos de invierno, y ante la imposibilidad física de sumergir los

especímenes en agua, se debe mojar repetidas veces en el día las muestras, para evitar las fisuras por contracción que se dan por pérdida rápida de humedad.

El curado empieza desde los materiales mismos, el bloque de arcilla debe ser sumergido en agua para que se hidrate y luego no reste humedad al mortero de pegado ni al enlucido.

El cumplimiento continuo de este proceso de curado desde el inicio mismo con los materiales que conforman el espécimen, nos garantiza el mejor resultado.

#### **4.3 USO DE LA NORMA MEXICANA: NMX-C-405-1997-ONNCCE.**

En este estudio comparativo de prueba de impacto entre tres tipos de construcción de mamposterías, se ha tomado como referencia y guía técnica, la aplicación de la Norma Mexicana NMX.

Esta norma clasifica a los especímenes según su uso estructural como techos, entrepisos y lo que compete respecto muros. Los paneles TIPO I, solo son para uso de muro, objeto de este estudio; y paneles TIPO II, entrepisos y techos.

#### **4.4 ESPECIFICACIONES.**

El caso que compete es el panel TIPO I, panel de prueba para uso de muros.

Las siguientes, son especificaciones sugeridas por la norma y que deben cumplirse.

#### **4.5 RESISTENCIA EN PRUEBAS A LA COMPRESION SIMPLE.**

Estos muros o paneles llamados de TIPO I, cumplirán las especificaciones que se mencionan a continuación.

Su capacidad debe soportar un esfuerzo axial mínimo a la compresión de 0.49 Mpa, que en equivalente a decir 5 kg/cm<sup>2</sup>.

La fórmula que nos ayuda a obtener esta resistencia en mención es la siguiente:

$$C^* = \check{C} / (1 + \alpha CV)$$

Siendo:

- $\alpha$  = coeficiente de valor 2.5 del 95% de nivel de confianza.
- $\check{C}$  = Resistencia promedio a la compresión.
- CV = Coef. de variación.

#### **4.6 RESISTENCIA DEL MURO A CARGA LATERAL.**

Estos paneles del Tipo I, estructurales, su resistencia min. Al cortante debe ser de 0.098 Mpa, o, en otras palabras, debe resistir una carga lateral no menor a 1.5 T. por metro de panel.

Con la intención de que las conexiones y uniones puedan resistir la carga lateral aplicada en la especificación, el constructor tiene que ser específico en el armado del anclaje o armado, para que las conexiones y uniones en mención puedan resistir mínimo 1.5 veces el esfuerzo desarrollado en los paneles.

#### **4.7 RESISTENCIA DEL MURO AL FUEGO.**

Estos paneles del Tipo I, estructurales, en uso de construcciones de menor riesgo, deberán resistir ser expuestas al fuego, mínimo por el espacio de una hora, sin que este produzca llama o flama, gases o humo. Esto en una temperatura no menor a 550 grados Celsius.

#### **4.8 RESISTENCIA DEL MURO AL IMPACTO.**

Estos paneles del TIPO I y TIPO II, deben resistir tanto en las caras expuestas como en las uniones horizontales y verticales entre bloques, un impacto de una masa, producido por un saco de 50kg.

Esta masa estará suspendida de manera vertical a manera de péndulo, a una altura de 2.20 metros desde su parte de apoyo hasta el centro del muro.

Para su impacto, se debe deslizar la masa en sentido perpendicular al muro hasta formar un ángulo de 45 grados con respecto a la horizontal tomada desde el centro del muro.

El resultado del impacto, no debería dañar la integridad estructural del muro, y debe conservar una deflexión instantánea de 10mm producida por el impacto. Sin embargo, su recuperación a la deformación instantánea por el impacto, debe permitir la recuperación de su forma original en un 100%, inmediatamente después.

#### **4.9 RESISTENCIA PERPENDICULAR AL PLANO DE UNA CARGA UNIFORMEMENTE REPARTIDA.**

Los paneles TIPO I, estructurales, deben tener la capacidad de resistir 100 kg/m<sup>2</sup> (981 Pa).de carga, sin que se rebase una deformación de L/360, siendo L la longitud mayor del claro.

Al retirar la carga, debe recuperarse en su totalidad la deformación.

## **CAPÍTULO V**

### **5 MARCO CONCEPTUAL DE FIBRAS.**

#### **5.1 MALLA DE FIBRAS.**

La utilización de fibras en el hormigón permite un mejor comportamiento y rendimiento del material ante esfuerzos permanentes e irreversibles, (deformación inelástica), por lo que su utilización asegura una seguridad y protección a los elementos de las estructuras, es como dice Cabrera:

“Para el ensayo mecánico de resistencia a la flexión de las probetas se comprobó que las probetas que contenían fibras vegetales de abacá se comportaron de manera dúctil mientras que las probetas de mortero que no contenían fibras se comportaron de manera frágil dividiéndose la probeta en dos secciones.”

*(CABRERA\_JESSICA\_TRABAJOTITULACIÓN\_ESTRUCTURAS\_2016.pdf, s. f.)*

Lo que dice la autora, es una realidad en el Ecuador, porque los materiales naturales en fibra, se han sub-estandarizado debido a que no existen muchas investigaciones que avalen su uso, por lo que, la construcción tradicional con hormigón armado y cemento en el Ecuador es tradicionalista, y por ende, los desempeños sísmicos de los edificios durante los terremotos son muy deficientes, lo que hace que tengamos perjuicios de orden material y humano, del que ya se ha comentado antes.

Cabrera Jesica, es clara en su aporte de investigación, al mencionar la característica necesaria de los elementos sismorresistentes que es la ductilidad, la misma que se obtendría agregando fibras naturales o artificiales a los elementos componentes de una construcción.

Las mallas tienen por característica, disminuir grietas en los elementos que los contienen, asegurándonos de esta manera, un mejor comportamiento mecánico en la mampostería.

## **CAPITULO VI**

### **6 PARTE EXPERIMENTAL.**

#### **6.1 METODO DE PRUEBA.**

Las pruebas de impacto, deben realizarse a partir del día 25 de construido el panel (según norma mexicana NMX-C-405-1997-ONNCCE), con un tope máximo de hasta el día 56, excepto en casos especiales.

La masa a usar será un saco de cuero cargado de municiones de plomo.

El impacto de lo realizara considerando al saco golpeando al muro a una distancia determinada por un ángulo de inclinación respecto a la horizontal de 45 grados.

La masa caerá sobre el muro o panel, partiendo del reposo y sin impulso.

Los resultados serán reflejados por un deformímetro que estará instalado en cada espécimen de prueba.

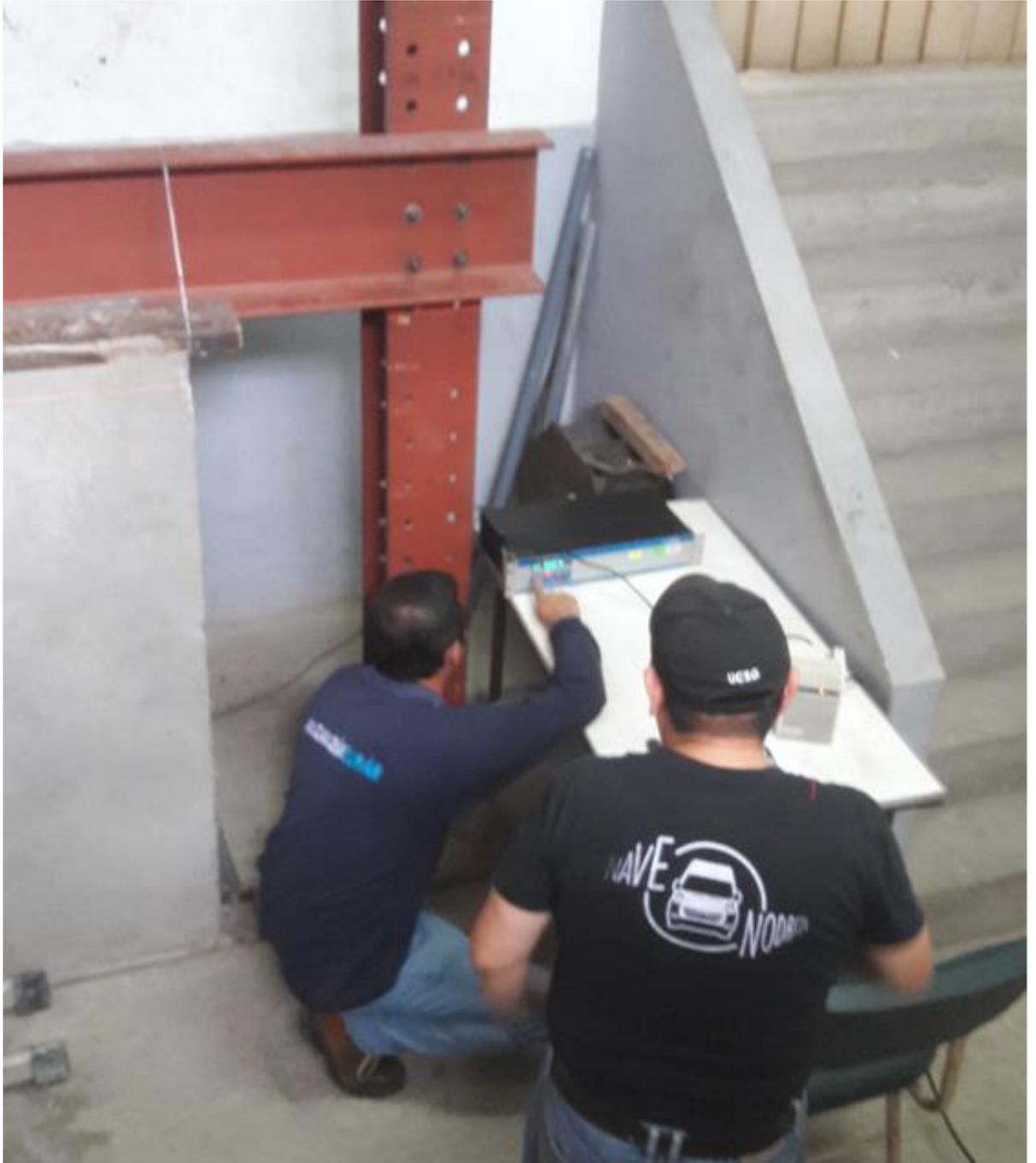
#### **6.2 PANELES ESTRUCTURALES TIPO I.**

##### **6.2.1 Resistencia al impacto.**

Los paneles estructurales TIPO I, que en este caso serán tres, uno de construcción tradicional y clásica, otro de construcción reforzada con fibra de bambú, y otra de construcción con refuerzo de fibra de carbono, considerando ambas caras de cada panel, así como sus uniones horizontales y verticales, deben resistir un impacto provocado por una masa de 50 Kg. sostenida por un saco de cuero, Suspendido de un extremo de la cuerda desde la parte superior en forma de péndulo, a una altura de 2.20 m medidas desde el punto de apoyo al centro del espécimen y un ángulo de inclinación de 45 grados.

Conservando su integridad estructural luego del impacto, sin separación en ambas caras del panel o muro de prueba. También, debe poder

conservar una deflexión instantánea no mayor a 10 mm al impacto y recuperarse de su deformación al 100% después del mismo.



**Ilustración 12: Toma de información de la prueba de impacto, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

### **6.2.2 Equipo y herramienta.**

- Pórtico metálico que permite sujetar los paneles.
- Deformímetro mecánico con precisión de 0.0254 mm
- Perfil metálico en bordes para distribuir uniformemente la presión de sujeción.
- Barra metálica para transmitir deformaciones al deformímetro mecánico.
- Instrumento de impacto, hecho con un saco de cuero o cualquier otro material resistente lleno de municiones de plomo de 2.4 mm de diámetro (calibre 7 ½).
- La medida del saco debe ser de 710 mm de altura por 735 mm de largo con 3 mm de espesor (piel de 8 oz). La base (disco de fondo), debe ser de 230 mm de diámetro por 5 mm de espesor. Dos hileras de costura.
- La masa total del saco debe ser ajustada al nivel deseado con una aproximación de +/- 1.

### **6.3 PREPARACIÓN Y ENSAYO.**

#### **6.3.1 Preparación.**

- Colocar la probeta de ensayo (panel), en posición vertical y asegurarla al marco metálico.
- Para muros simétricos como los de nuestra prueba, la carga de impacto se aplica en la cara exterior.
- Aplicar una carga de impacto soltando el saco con peso de 50 Kg. a una altura de 2.20m y un ángulo aproximado de 45 grados.

#### **6.3.2 Proceso del ensayo.**

Se inician los ensayos de laboratorio según norma mexicana NMX-C-405-1997-ONNCCE, a los 25 días de edad de fraguado. Los tres paneles contruidos son sometidos a pruebas de impacto y con esto obtener resultados comparativos. Las medidas según norma de los paneles ( 1.20m x 2.40m), se han ajustado convenientemente para nuestras pruebas a 1.50m x 1.50m, y el péndulo cuelga a 2.20m desde su punto de apoyo, hasta el centro del impacto en la muestra.



**Ilustración 13: panel mampostería sin enlucir, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**



**Ilustración 14: panel mampostería terminado, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

### 6.3.3 Panel sin refuerzo.

Este espécimen cuadrado de medida 1,50m x 1,50m, construido con bloques rectangulares de arcilla de 0.10m x 0.20m x 0.41m, hecho de manera tradicional, con mortero de acabado en sus dos caras, es acoplado en un pórtico metálico que hace la función de apoyo para soportar el empuje producto del impacto perpendicular a ella.

Para su construcción fue necesario poner como marcos metálicos de confinamiento en sus extremos inferior y superior. Dichos marcos son perfiles metálicos tipo U125x50x25x3.



**Ilustración 15: Perfil metálico tipo U125x50x25x3, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

El ensayo se logra en un pórtico de apoyo construido con perfiles H metálicos, que se pueden ajustar a las medidas particulares de cada prueba, tal como se muestra en el gráfico siguiente.



**Ilustración 16: Ajuste de medidas del pórtico, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

El espécimen se debe apoyar contra el marco metálico de prueba, sin que existan espacios vacíos entre el panel y el pórtico de prueba.

Se debe asegurar la pared para evitar efectos de rebote que dañen los resultados reales que se desea obtener.



**Ilustración 17: panel mampostería ajustado para la prueba de impacto, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

En la parte trasera se debe ajustar el pórtico con puntales metálicos para evitar desplazamientos no deseados, que aruinen el ensayo, proporcionando datos erróneos.

Estos puntales serán anclados a la pared de apoyo con pernos de expansión, y apoyados firmemente al espécimen.

Se asegura tanto la parte superior como la parte inferior de cada panel de prueba.



**Ilustración 18: Puntales metálicos, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

Se instala un sensor electrónico LVDT, que es un medidor de desplazamientos, dicho instrumento, receptorá en milímetros los movimientos del espécimen, provocado por cada impacto.

El sensor será instalado de tal manera que quede fijo y seguro de impacto por escombros.

El área destinada a receptor el impacto y simultáneamente toma de impulsos por el sensor, es la parte central.

En esta parte central, se pega una placa metálica pequeña, con la finalidad de hacer de la superficie lisa, y así facilitar el contacto con el sensor.



**Ilustración 19: Sensor electrónico LVDT, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

El deformímetro, pasa por un proceso de pruebas, antes de ser expuesto a la toma de resultados.

Este deformímetro, consiste en una consola electrónica que procesa los impulsos provocados por el impacto y los procesa numéricamente. El sensor electrónico LVDT, estará instalado en la parte posterior al impacto, de manera perpendicular y en contacto con el espécimen.



**Ilustración 20: Consola electrónica que procesa los impulsos, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

Ahora, se procede a instalar la masa de impacto. Como ya se ha mencionado antes, esta masa está diseñada en saco de cuero y en su interior, el peso lo proporcionan 50 kg de municiones de plomo.

Este saco estará suspendido sobre el espécimen siguiendo la línea central del panel, a una altura de 2.20 m y haciendo coincidir el centro de la masa con el centro del espécimen.



**Ilustración 21: Instalación de masa de impacto, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

El ensayo consiste en sostener la masa contenida por el saco de cuero, a una distancia que permita un ángulo aproximado de 45 grados con respecto a la horizontal, medida desde el centro del espécimen.

Una vez señalada la altura de partida de la masa, se la suelta partiendo desde el reposo, y dejándola caer libremente hasta impactar el espécimen de prueba, que para este caso es el construido tradicionalmente, es decir, sin refuerzo.



**Ilustración 22: Ensayo de impacto en panel sin refuerzo, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

Se debe revisar el panel de prueba, la masa de impacto para determinar el estado de ellos.

Inmediatamente se revisa el resultado que dicta la consola del deformímetro y anotamos los valores dados.



**Ilustración 23: Toma de información, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

### 6.3.4 Panel reforzado con fibra de carbono.



**Ilustración 24: panel mampostería reforzado con fibras de carbono, lab. Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

La fibra es fijada en ambas caras con mortero, dejando espacio para que entre material de acabado al ser enlucido.

El procedimiento que sigue a esta prueba, es el mismo indicado para el ensayo en el panel sin refuerzo, es decir; el espécimen es ajustado firmemente al pórtico de apoyo, de tal manera que no haya espacios vacíos entre espécimen de prueba y la zona de apoyo.

Luego en la parte trasera, se debe ajustar el pórtico con puntales metálicos para evitar desplazamientos no deseados que aruinen el ensayo, proporcionando datos erróneos.

Seguido de esto, se instala un sensor electrónico, este dará los resultados de cada impacto en milímetros.

Finalmente, se procede a instalar la masa de impacto. Como ya se ha mencionado antes, esta masa está diseñada en saco de cuero y en su interior, el peso lo proporcionan 50 kg. De municiones de plomo.

Este saco estará suspendido sobre el espécimen siguiendo la línea central del panel, a una altura de 2.20m y haciendo coincidir el centro de la masa con el centro del espécimen.



**Ilustración 25: Consola para medir desplazamientos, laboratorio de Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

Se aplica la prueba como ya se indicó en el ensayo anterior, inmediatamente se revisa el resultado que nos dicta la consola del deformímetro y anotamos los valores dados.

Es importante revisar la consola de deformímetro cada vez que se termine un ensayo, para garantizar el óptimo funcionamiento del mismo y con esto la obtención de resultados verdaderos y validos que cumplan con el requerimiento.

Comparando este ensayo de panel reforzado con fibra de carbono contra el panel construido sin ningún tipo de refuerzo, se podrá notar un incremento en la resistencia del espécimen a la deformación en comparación con el primer ensayo en la muestra antes mencionada. Así mismo, la recuperación del área de impacto a su estado inicial fue del 100%, dando un resultado muy interesante y favorable para los estudios realizados.

Al revisar la muestra después del impacto, se nota que visiblemente no presenta fisuras ni cosa anormal que implique algún tipo de fractura del espécimen.

Algo importante que resaltar es que el sensor nos indica que el límite de deformación en la muestra con fibra de carbono, aumenta un 300% con relación a la muestra ensayada sin refuerzo, lo que hace notar que este último ensayo, demuestra un comportamiento muchísimo más dúctil que el anterior espécimen.

### **6.3.5 Panel reforzado con fibra de bambú.**

De igual manera que lo explicado en los anteriores casos, se siguen los pasos en similar forma, tomando en consideración la diferencia del reforzamiento en la muestra; es así que este espécimen cuadrado de medida 1,5 m x 1,5m, construido con bloques rectangulares de arcilla de 0.10m x 0.20m x 0.41m, reforzado con fibra de bambú, con mortero de acabado en sus dos caras, es acoplado en un pórtico metálico que hace la función de apoyo para aguantar el empuje producto del impacto perpendicular a ella.

Para su construcción fue necesario poner como marcos metálicos de confinamiento en sus extremos inferior y superior. Dichos marcos son perfiles metálicos tipo U 125x50x25x3.



**Ilustración 26: Panel reforzado con fibra de bambú, laboratorio de Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

La fibra de bambú, está tejida en ambos sentidos, con una separación de 2.5cm por lado aproximadamente, es fijada en ambas caras con mortero, dejando espacio para que entre material de acabado al ser enlucido y de esa manera quede cubierta la malla de fibra de bambú con material de mortero, dando la característica de mortero reforzado.

Las características de esta malla de bambú, es que es amigable con el ambiente, por ser de origen vegetal, por lo tanto, es una fibra natural.

Es una gran ventaja desde el punto de vista ecológico, esto comparte la característica ambiental de conservación.

En nuestro medio, es muy normal encontrar este tipo de vegetales en abundancia en especial en la región costa.

El panel de prueba, debe ser previamente hidratado lo suficiente como para que no absorba humedad de la capa de enlucido y con ello presentar fisuras no deseadas.

Procedemos al ensayo, tal como se lo hizo anteriormente a esta prueba, que es el mismo realizado para el ensayo en el panel sin refuerzo y con refuerzo de fibra, es decir, espécimen es ajustado firmemente al pórtico de apoyo, de tal manera que no haya espacios vacíos entre espécimen de prueba y la zona de apoyo.

En la parte trasera, se debe ajustar el pórtico con puntales metálicos, para evitar desplazamientos no deseados, que aruinen el ensayo, proporcionando datos erróneos.

Se instala un sensor electrónico, el dará los resultados de cada impacto en milímetros.

Se revisa varias veces la consola de medición de desplazamientos, con la finalidad de afinar detalles y estar completamente seguros que el equipo electrónico de prueba, este funcionando correctamente, además de los ajustes convenientes y necesarios que se requiere.

Luego, se procede a instalar la masa para el impacto. Como ya se ha mencionado antes, esta masa está conformada por un saco de cuero y en su interior, el peso lo proporcionan 50 kg. de municiones de plomo.

Esta masa deberá estar suspendido sobre el panel, directamente arriba y en la misma línea que el espécimen, considerándolo centrada. A una altura de 2.20m y haciendo coincidir el centro de la masa con el centro del espécimen.



**Ilustración 27: Masa de 50 kg, laboratorio de Estructuras UCSG, Edward Badillo, 2020**

Se aplica la prueba como ya se indicó en el ensayo anterior, Inmediatamente se revisa el resultado que nos dicta la consola del deformímetro y anotamos los valores dados.

Siempre se debe revisar la consola de deformímetro cada vez que se termine un ensayo, para garantizar el buen funcionamiento de este y así la obtención de resultados correctos y válidos que cumplan con la prueba.

Haciendo el proceso comparativo, este ensayo de panel reforzado con fibra de bambú contra el panel construido sin ningún tipo de refuerzo y contra el panel con refuerzo de fibra de carbono, se aprecia un incremento en la resistencia del espécimen a la deformación en comparación con el primer ensayo del panel sin refuerzo y también comparado con el panel reforzado con malla de fibra de carbono. Así mismo la recuperación del área de impacto a su estado inicial, fue del 100%. Dando un resultado muy interesante y favorable para los estudios realizados.

Revisando la muestra después del impacto, visiblemente notamos que no presenta fisuras ni cosa anormal que implique algún tipo de fractura del espécimen.

Importante es resaltar es que el sensor nos indica que la máxima deformación en la muestra con fibra de bambú, bajó un 34% con relación a la muestra ensayada sin refuerzo, lo que hace notar que este último ensayo demuestra un comportamiento menos dúctil que los dos especímenes anteriores.

## CAPÍTULO VII

### 7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Registrar las deflexiones de los especímenes y observar los acabados, los cuales deben cumplir las especificaciones dadas.

En caso de que el panel no cumpla, se debe preparar tres nuevas probetas y se ensayaran de igual forma, de manera que el promedio de los ensayos no debe ser mayor a lo antes indicado.

Los resultados después del impacto, son inmediatamente leídos y anotados desde el mismo deformímetro.

Para este caso de mampostería sin refuerzo, dio los resultados siguientes:

- Deformación residual = 0,050mm
- Máxima deformación = 1,00 mm

Para este caso de mampostería con refuerzo de malla de fibra de carbono, dio los resultados siguientes:

- Deformación residual = 0,045mm
- Máxima deformación = 1,59 mm

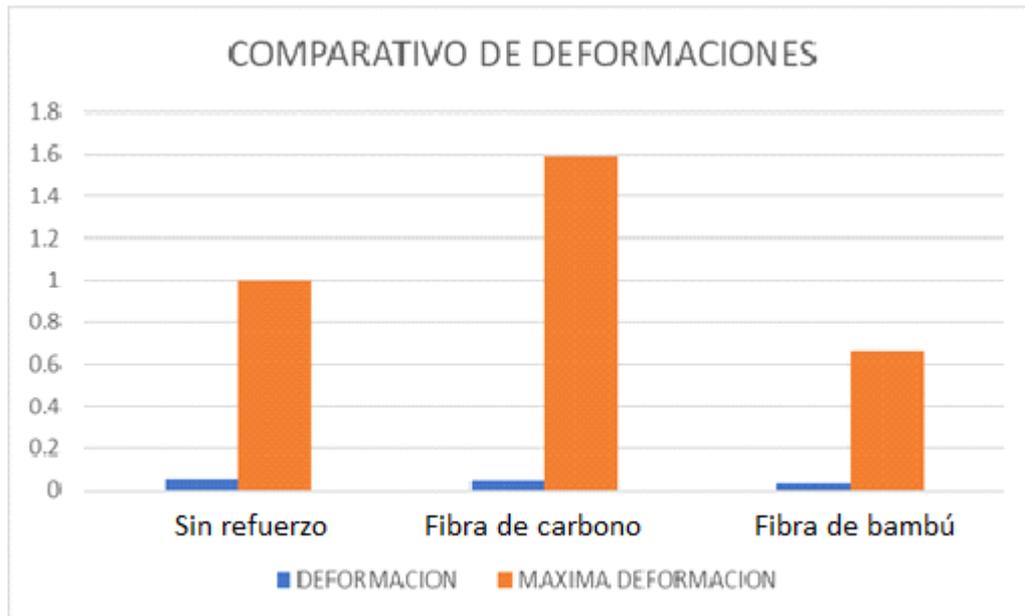
Para este caso de mampostería con refuerzo malla de fibra de bambú, dio los resultados siguientes:

- Deformación residual = 0,030mm
- Máxima deformación = 0,66 mm

Los resultados son confiables en vista de la minuciosa y responsable forma de controlar cada detalle, tanto de la consola electrónica que procesa los impulsos, así como el sensor electrónico LVDT, probándolo varias veces para estar seguro de su funcionamiento.

De igual manera el proceso constructivo de los paneles, así como la correcta ubicación y luego aseguramiento del espécimen al pórtico de pruebas.

	DEFORMACION	MAXIMA DEFORMACION	unidades
SIN REFUERZO	0.05	1	mm
FIBRA DE CARBONO	0.045	1.59	mm
FIBRA DE BAMBU	0.03	0.66	mm



**Ilustración 28: Resultados de las pruebas de impacto, Edward Badillo, UCSG, 2020**

### **Determinando la energía.**

Tomando como referencia la teoría del péndulo simple, en el Movimiento Armónico Simple, en el sistema internacional, tenemos que la energía potencial gravitacional, tiene relación con la posición de la masa desde un punto de origen A, hasta un punto final B, generándose una nueva posición y altura.

La altura que hemos calculado de 0.65m, esto multiplicado por masa de 50kg, y por la gravedad en el ecuador que es  $9.8 \text{ kg/s}^2$ , tenemos:

- $E_p = m \cdot g \cdot h$ .
- $E_p = 50\text{kg} \times 9.8\text{m/s}^2 \times 0.65\text{m}$
- $E_p = 318,5 \text{ Joule}$

**Determinando la velocidad en la componente horizontal en la prueba de impacto.**

La velocidad final

- $V = \sqrt{2gh}$
- $V = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.65}$
- $V = 3.57 \text{ m/s}$

## **CAPITULO VIII**

### **8 PROPUESTA DE REFUERZO DE MAMPOSTERIA CON MALLA DE FIBRAS NATURALES Y ARTIFICIALES.**

La vida humana es tan valiosa y como tal, debemos valorarla y respetarla. El derecho a vivir no solo dignamente, sino en una edificación confortable, pero sobre todo segura, que nos garantice el tiempo necesario para responder ante eventos naturales de desastres, nos da el derecho a exigir propuesta al respecto.

Se propone tomar en consideración, el uso de fibras naturales o artificiales como material de refuerzo en la construcción de mamposterías, dándole así una condición estructurada a los elementos no estructurales.

De estas maneras mejoramos el comportamiento sismorresistente de las construcciones desde el punto de vista de sus paredes, sumándolas y englobándolas como un solo cuerpo en su comportamiento de tipo estructural.

#### **8.1 COSTO- BENEFICIO.**

La relación costo-beneficio, es un tema muy a parte a ser investigado. Sin embargo, no es difícil notar que ninguna inversión por cara que parezca, puede compensar el valor de la vida humana.

Desde lo expuesto anteriormente, se debe deducir que ningún costo supera los beneficios adquiridos durante un ciclo de vida.

## **CAPITULO IX**

### **9 CONCLUSIONES.**

Producto de los ensayos elaborados en los tres especímenes, encontramos resultados variados que nos dan una información clara y útil para ser tomados en cuenta en los distintos procesos constructivos que se realizan a diario en nuestro país.

Al ser ensayado el panel de conformación tradicional, rescatamos la información dada por el deformímetro y su valor fue de 0.050mm como deformación residual, para una deformación máxima de 1.00mm.

Al ser ensayado el panel reforzado con fibra de carbono, rescatamos la información dada por el deformímetro y su valor fue de 0.045mm como deformación residual, para una deformación máxima de 1.59mm.

Al ser ensayado el panel reforzado con fibra de carbono, rescatamos la información dada por el deformímetro y su valor fue de 0.045mm como deformación residual, para una deformación máxima de 1.59mm.

Se concluye que los resultados dados por los ensayos, demuestran que las paredes reforzadas con fibras naturales y artificiales, tienen excelentes resultados desde el punto de vista estructural.

#### **9.1 RECOMENDACIONES.**

Se recomienda, incentivar los estudios de reforzamiento de mampostería y su inclusión en las Normas Ecuatorianas de la construcción-NEC.

También es recomendable que se incentive la fabricación y distribución de elementos de refuerzo como las fibras en mención, así como la sociabilización del mismo, para su normal y cotidiano uso en las construcciones.

## CAPITULO X

### 10 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Ashby, M. F., Jones, D. R. H., & Baselga Llidó, J. (2008). *Materiales para ingeniería*. Reverté.

Bastidas, S. (s. f.). *DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERIA CIVIL DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL*. 2010. Recuperado 17 de febrero de 2020, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/1138/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-15.pdf>

Beer, F. (s. f.). *Mecánica de Materiales (quinta edición)*. Ferdinand P. Beer; E. Russell Johnston, Jr.; John T. DeWolf; David F. Mazurek.pdf. Recuperado 7 de febrero de 2020, de [https://www.academia.edu/32222459/Mec%C3%A1nica\\_de\\_Materiales\\_quinta\\_edici%C3%B3n.\\_Ferdinand\\_P.\\_Beer\\_E.\\_Russell\\_Johnston\\_Jr\\_John\\_T.\\_DeWolf\\_David\\_F.\\_Mazurek.pdf](https://www.academia.edu/32222459/Mec%C3%A1nica_de_Materiales_quinta_edici%C3%B3n._Ferdinand_P._Beer_E._Russell_Johnston_Jr_John_T._DeWolf_David_F._Mazurek.pdf)

*CABRERA\_JESSICA\_TRABAJOTITULACIÒN\_ESTRUCTURAS\_2016.pdf*. (s. f.). Recuperado 7 de febrero de 2020, de [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14969/1/CABRERA\\_JESSICA\\_TRABAJOTITULACI%C3%92N\\_ESTRUCTURAS\\_2016.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14969/1/CABRERA_JESSICA_TRABAJOTITULACI%C3%92N_ESTRUCTURAS_2016.pdf)

*Ciencia e ingeniería de materiales sexta edición.pdf*. (s. f.). Recuperado 7 de febrero de 2020, de <https://osvaldoweb.files.wordpress.com/2016/04/ciencia-e-ingenieria-de-materiales-sexta-edicion.pdf>

Díaz, J. (s. f.). *MATERIALES PARA INGENIERÍA 1 Introducción a las propiedades, las aplicaciones y el diseño*. Recuperado 7 de febrero de 2020, de [https://www.academia.edu/7611268/MATERIALES\\_PARA\\_INGENIERIA\\_1\\_Introduccion\\_a\\_las\\_propiedades\\_las\\_aplicaciones\\_y\\_el\\_dise%C3%B1o](https://www.academia.edu/7611268/MATERIALES_PARA_INGENIERIA_1_Introduccion_a_las_propiedades_las_aplicaciones_y_el_dise%C3%B1o)

*NORMA Oficial Mexicana NOM-031-STPS-2011, Construcción-Condiciónes de seguridad y salud en el trabajo*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2020, de <http://dof.gob.mx/normasOficiales/4376/stps/stps.htm>

Pazmiño, L. B., & Margarita, S. (s. f.). *DIRECTOR DE LA CARRERA*. 201.

*UNI 8201:1981*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2020, de [http://store.uni.com/catalogo/uni-8201-1981?josso\\_back\\_to=http://store.uni.com/josso-security-check.php&josso\\_cmd=login\\_optional&josso\\_partnerapp\\_host=store.uni.com](http://store.uni.com/catalogo/uni-8201-1981?josso_back_to=http://store.uni.com/josso-security-check.php&josso_cmd=login_optional&josso_partnerapp_host=store.uni.com)

*UNI PROVVISORIE 9269:1988*. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2020, de <http://store.uni.com/catalogo/uni-provvisorie-9269-1988>

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Edward Manuel Badillo Vélez** con C.C: # 0910654789 autor/a del trabajo de titulación: **Comportamiento de paredes de mampostería, reforzadas con fibra natural y artificial, sometidas a impacto**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 04 de marzo de 2020

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Edward Manuel Badillo Vélez**

C.C: 0910654789



## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Comportamiento de paredes de mampostería, reforzadas con fibra natural y artificial, sometidas a impacto.		
<b>AUTOR(ES)</b>	Edward Manuel Badillo Vélez		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Luis Octavio Yépez Roca, MSC.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	04 de marzo de 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	74 p.
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Construcción, sismoresistencia, estructuras.		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	<i>Mampostería, Mortero, Fibra, Carbono, Bambú, Impacto, Espécimen.</i>		

**RESUMEN/ABSTRACT:** Ante la necesidad de mejorar las condiciones de resistencia de las paredes de mampostería, tomando en cuenta que, en los eventos telúricos recientes, han demostrado su fragilidad por su falta de elasticidad, se propone obtener repuestas de especímenes reforzados con fibras naturales y también artificiales. La intención es encontrar alternativas seguras en las edificaciones para mejorar las condiciones de vida humana, así como de la misma construcción. En este estudio de investigación, se ha intentado con éxito, ensayar especímenes propuestos, cuyas construcciones están reforzadas con fibras naturales en un caso, y fibras artificiales en otro. Los ensayos a estos especímenes, nos han dado datos, a través de la prueba de impacto, y registrados valores numéricos por medio de un transductor de desplazamiento, información que nos ha permitido tabular dato interesante para proponer como alternativa segura de construcción de paredes hechas con mampostería reforzada. Los resultados obtenidos de los ensayos, nos permiten concluir que las edificaciones modernas deben ser construidas, reforzadas con fibras, ya sean naturales o artificiales, en sus elementos no estructurales, como son las paredes de mampostería.

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 99-555-1291	<b>E-mail:</b> edwardbadi77@hotmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	<b>Nombre: Ing. Clara Glas</b>	
	<b>Teléfono: +593 98-461-6792</b>	
	<b>E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec</b>	

#### **SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA**

<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	