



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**PROPUESTA ALTERNATIVA DE MAMPOSTERÍA PREFABRICADA  
EN HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE PLÁSTICO Y ACERO,  
PARA PAREDES NO ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS  
CONVENCIONALES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

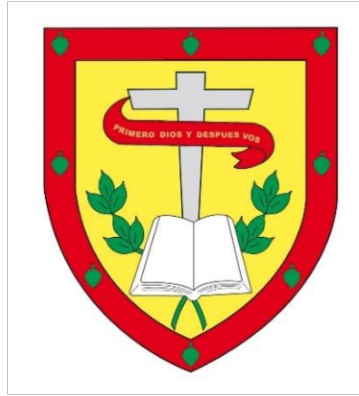
**AUTOR: ISMAEL MARCELO SARMIENTO CANTOS**

**DIRECTOR: ING. JORGE EFRAIN CRESPO CRESPO MGS.**

**AZOGUES - ECUADOR**

**2021**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



# **UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

## **UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

### **CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

PROPUESTA ALTERNATIVA DE MAMPOSTERÍA PREFABRICADA EN  
HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE PLÁSTICO Y ACERO, PARA  
PAREDES NO ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS CONVENCIONALES

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTOR: ISMAEL MARCELO SARMIENTO CANTOS**

**DIRECTOR: ING. JORGE EFRAIN CRESPO CRESPO MGS.**

**AZOGUES - ECUADOR**

**2021**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

### **Declaratoria de Autoría y Responsabilidad**

**Ismael Marcelo Sarmiento Cantos** portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0302206222**. Declaro ser el autor de la obra: “**Propuesta alternativa de mampostería prefabricada en hormigón reforzado con fibras de plástico y acero para paredes no estructurales en viviendas convencionales**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, **22 de octubre de 2021**



F: .....

**Ismael Marcelo Sarmiento Cantos**

**C.I. 030220622-2**

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN-  
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**CERTIFICACIÓN**

**Ing. Jorge Efraín Crespo Crespo**  
**TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación denominado: “**PROPUESTA ALTERNATIVA DE MAMPOSTERÍA PREFABRICADA EN HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE PLÁSTICO Y ACERO PARA PAREDES NO ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS CONVENCIONALES**” desarrollado por el señor **ISMAEL MARCELO SARMIENTO CANTOS** con C.I. **030220622-2**, ha sido revisado, aprobado y autorizado para su presentación.

Azogues, 11 de octubre de 2021



**Ing. Jorge Efraín Crespo Crespo**  
**DIRECTOR**

## **Dedicatoria**

Esta tesis se la dedico con amor a mi hijo Matías, quién ha sacrificado el tiempo con su padre para luchar como un equipo por un futuro prometedor, para el quien ha sido mi motor y motivo por el cual vencer cualquier obstáculo. A él le dedico y dedicaré todos mis esfuerzos, sirviéndole como guía y ejemplo.

Esta tesis se la dedico a mi esposa Daniela que me ha acompañado de la mano durante mi vida universitaria, siendo mi apoyo y respaldo para cumplir cada una de las metas planteadas, creyendo en mis ideas y aspiraciones.

Y, por último, pero no menos importante, a mis padres Marcelo y Eulalia que me han brindado su apoyo incondicional en cada paso de mi vida, sin su apoyo sería imposible ver cumplir y florecer cada uno de mis sueños. Gracias a ellos, a su ejemplo, soy y seré una persona ética, humilde y con valores, dispuesta a servir a los demás.

## **Agradecimiento**

El agradecimiento más grande es a Dios que me ha permitido llegar siempre hasta donde me he planteado, dándome la oportunidad de conocer en el camino a personas extraordinarias que me han enriquecido en el ámbito personal y estudiantil.

Agradezco a mi familia, que de una u otra manera me han apoyado y hecho sentir orgulloso de lo que soy y de lo que puedo llegar a ser.

Agradezco a los diferentes docentes y a mi tutor, quienes han sido el pilar de este proyecto, con su experiencia, dedicación y esfuerzo lograron que llegara este ansiado día.

## **Resumen**

El desempeño de los bloques de mampostería de hormigón está directamente relacionado con las propiedades mecánicas de los materiales que lo conforman. Actualmente, en la ciudad de Azogues en Ecuador no es común el uso de fibras en bloques de mampostería, desaprovechando las ventajas que estas pueden ofrecer, es por eso que se considera una oportunidad para mejorar las propiedades mecánicas de las unidades de mampostería y ofrecer una propuesta más económica. Se han realizado modelos digitales en el software SAP 2000, simulando el ensayo de resistencia a compresión, se ha considerado este ensayo para la simulación puesto que brinda uno de los principales parámetros para controlar el comportamiento del bloque, la simulación se realiza en un bloque convencional, un bloque con fibras de plástico reciclado y uno con fibras de acero, de dicho ensayo se obtienen las gráficas de Esfuerzo/Deformación, donde se determina la carga máxima que soporta cada unidad de mampostería. Además, se realiza un análisis de Costo-Beneficio donde se establece que la mejor opción es la de un bloque de hormigón reforzado con fibras de plástico reciclado. La simulación realizada mediante modelos digitales permite predecir su comportamiento de manera inmediata, previo a la construcción de los bloques.

*Palabras Clave:* Bloque de hormigón, resistencia a la compresión, fibras de acero, fibras de plástico reciclado, mampostería.

## Abstract


ISMAEL MARCELO SARMIENTO CANTOS

The performance of concrete masonry blocks is directly related to the mechanical properties of the materials they are made of. Currently, in Azogues city in Ecuador, the use of fibers in masonry blocks is not common, not taking advantage of the benefits they can offer, that is why it is considered an opportunity to improve the mechanical properties of the masonry units and offer a more economical proposal. Digital models have been made in SAP 2000 software, simulating the compressive strength test, this test has been considered for the simulation since it provides one of the main parameters to control the behavior of the block, the simulation is performed on a conventional block, a block with recycled plastic fibers and one with steel fibers, from this test the Stress/Strain graphs are obtained, where the maximum load supported by each masonry unit is determined. In addition, a Cost-Benefit analysis is performed, where it is established that the best option is a concrete block reinforced with recycled plastic fibers. The simulation that was conducted throughout the digital model, allows predicting its behavior immediately, before the construction of the blocks.

**Keywords:** concrete block, steel fibers, recycled plastic fibers, masonry, compressive strength

Azogues, 8 de noviembre de 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



**Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.**  
**COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES**

[www.ucacue.edu.ec](http://www.ucacue.edu.ec)

## Tabla de Contenidos

<b>1</b>	<b>Capítulo 1: Introducción</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivos	2
1.1.1	Objetivo general	2
1.1.2	Objetivos específicos	2
1.2	Metodología de la investigación	3
<b>2</b>	<b>Capítulo 2: Marco Teórico</b>	<b>5</b>
2.1	Unidades de Mampostería	5
2.1.1	Materiales de unidades de mampostería	5
2.1.2	Propiedades de las unidades de mampostería	6
2.1.3	Geometría de los bloques de mampostería	9
2.1.4	Tipos de fallas en la mampostería	9
2.2	Mampostería de hormigón reforzado con fibras	10
2.2.1	Clasificación de fibras para uso en mampostería	11
2.2.2	Casos tipo	20
2.3	Normativa para mampostería	23
2.3.1	Normativa para bloques de hormigón	23
2.3.2	Ensayos para bloques de hormigón	24
<b>3</b>	<b>Capítulo 3: Unidades de mampostería para modelación</b>	<b>25</b>
3.1	Bloques de hormigón	25
3.1.1	Módulo de elasticidad de los bloques de mampostería ( $E_p$ )	25
3.2	Bloques de hormigón con fibras de plástico reciclado (PET)	26
3.2.1	Plástico reciclado (PET)	26
3.2.2	Cemento	27
3.2.3	Arena	27
3.2.4	Dosificación de bloques con fibras de PET	27
3.2.5	Propiedad físico-mecánicas del bloque	28
3.2.6	Módulo de elasticidad de los bloques de los bloques de mampostería ( $E_p$ )	29
3.3	Bloques de hormigón con fibras de acero	29
3.3.1	Cemento	29
3.3.2	Arena	29
3.3.3	Dosificación de bloques con fibras de acero	29

3.3.4	Propiedad fisico-mecánicas del bloque.....	30
3.4	Sugerencia del diseño convencional a modelarse.....	30
<b>4</b>	<b>Capítulo 4: Modelos Digitales.....</b>	<b>31</b>
4.1	Simulación en SAP 2000 de un bloque de hormigón convencional.....	31
4.1.1	Consideraciones.....	31
4.1.2	Simulación en SAP 2000.....	32
4.2	Simulación en SAP 2000 de un bloque de hormigón con fibras PET.....	41
4.2.1	Consideraciones.....	41
4.2.2	Simulación en SAP 2000.....	42
4.3	Simulación en SAP 2000 de un bloque de hormigón con fibras de acero.....	45
4.3.1	Consideraciones.....	45
4.3.2	Simulación en SAP 2000.....	46
<b>5</b>	<b>Capítulo 5: Resultados y Análisis De Las Modelaciones.....</b>	<b>49</b>
5.1	Resultados de la modelación en SAP 2000.....	49
5.1.1	Bloque de hormigón convencional.....	49
5.1.2	Bloque de hormigón con fibras PET.....	51
5.1.3	Bloque de hormigón fibras de acero.....	53
5.2	Análisis de la simulación de bloques de hormigón y bloques con fibras de PET y fibras de acero.....	54
5.2.1	Carga última.....	54
5.2.2	Densidad.....	55
5.2.3	Módulo de elasticidad.....	55
5.3	Análisis de precios unitarios (APU).....	55
<b>6</b>	<b>Capítulo 6: Discusión, Conclusiones Y Futuras Líneas De Investigación.....</b>	<b>57</b>
6.1	Discusión.....	57
6.2	Conclusiones.....	57
6.3	Futuras líneas de trabajo.....	58

## Lista de Tablas

<b>Tabla 2-1</b> Propiedades de los bloques .....	7
<b>Tabla 2-2</b> Información técnica de SikaFiber®.....	15
<b>Tabla 2-3</b> Información de SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s.....	16
<b>Tabla 2-4</b> Información de SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s.....	18
<b>Tabla 3-1</b> Propiedades de las unidades de mampostería de hormigón.....	25
<b>Tabla 3-2</b> Dosificación para 1m3 (por peso) .....	28
<b>Tabla 3-3</b> Propiedades de los bloques de hormigón con fibras PET.....	28
<b>Tabla 3-4</b> Dosificación para 1 m3 (por peso) .....	30
<b>Tabla 3-5</b> Propiedades de las unidades de mampostería de hormigón con fibras de acero ...	30
<b>Tabla 4-1</b> Datos considerados en el primer modelo .....	32
<b>Tabla 4-2</b> Datos considerados en el segundo modelo .....	42
<b>Tabla 4-3</b> Datos considerados en el tercer modelo .....	46
<b>Tabla 5-1</b> APUs de los materiales para la fabricación de bloques de hormigón .....	56
<b>Tabla 5-2</b> APUs de los materiales para la fabricación de bloques de hormigón con fibras PET .....	56
<b>Tabla 5-3</b> APUs de los materiales para la fabricación de bloques de hormigón con fibras de acero .....	56

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.1</b> Metodología de la Investigación .....	4
<b>Figura 2.1</b> Secciones de un bloque de hormigón y su nomenclatura.....	9
<b>Figura 2.2</b> Maneras de falla de la mampostería sin refuerzo.....	10
<b>Figura 2.3</b> Tipos de fibras.....	12
<b>Figura 2.4</b> SikaFiber® CHO 65/35 NB.....	12
<b>Figura 2.5</b> SikaFiber®.....	16
<b>Figura 2.6</b> SikaFiber® Force PP -48 / RAD-48s.....	17
<b>Figura 2.7</b> Fibra de vidrio .....	19
<b>Figura 2.8</b> Aula construida con bloques de cemento + botellas plásticas recicladas. Manta-Manabí.....	21
<b>Figura 2.9</b> Bloque de cemento y fibras/astillas de madera.....	21
<b>Figura 2.10</b> Vivienda con el sistema de Bloqueplas .....	23
<b>Figura 3.1</b> Bloque con fibras PET .....	26
<b>Figura 4.1</b> Nodo 48 en el bloque de hormigón .....	39
<b>Figura 5.1</b> Vista 3D del Bloque de hormigón.....	49
<b>Figura 5.2</b> Gráfica esfuerzo deformación del bloque convencional .....	51
<b>Figura 5.3</b> Gráfica esfuerzo deformación del bloque con fibras PET.....	52
<b>Figura 5.4</b> Gráfica esfuerzo deformación del bloque con fibras de acero .....	54

### **Lista de Ecuaciones**

<i>Ecuación 3-1. Modulo de elasticidad (E) de bloques de mamposteria</i> .....	26
<i>Ecuación 3-2. Densidad</i> .....	27
<i>Ecuación 3-3. Volumen</i> .....	27
Ecuación 3-4. Densidad.....	28
Ecuación 4-1. Deformación unitaria .....	40

### **Lista de Anexos**

Anexo A. NTE INEN 3066“Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de Ensayo” .....	62
Anexo B. Propiedades de PET.....	64
Anexo C. Hoja Técnica de SikaFiber® CHO 65/35 NB.....	65
Anexo D. Hoja Técnica de SikaFiber®.....	67
Anexo E. Hoja Técnica de SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s .....	69
Anexo F. Hoja Técnica de EPS Fibratex.....	71
Anexo G. Propiedades físicas sintéticas.....	74
Anexo H. Ficha de cumplimiento de requisitos mínimos correspondientes a planos arquitectónicos.....	75

## 1 Capítulo 1: Introducción

Uno de los inconvenientes que presentan varios países en vías de desarrollo tal como Ecuador, es el temor y desconocimiento de los profesionales y trabajadores del sector de la construcción para implementar nuevos materiales y técnicas. La causa principal, es la falta de apoyo a la investigación que proponga, promueva y plantee nuevas alternativas, que mejoren materiales y/o procesos que se usan actualmente, generando pocas posibilidades de mejorar u optimizar, mediante nuevas alternativas, aspectos técnicos, sociales, económicos y ecológicos que presenta el uso de materiales, elementos o procesos convencionales.

Particularmente en edificaciones, tanto los elementos estructurales como no estructurales pueden presentar problemas, generados desde su construcción o a partir de demandas en condiciones de servicio o eventos extremos (sismos). Una de las posibles soluciones a esta problemática está en innovar con nuevas técnicas y materiales.

En el área de la construcción, es importante considerar la problemática que implica el uso de la mampostería en la construcción de una vivienda, estas se ven afectadas después de sismos o asentamientos en la estructura. La mampostería que generalmente utiliza materia prima producto de explotación, presenta un problema tangible en nuestra sociedad que es el uso de los recursos son limitados, a más es la contaminación ocasionada por los residuos sólidos urbanos. Es por ello, que principalmente, investigadores, consultores y constructores asumen la responsabilidad de plantear soluciones para los problemas de la mampostería y entre algunas opciones está el uso de fibras como refuerzo en su fabricación y una alternativa diferente en cuanto a su geometría que puedan mejorar las propiedades mecánicas del mampuesto.

Los principales tipos de fibra que se comercializan son las que se derivan de hidrocarburos (plásticas), las fibras de acero y las de vidrio.

Utilizar fibras de materiales reciclados con el fin de reducir el uso de materia prima, con esto mejorar las características de la mampostería no estructural y reducir su impacto ambiental tiene un gran potencial a nivel constructivo e innovador, logrando que el mampuesto cumpla con su función dentro del período de su vida útil, ya sea como protección frente al medio ambiente, como elementos divisorios o cumpliendo una función netamente estética.

Este trabajo tiene por objeto analizar el comportamiento de las unidades de mampostería reforzadas con fibras de plástico y acero para tabiques no estructurales, cumpliendo con los requisitos del Servicio Ecuatoriano de Normalización y "Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)". Se propone esta alternativa mediante el análisis del comportamiento físico-mecánico de materiales empleados en elementos de mampuesto propuestas en investigaciones previas. Las propuestas se han modelizado digitalmente de manera que permitan predecir el comportamiento de dichos elementos prefabricados ante las demandas requeridas y verificar previo a su fabricación si dichos mampuestos son adecuados o no. Quedando fuera del alcance del presente trabajo las comprobaciones o ensayos físicos en laboratorio sobre prototipos reales.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

Analizar el comportamiento de los bloques de mampostería en hormigón utilizadas en paredes no estructurales en la ciudad de Azogues y bloques de mampostería reforzadas con fibras de plástico y acero para tabiques no estructurales, mediante modelos digitales que permiten predecir su comportamiento de manera ágil.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Establecer dosificaciones y ensayos previos de elementos no estructurales de hormigón reforzado con fibras plásticas, y otros con fibras de acero.

- Modelar una unidad de mampostería en el software SAP 2000 con los diferentes materiales, hormigón, hormigón con refuerzo de fibras de plástico y refuerzo de fibras de acero para determinar sus gráficas de Esfuerzo-Deformación.
- Analizar el comportamiento físico-mecánico de las unidades de mampostería modeladas.
- Analizar costos unitarios (APU) de los tres tipos de mampuesto: hormigón, hormigón con fibras de plástico y hormigón reforzado con fibras de acero.

## **1.2 Metodología de la investigación**

Para llevar a cabo la propuesta se emplea como referencia "Design Science Research Methodology" (Metodología de investigación en Ciencias del Diseño), que permite mostrar el proceso de justificación, desarrollo, basado en teorías y conocimientos existentes, como en su evolución y testeado realizado [1] [2] [3] [4].

La **Figura 1.1** indica las fases del trabajo. En la primera fase del proceso, partiendo de revisar la literatura donde se investiga acerca de la mampostería y sus requerimientos, se pretende identificar los problemas del uso de mampostería tradicional y las limitaciones existentes por la desconfianza de los expertos del sector de la construcción en usar materiales nuevos e innovadores, motivando una investigación que incentive este desarrollo.

En la segunda fase, a partir de los análisis realizados, se plantean los objetivos de este estudio que consiste en identificar las desventajas y ventajas de usar de fibras de plástico y de acero en los bloques de hormigón.

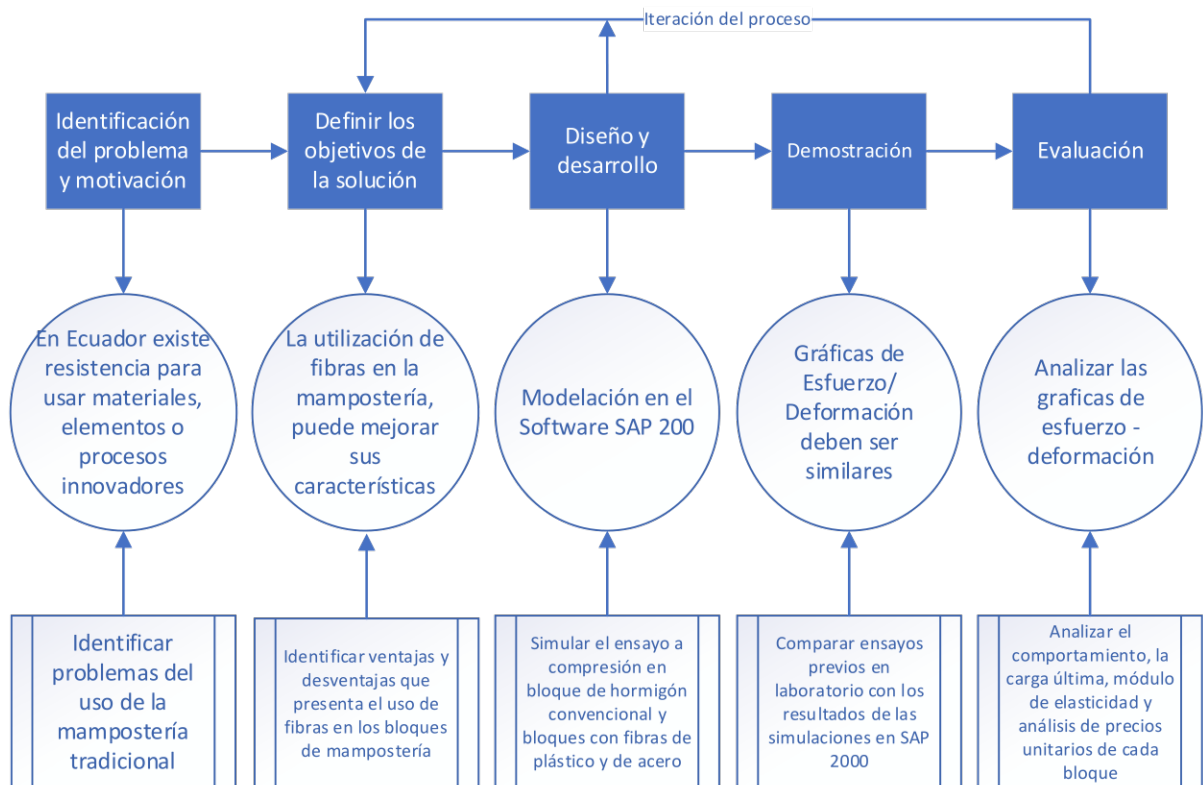
La tercera fase consiste en simular mediante modelos digitales el ensayo de laboratorio de resistencia a compresión de un bloque de hormigón convencional y bloque reforzado con fibras de plástico y acero, mediante el uso del software SAP 2000, para predecir su comportamiento de manera rápida y flexible.

Una vez modelado cada bloque, se procede a la cuarta etapa, donde se realizará una comparación de estudios previos realizados en laboratorio con resultados de la simulación realizada en SAP 2000 y que esto permita calibrar el modelo.

La quinta y última etapa, consiste en el análisis del comportamiento de cada bloque ante el ensayo, las gráficas de esfuerzo – deformación, su módulo de elasticidad, análisis de precios unitarios. Con lo cual se espera determinar si el uso de fibras en este tipo de bloques mejora sus características.

**Figura 1.1**

*Metodología de la Investigación*



Fuente: Elaboración propia

## 2 Capítulo 2: Marco Teórico

### 2.1 Unidades de Mampostería

La mampostería es una ensambladura de bloques de hormigón o de ladrillos, de mortero y de refuerzo si se trata de mampostería reforzada.

Los bloques de mampostería se clasifican de acuerdo a su uso, conforme la norma respecto a: BLOQUES DE HORMIGÓN. REQUISITOS Y MÉTODOS DE ENSAYO[5], dicha clasificación se puede apreciar en el Anexo A . El presente proyecto se enfoca en los bloques de mampostería no estructural (Clase B) para ser utilizados en paredes de viviendas convencionales. Estas paredes sirven para dividir espacios físicos exteriores e interiores, pero a menos que esté protegido, no debe estar expuesto a la intemperie. Soportan principalmente su peso propio, no así cargas exteriores elevadas.

#### 2.1.1 Materiales de unidades de mampostería

##### a) Bloques de hormigón

Los bloques o elementos de mampostería pueden ser prefabricados o elaborados in-situ mediante procesos industrializados, semiindustriales, o artesanales. Para su fabricación se emplean materiales que comúnmente se encuentran en el medio. El bloque de hormigón contiene: cemento hidráulico, áridos gruesos, áridos finos, agua y aditivos, se representa como un paralelepípedo con huecos en su interior [5].

Tienen propósitos no estructurales o estructurales, como mampostería confinada y mampostería reforzada o de carga, respectivamente [6]. El actual estudio tiene como propósito analizar los bloques de hormigón prefabricados y reforzados con fibras.

## b) Mortero

Está compuesto por cemento, agua, arena y aditivo. Mantiene las unidades de hormigón entrelazadas, dirigiendo a la resistencia a la tensión y a la flexión directa. Para mampostería con refuerzo la resistencia a tensión no es de gran importancia como la que no tiene refuerzo. Por lo general las juntas de mortero tiene un espesor de 1cm pero el albañil varía su espesor según la necesidad de emparejar las alteraciones en las dimensiones de los bloques [7].

La Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) facilita una guía para elegir el mortero de pega, de relleno o recubrimiento para la mampostería, ver [8].

## c) Refuerzo

Generalmente la mampostería utiliza como refuerzo las varillas, por lo general galvanizadas para evitar la corrosión. Este refuerzo cumple la función de control de grietas de contracción. Son ubicadas en los agujeros de las celdas de las paredes de mampostería reforzada, si su objetivo es cubrir claros verticales, las varillas serán colocadas de manera vertical en el centro de la pared [7]. El presente estudio genera una alternativa de bloques de mampostería reforzada con fibras de acero y fibras plásticas.

### 2.1.2 Propiedades de las unidades de mampostería

Los materiales utilizados en construcción necesitan cumplir con requerimientos técnicos mínimos. En el caso de la mampostería sus requerimientos son respecto a esfuerzos de compresión, corte, absorción, tamaño, módulo de rotura y componentes químicos. Sin embargo, los ingenieros civiles están interesados en las deformaciones y el esfuerzo a compresión [9].

Algunas propiedades mecánicas de las unidades de mampostería de las más relevantes son [10]:

- Resistencia a la Compresión
- Resistencia a Cortante

- Resistencia a la Flexión
- Módulo de Corte
- Módulo de elasticidad

Además, existen otras propiedades de los bloques, estas se observan en la **Tabla 2-1** con su respectiva descripción.

**Tabla 2-1**

*Propiedades de los bloques*

Característica	Descripción
Densidad	Relaciona el volumen bruto del elemento y el peso
Absorción	Propiedad para absorción de agua hasta su punto de saturación.
Contracción	Antes de que el cemento fragüe, en la superficie de concreto se da pérdida de agua, reduciendo el volumen del bloque
Contenido de humedad	Porcentaje de agua que está en una unidad. Se representa como porcentaje del peso de la unidad secada al horno.
Eflorescencia	Se debe a la presencia de sal en ladrillos, rocas, suelos, formando agrupaciones blanquecinas.
Durabilidad	Capacidad que tiene el material para tolerar las acciones del clima u otro procedimiento de deterioro. Cuando el concreto es expuesto al medio ambiente debe conservar su forma, características y calidad.

---

Aislamiento térmico	Las unidades de mampostería poseen un coeficiente de conductividad térmico variable, donde depende el tipo de agregados usados y los espesores de la unidad.
Aislamiento acústico	Se refiere a la transmisión de sonido. La resistencia de las unidades de mampostería es superior a la de cualquier otro material en cuanto a la transmisión de sonido
Resistencia al fuego	Se relaciona con las dimensiones, diseño, tipos de agregados, relación cemento/agua y procedimiento de curado y resistencia de los bloques utilizados.
Succión	Es la absorción anticipada, se da entre la coalición de la unidad de mampostería y la masa de mortero.

---

Fuente: Jessica Cabrera [11]

La resistencia a la compresión está definida como la capacidad que tiene el bloque para soportar cargas perpendiculares al plano y distribuidas de manera homogénea, se representa en kg/cm<sup>2</sup> y puede hacer referencia a la resistencia tanto en la superficie bruta como en la superficie neta [12].

Superficie bruta del bloque de mampostería es la superficie total de la sección perpendicular a la dirección de carga (considera también el área de los espacios) [5].

Superficie neta del bloque de hormigón es el área paralela al plano de carga del bloque. Resulta ser la división del volumen neto de hormigón de la unidad de mampostería para su altura [5].

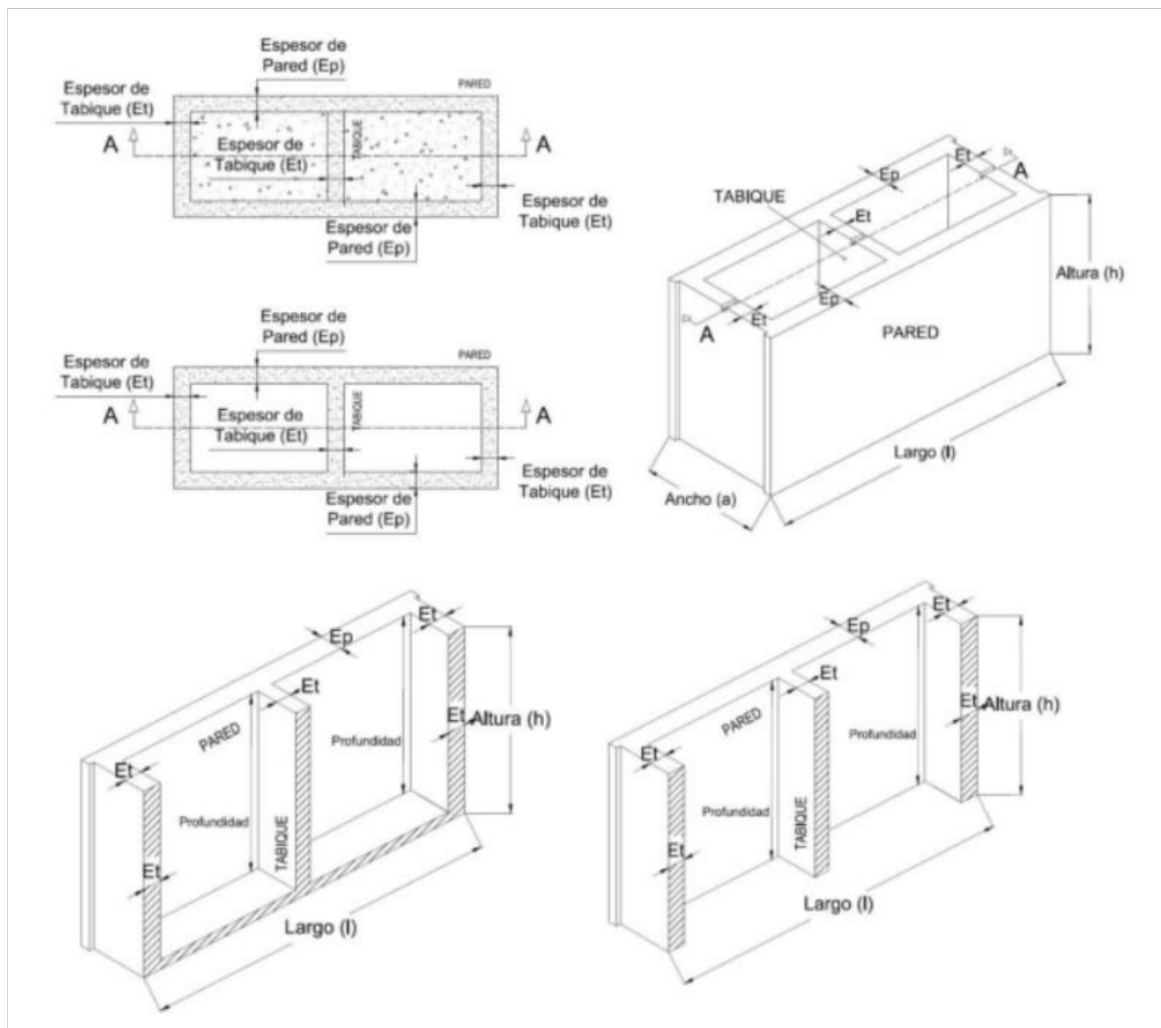
### 2.1.3 Geometría de los bloques de mampostería

Los bloques de hormigón constan de diferentes partes, tal como se aprecia en la **Figura 2.1**.

Las dimensiones de los bloques de hormigón de acuerdo a su uso se observan en el Anexo A.

**Figura 2.1**

*Secciones de un bloque de hormigón y su nomenclatura*



Fuente: NTE INEN 3066 [5]

### 2.1.4 Tipos de fallas en la mampostería

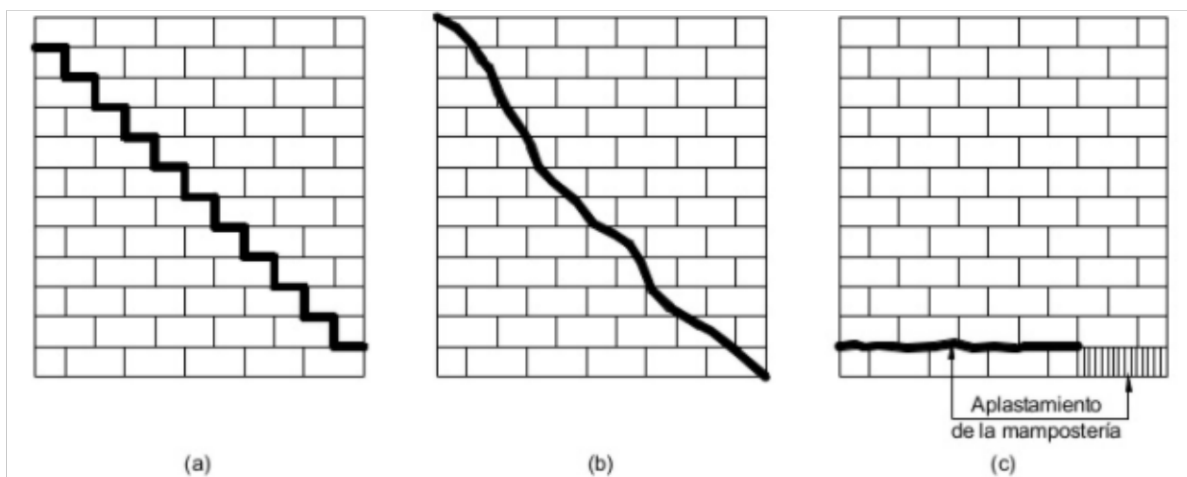
El comportamiento que tiene la mampostería que está expuesta a cargas en el plano depende de propiedades mecánicas (resistencia a la compresión de los bloques y del mortero), propiedades geométricas (altura, esbeltez, espesor), condiciones de apoyo y aplicación de

carga. Las cargas producen fallas que se representan por grietas a través de la mampostería, además se observa una inesperada baja de su capacidad de carga lateral. El Instituto Americano de Concreto en su norma ACI 440.7R-10 presenta tres maneras de falla como indica la **Figura 2.2**

### Figura 2.2

*Maneras de falla de la mampostería sin refuerzo.*

*a) Deslizamiento de la junta, b) Tensión diagonal, c) Aplastamiento de la base*



Fuente: ACI 440.7R-10 [13]

### 2.2 Mampostería de hormigón reforzado con fibras.

Un hormigón convencional que es expuesto a cargas de tensión muestra una deformación elástica, después presenta micro fisuras, más adelante macro fisuras localizadas y, por último, la fractura del mampuesto. Lo que se pretende con reforzar los mampuestos de hormigón con fibras es mejorar su resistencia, controlar su agrietamiento, perfeccionar su aislación térmica, acústica y, además, utilizar elementos amigables con el medio ambiente aumentando el uso de materiales reciclados y disminuyendo la sobre explotación de materias primas.

Las primeras investigaciones científicas acerca de utilizar fibras de refuerzo de acero en el hormigón se dan en la década de 1960 [14]. Desde entonces, se han realizado muchos proyectos utilizando refuerzos de fibra. Como, por ejemplo: losas sobre suelo, losas sobre pilotes, prefabricados, cubiertas de acero compuesto y hormigón proyectado. Las fibras proporcionan capacidad de tracción y flexión posterior a la fisuración, además, control del ancho de la fisura en elementos de hormigón [15]. Las fibras controlan de manera confiable el agrietamiento, mejoran la resistencia del material al deterioro como resultado de la fatiga, el impacto, la contracción o tensiones térmicas. Las fibras pueden contribuir a mejorar el rendimiento de los miembros de hormigón de dos formas:

- 1) Resistiendo las tensiones de tracción y, por tanto, desempeñando un papel estructural.
- 2) Controlando el desarrollo de grietas y, por lo tanto, mejorando la durabilidad del hormigón.

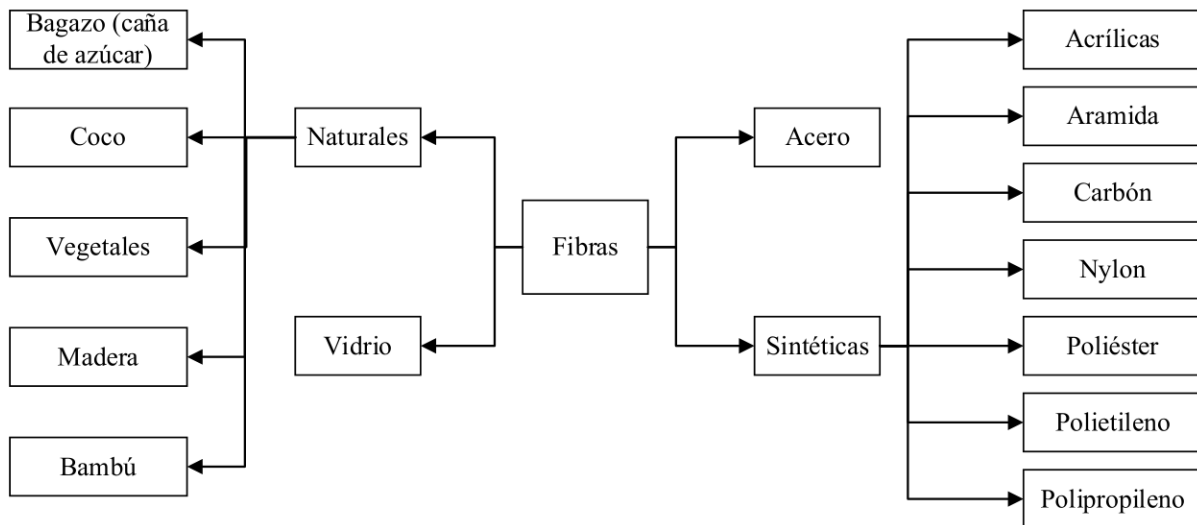
Para la elección de fibras se considera que no solo la resistencia a tracción es la que define las características del refuerzo, más importante es el módulo de elasticidad. Mientras mayor sea este, mayor será la rigidez aportada [16].

### 2.2.1 Clasificación de fibras para uso en mampostería

Las fibras que se comercializan con superioridad en nuestro medio son las fibras plásticas. También las fibras de acero, vidrio y naturales. Las que se adquieran para reforzar hormigón dependerán de la finalidad para la que se requiera, ya sea mejoramiento de propiedades físico-mecánicas, resistencia a la compresión, tensión, agrietamiento y/o impactos de abrasión. Están en el mercado numerosos tipos de fibras, en la **Figura 2.3** se observa una clasificación de ellas.

**Figura 2.3**

*Tipos de fibras*



Fuente: Elaboración propia, adaptado de M. Conrado y J. Rojas [17]

### 1. Fibras de acero

Son fragmentos longitudinales cortos de acero, pueden tener distintas formas. Su relación aproximada de longitud a diámetro es 100/20. Son lo suficiente y necesariamente pequeñas para que en una mezcla de hormigón puedan ser dispersas sin alterar (endurecer la mezcla):

**Figura 2.4**

*SikaFiber® CHO 65/35 NB*



Fuente: Hoja técnica de producto de SikaFiber [18]

## 2. Fibras sintéticas

Son artificiales que se dan luego de investigar en industrias petroquímicas y textiles. Estas consiguen reducir la contracción (retracción) plástica, seguido de fisuración y ayudan al hormigón después de la fisuración. Aunque el módulo de elasticidad es bajo en fibras de polipropileno y polietileno [17]. Las fibras sintéticas pueden ser de varios tipos: acrílicas, de carbón, nylon, aramida, polietileno, poliéster y polipropileno. Las fibras más usadas para el refuerzo de hormigón o mortero son las de polipropileno.

- a) **Acrílicas.** – Han reemplazado las fibras de asbesto. Son utilizados para producir tejas. La mezcla de concreto con fibras acrílicas muestran alta ductilidad y alta tenacidad por fisuración [17].
- b) **Carbón.** – Esas fibras se desarrollan especialmente porque presenta elevada resistencia a tracción y gran E (mód. de elasticidad) y se aplican en industria aeroespacial. Producir dichas fibras es más costoso respecto a las otras fibras mencionadas [17].
- c) **Nylon.** – Existen solo 2 tipos de fibra destinados a utilizarlos en concreto, Nylon 6 y Nylon 66. Las características de estas fibras son tenacidad, ductilidad y recuperación de elasticidad. Es un material resistente a varios materiales orgánicos e inorgánicos.
- d) **Aramida.** – Son fibras con alta resistencia, 2.5 veces más resistente que las fibras elaboradas con vidrio E y 5 más resistente que las fibras de acero.

**Polietileno Tereftalato (PET).** - Es un material fuerte y se debe a esto el éxito que tiene. Una característica importante del material es 100% reciclable, en el año de 1977 reciclaron la primera botella y a partir de eso el reciclado ha aumentado para el PET [19]. En el

Anexo B se aprecian las propiedades con los datos técnicos del PET.

Después de analizar sus propiedades se observa que el PET puede servir de refuerzo en la elaboración de bloques de mampostería. Este debe ser triturado e insertado en la mezcla de material. Entre las propiedades más importantes que se tiene de un bloque/ladrillo con PET [19] se tiene:

- ✓ Peso específico bajo, por lo que ofrece mampuestos alivianados.
  - ✓ Buena aislación térmica.
  - ✓ Resistencia a la compresión menor a un bloque tradicional
  - ✓ Absorción de agua similar a la de un bloque tradicional
  - ✓ No presenta cambios químicos ya que el plástico utilizado es inerte, no libera energía, absorbe o almacena agua, considerándose material inofensivo para el hormigón.
  - ✓ La tecnología constructiva que utiliza es simple, no contamina, disminuye el consumo de recursos naturales es económica.
  - ✓ Bloques de mampostería sustentable.
- e) **Polipropileno.** – Estas fibras fueron pioneras en la utilización de morteros de cemento. El polipropileno o PP es un plástico que ha conseguido vencer las ineficiencias que presentaba este material en su aparición, por ejemplo, su sensibilidad y reacción al frío y a la luz. Es un material sin color, ligero, duro, con excelente resistencia al choque, tracción y, a temperatura ambiente buena resistencia a los agentes químicos y disolventes. Es un material que no se deteriora fácilmente, no se oxida y resistente a ambientes ácidos y alcalinos [20]. En un volumen de hormigón, se usan en un volumen mínimo de 0.1%,

reduciendo que se fisure por retracción plástica y disminuyendo las grietas en la armadura del acero [17]. En el país se dispone de:

- **SikaFiber®**

Fibra de polipropileno utilizado para reforzar hormigón y mortero. Estas fibras reducen las fisuras antes del fraguado, mientras hay contracción en estado plástico. Se distribuye en el hormigón de manera uniforme. Su información técnica está en **Tabla 2-2**

**Tabla 2-2**

*Información técnica de SikaFiber®*

Densidad	0.91 kg/l
Absorción de agua	Ninguna
Módulo de elasticidad a tensión	15.000 kg/cm <sup>2</sup>
Se emplea en dosificaciones	0.6 kg/m <sup>3</sup>

La hoja técnica de SikaFiber® se aprecia a detalle en Anexo D, aquí se presentan algunas ventajas, las cuales son descritas a continuación, su aspecto en la **Figura 2.5**

- ✓ Disminuye las fisuras por retracción e imposibilita su propagación.
- ✓ Incremento considerable del índice de tenacidad del hormigón.
- ✓ Incrementa la resistencia al impacto, reduce la fragilidad
- ✓ Aumenta la resistencia a flexión

## Figura 2.5

*SikaFiber*®



Fuente: Hoja técnica de fibras de SikaFiber® [21]

La forma y dimensiones de esta fibra se clasifican en:

- Micro fibra < 0,30 milímetros de diámetro - Macro fibra  $\geq$  0,30 milímetros
- **SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s**

Son macro sintéticas de polímero poliolefina, concede un excelente comportamiento en ambientes corrosivos, su información en la **Tabla 2-3** la hoja técnica en el Anexo E.

### Tabla 2-3

*Información de SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s*

Información del producto	
Longitud	48 mm
Ancho promedio	1.37 mm
Espesor promedio	0.34 mm
Densidad	0.92 g/cm <sup>3</sup>
Resistencia a tensión	550+Mpa

Algunas las ventajas de SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s **Figura 2.6**, se aprecian a continuación.

- ✓ Excelente distribución en los distintos tipos de mezclas
- ✓ Su modelo de empaque permite su disgregación de manera regular
- ✓ Resiste a la corrosión y a los álcalis
- ✓ Su envoltura es reciclable, amigable con el medio ambiente

### **Figura 2.6**

*SikaFiber® Force PP -48 / RAD-48s*



Fuente: Hoja técnica de fibras de SikaFiber® Force PP -48 / RAD-48s [22]

#### **- EPS Fibratex**

Fibras 100% de polipropileno virgen, cumplen con la normativa ASTM C1116-89 de concreto reforzado. Son efectivas para reforzar al concreto. Las especificaciones técnicas se ven en el Anexo F. La información relevante se observa en **Tabla 2-4**

**Tabla 2-4**

*Información de SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s*

Información del producto	
Longitud	48 mm
Tamaño	3/4"
Densidad	0.91 g/cm <sup>3</sup>

Algunas de las ventajas de EPS Fibratex se aprecian a continuación:

- ✓ Impide las grietas por encogimiento plástico
- ✓ Brinda refuerzo tridimensional
- ✓ El acabado es igual al hormigón regular
- ✓ Incrementa las resistencias, 4% a compresión, 7% a flexión, 9% a tensión

En el Anexo G se aprecia un resumen de las propiedades más relevantes de las fibras sintéticas.

### 3. Fibras naturales

Estas fibras se han utilizado desde hace tiempo atrás como refuerzo. Las fibras más usadas son las vegetales, las cuales se encuentran en diferentes tamaños y formas. Algunos ejemplos de su uso son mampostería de barro reforzada con paja o los morteros con refuerzo de pelo largo de caballo. Las fibras presentan algunas ventajas y desventajas que se observan a continuación.

Ventajas/Beneficios de las fibras naturales

- ✓ Material económico
- ✓ Alta resistencia a tracción y deformación. Alta ductilidad.
- ✓ Bajo consumo de energía para su fabricación, amigable con el medio ambiente.

- ✓ Excelentes propiedades térmicas, acústicas y aislantes.
- ✓ Bajo peso específico.

#### Desventajas de las fibras naturales

- ✗ Alta absorción, por lo que provoca variaciones de volumen y peso.
- ✗ Baja durabilidad de las fibras en medios alcalinos
- ✗ Frágiles al fuego

#### 4. Fibras de vidrio

Se obtienen de procesar algunos materiales que los conforman como arena de sílice, origen mineral. Presentan manejabilidad permitiendo que se adapten a cualquier proceso constructivo ya que se conforman de filamentos delgados [23]. En la **Figura 2.7** la fibra de vidrio.

#### **Figura 2.7**

*Fibra de vidrio*



Fuente: Julio César Castro [23]

#### Ventajas/Beneficios de la fibra de vidrio

- ✓ Buen aislante térmico y resistente a altas temperaturas
- ✓ Resistente en ambientes corrosivos

- ✓ Livianas
- ✓ Alta resistencia al impacto y tracción
- ✓ Alta resistencia fuego
- ✓ Menor agrietamiento en el concreto por contracción plástica

#### Desventajas de la fibra de vidrio

- ✗ Baja ductilidad en el paso del tiempo
- ✗ Baja resistencia a tracción con el paso del tiempo

El concreto reforzado con fibras de vidrio mayormente utilizado se da en la producción de paneles de fachada de edificaciones (arquitectónica y estructural).

#### 2.2.2 Casos tipo

A continuación, se presentan algunos proyectos en Latinoamérica que usan cemento + plástico reciclado, para la creación de bloques que se utilizan en edificaciones. O nuevas geometrías con sistema "machihembrado":

##### a) Unidad Educativa "Santa Marianita" (Ecuador)

La Unidad Educativa "Santa Marianita" suscitó una campaña "Construye y no destruye". Que es un proyecto de autoridades y estudiantes que contribuyen a la concientización del reciclaje. Consiste en crear una estructura similar a las convencionales, con el distintivo de que sus bloques utilicen plástico reciclado PET (Tereftalato de polietileno). En el proyecto se reciclo botellas para le elaboración de 900 bloques de cemento-plástico.

En la **Figura 2.8** se observa un aula en Manta-Manabí, construida con bloques de cemento + botellas plásticas recicladas.

## Figura 2.8

*Aula construida con bloques de cemento + botellas plásticas recicladas. Manta-Manabi*



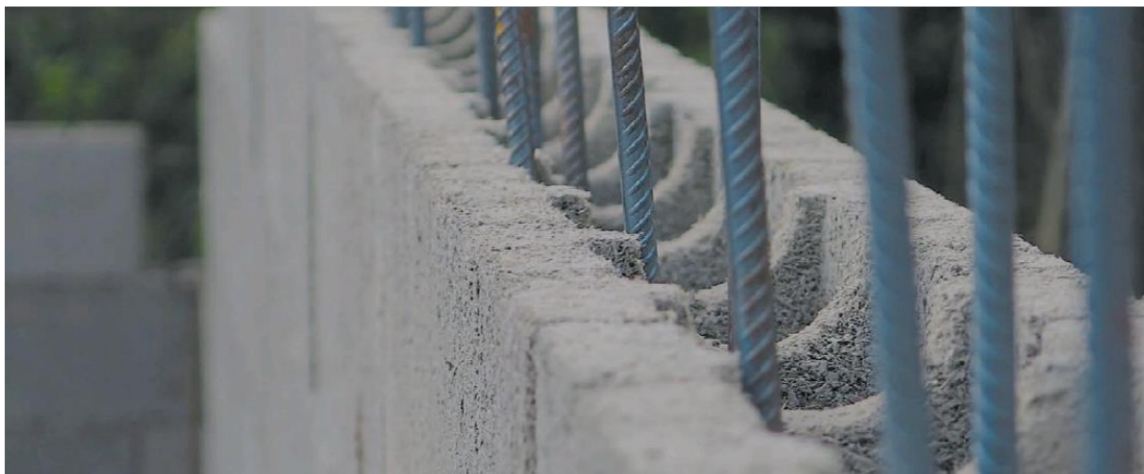
Fuente: Empresa Tritubot

## b) SIMACON - HOLCIM (Argentina)

El proyecto reemplaza el poliestireno expandido (EPS) con un compuesto de fibras y astillas de madera recicladas que, aglutinados con cemento, les dan forma a los bloques **Figura 2.9**.

## Figura 2.9

*Bloque de cemento y fibras/astillas de madera*



Fuente: SIMACON – HOLCIM (Argentina)

Las características del producto son las que brindan las ventajas mecánicas de la madera (fácil de trabajar, buena aislación térmica), y excluye las desventajas de los productos orgánicos (no se quema, no se pudre, no sufre a la intemperie y no sufre plagas o roedores).

Los bloques permiten una construcción rápida y eficiente, cumpliendo con los códigos de construcción vigentes y las exigencias de sustentabilidad deseables. Las fibras de madera reemplazan al poliestireno expandido en la construcción de bloques cementicios livianos.

c) Empresa EKOJUNTO (Costa Rica)

Es una empresa que presenta casas utilizando un sistema constructivo a base de plástico reciclado principalmente polipropileno, llamado “Bloqueplas” que presenta las siguientes características:

- Reducido costo de mano de obra
- Fácil y rápido ensamblaje
- Resistencia al fuego y a la humedad
- Aislante térmico y acústico
- Variabilidad de acabados
- Desperdicios de construcción mínimos
- Versatilidad para combinar con otros materiales
- Sistema constructivo sismorresistente admitido por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA)

Este régimen estructural consiste en vigas y columnas que se amarran mediante platinas metálicas, los bloques son elementos no estructurales que se unen mediante el sistema de machimbrado **Figura 2.10**. Su ensamblaje es similar al de las piezas lego [24]

## Figura 2.10

*Vivienda con el sistema de Bloqueplas*



Fuente: Empresa EKOJUNTO

### 2.3 Normativa para mampostería

Para diseñar y construir mampostería en Ecuador se rigen por la NTE INEN. Y a nivel internacional se rigen por los "Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures" (Requisitos del reglamento de construcciones y especificaciones para estructuras de mampostería) (ACI 530/ACI 530.1) y, en muchas jurisdicciones, por el International Building Code (Reglamento internacional de la construcción) (IBC) [7]

#### 2.3.1 Normativa para bloques de hormigón

No existe normativa ecuatoriana para la elaboración de unidades para mampostería no estructural con fibras de acero y plástico. Pero son útiles las normativas descritas a continuación:

- NTE INEN 3066 "Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de Ensayo" [5]
- NTE INEN 2874 "Hormigón reforzado con fibra, requisitos y métodos de ensayo" [25]
- NTE INEN 2518:2010 "Morteros para unidades de mampostería. Requisitos." [8]

### 2.3.2 Ensayos para bloques de hormigón

Los bloques deben cumplir con la norma que indica los ensayos que deben realizarse a las unidades de mampostería. Dimensiones, absorción de agua, aspectos visuales, resistencia neta mínima a compresión simple [5].

#### a. Dimensiones

Este ensayo consiste en medir los bloques de hormigón para verificar que cumplan los requisitos establecidos. Su descripción se visualiza en Anexo B de la NTE INEN 3066.

#### b. Absorción, Contenido de Humedad, Densidad

Este ensayo calcula la absorción, densidad, contenido de agua, áreas, espesores mediante fórmulas dependientes de la masa de la unidad cuando esta sumergida en agua, saturada y seca. Su descripción se encuentra en el Anexo D de la citada norma.

#### c. Aspectos visuales

Este ensayo trata de un examen visual de la norma, tonalidad y textura de los mampuestos, su descripción la vemos en el Anexo C de la citada norma.

#### d. Resistencia a compresión simple

Con este ensayo se pretende encontrar la resistencia a la compresión simple de tres unidades de mampostería (bloques), las condiciones que deben cumplir y la manera de realizar el ensayo se encuentra descrito en el Anexo E de la norma antes mencionada. Y las resistencias mínimas que deben poseer se observa en el Anexo A.

### 3 Capítulo 3: Unidades de mampostería para modelación

En este capítulo se analizan los estudios previos el diseño del bloque a utilizarse en viviendas convencionales en la ciudad de Azogues. Cabe recalcar que las exigencias con las que se diseña la mampostería dependen de las disposiciones del "Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda" (MIDUVI) y la "Cámara de la Industria de la Construcción" (CAMICON).

La vivienda convencional hace referencia a viviendas que utilizan materiales tradicionales, mampostería de ladrillo o bloque. Deben cumplir con lineamientos mínimos establecidos en la NTE INEN. Se puede considerar una vivienda uni familiar y los lineamientos a cumplir son los expuestos en el Anexo H.

#### 3.1 Bloques de hormigón

El primer bloque en modelarse será uno de hormigón, que a su vez sirve para calibrar el modelo en SAP 2000. En la **Tabla 3-1** se miran las características de los bloques de hormigón [26]. Son de 40x15x20 cm.

**Tabla 3-1** Propiedades de las unidades de mampostería de hormigón

Bloques	Absorción %	Contenido Humedad	Densidad kg/m <sup>3</sup>	Resistencia Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resis. Compresión Área Bruta (kg/cm <sup>2</sup> )
Hormigón	12.16	45.12%	1876.92	44.91	25.38

Fuente: Carla Cantos [26]

##### 3.1.1 Módulo de elasticidad de los bloques de mampostería ( $E_p$ )

Para establecer el E (Módulo de Elasticidad) de los bloques de mampostería ( $E_p$ ), se sugiere emplearse la Ecuación 3-1 para mampostería en concreto, la cual requiere de la resistencia neta a la compresión de los bloques de mampostería ( $f'_b$ ), tomada del "Modelo Analítico del Comportamiento a Compresión de Bloques Huecos de Concreto" [27]

$$E_p = 450 \cdot f' b$$

Ecuación 3-1. Modulo de elasticidad (E) de bloques de mamposteria

Donde:

$$f' b = 44.95 \text{ kg/cm}^2 = 4.4 \text{ Mpa}$$

$$E_p = 450 (4.4) = \mathbf{1981,9 \text{ MPa}}$$

$$E_p = 20209,7 \text{ kg/cm}^2$$

### 3.2 Bloques de hormigón con fibras de plástico reciclado (PET)

Es importante mencionar que las características que se describen a continuación son tomadas del proyecto de diseño de unidades mampostería para obra civil usando plástico reciclado (PET) [28]. Este proyecto expone un bloque óptimo con 25% de adición de PET, con las dimensiones de 40x15x20 cm, ver *Figura 3.1*

**Figura 3.1** Bloque con fibras PET



#### 3.2.1 Plástico reciclado (PET)

El PET tiene fácil acceso, ya que en la ciudad de Cuenca disponen de un sistema de reciclaje de materiales inorgánicos, plásticos, cartón, papel, vidrio y metal. A pesar de que no concurre la cultura de reutilizar el plástico reciclado como en otras ciudades del país. Este plástico reciclado es triturado y dosificado en los bloques como fibras.

### 3.2.2 Cemento

Material que se usa para adherir de los agregados, consiguiendo unir los materiales de tal manera que conformen una masa compacta y resistente. Para elaborar el bloque de hormigón se usa “Cemento Portland Puzolánico Tipo I”, el cual debe desempeñar los requisitos establecidos en la Especificación Normalizada para Cemento Portland [29]. Este material debe cumplir con NTE INEN 152:2012 Requisitos para Cemento Portland [30].

$$\rho = \frac{M}{V}$$

*Ecuación 3-2. Densidad*

Donde:

$\rho$  = Densidad (1.42 gr/cm<sup>3</sup>, densidad de arena)

V = Volumen (5400 cm<sup>3</sup>)

$$V = A \times h$$

*Ecuación 3-3. Volumen*

Donde:

A = Área

h = Altura

### 3.2.3 Arena

Basado en la NTE INEN 696, “Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso” [31] y en la Norma ASTM C136 “Método de ensayo normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos”, [32] se establece el módulo de finura que se utiliza de arena.

### 3.2.4 Dosificación de bloques con fibras de PET

Se realiza una investigación con distintas dosificaciones [28] y se utiliza la dosificación observada en la **Tabla 3-2**.

**Tabla 3-2** Dosificación para 1m3 (por peso)

Dosificación	Cemento (kg)	Arena (kg)	H2O (lt)	Fibra PET (kg)
1:4	50	200	40	3

Fuente: J. Mejía y N. Pachacama [28]

### 3.2.5 Propiedad fisico-mecánicas del bloque

En la **Tabla 3-3** se observa la respuesta de los ensayos de laboratorio: resistencia a la compresión, densidad.

Donde:

Mr: Masa de la unidad como es recibida (kg)

Ms: Masa de la unidad saturada (kg)

Mi: Masa de la unidad sumergida (kg)

**Tabla 3-3** Propiedades de los bloques de hormigón con fibras PET

Nro bloque	LxAxH	Área neta(cm2)	Mr (kg)	Ms (kg)	Mi (kg)	Resistencia neta Compresión(kg/cm <sup>2</sup> )	P max (kg)
1	40x15x20	310.60	11	12.55	6.22	48.58	15090
2	40x15x20	313.59	11	12.74	6.28	60.8	19067
3	40x15x20	313.53	11.2	12.83	6.39	66.23	20765
<b>Promedio</b>		<b>312.57</b>	<b>11.01</b>	<b>12.71</b>	<b>6.30</b>	<b>58.54</b>	<b>18300</b>

Fuente: J. Mejía y N. Pachacama [28]

Se obtiene la densidad a partir de Ecuación 3-4 [5].

$$Densidad (D) = \frac{Mr}{Ms - Mi} \times 1000 \quad \left(\frac{kg}{m^3}\right) \quad \text{Ecuación 3-4. Densidad}$$

Se obtienen las densidades de cada bloque de 1737.8 kg/m<sup>3</sup>, 1702.8 kg/m<sup>3</sup>, 1739.1 kg/m<sup>3</sup> respectivamente.

La resistencia neta a la compresión es de 58.4 kg/cm<sup>2</sup> (promedio de los bloques ensayados)

### 3.2.6 Módulo de elasticidad de los bloques de mampostería ( $E_p$ )

Para determinar el Módulo de Elasticidad de bloques de mampostería ( $E_p$ ), se sugiere emplearse la  $E_p = 450 \cdot f'_{b}$  para unidades de mampostería, la cual requiere de resistencia a la compresión de los bloques de mampostería ( $f'_{b}$ )

Donde:  $E_p = 450 \cdot f'_{b}$

$$f'_{b} = 58,54 \text{ kg/cm}^2 = 5,741 \text{ Mpa}$$

$$E_p = 450 (5,741) = \mathbf{2583,6 \text{ MPa}}$$

$$E_p = 26\,345,9 \text{ kg/cm}^2$$

## 3.3 Bloques de hormigón con fibras de acero

Es importante mencionar que las características que se exponen a continuación son de ensayos que usan fibras de acero para refuerzo en bloques de hormigón [23].

### 3.3.1 Cemento

Para elaborar el bloque de hormigón con fibras de acero se usa “Cemento Portland Puzolánico Tipo I”, el cual debe desempeñar los requisitos establecidos en la Especificación Normalizada para Cemento Portland [29]. Este material debe cumplir con NTE INEN 152:2012 Requisitos para Cemento Portland [30].

### 3.3.2 Arena

Se utiliza agregado fino, se establece su módulo de finura según la Norma ASTM C136 [32].

### 3.3.3 Dosificación de bloques con fibras de acero

El autor Julio Castro [23] plantea dos dosificaciones, se utiliza la que se observa en **Tabla 3-4**

**Tabla 3-4** Dosificación para 1 m<sup>3</sup> (por peso)

Dosificación	Cemento (kg)	Arena (kg)	H2O (lt)	Fibra de acero (kg)
1:3.38	50	169	38	6

Fuente: Julio Cesar Castro [23]

### 3.3.4 Propiedad fisico-mecánicas del bloque

La **Tabla 3-5** muestra resultados de los ensayos de laboratorio: resistencia a la compresión, densidad.

**Tabla 3-5** Propiedades de las unidades de mampostería de hormigón con fibras de acero

LxAxH	Área neta(cm <sup>2</sup> )	Resistencia neta Compresión(kg/cm <sup>2</sup> )	P max (kg)	Módulo estático (kg/cm <sup>2</sup> )	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
40x15x20	312.60	103.98	26000	46789.1	1962.4

Fuente: Julio Cesar Castro [23]

### 3.4 Sugerencia del diseño convencional a modelarse

Se procederá a hacer modelos en el software SAP 2000 para evaluar los resultados del ensayo a compresión. Consiste en modelar bloques de mampostería, por lo que no se considerarán las cargas sísmicas. Primero se modelará un bloque convencional, del cual se tiene de ensayos de laboratorio previos resultados de su densidad, carga máxima que soporta, resistencia a compresión, etc. Los resultados obtenidos servirán para calibrar el modelo, y con esto se puede obtener valores cercanos a la realidad sobre el ensayo a la compresión de las unidades de mampostería con fibras de refuerzo para su respectivo análisis.

## Capítulo 4: Modelos Digitales

Se realizan tres modelos digitales que tienen como finalidad simular un ensayo de compresión simple de bloques, según el *Anexo E “Resistencia a la Compresión Simple”* de la NTE INEN 3066 [33] para predecir su comportamiento de forma inmediata.

El primer modelo consiste en simular el ensayo en bloques de mampostería convencional de la ciudad de Azogues. En las mismas dimensiones de bloque, simular un segundo modelo utilizando las fibras de PET y un tercer modelo utilizando las fibras de acero. La simulación de cada prototipo se realiza de manera independiente, ajustando a cada simulación las características de cada material que en este caso fueron obtenidos de pruebas de laboratorio de investigaciones previas, información que sirve para corroborar los resultados obtenidos de los modelos digitales simulados.

Para un correcto análisis los modelos digitales se realizan con la misma geometría, pero como sus dosificaciones son diferentes y se pretende comparar la resistencia a compresión y densidad se realiza un reajuste; se determina su valor equivalente.

### 4.1 Simulación en SAP 2000 de un bloque de hormigón convencional

Para la simulación de los bloques de mampostería convencional se utiliza información de pruebas realizadas en el trabajo previo “Caracterización de unidades de mampostería más comunes en la ciudad de Azogues”[26] donde se realizan ensayos de laboratorio a bloques de concreto y donde se obtiene su área neta, resistencia a la compresión, densidad. Información con la cual se obtiene su Módulo de elasticidad.

#### 4.1.1 Consideraciones

La simulación se hace de un bloque de 15x20x40 cm. Los datos considerados se observan en

**Tabla 4-1.**

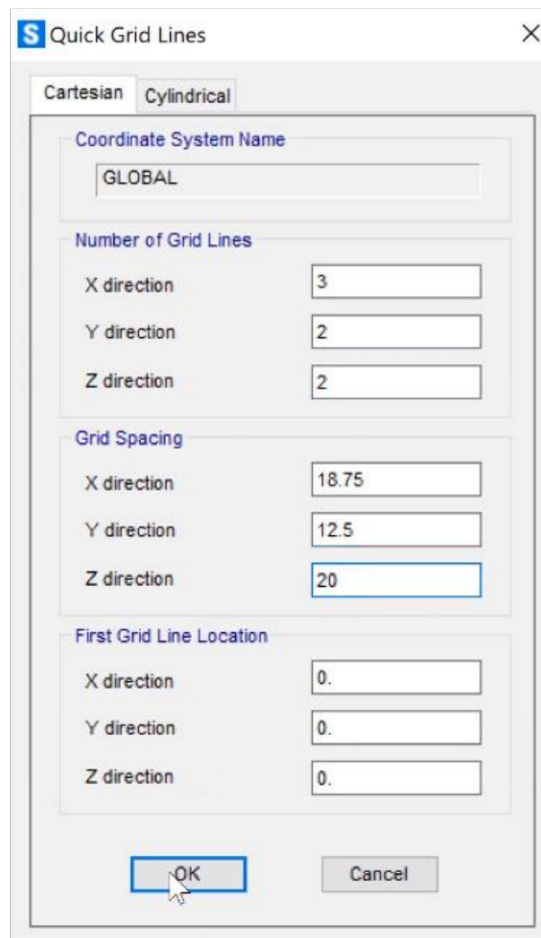
**Tabla 4-1** Datos considerados en el primer modelo

Datos del bloque de hormigón		
h (Altura)	20	cm
L (Largo)	40	cm
A (Ancho)	15	cm
Área neta	338.45	cm <sup>2</sup>
f'b (Resistencia a la compresión) neta	44.91	kgf/cm <sup>2</sup>
P max (Carga máxima)	15200	kgf
E (Módulo de elasticidad)	20209.7	kgf/cm <sup>2</sup>
Densidad	1876.92	kgf/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia, basado en Carla Cantos [26]

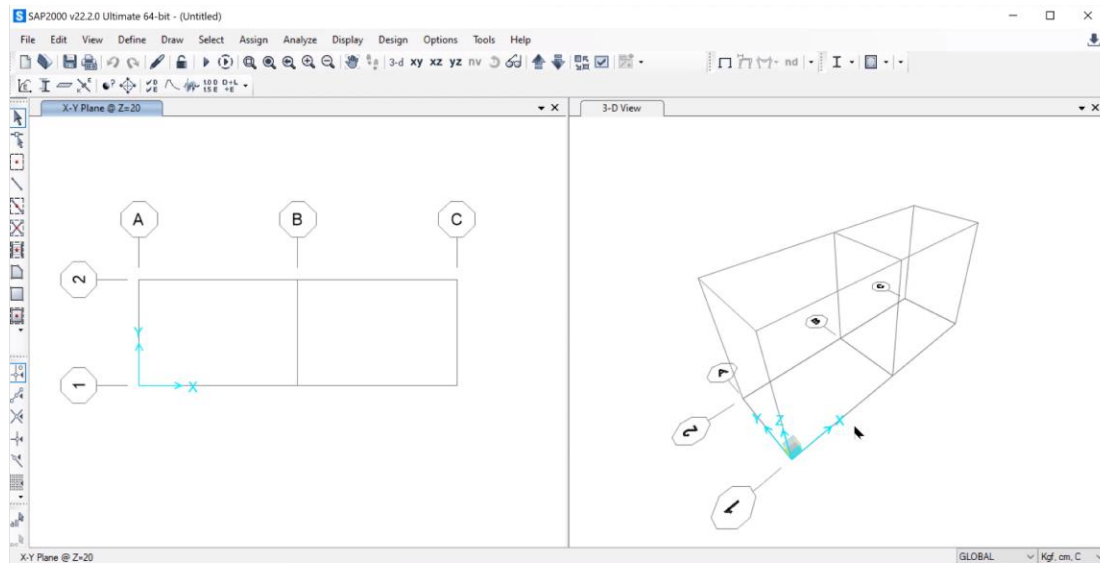
#### 4.1.2 Simulación en SAP 2000

Se empieza un nuevo modelo en el software SAP 2000, definiendo una cuadrícula. Se utilizan los datos que se observa a continuación.



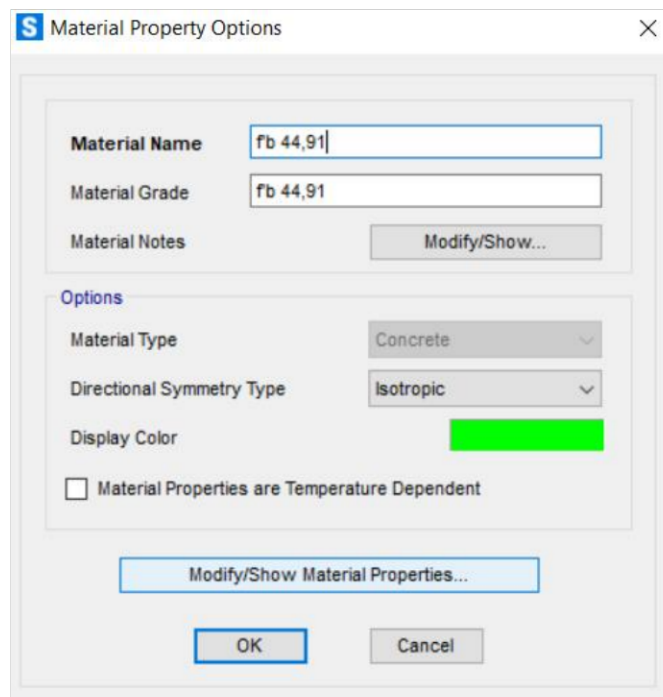
Fuente: Elaboración propia

La vista de la cuadrícula donde será modelado el bloque es la siguiente:



Fuente: Elaboración propia

Se procede con una de las secciones principales: definir el material. Se nombra como “fb 44.91” como se observa en la siguiente imagen.



Fuente: Elaboración propia

Se modifica las propiedades del material donde se considera la densidad obtenida en ensayos de laboratorio y el módulo de elasticidad que se obtiene mediante la  $E_p=450 \cdot f' b$ . Además se calcula la masa por volumen y se ingresa el  $f' b$  del material.

**S** Material Property Data

Material Name: fb 44,91

Material Type: Concrete

Symmetry Type: Isotropic

Modulus of Elasticity: E = 20209,7

Weight and Mass: Weight per Unit Volume = 1,877E-03; Mass per Unit Volume = 1,9133537206931

Units: Kgf, cm, C

Poisson: U = 0,2

Coeff of Thermal Expansion: A = 9,900E-06

Shear Modulus: G = 8420,7083

Other Properties For Concrete Materials: Specified Concrete Compressive Strength,  $f_c$  = 44,91; Expected Concrete Compressive Strength = 44,91

Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: [ ]

Advanced Material Property Data

Uniaxial Nonlinear Data... | Material Damping Properties... | Coupled Nonlinear Data... | Time Dependent Properties...

Fuente: Elaboración propia

Es importante considerar que el material tiene propiedades no lineales. En el modelo se considera esto, mediante el gráfico que se aprecia a continuación.

**S** Uniaxial Nonlinear Material Data

Edit

Material Name: fb 44,91

Material Type: Concrete

Hysteresis Type: Takeda

Drucker-Prager Parameters: Friction Angle = 0, Dilatational Angle = 0,

Units: Kgf, cm, C

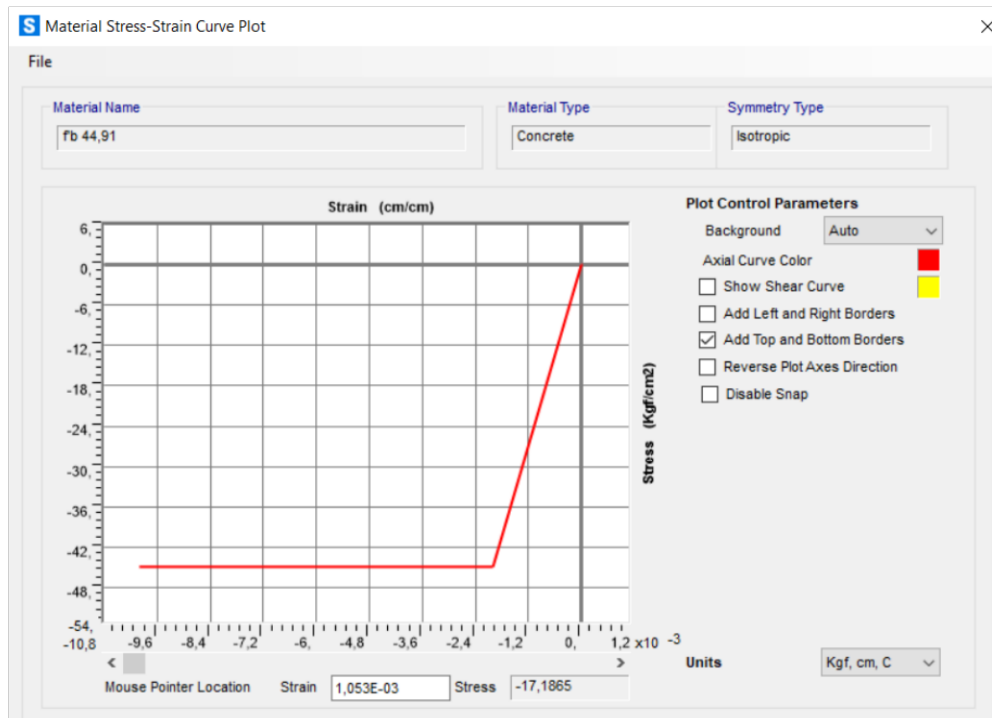
Stress-Strain Curve Definition Options:  Parametric;  User Defined

User Stress-Strain Curve Data: Number of Points in Stress-Strain Curve = 4

	Strain	Stress	Point ID
1	-0,01	-44,91	
2	-2,002E-03	-44,91	
3	0,	0,	
4	2,002E-05	0,033	

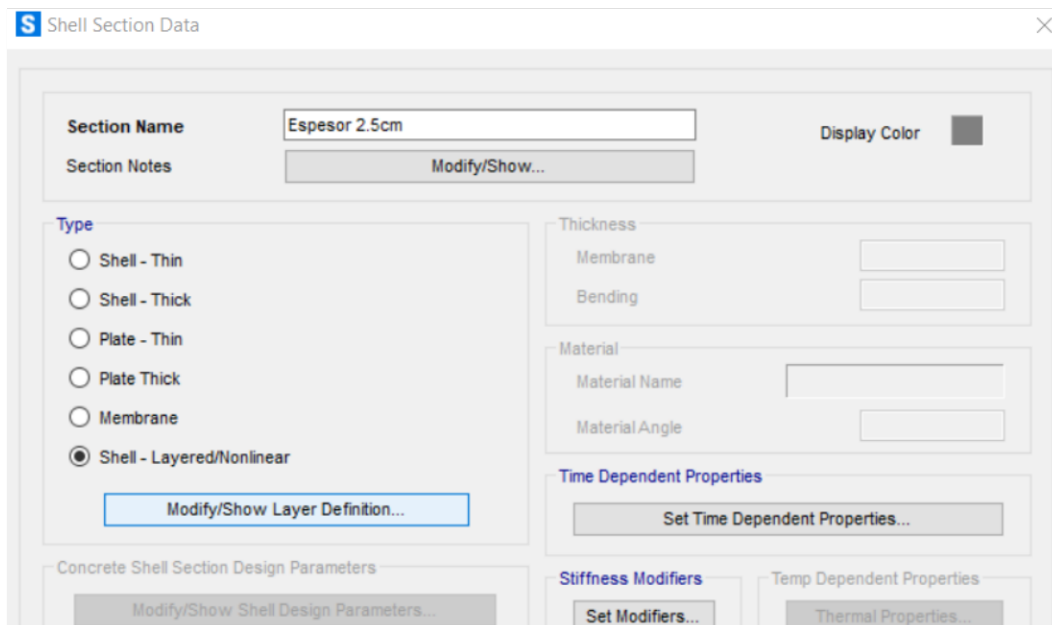
Fuente: Elaboración propia

La gráfica que se proyecta en la siguiente imagen considera  $f_b$  del material asignado en segmentos que trabajen a tracción o compresión.



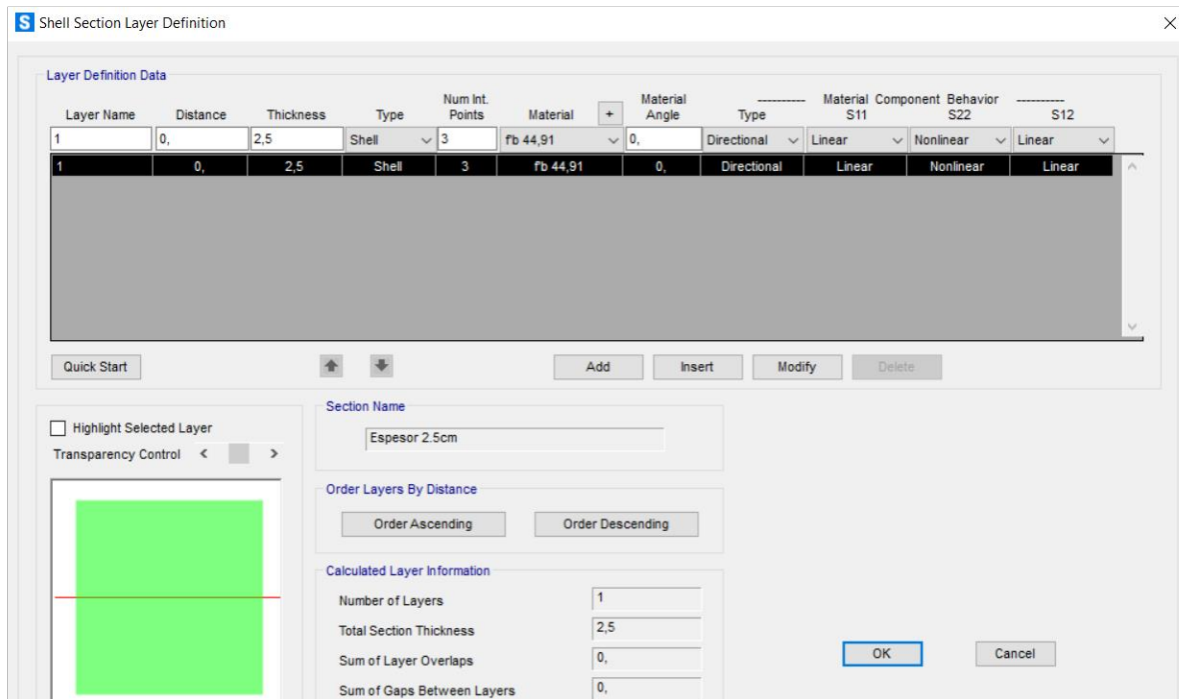
Fuente: Elaboración propia

Una vez establecido el material del bloque, es importante definir la sección, el espesor de cada pared. Es importante considerar un elemento "Shell-Layered/Nonlinear"



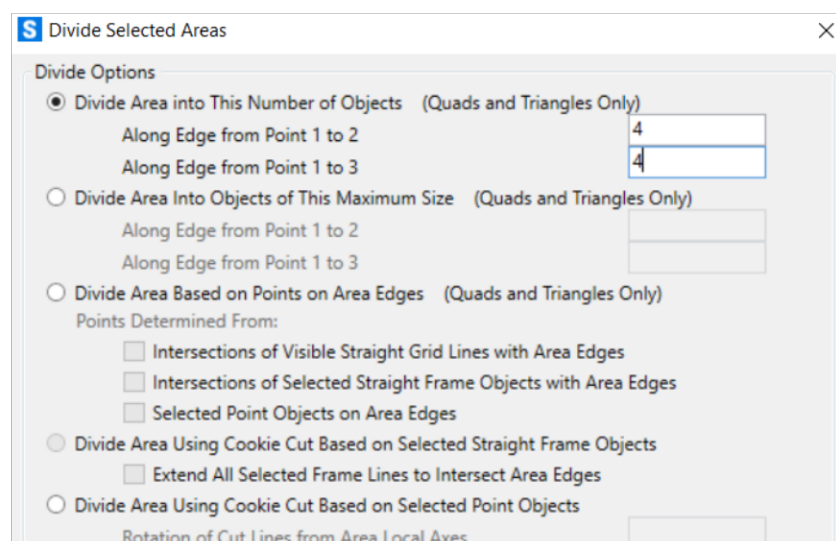
Fuente: Elaboración propia

Modificar las propiedades. Utilizar un espesor de 2,5 cm ya que es el ancho de las paredes del bloque convencional en estudio. Es importante considerar que el material en la dirección "2" del programa SAP 2000, trabaja como material no lineal.



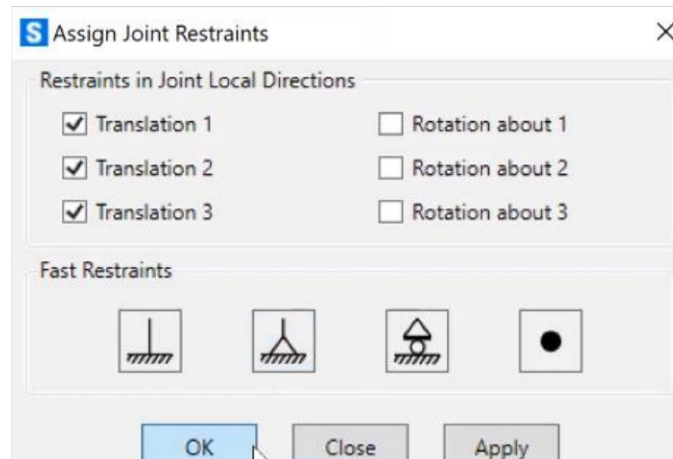
Fuente: Elaboración propia

Se dibuja cada sección del bloque en cada plano del modelo. Es necesario discretizar las paredes del bloque: Editar, Editar Áreas y Dividir Áreas. Como indica el siguiente cuadro.



Fuente: Elaboración propia

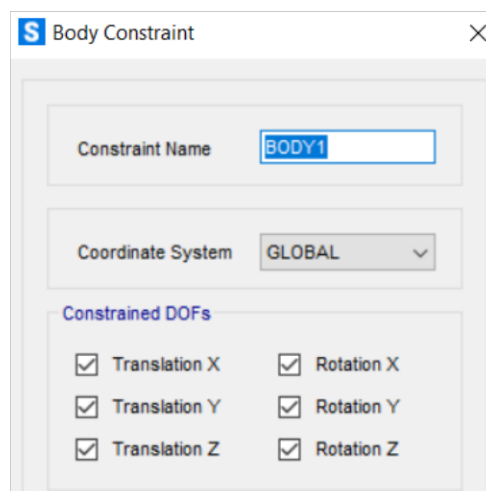
Se discretiza en 4 partes. Posterior a la discretización es necesario colocar restricciones en la parte inferior del bloque. Se considera como un elemento simplemente apoyado y se proyecta de la siguiente manera:



Fuente: Elaboración propia

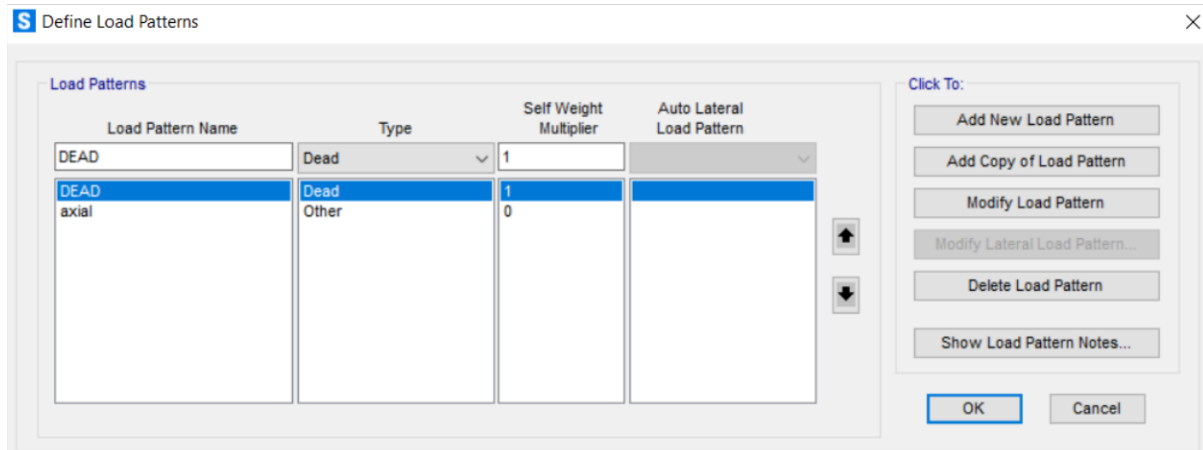
Si en la parte inferior se colocan restricciones, es importante que en la parte inferior se coloque una placa que permita que cualquier carga aplicada sea transferida uniformemente por toda la superficie. En SAP 2000 se le asigna una limitación “constraints” llamada “body”.

Lo que provoca esta limitación es que el momento de aplicar al bloque la carga vertical a cualquier punto, se mueva en la misma dirección toda la superficie, como si fuera un sólido rígido.



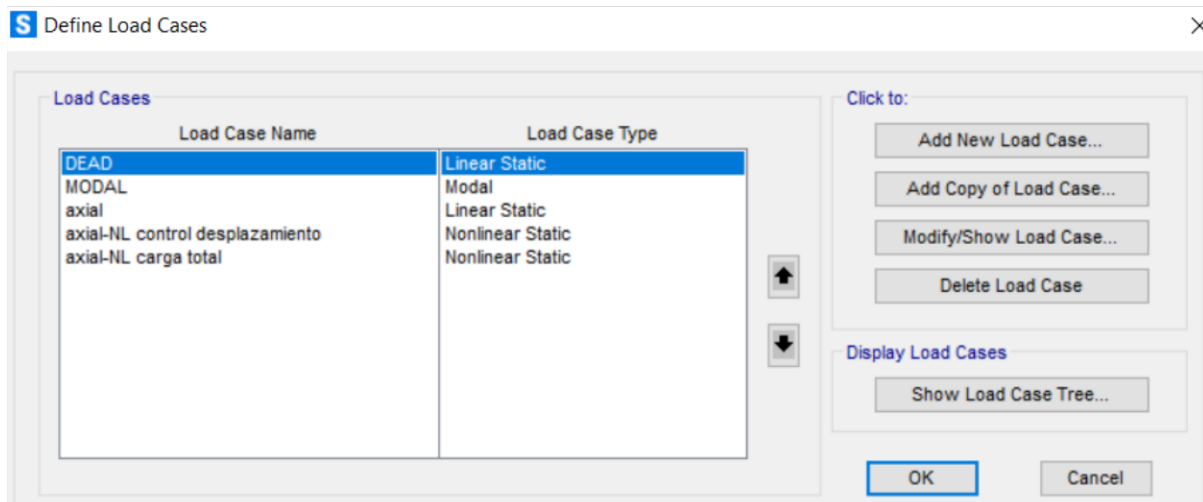
Fuente: Elaboración propia

Un paso adicional consiste en definir los nombres del patrón de cargas. Para este análisis solo importa la carga muerta y la carga axial aplicada, que es la que simula el ensayo de laboratorio de Resistencia a la Compresión.



Fuente: Elaboración propia

Definir casos de carga. Para esto se considera una carga axial, se crea un caso de control de desplazamiento, que es donde se considera el desplazamiento máximo que puede tener.

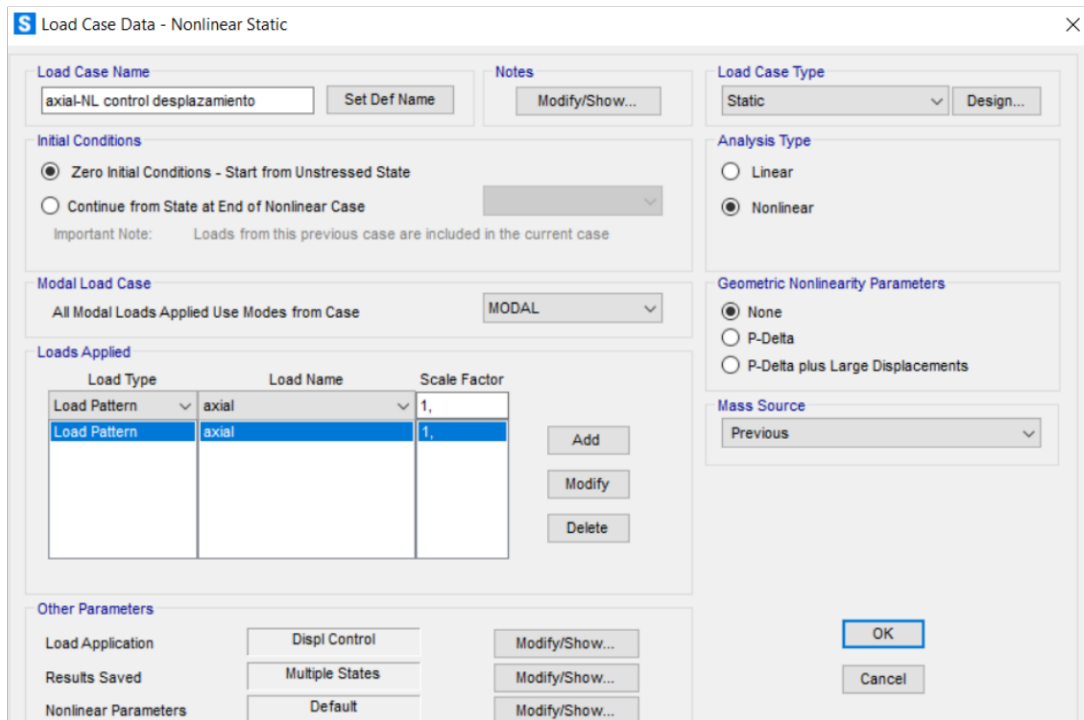


Fuente: Elaboración propia

En la carga axial, no lineal, con control de desplazamiento. Consideramos: análisis de tipo no lineal. Aquí es desde donde se va a controlar y monitorear el desplazamiento.

Es importante mencionar que en base al “Modelo Analítico del Comportamiento a Compresión de Concreto” de John García y otros [34] se utiliza una deformación unitaria de  $6 \times 10^{-3}$

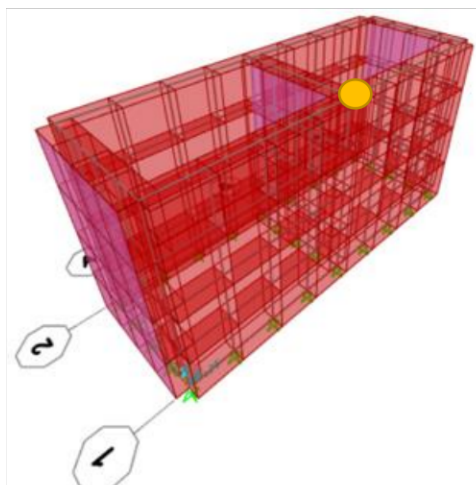
(mm/mm), valor que los autores han establecido en base a valores experimentales de varios autores a lo largo de diferentes años.



Fuente: Elaboración propia

Se considera que el desplazamiento monitoreado es de 0,12, resultado obtenido de la Ecuación 4-1. Se elige el nodo 48 **Figura 4.1** (puede ser cualquier nodo de la parte superior). Para controlar su desplazamiento, se debe controlar en la dirección U3 (dirección de z)

**Figura 4.1** Nodo 48 en el bloque de hormigón



Fuente: Elaboración propia

Ecuación 4-1. Deformación unitaria

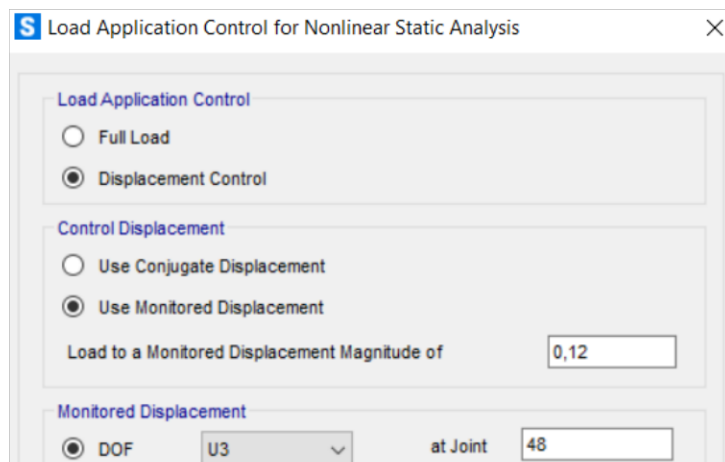
$$\varepsilon = \frac{\delta}{H}$$

Donde:

$\varepsilon$	Deformación unitaria (0.006)
$\delta$	Deformación del material
H	Altura del bloque (20cm)

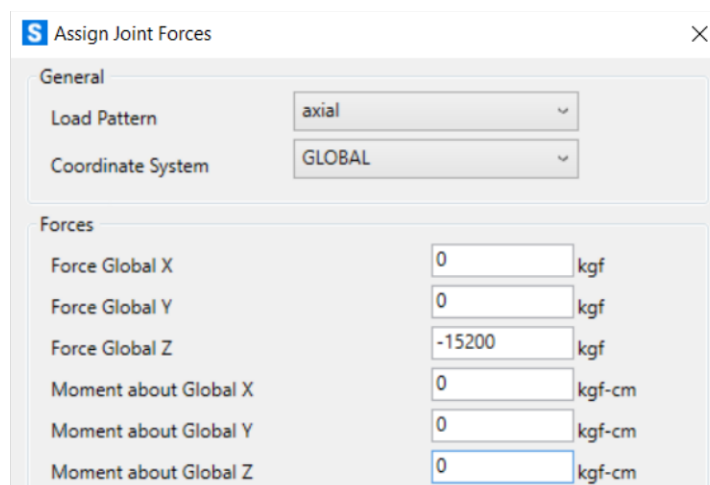
Se obtiene:

$$\delta = (0.006) \times 20 = 0.12 \text{ (valor a ingresar, como magnitud de desplazamiento monitoreada)}$$



Fuente: Elaboración propia

Se coloca una fuerza en el centro del bloque. La fuerza asignada es de 15200 kgf.



Fuente: Elaboración propia

Se termina la modelación del bloque y se procede a correr el modelo.

## 4.2 Simulación en SAP 2000 de un bloque de hormigón con fibras PET

Para la simulación de los bloques de mampostería con fibras de PET, se utilizan datos de ensayos previos donde se usan fibras de PET en bloques de mampostería en obras civiles [28]. Donde se realizan ensayos de laboratorio a bloques de concreto reforzados con fibras PET y donde se obtiene su área neta, resistencia a la compresión, densidad, Módulo de elasticidad.

### 4.2.1 Consideraciones

Se utiliza la misma geometría del bloque convencional. Los datos que se ingresan en el modelo son resultados de ensayos de laboratorio previos [28]. Estos ensayos utilizan bloques que se han creado con dosificaciones diferentes a las dosificaciones del bloque convencional en la ciudad de Azogues, por lo que se realiza una equivalencia de la resistencia a compresión obtenida en los ensayos previos, realizados antes de agregar fibras para refuerzo (se denominará como resistencia a compresión de bloques de hormigón 2), en relación a la resistencia del bloque convencional de la ciudad de Azogues [26] (se denominará como resistencia a compresión de bloques de hormigón 1).

Resistencia a compresión de bloques de hormigón 1 = 44.91kg/cm<sup>2</sup>, sin fibras de refuerzo

Resistencia a compresión de bloques de hormigón 2 = 41.71kg/cm<sup>2</sup>, sin fibras de refuerzo

Los bloques tienen una resistencia a compresión con una diferencia del 7.13%, porcentaje que se considera para la equivalencia de valores. Por lo tanto, si la resistencia a compresión de los bloques de hormigón con fibras PET obtenida en ensayos previos es de 58.54 kg/cm<sup>2</sup>. Se le resta el porcentaje de 7.13% para su equivalente, obteniendo una resistencia a la compresión con fibras PET de 54.37 kg/cm<sup>2</sup>.

Los datos considerados en la simulación del modelo digital se aprecian en **Tabla 4-2**

**Tabla 4-2** Datos considerados en el segundo modelo

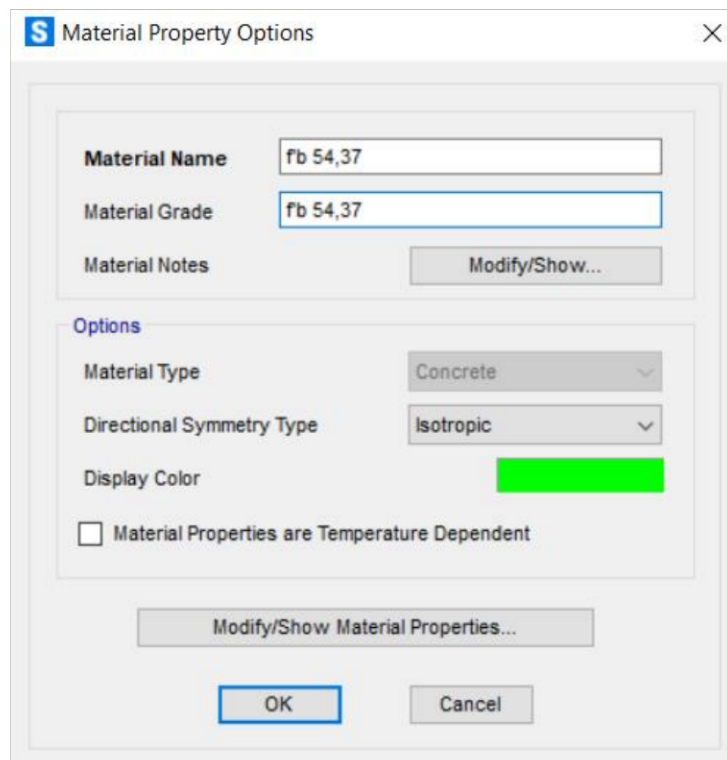
Datos del bloque de hormigón con fibras PET		
h (Altura)	20	cm
L (Largo)	40	cm
A (Ancho)	15	cm
Área neta	312.57	cm <sup>2</sup>
f'b (Resistencia neta a la compresión)	<b>54.37</b>	kgf/cm <sup>2</sup>
P max (Carga máxima)	18300	kgf
E (Módulo de elasticidad)	24466.6	kgf/cm <sup>2</sup>
Densidad	1726.6	kgf/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia, basado en J. Mejía y N. Pachacama [28].

Nota: El Módulo de Elasticidad se reajusta según  $E_p=450 \cdot f'b$ .

#### 4.2.2 Simulación en SAP 2000

La modelación es igual a la describe en el punto 4.1.2, en este caso se crea un nuevo material, se denomina “f'b 54.37”



Fuente: Elaboración propia

Se modifican las propiedades del material donde se considera la densidad obtenida de ensayos de laboratorio y el módulo de elasticidad que se obtiene mediante la  $E_p=450 \cdot f'b$ .

<b>Material Name</b> fb 54,37	<b>Material Type</b> Concrete	<b>Symmetry Type</b> Isotropic
<b>Modulus of Elasticity</b> E 24466,6	<b>Weight and Mass</b> Weight per Unit Volume 1,727E-03 Mass per Unit Volume 1,761E-06	<b>Units</b> Kgf, cm, C
<b>Poisson</b> U 0,2	<b>Other Properties For Concrete Materials</b> Specified Concrete Compressive Strength, f <sub>c</sub> 54,37 Expected Concrete Compressive Strength 54,37 <input type="checkbox"/> Lightweight Concrete Shear Strength Reduction Factor	
<b>Coeff of Thermal Expansion</b> A 9,900E-06	<b>Advanced Material Property Data</b> Uniaxial Nonlinear Data... Coupled Nonlinear Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...	
<b>Shear Modulus</b> G 10194,417		

Fuente: Elaboración propia

Las propiedades no lineales del material se observan y grafican a continuación

**S** Uniaxial Nonlinear Material Data

**Edit**

<b>Material Name</b> fb 54,37	<b>Material Type</b> Concrete
<b>Hysteresis Type</b> Takeda	<b>Drucker-Prager Parameters</b> Friction Angle 0, Dilatational Angle 0,
<b>Units</b> Kgf, cm, C	

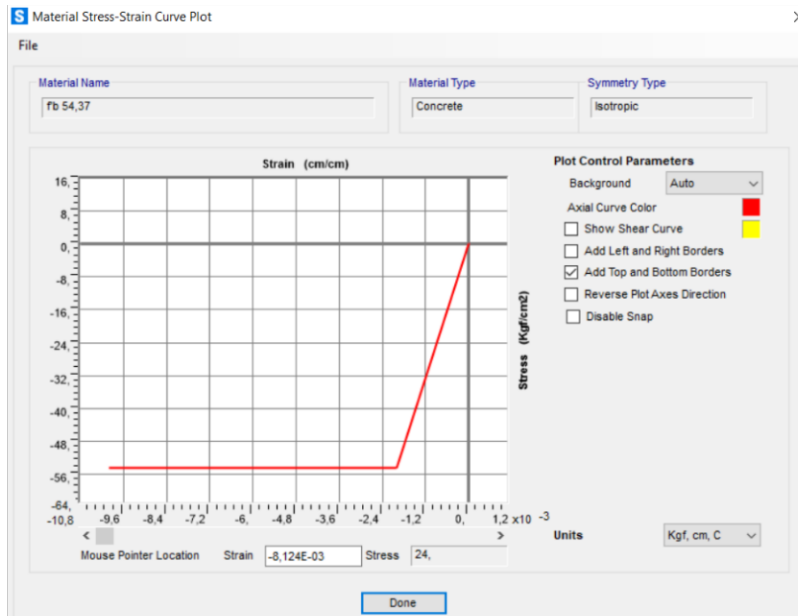
**Stress-Strain Curve Definition Options**  
 Parametric  
 User Defined  
 Convert To User Defined

**User Stress-Strain Curve Data**  
 Number of Points in Stress-Strain Curve: 4

	Strain	Stress	Point ID
1	-0,01	-54,37	
2	-2,000E-03	-54,37	
3	0,	0,	
4	2,002E-05	0,0307	

Order Rows  
Show Plot...

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Cuando se le asigna una fuerza al bloque es de 18300 kgf (carga máxima que soportaron los bloques, al ser ensayados en laboratorio).

Fuente: Elaboración propia

Una vez modelado el bloque, se procede a correr el modelo.

### **4.3 Simulación en SAP 2000 de un bloque de hormigón con fibras de acero**

Para la simulación de los bloques de mampostería con fibras de acero, se utilizan datos de pruebas de laboratorio realizados a bloques de hormigón con fibras de acero y se obtiene su área neta, resistencia a la compresión, densidad, Módulo de elasticidad.

#### **4.3.1 Consideraciones**

Se utiliza la misma geometría del bloque convencional 15x20x40 cm. Los datos que se ingresan en el modelo son resultados de ensayos de laboratorio previos [23]. Estos ensayos utilizan bloques que se han creado con dosificaciones diferentes a las dosificaciones del bloque convencional en la ciudad de Azogues, por lo que se realiza una equivalencia de la resistencia a compresión obtenida en los ensayos previos, realizados antes de agregar fibras para refuerzo (se denominará como resistencia a compresión de bloques de hormigón 3), respecto a la resistencia del bloque convencional de la ciudad de Azogues [26] (se denominará como resistencia a compresión de unidades de mampostería de concreto 1).

Resist. a compresión de bloques de hormigón 1 = 44.91kg/cm<sup>2</sup>, sin fibras de refuerzo

Resist. a compresión de bloques de hormigón 3 = 41.93kg/cm<sup>2</sup>, sin fibras de refuerzo

Los bloques tienen una resistencia a compresión con una diferencia del 6.64%, porcentaje que se considera para la equivalencia de valores. Por lo tanto, si la resistencia a compresión de los bloques de hormigón con fibras de acero obtenida en ensayos previos es de 103.98 kg/cm<sup>2</sup>. Se disminuye el porcentaje de 6.64% para su equivalente, obteniendo una resistencia a la compresión con fibras PET de 97.08 kg/cm<sup>2</sup>.

Los datos considerados en la simulación del modelo digital se aprecian en **Tabla 4-3**

**Tabla 4-3** Datos considerados en el tercer modelo

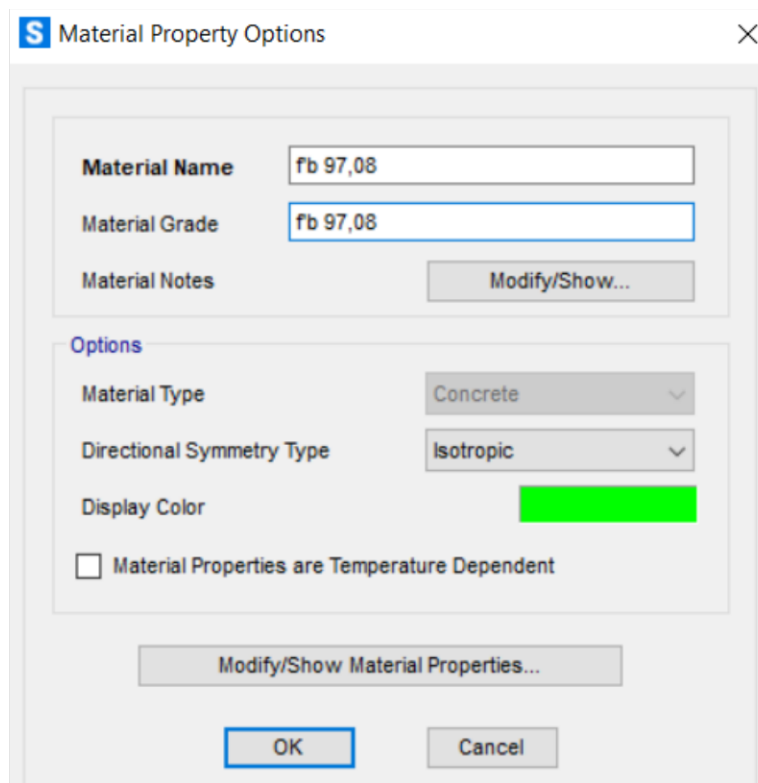
Datos del bloque de hormigón con fibras de acero		
Área neta	311.60	cm <sup>2</sup>
f'b (Resistencia a la compresión) neta	<b>97.08</b>	kgf/cm <sup>2</sup>
P max (Carga máxima)	26000	kgf
E (Módulo de elasticidad)	43686.2	kgf/cm <sup>2</sup>
Densidad	1962.4	kgf/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia, basado en Julio Cesar Castro [23].

Nota: El Módulo de Elasticidad se reajusta según  $E_p=450 \cdot f'b$ .

#### 4.3.2 Simulación en SAP 2000

Para esta modelación se ingresa otro material, denominado “f b 97,08” como se observa:



Fuente: Elaboración propia

Se modifican las propiedades del material y las propiedades no lineales del material

**S** Material Property Data ×

<b>Material Name</b> fb 97,08	<b>Material Type</b> Concrete	<b>Symmetry Type</b> Isotropic
<b>Modulus of Elasticity</b> E 43686.2	<b>Weight and Mass</b> Weight per Unit Volume 1,964E-03 Mass per Unit Volume 2,000E-06	<b>Units</b> Kgf, cm, C
<b>Poisson</b> U 0,2	<b>Other Properties For Concrete Materials</b> Specified Concrete Compressive Strength, f <sub>c</sub> 97,08 Expected Concrete Compressive Strength 97,08 <input type="checkbox"/> Lightweight Concrete Shear Strength Reduction Factor	
<b>Coeff of Thermal Expansion</b> A 9,900E-06	<b>Advanced Material Property Data</b> Uniaxial Nonlinear Data... Coupled Nonlinear Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...	
<b>Shear Modulus</b> G 182025,83	OK Cancel	

Fuente: Elaboración propia

**S** Uniaxial Nonlinear Material Data

Edit

<b>Material Name</b> fb 97,08	<b>Material Type</b> Concrete
<b>Hysteresis Type</b> Takeda	<b>Drucker-Prager Parameters</b> Friction Angle 0, Dilatational Angle 0,
<b>Units</b> Kgf, cm, C	

**Stress-Strain Curve Definition Options**

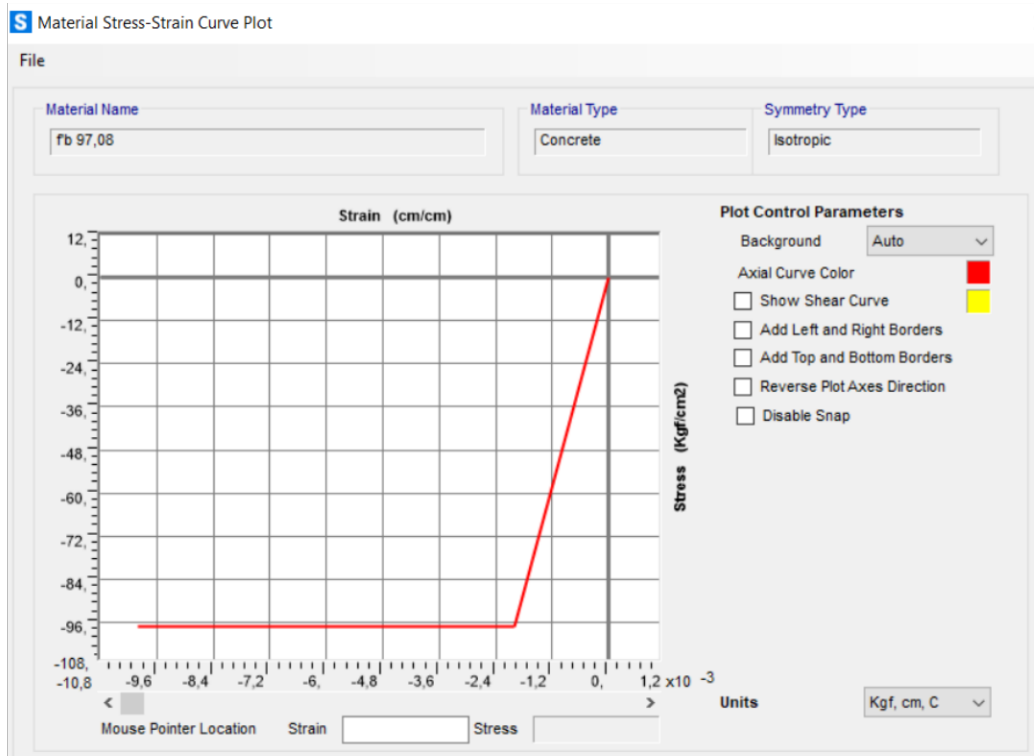
Parametric  User Defined Convert To User Defined

**User Stress-Strain Curve Data**

Number of Points in Stress-Strain Curve 4

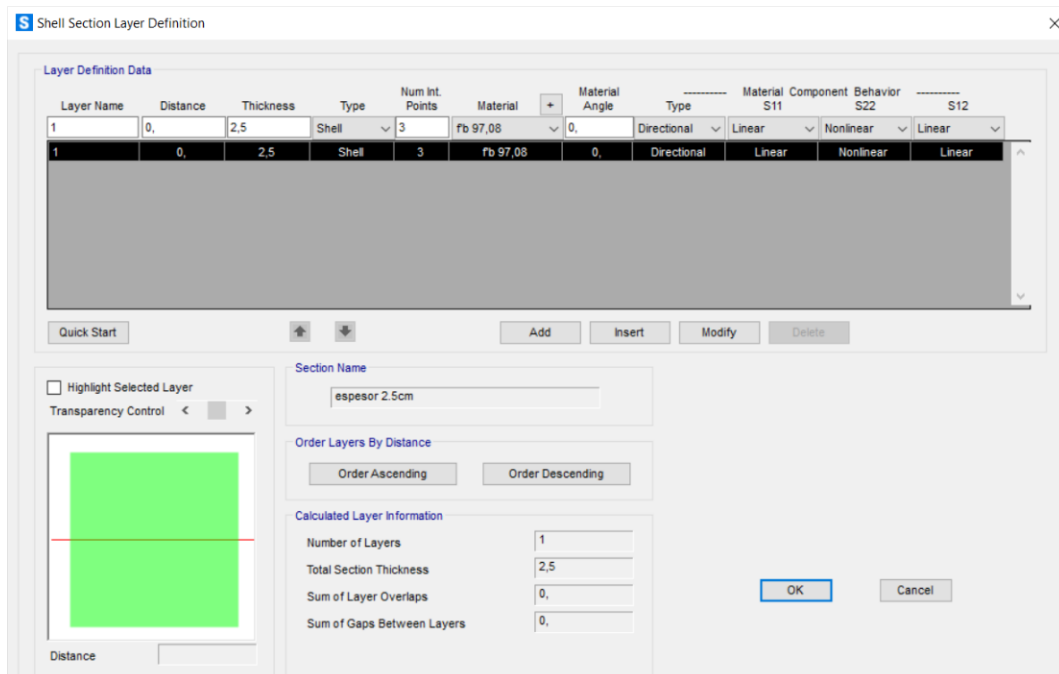
	Strain	Stress	Point ID
1	-0,01	-97,08	
2	-2,000E-03	-97,08	
3	0,	0,	
4	2,002E-06	0,0289	

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Cuando se define la sección es importante seleccionar el material que se utiliza



Fuente: Elaboración propia

Una vez se culmina de modelar el bloque como fue descrito en el punto 4.1. Se procede a correr el modelo.

## Capítulo 5: Resultados y Análisis De Las Modelaciones

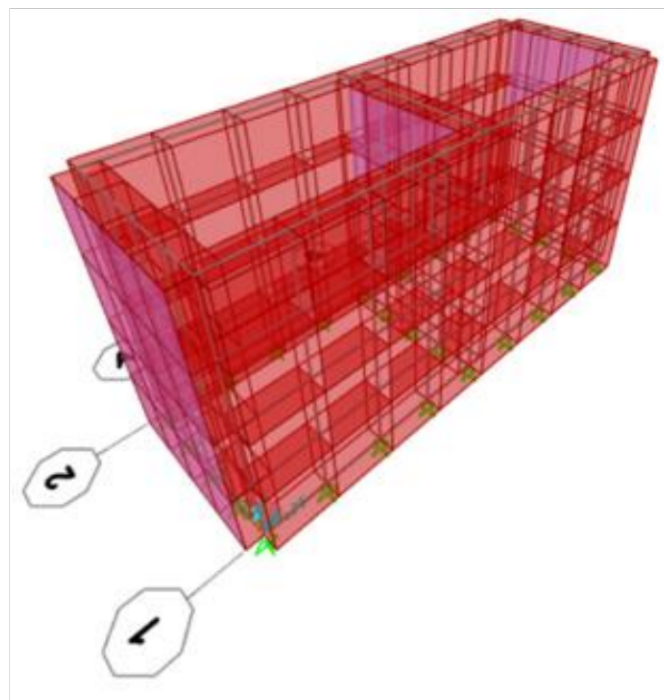
Este capítulo muestra los resultados de las tres simulaciones creadas, con los diferentes materiales y su respectivo análisis

### 5.1 Resultados de la modelación en SAP 2000

#### 5.1.1 Bloque de hormigón convencional

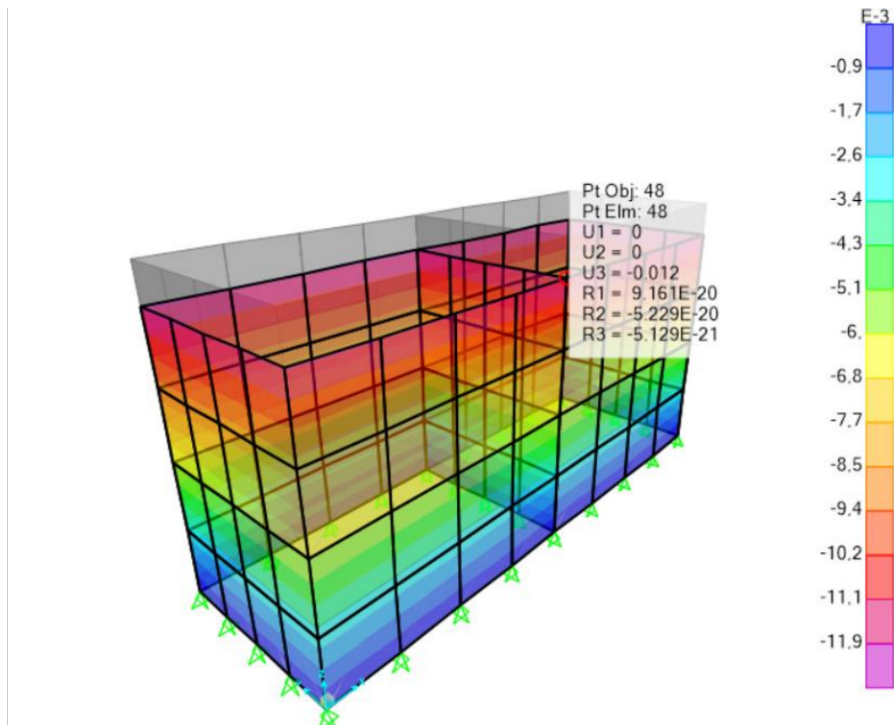
En la gráfica *Figura 5.1* se observa el modelo 3D del bloque, realizado en SAP 2000, mismo que se ha considerado en los 3 modelos realizados

**Figura 5.1** Vista 3D del Bloque de hormigón



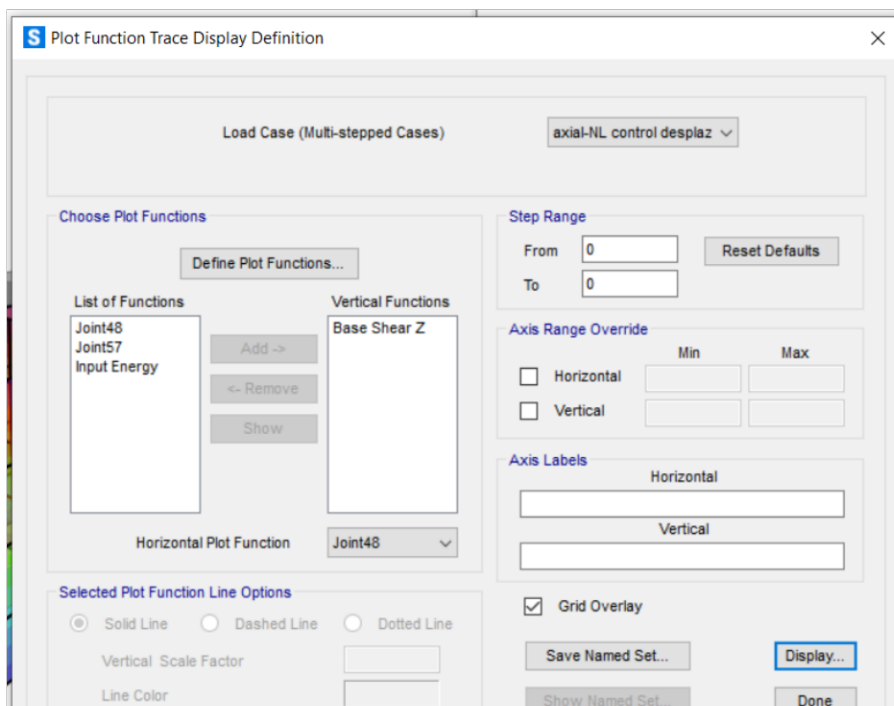
Fuente: Elaboración propia

En la gráfica se puede apreciar cómo queda el bloque después de realizar el ensayo a compresión, se aprecia el valor de su desplazamiento U3.



Fuente: Elaboración propia

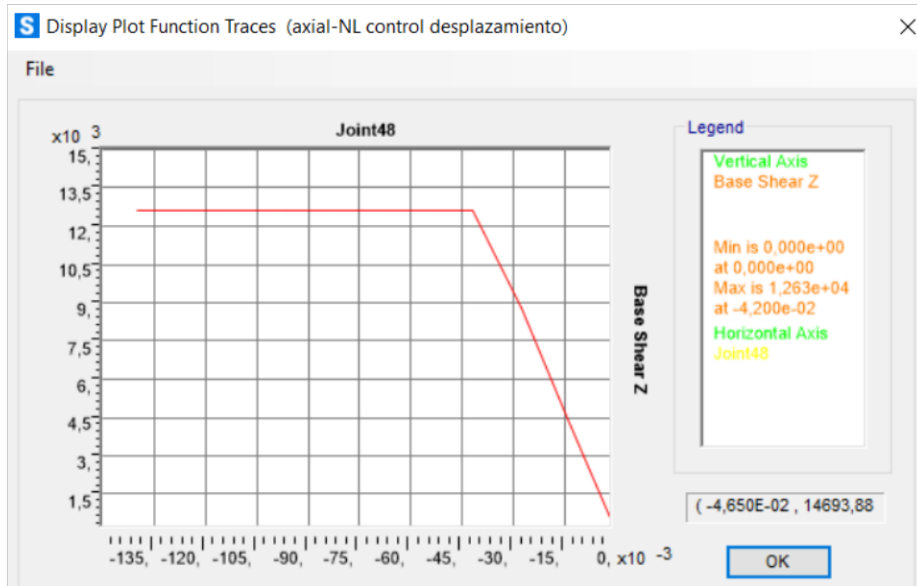
En la pestaña “Display” se elige la opción “Show Plot Functions” y se solicita el grafico de Esfuerzo/deformación de la simulación realizada.



Fuente: Elaboración propia

Se obtiene la Gráfica del Esfuerzo Deformación **Figura 5.2**. La gráfica indica que la máxima carga que resiste es de 12630 kgf, con un desplazamiento unitario máximo de 0.14. Valores que se validan con los resultados de los ensayos de laboratorio previos.

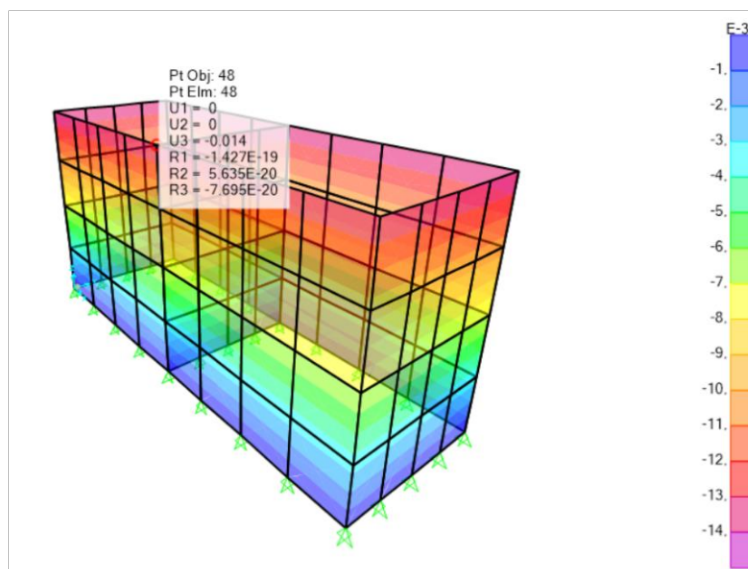
**Figura 5.2** Gráfica esfuerzo deformación del bloque convencional



Fuente: Elaboración propia

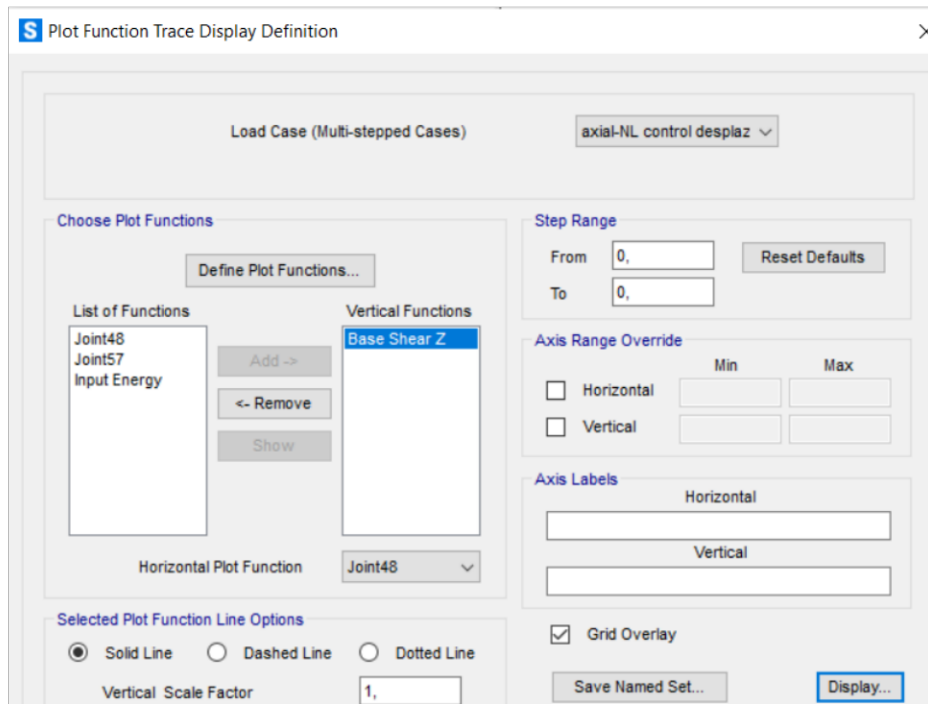
### 5.1.2 Bloque de hormigón con fibras PET

En la siguiente gráfica se puede apreciar el bloque después de simular el ensayo a compresión



Fuente: Elaboración propia

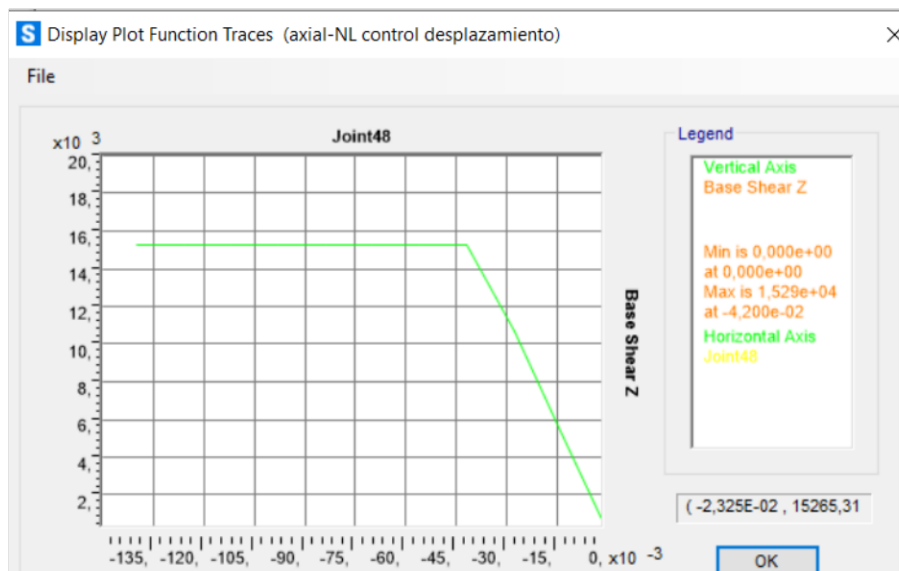
Se solicita el gráfico de Esfuerzo/deformación



Fuente: Elaboración propia

La gráfica resultante se observa en **Figura 5.3**. La gráfica indica que la máxima capacidad que soporta es de 15290 kgf, con un desplazamiento unitario máximo de 0.14.

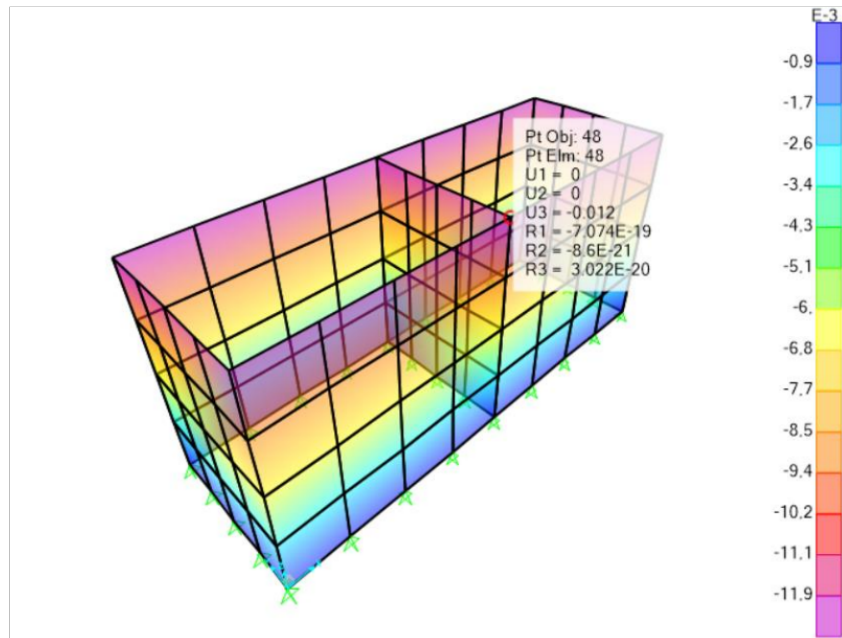
*Figura 5.3 Gráfica esfuerzo deformación del bloque con fibras PET*



Fuente: Elaboración propia

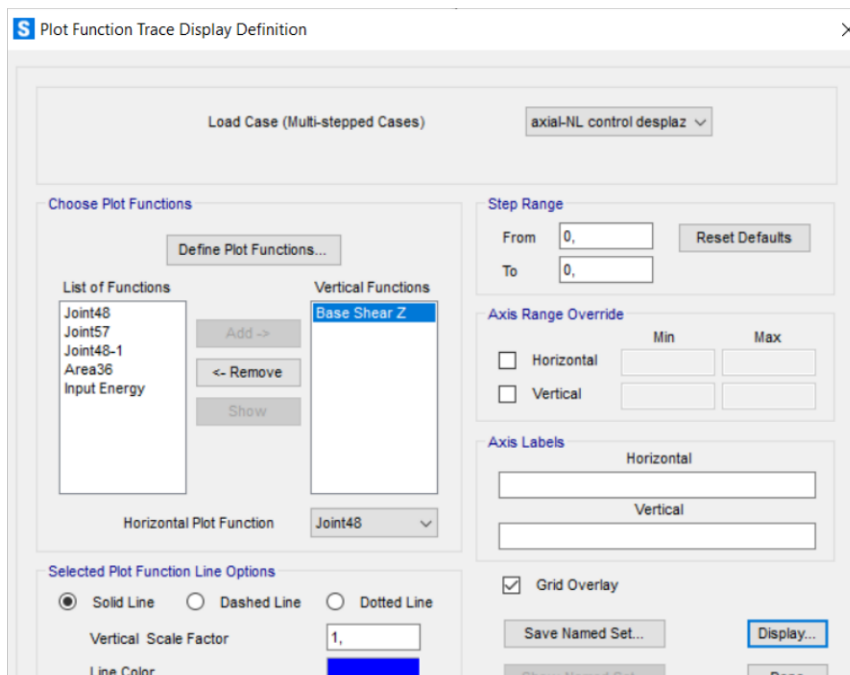
### 5.1.3 Bloque de hormigón fibras de acero

En la siguiente gráfica se puede apreciar cómo queda el bloque después simular el ensayo a compresión.



Fuente: Elaboración propia

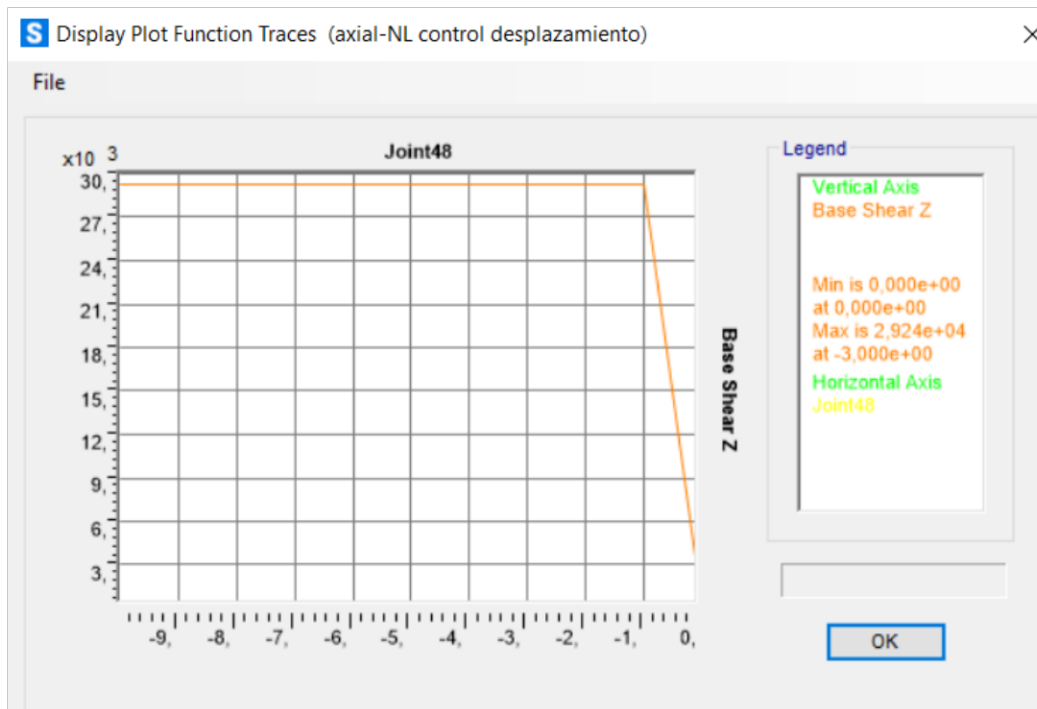
Se verifica el gráfico de Esfuerzo/deformación



Fuente: Elaboración propia

La gráfica resultante se observa en **Figura 5.4**. La gráfica indica que la máxima capacidad que soporta es de 29240 kgf.

**Figura 5.4** Gráfica esfuerzo deformación del bloque con fibras de acero



Fuente: Elaboración propia

## 5.2 Análisis de la simulación de bloques de hormigón y bloques con fibras de PET y fibras de acero.

Según la INEN NTE 3066 los bloques modelados en SAP 2000 según la Tabla de "Resistencia neta mínima a la compresión en bloques de hormigón" se clasifican como "Clase B" a continuación se hace un análisis de sus diferentes características:

### 5.2.1 Carga última

La carga que soporta es mayor con el uso de las fibras. El bloque que mayor carga soporta es el elaborado con fibras de acero. El bloque con fibras de PET también presenta una resistencia mayor a la convencional, su diferencia es del 17.4%

Carga última	Kgf
Bloque convencional	12630
Bloque con fibras de PET	15290
Bloque con fibras de acero	29240

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2 Densidad

Los tres bloques de hormigón analizados de acuerdo a su densidad se denominan “medianos” según la Clasificación de la NTE INEN 3066 ya que su densidad oscila entre 1680 a 2000 kg/m<sup>3</sup>.

- La densidad del bloque con fibras PET respecto al bloque convencional es

$$\frac{1726.6 \text{ kg/m}^3}{1876.92 \text{ kg/m}^3} = 8\% \text{ menor}$$

*densidad bloque con fibras PET* < densidad bloque convencional

- La densidad del bloque con fibras de acero respecto al bloque convencional es

$$\frac{1962.4 \text{ kg/m}^3}{1876.92 \text{ kg/m}^3} = 5\% \text{ mayor}$$

*densidad bloque con fibras acero* > densidad bloque convencional

### 5.2.3 Módulo de elasticidad

El bloque con menor módulo de elasticidad fue el bloque convencional, con una densidad de 20209.7 kg/cm<sup>2</sup>

E - Módulo de elasticidad	Kg/cm <sup>2</sup>
Bloque convencional	20209.7
Bloque con fibras de PET	24466.6
Bloque con fibras de acero	43686.2

Fuente: Elaboración propia

## 5.3 Análisis de precios unitarios (APU)

Se presentan el APU de materiales para 1 m<sup>3</sup> de mortero para 46 bloques de hormigón de 15x20x40cm.

**Tabla 5-1** APU de los materiales para la fabricación de bloques de hormigón

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Cemento Portland	kg	50	0.15	7.5
Arena	m3	0.5	22.00	11
Agua	m3	0.1	0.5000	0.05
Total de materiales				18.55
Costo por bloque				0.4032609

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-2** APU de los materiales para la fabricación de bloques de hormigón con fibras PET

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Cemento Portland	kg	50	0.15	7.5
Arena	m3	0.5	22.00	11
Agua	m3	0.1	0.5000	0.05
Fibras de PET	kg	4	0.22	0.88
Total de materiales				19.43
Costo por bloque				0.422913

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 5-3** APU de los materiales para la fabricación de bloques de hormigón con fibras de acero

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Cemento Portland	kg	50	0.15	7.5
Arena	m3	0.5	22.00	11
Agua	m3	0.1	0.5000	0.05
Fibras de acero	kg	6	2.30	13.8
Total de materiales				32.35
Costo por bloque				0.7032609

Fuente: Elaboración propia

Según se observa en la **Tabla 5-1**, **Tabla 5-2**, **Tabla 5-3** el bloque más costoso es el bloque que se refuerza con fibras de acero.

## 6 Capítulo 6: Discusión, Conclusiones Y Futuras Líneas De Investigación

### 6.1 Discusión

El uso de fibras en la elaboración de mampostería es medio ambientalmente aceptable porque disminuye la contaminación que se origina al elaborar mampostería de la manera convencional.

Al ser mampostería no estructural, su uso no justificaría un costo elevado. Por lo que los bloques de acero son inadecuados para este uso, su uso se rige estrictamente para refuerzos estructurales.

El realizar ensayos de laboratorio muchas de las veces demandan mucho tiempo y dinero, si se requiere de ensayos de resistencia a la compresión en bloques de mampostería se puede agilizar el proceso pronosticando estos valores mediante simulaciones en el software SAP 2000.

### 6.2 Conclusiones

De forma ágil se ha podido predecir el comportamiento de bloques de hormigón con refuerzo de fibras de PET y refuerzo de fibras de acero ante ensayos de resistencia a la compresión, mediante el uso del software SAP 2000. Donde se analiza y determina que es importante el uso de fibras en la elaboración de bloques de hormigón ya que presenta múltiples ventajas, sobre todo medioambientales y el mejoramiento de las propiedades físicas del bloque convencional cumpliendo las disposiciones de la NTE INEN 3066. Es decir, que cumplan con las resistencias mínimas necesarias para ser utilizados como un bloque de mampostería no estructural.

Los bloques reforzados con fibras de PET tienen una resistencia de 54.37 kg/cm<sup>2</sup>, cumplen con la resistencia neta mínima a la compresión simple que es de 40.8 kg/cm<sup>2</sup> (promedio de 3 bloques) según la NTE INEN 3066 para bloques Clase B de uso no estructural. Los bloques reforzados con fibras de acero tienen una resistencia de 97.08 kg/cm<sup>2</sup>, cumplen con la resistencia neta mínima a la compresión simple que es de 40.8 kg/cm<sup>2</sup> (promedio de 3 bloques)

según la NTE INEN 3066 para bloques Clase B de uso no estructural, sin embargo, su resistencia es superior 237.94% más, y no cumple los requisitos mínimos para ser Clase A.

Se ha demostrado que, por el incremento de un bajo costo, se puede mejorar la resistencia de los bloques de hormigón. Por ejemplo, por el incremento de \$0.03 utilizando fibras PET, se puede incrementar la resistencia del hormigón un 21%.

Sin duda el incremento para el uso de fibras de acero en este caso no favorece ya que el costo incrementaría un 75% o \$0.3, respecto al bloque convencional, lo cual se considera innecesario por su relación costo-beneficio. Además, que las fibras de PET ya cumplen con las mejoras sus propiedades a un bajo costo.

El uso del Software SAP 2000 puede brindar información muy cercana a la obtenida en los ensayos de laboratorio, tiene la ventaja de que puede simular mediante modelos digitales la prueba de laboratorio de resistencia a la compresión previo a ser construidos o usados. Pudiendo manipular estos elementos sin generar costos elevados o tiempos de espera inesperados. Sin embargo, siempre será importante corroborar esta información mediante ensayos de laboratorio.

### **6.3 Futuras líneas de trabajo**

Ensayar en laboratorio los bloques planteados, corroborar los resultados con los obtenidos mediante el Software SAP 2000. Se recomienda que se use la misma dosificación para cada bloque y reforzarlos con fibras recicladas y con fibras de acero indistintamente.

## Referencias Bibliográficas

- [1] K. Peffers *et al.*, “The Design Science Research Process: A Model for Producing and Presenting Information Systems Research,” 2006.
- [2] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee, “A Design Science Research Methodology for Information Systems Research,” 2007. Accessed: Nov. 14, 2019. [Online]. Available: <http://www.tuunanen.fi>.
- [3] J. G. Walls, G. R. Widmeyer, and O. A. El Sawy, “Building an information system design theory for vigilant EIS,” *Inf. Syst. Res.*, vol. 3, no. 1, pp. 36–59, 1992, doi: 10.1287/isre.3.1.36.
- [4] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, “Design science in information systems research,” *MIS Q. Manag. Inf. Syst.*, vol. 28, no. 1, pp. 75–105, 2004, doi: 10.2307/25148625.
- [5] NTE INEN 3066, “Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo,” pp. 1–3, 2016.
- [6] B. Barrios, Y. Castro, and H. Daza, “Elaboración De Bloques De Mampostería Mediante El Uso De Mortero, Adicionado Con Ceniza Del Cuesco Y De Fibra De Palma Africana En El,” 2018.
- [7] J. McCormac and R. Brown, *Diseño de concreto reforzado*. 2011.
- [8] INEN, “NTE INEN 2518:2010: Morteros para unidades de mampostería. Requisitos,” *Inst. Ecuatoriano Norm.*, p. 21, 2006.
- [9] F. Crisafulli, “Seismic behaviour of reinforced concrete structures with masonry infills,” 1997.
- [10] A. Arias and E. López, “Análisis comparativo de muros de mampostería reforzada con y sin fibra de carbono,” p. 159, 2018, [Online]. Available: [file:///C:/Users/IP\\_PC02/Downloads/analisis\\_comparativo\\_muros\\_mamposteria\\_reforzada.pdf](file:///C:/Users/IP_PC02/Downloads/analisis_comparativo_muros_mamposteria_reforzada.pdf).
- [11] J. Cabrera, “Análisis del comportamiento de paredes de mampostería con bloque de cemento prefabricado utilizando mortero reforzado con fibra Vegetal (ABACÁ),” p. 107, 2016.
- [12] NTE INEN 3049, “Parte 3. Unidades de mampostería no estructural. Requisitos,” p. 11, 2018.
- [13] ACI 440.7R-10, “Guide for the Design and Construction of Externally Bonded Fiber-Reinforced Polymer Systems for Strengthening Unreinforced Masonry Structures,” 2010.
- [14] S. P. Shah and A. E. Naaman, “Mechanical properties of glass and steel fiber reinforced mortar,” in *Journal Proceedings*, 1976, vol. 73, no. 1, pp. 50–53.
- [15] ACI 544.4R-18, “Guide for Design with Fiber-Reinforced Concrete,” *Am. Concr. Inst.*, pp. 1–33, 2018.
- [16] J. Leyva and A. Urrego, “Estado del arte del reforzamiento de muros de mampostería no estructurales con el uso de polímeros reforzados con fibras,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.

- [17] M. Conrado and J. Rojas, "Diseño de hormigones con fibras de polipropileno para resistencias a la compresión de 21 y 28 MPa con agregados de la cantera de Guayllabamba," *Tesis licenciatura Univ. Cent. del Ecuador Quito Ecuador*, p. 276, 2012.
- [18] F. D. E. Acero, P. Para, R. Del, and C. Normal, "SikaFiber® CHO 65 / 35 NB," pp. 1–2, 2019.
- [19] P. Angumba, "Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET), para mampostería no portante," *El Escorial*, p. 80, 2016.
- [20] A. Solórzano, "Estudio comparativo del comportamiento estructural de paredes de mampostería con bloques de arcilla con refuerzo de fibras de acero." 2012.
- [21] D. D. E. L. Producto, I. D. E. L. Producto, and I. Tecnica, "SikaFiber®," pp. 1–2, 2019.
- [22] D. D. E. L. Producto and I. D. E. L. Producto, "SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s," pp. 2–3, 2019.
- [23] J. C. Castro, "Las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento," vol. 1, p. 5, 2015, [Online]. Available: [http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23307/1/Tesis 1019 - Castro Aguirre Julio César.pdf](http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23307/1/Tesis%201019%20-%20Castro%20Aguirre%20Julio%20C%C3%A9sar.pdf).
- [24] R. Flores, "Ladrillos de plástico reciclado para mampostería no portante," 2019.
- [25] INEN, "NTE INEN 2874: Hormigón Reforzado Con Fibra. Requisitos Y Métodos De Ensayo," *Inst. Ecuatoriano Norm.*, p. 7, 2015.
- [26] C. Cantos, "Caracterización de unidades de mampostería más comunes en la ciudad de Azogues," 2020.
- [27] J. García, R. León, and C. Ledezma, "Modelo analítico del comportamiento a compresión de bloques huecos de concreto," *Rev. la Constr.*, vol. 12, no. 3, pp. 76–82, 2013, doi: 10.4067/s0718-915x2013000300009.
- [28] J. Mejía and N. Pachacama, "DISEÑO DE BLOQUES PARA MAMPOSTERÍA EN OBRAS CIVILES CON AGREGADOS DE FIBRAS DE CAUCHO DE NEUMÁTICO Y PLÁSTICO RECICLADO (PET)."
- [29] ASTM C150, "Especificación normalizada para cemento Portland," pp. 1–11, 2007.
- [30] INEN, "NTE INEN 152: Cemento portland, requisitos," p. 14, 2012.
- [31] INEN, "NTE INEN 0696: Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.," *Determ. del tamaño Part. en Arid. fino y grueso.*, vol. 1, no. Primera Edición, p. 5, 2011.
- [32] ASTM C136, "Método de ensayo normalizado para determinar el análisis granulométrico de los áridos finos y gruesos," 4.02, 2015,
- [33] INEN, "NTE INEN 3066: Bloques de hormigón, requisitos y métodos de ensayo. Servicio Ecuatoriano de Normalización," p. 27, 2016.
- [34] J. García, C. Ledezma, and R. León, "Analytical Model for Compression Behavior of Hollow Concrete Blocks," no. July 2016, 2013, doi: 10.4067/S0718-915X2013000300009.

## **Glosario/Acrónimos**

D	Densidad
DSRM	Design Science Research Methodology
Ep	Módulo de elasticidad de los bloques de mampostería
FRC	Compuestos Reforzados con Fibra
FRP	Polímeros Reforzados con Fibra
f <sub>b</sub>	Resistencia a la compresión neta de los bloques
AFRP	Compuestos Reforzados con Fibra de Aramida
GFRP	Compuestos Reforzados con Fibra de Carbono
HM	High modulus (Alto modulo)
HP	High Performance (Alto Rendimiento)
HT	High-Tensile Strenght (Resistencia a la Tracción Alta)
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
P max	Carga máxima
PAN	Polyacrylonitrile (Poliacrilonitrilo)
PET	Polietileno Tereftalato
PP	Polipropileno

## ANEXOS

### *Anexo A. NTE INEN 3066 “Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de Ensayo”*

#### Bloques de hormigón de acuerdo a su uso

Tipo	Uso
A	Mampostería estructural
B	Mampostería no estructural
C	Alivianamientos en losas

Fuente: NTE INEN 3066 [5]

#### Dimensiones modulares y nominales de los bloques de hormigón

Dimensiones modulares (cm)			Dimensiones nominales (cm)		
Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
40	30	20 - 25	39	29	19 - 24
30	20	25 - 15	29	19	24 - 14
20	10	15 - 10	19	9	14 - 9

Fuente: NTE INEN 3066 [5]

#### Resistencia mínima a la compresión simple, densidad y absorción de agua

Clase	Uso	Resistencia neta mín a compresión simple	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )			Absorción de agua máxima promedio (kg/m <sup>3</sup> )		
		MPa	Liviano	Mediano	Normal	Liviano	Mediano	Normal
A	Mamp. estructural	13.8	288	240	208	320	272	240
B	Mamp. no estructural	4	288	240	208	320	272	240
C	Alivianamie ntos en losas	1.7	288	240	208	320	272	240

Fuente: NTE INEN 3066 [5]

Bloques de hormigón de acuerdo a su densidad

Tipo	Densidad de hormigón (kg/m <sup>3</sup> )
Livianos	< 1680
Medios	1680 a 2000
Pesados	> 2000

Fuente: NTE INEN 3066 [5]

*Anexo B. Propiedades de PET*

---

Propiedades Mecánicas	
Peso Específico	139 gr/cm <sup>3</sup>
Resistencia a la tracción fluencia/rotura	900 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	1450 kg/cm <sup>2</sup>
Alargamiento a la rotura	15%
Módulo de elasticidad (tracción)	37000 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a desgaste por roce	Muy buena

---

Fuente: Plásticos Mecanizables. IMC 2010

---

Propiedades térmicas	
Temperatura de fusión	255 °c
Conductividad térmica	Baja
Temperatura de deformabilidad por calor	170°c
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175°c
Coefficiente de dilatación línea de 23 a 100°c	0.00008 mm por °c

---

Fuente: Plásticos Mecanizables. IMC 2010

---

Propiedades eléctricas	
Absorción de humedad	0.25%

---

Fuente: Plásticos Mecanizables. IMC 2010

---

Propiedades Químicas	
Resistencia a álcalis débiles a temperatura ambiente	Buena
Resistencia a ácidos débiles a temperatura ambiente	Buena
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad
Propagación de llama	Mantiene la llama
Comportamiento a quemado	Gotea

---

Fuente: Plásticos Mecanizables. IMC 2010



## HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

# SikaFiber® CHO 65/35 NB

FIBRA DE ACERO PEGADAS PARA REFUERZO DEL CONCRETO NORMAL Y CONCRETO PROYECTADO

### DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero trefilado de alta calidad para reforzamiento del concreto tradicional y concreto proyectado (shotcrete) especialmente encoladas (pegadas) para facilitar la homogenización en el concreto, evitando la aglomeración de las fibras individuales. Sika® Fiber CHO 65/35 NB son fibras de acero de alta relación longitud / diámetro (l/d) lo que permite un alto rendimiento con menor cantidad de fibra.

### USOS

Sika® Fiber CHO 65/35 NB, otorga una alta capacidad de soporte al concreto en un amplio rango de aplicaciones y especialmente concreto proyectado (shotcrete) reduciendo tiempo y costos asociados al tradicional reforzamiento con mallas de acero; dándole ductilidad y aumentando la tenacidad del concreto. En concretos prefabricados reforzados; en losas de pisos industriales (trafico alto, medio y ligero) en losas y ci-mientos de concreto para reemplazar el refuerzo secundario (malla de temperatura), en puertos, aeropuertos, fundaciones para equipos con vibración, reservorios, tanques, etc.

### CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- Incrementa la resistencia del concreto al impacto, fatiga y a la fisuración.
- Incrementar la ductilidad y absorción de energía (resistencia a la tensión).
- Reducción de la fisuración por retracción.
- No afecta los tiempos de fraguado.
- Su condición de encolada (pegada) asegura una distribución uniforme en el concreto y shotcrete vía húmeda.
- Relación longitud / diámetro igual a 65 para un máximo rendimiento.
- Extremos conformados para obtener máximo anclaje mecánico en el concreto.

### CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFiber® CHO 65/35 NB complies with ASTM A820 "Steel Fibers for Reinforced Concrete" and DIN 17140-D9 for low carbon steel.

### INFORMACION DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	Sacos de papel x 20 kg.
<b>Vida en el recipiente</b>	No tiene caducidad mientras se respeten las condiciones de almacenamiento.
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	Los sacos de Sika® Fiber CHO 65/35 NB pueden almacenarse por tiempo indefinido protegido de la humedad.
<b>Dimensiones</b>	LONGITUD: 35 mm con extremos conformados. DIÁMETRO DE LA FIBRA: 0.54 mm RELACIÓN LONGITUD/ DIÁMETRO: 65

## INFORMACION TECNICA

<b>Resistencia a tensión</b>	RESISTENCIA A TRACCIÓN: Mínimo 1,300 MPa
<b>Elongación a Rotura</b>	4% máx.
<b>Dosificación Recomendada</b>	Normalmente entre 15 - 50 kg. de Sika® Fiber CHO 65/35 NB por m3 de concreto. Se recomienda realizar ensayos previos para determinar la cantidad exacta de fibra de acero a utilizar de acuerdo a los índices de tenacidad ó energía absorbida especificada del concreto.

## INSTRUCCIONES DE APLICACION

Sika® Fiber CHO 65/35 NB se puede agregar en la tolva de pesado de la dosificadora de concreto, en la correa de alimentación, en camión mixer y mezcladora de concreto como a continuación se indica en cada caso:

- En la tolva de pesado de la dosificadora, abra las bolsas y vacíe las fibras directamente entre los áridos; no agregue las bolsas sin abrir porque pueden bloquear las compuertas de descarga. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En la correa de alimentación, si hay acceso, las fibras pueden adicionarse durante o después de agregar los áridos. Mezcle en forma normal, no se requiere tiempo extra de mezclado en este caso.
- En el camión mixer, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras mientras el mixer de concreto está rotando a alta velocidad (12 rpm o más). Vaciar un máximo de 60 kg. de fibras por minuto. Una vez terminado el vaciado de las fibras, mezclar 5 minutos adicionales y chequear visualmente su distribución; mezclar 30 segundos adicionales si la distribución no es uniforme.
- En la mezcladora de concreto, una vez que todos los ingredientes se han incorporado, agregar las fibras y mezclar por 30 segundos por cada pie cúbico a menos que se observe una distribución homogénea en menor tiempo.

## NOTAS

Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

## RESTRICCIONES LOCALES

Este producto puede variar en su funcionamiento o aplicación como resultado de regulaciones locales específicas. Por favor, consulte la hoja técnica del país para la descripción exacta de los modos de aplicación y uso.

**Durán:**  
Km. 3.5 vía Durán-Tambo.  
PRX (593) 4 2812700

**Quito:**  
Av. Naciones Unidas entre Iñaquito  
y Nómez de Vela.  
Piso 11. Oficinas: 1111 - 1112  
Tel: (593) 2 4306455

**Cuenca:**  
Av. Ordóñez Lasso y Los Claveles.  
Edificio Palermo  
Tel: (593) 7 4089725

Sikafiber S.A. opera en  
Sikafiber Colombia S.A.S.  
Sikafiber México S.A.S.  
www.sikafiber.com.ec  
©2019 Sika

Hoja Técnica de Producto  
Sikafiber® CHO 65/35 NB  
Julio 2019, Versión 01.01  
02140801.1000000019

SikaFiberCHO6535NB-es-EC-(07-2019)-1-1.pdf

BUILDING TRUST





## HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

# SikaFiber®

### FIBRA MODIFICADA DE POLIPROPILENO PARA EL REFUERZO DE HORMIGÓN Y MORTERO

#### DESCRIPCION DEL PRODUCTO

SikaFiber es una fibra que reduce el fisuramiento durante la contracción en estado plástico, previo al fraguado. Durante la mezcla del hormigón o del mortero, SikaFiber se distribuye aleatoriamente formando una red tridimensional muy uniforme.

#### USOS

El uso principal de SikaFiber es actuar como refuerzo secundario de hormigón y mortero para reducir los agrietamientos en:

- Losas de hormigón
- Mortero y hormigón proyectados
- Enlucidos de fachadas
- Elementos prefabricados
- Revestimientos de canales

#### CARACTERISTICAS / VENTAJAS

- La adición de SikaFiber sustituye a la armadura destinada a absorber
- las tensiones que se producen durante el fraguado y endurecimiento del concreto o mortero, aportando las siguientes ventajas:
  - Reducción de la fisuración por retracción e impidiendo su propagación.
  - Aumento importante del índice de tenacidad del concreto.
  - Modifica la trabajabilidad y el asentamiento de la mezcla del concreto.
  - Mejora la resistencia al impacto, reduciendo la fragilidad.
  - Mejora la resistencia a la flexión.

#### En el mortero endurecido:

- Aumenta la resistencia mecánica y la adherencia del mortero en pegas y enlucidos así como la resistencia al rayado de éstos últimos.
- Disminuyen la permeabilidad del mortero y lo hacen más resistente al ataque del medio ambiente. Regula y uniformiza la calidad de las mezclas (pega y enlucido)

#### INFORMACION DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	Fundas de 0.6 kg. Sacos con 20 unidades
<b>Vida en el recipiente</b>	12 meses en su envase original
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	El tiempo de almacenamiento es de 12 meses en su envase original, bien cerrado en lugar seco y bajo techo.
<b>Densidad</b>	Aprox. 0,91 kg/l.

#### INFORMACION TECNICA

<b>Absorción de Agua</b>	Ninguna.
<b>Módulo de Elasticidad a Tensión</b>	15.000 kg/cm <sup>2</sup>

Hoja Técnica de Producto  
SikaFiber®  
Julio 2019, Versión 01.01  
021408021030000024

Elongación a Rotura

20 – 30 %

Resistencia a la Alcalinidad

Inerte a los álcalis del cemento

## INSTRUCCIONES DE APLICACION

Se agrega en planta o en obra directamente a la mezcla de concreto o mortero. No disolver en el agua de amasado. Una vez añadido el SikaFiber, basta con prolongar el mezclado al menos 5 minutos.

## DOSIFICACIÓN

El SikaFiber se emplea en dosificaciones de 0.6 kg/m<sup>3</sup>

## LIMITACIONES

### RECOMENDACIONES

SikaFiber no sustituye a las armaduras principales y secundarias resultantes del cálculo. La adición de SikaFiber no evita las grietas derivadas de un mal dimensionamiento y aunque ayuda a controlarlo, no evita las grietas producto de un deficiente curado. SikaFiber es compatible con cualquier otro aditivo de Sika. Para cualquier aclaración contactarse con el Departamento Técnico

### MEDIDAS DE SEGURIDAD

Producto no tóxico ni corrosivo. Usar, gafas de protección y mascarilla antipolvos durante su manipulación. Para mayor información consulte la Hoja de Seguridad del producto.

## NOTAS

Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

## RESTRICCIONES LOCALES

Este producto puede variar en su funcionamiento o aplicación como resultado de regulaciones locales específicas. Por favor, consulte la hoja técnica del país para la descripción exacta de los modos de aplicación y uso.

## ECOLOGIA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y recomendaciones sobre transporte, manipulación, almacenamiento y eliminación de los productos químicos, por favor consulte la hoja de seguridad más reciente que contengan datos relativos a la seguridad físicos, ecológicos, toxicológicos y otros.

## NOTAS LEGALES

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos ya sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría ofrecida. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para la aplicación y propósitos deseados. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada. Para más información visite: web: <http://ecu.sika.com>

### Durán:

Km. 3.3 vía Durán-Tambo.  
PBX (593) 4 2812700

### Quito:

Av. Naciones Unidas entre Iñaquito  
y Núñez de Vela.  
Piso 11. Oficinas: 1111 - 1112  
Tel: (593) 2 4306455

### Cuenca:

Av. Ordóñez Lasso y Los Claveles.  
Edificio Palermo  
Tel: (593) 7 4089725

Se permite la reproducción  
total o parcial de este documento  
siempre y cuando se mencione el  
nombre de Sika.

Hoja Técnica de Producto  
SikaFiber®  
Julio 2018, Versión 01.01  
021408021010000024

SikaFiber-es-EC-(07-2018)-1-1.pdf

BUILDING TRUST





## HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO

# SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s

FIBRAS MACRO-SINTÉTICAS DE POLIOLEFINA PARA REFUERZO DE SHOTCRETE Y HORMIGÓN.

### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Sika Fiber Force PP-48 es una macro fibra sintética estructural que otorga un óptimo comportamiento en ambientes altamente corrosivos. Es apropiada para hormigón proyectado, prefabricados y losas sobre terreno, entre otras aplicaciones.

### USOS

- Hormigón proyectado (Shotcrete)
- Prefabricados.
- Obras marítimas.
- Estabilización de taludes.
- Losas sobre el piso.
- Aeropuertos y pavimentos industriales.

### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

- Resistente a la corrosión y a los álcalis
- Buena distribución de fibras en todo tipo de mezclas.
- No genera residuo en obra.
- Ahorro de tiempo y espacio en almacenamiento en comparación con malla tradicional
- Su diseño único y tipo de empaque permite su dispersión de manera uniforme asegurando una mezcla homogénea y sin problemas de bombeo.
- Embalaje reciclable y amigable con el medio ambiente.

### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Base Química	Polímero Poliolefina.
Empaques	Caja de 5kg de fibras en envoltura plástica soluble al agua.
Vida en el recipiente	NA
Condiciones de Almacenamiento	Almacenar protegido de la intemperie.
Densidad	0.92 g/cm <sup>3</sup>
Dimensiones	Longitud: 48 mm Ancho promedio: 1.37 mm Espesor promedio: 0.34 mm
Punto de Fusión	170°C
Resistencia a tensión	550+ MPa
Resistencia a la Alcalinidad	Excelente.
Compatibilidad	SikaFiber® Force PP-48 es compatible con todos los aditivos para hormigón y su uso es para todo tipo de ambientes.

Hoja Técnica de Producto  
SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s  
Julio 2019, Versión 01.02  
021408021000000001

## INFORMACION DE APLICACIÓN

### Dosificación Recomendada

SikaFiber® Force PP-48 se utiliza en dosis de 3 – 9 kg/m<sup>3</sup> .

### INSTRUCCIONES DE APLICACION

SikaFiber® Force PP-48 se mezcla por un mínimo de 5 minutos para asegurar la distribución uniforme de las fibras en la masa de hormigón.

El paquete entero puede ser lanzado directamente a la mezcla, lo que permite un fácil manejo y al mismo tiempo no dejar residuo en el lugar.

Se puede añadir a la mezcla en cualquier etapa del proceso de carga.

### DOCUMENTOS ADICIONALES

#### Cláusula de especificación

Las fibras para hormigón deben ser de poliolefina SikaFiber® Force PP 48, fibra macrosintética de alto rendimiento conforme a la norma EN 14889-2: 2006 Clase II y fabricada específicamente para el armado de hormigón. Las macrofibras sintéticas SikaFiber® Force PP 48 se mezclarán en la planta de mezcla, a la dosis recomendada de 4-8 kg por metro cúbico, y se mezclarán durante el tiempo suficiente (mínimo 5 minutos) para asegurar la distribución uniforme de las fibras en toda la mezcla de hormigón.

### LIMITACIONES

La adición de SikaFiber® Force PP 48 puede causar una reducción en la trabajabilidad del concreto. Recomendamos corregir esta pérdida no agregando más agua, sino ajustando la mezcla a la consistencia requerida con una dosis adecuada de un aditivo Sika® ViscoCrete® o SikaPlast®.

### NOTAS

Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada.

### RESTRICCIONES LOCALES

Este producto puede variar en su funcionamiento o aplicación como resultado de regulaciones locales específicas. Por favor, consulte la hoja técnica del país para la descripción exacta de los modos de aplicación y uso.

### ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y recomendaciones sobre transporte, manipulación, almacenamiento y eliminación de los productos químicos, por favor consulte la hoja de seguridad más reciente que contengan datos relativos a la seguridad físicos, ecológicos, toxicológicos y otros .

### NOTAS LEGALES

La información, y en particular las recomendaciones relacionadas con la aplicación y uso final de los productos Sika, se proporcionan de buena fe, con base en el conocimiento y la experiencia actuales de Sika sobre los productos que han sido apropiadamente almacenados, manipulados y aplicados bajo condiciones normales de acuerdo con las recomendaciones de Sika. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones actuales de las obras son tales, que ninguna garantía con respecto a la comercialidad o aptitud para un propósito particular, ni responsabilidad proveniente de cualquier tipo de relación legal pueden ser inferidos ya sea de esta información o de cualquier recomendación escrita o de cualquier otra asesoría ofrecida. El usuario del producto debe probar la idoneidad del mismo para la aplicación y propósitos deseados. Sika se reserva el derecho de cambiar las propiedades de los productos. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Los usuarios deben referirse siempre a la versión local más reciente de la Hoja Técnica del Producto cuya copia será suministrada al ser solicitada. Para más información visite: [web: http://ecu.sika.com](http://ecu.sika.com)

#### Durán:

Km. 3.5 vía Durán-Tambo.  
PRX (593) 4 2812700

#### Quito:

Av. Naciones Unidas entre Iñaquito  
y Nómez de Vela.  
Piso 11. Oficinas: 1111 - 1112  
Tel: (593) 2 4906455

#### Cuenca:

Av. Ordóñez Lasso y Los Claveles.  
Edificio Palermo  
Tel: (593) 7 4089725

Sikatech S.A. opera en  
Slovakia, España y Chile.  
SikaFiber® Force PP-48  
www.sika.com.ec

Hoja Técnica de Producto  
SikaFiber® Force PP-48 / RAD-48s  
Julio 2019, Versión 01.02  
021408021000000061

SikaFiberForcePP-48RAD-48s-es-EC-(07-2019)-1-2.pdf

BUILDING TRUST





## **EPS \* FIBRATEX \***

### **REFUERZO TRIDIMENSIONAL PARA HORMIGÓN**

**DENSIDAD: 0.91 Gr. /Cm3.**

**DESCRIPCIÓN:** Las fibras de EPS **FIBRATEX** son fabricadas 100% de polipropileno virgen y cumplen con las especificaciones de ASTM C1116-89 para hormigón reforzado y hormigón vaciado a presión, clasificación 4.1.3 Tipo III. El agregado de fibra EPS **FIBRATEX** es un refuerzo secundario que ofrece una alternativa superior a la de la malla de alambre soldado. Son las más libres de problemas y las más efectivas para reforzar al hormigón que existen en el mercado. El paquete de fácil manejo, soluble en agua y medido previamente, evita el tener que adivinar las proporciones de los agregados.

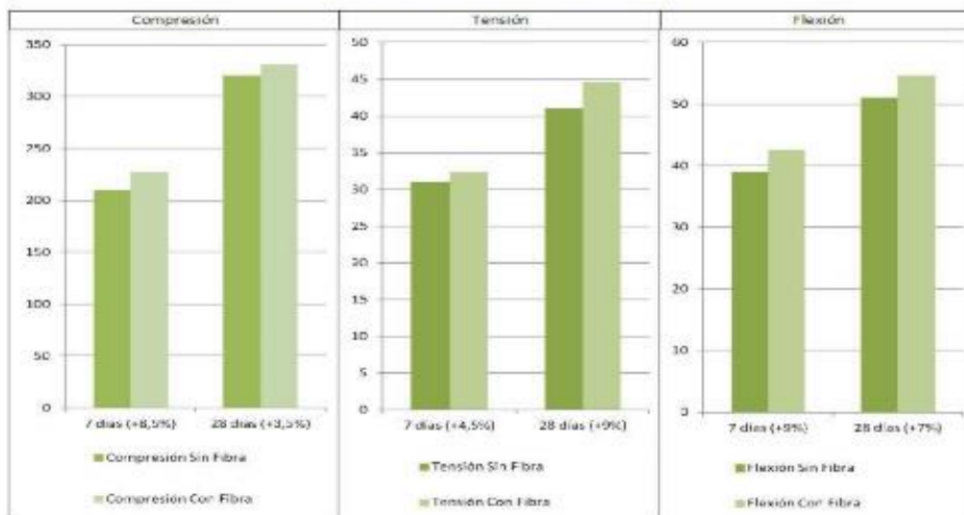
**DONDE USAR:** Las fibras EPS **FIBRATEX** se utilizan en residencias, edificios, tanques, pavimentos, piscinas, estructuras portuarias, hormigón masivo, aeropuertos, hormigones livianos, construcciones de hormigón pre-moldeado, etc.

Cuando se vierte el hormigón, los agregados empiezan a asentarse debido a la gravedad forzando al agua a la superficie en forma de agua de exudación. Al añadir el aditivo secundario de fibra EPS **FIBRATEX** el proceso de asentamiento se altera pues millones de fibras dispersas uniformemente producen un sistema interno de soporte que evita la precipitación de los sólidos. Las micro rajaduras inducidas por el esfuerzo son puenteadas por la fibras de EPS **FIBRATEX** y así se detiene la propagación de rajaduras. Esto permite que el hormigón alcance la resistencia e integridad para el que fue diseñado. Las fibras de EPS **FIBRATEX** son las más libres de problemas y las que producen la menor reducción de asentamiento del hormigón.

**VENTAJAS:**

- Inhibe las rajaduras por encogimiento plástico.
- Inhibe el asentamiento plástico.
- Provee un refuerzo TRIDIMENSIONAL, en vez de un refuerzo secundario de plano simple.
- Provee de un acceso sin obstrucciones a la sub-base.
- Provee refuerzos secundarios que están siempre en su posición.
- Ahorra tiempo y dinero eliminando la compra, almacenamiento, manejo, corte, e instalación de malla secundaria de alambre soldado.
- Refuerza al hormigón vaciado a presión mientras reduce el combado y el rebote.
- Se bombea con facilidad.
- El acabado es igual al hormigón regular.
- Es compatible con todas las otras adiciones a la mezcla y tratamientos de la superficie.
- Incrementa las resistencias iniciales y finales: 4% a la compresión, 9% a la tensión y 7% a la flexión.

RESULTADOS DE PRUEBAS DE MEZCLA DE 300 Kg. / cm<sup>2</sup>



PRODUCTOS QUÍMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN - Pisos Industriales - CONSTRUCCIÓN Y APLICACIONES - HORMIGÓN ESPECIALS - REPARACIONES, PROTECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN - IMPERMEABILIZACIONES - SELLADOS Y FLEJES - RE-LUBRIFICACION - SERVICIO DE MANTENIMIENTO EN GENERAL - LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGÓN - ASesoría TÉCNICA - CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DE PRODUCTOS - FISCALIZACIÓN - INGENIERÍA DE SISTEMAS

QUITO: LEONIDAS PLAZA R21-00 • TELÉFONOS: 2546 912 - 2222 764  
099 663 128 - 099 613 122

Como distribuidores: [www.ingenieros.com](http://www.ingenieros.com)  
[www.ingenieros.com](http://www.ingenieros.com)  
[www.ingenieros.com](http://www.ingenieros.com)

AZUAY: (07) 2614 312 • 099 125 630  
EL ORO - LOJA: (07) 6691 680 • 099 104 630  
TUNGURAHUA - CHIMBORAZO - COTACACHI: 099 343 108 • 099 105 620  
MANABÍ: (05) 261300 • 099 101 670

**DOSIFICACIÓN:** FIBRATEX viene pre-dosificado en fundas solubles en agua, para un m3 de hormigón. Se añaden directamente a la mezcla.

**TAMAÑOS:** EPS FIBRATEX viene en distintos tamaños de acuerdo al tipo de trabajo que se esté realizando:

- 1/4" Recomendado para morteros.
- 1/2" Recomendado para morteros y hormigones (Un solo tamaño para todos los trabajos que se tenga en obra).
- 3/4" Recomendado para hormigones.
- 1 1/2" Recomendado para hormigones y hormigones masivos (Un solo tamaño para todos los trabajos que se tenga en obra).
- 2" Recomendado para hormigonados masivos.

***ECUADITIVOS NO SE RESPONSABILIZA por problemas causados por otros materiales, condiciones o mano de obra deficiente.***



Anexo G. Propiedades físicas sintéticas

Tipo de Fibra	Diámetro Equivalente, in. x 10 <sup>-3</sup>	Peso Específico	Resistencia a la Tracción, ksi	Modulo de Elasticidad, ksi	Alargamiento de Rotura, %	Temperatura de Ignición, °F	Temperatura de Fundición, Oxidación o Descomposición, °F	Absorción de Agua por ASTM D 570, Porcentaje por Peso
Acrilica	0,50 - 4,1	1,16 - 1,18	39 - 145	2000 - 2800	7,5 - 50	-	430 - 455	1,0 - 2,5
Aramida I	0,47	1,44	425	9000	4,4	alto	900	4,3
Aramida II	0,40	1,44	340	17000	2,5	alto	900	1,2
Carbón, PAN HM	0,30	1,6 - 1,7	360 - 440	55100	0,5 - 0,7	alto	752	nulo
Carbón, PAN HT	0,35	1,6 - 1,7	500 - 580	33400	1,0 - 1,5	alto	752	nulo
Carbón HP	0,39 - 0,51	1,6 - 1,7	70 - 115	4000 - 5000	2,0 - 2,4	alto	752	03-jul
Carbón HP	0,35 - 0,7	1,80 - 2,15	220 - 450	22000- 70000	0,5 - 1,1	alto	932	nulo
Nylon	0,90	1,14	140	750	20	-	392 - 430	2,8 - 5,0
Poliéster	0,78	1,34 - 1,39	33 - 160	2500	12 - 150	1100	495	0,4
Polyethylene	1,0 - 40,0	0,92 - 0,96	11 - 85	725	3 - 80	-	273	nulo
Polypropylene	-	0,90 - 0,91	20 - 100	500 - 700	15	1100	330	nulo

Fuente: ACI 440.7R-10 [15]

Donde:

PAN = Polyacrylonitrile (Poliacrilonitrilo)

HM = High modulus (Alto modulo)

HT = High-Tensile Strength (Resistencia a la Tracción Alta)

HP = High Performance (Alto Rendimiento)

Anexo H. Ficha de cumplimiento de requisitos mínimos correspondientes a planos arquitectónicos



**FICHA DE CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS MÍNIMOS  
CORRESPONDIENTES A PLANOS ARQUITECTÓNICOS**

**TIPO DE VIVIENDA:** UNIFAMILIAR Y UNIFAMILIAR CAPACIDAD MOTRIZ REDUCIDA

**ENTIDAD QUE PRESENTA LA TIPOLOGÍA:** EP Casa para Todos

**FECHA DE EMISIÓN:** 13/nov 2017

**NORMATIVA APLICADA:** LINEAMIENTOS MÍNIMOS PARA REVISIÓN Y VALIDACIÓN DE TIPOLOGÍAS DISEÑO ARQUITECTÓNICO VIVIENDA UNIFAMILIAR

	LINEAMIENTOS MÍNIMOS	CUMPLE	NO CUMPLE	OBSERVACIÓN
1	La propuesta deberá tomar en cuenta e indicar la región en la cual se va a emplazar la vivienda: Costa, Sierra y Oriente.			La parte arquitectónica es aplicable a todas las regiones en zona urbana
2	La vivienda deberá tener como mínimo dos dormitorios, un baño completo, sala – comedor, cocina, lavado y secado.	SI		
3	Debe contar con un área total mínima de 49 m <sup>2</sup> , se excluye circulaciones horizontales y verticales exteriores y/o espacios comunales.	SI		
4	Considerar proyección de crecimiento horizontal y/o vertical. Se podrá exceptuar a los bloques multifamiliares.	SI		
5	Para viviendas de personas con discapacidad, deberán regirse a la norma INEN 21542, y a la NEC – HSAU (accesibilidad universal) vigente. En el caso de tipologías de bloque de departamentos, las unidades habitacionales colocadas en planta baja, se basarán en las normas en mención.	SI		
6	Contar con todos los acabados tanto internos como externos en paredes, pisos, entrepisos y cubierta (incluyendo tratamiento de fachadas).	N/A		
7	El acabado que se coloque en el piso tanto exterior como interior de las viviendas, debe ser antideslizante en seco y mojado. El material debe ser resistente y estable a las condiciones de uso.	N/A		



8	En el caso de colocar cerámica en piso, esta debe ser antideslizante.	N/A		
9	Para tipologías en bloques de departamentos, se deberá contar con áreas destinadas para lavado y secado de ropa por cada unidad de vivienda.	N/A		
10	En las zonas húmedas de baños, lavaplatos, y en caso de que exista piedra de lavar, deberán ser recubiertas con elementos de superficie hidrófuga (material que evita la humedad o filtraciones de agua).	N/A		
11	Los cuartos de baño, deberán contar con todas las piezas sanitarias.	SI		
12	Para la vivienda estándar, se debe cumplir con el espacio mínimo entre la proyección de las piezas sanitarias y la pared lateral, ésta debe ser de 0.15 m, y entre piezas sanitarias es mínimo 0,10 m. Para la vivienda de personas con discapacidad, se debe remitir a la Norma INEN 2293, y considerar la ubicación de las piezas sanitarias y sus respectivos accesorios (barras, silla de ducha).	SI		
13	En caso de que la batería sanitaria no cuente con iluminación y ventilación natural, se las deberá realizar de manera artificial.	SI		
14	La vivienda deberá contar con todas las puertas tanto externas como internas con su respectiva cerradura. Las puertas exteriores de la vivienda, deberán tener seguridad. Las puertas de la vivienda se deberán regir por las siguientes dimensiones mínimas libres (ancho y altura): Puertas de ingreso a la vivienda: 0.90 x 2.05 m. Puertas interiores: 0.80 x 2.05 m. Puertas de baño: 0.70 x 2.05 m.  Puertas para viviendas de personas con discapacidad 0,90 x 2,05, que cuente con cerradura de manija tipo palanca. El espacio de maniobra debe considerar una superficie de giro ante la puerta de mínimo 1.50 m de diámetro.	SI		

15	<p>El área de ventanas deberá cumplir el siguiente porcentaje mínimo de la superficie útil del ambiente a iluminar y ventilar, estimado de la siguiente manera:</p> <p>Iluminación: 20%</p> <p>Ventilación: 6%</p>			
16	<p>El área de cocina deberá contar con todos los espacios para su correcto y habitual funcionamiento, es decir, deberá contar con espacio para refrigeradora, mesón de cocina donde se ubique el fregadero, espacio para manipulación de alimentos y para colocar como mínimo un electrodoméstico, y cocina. La refrigeradora y la cocina, no se deben incluir en el presupuesto.</p>	SI		
17	<p>En caso de viviendas para personas con discapacidad, se debe considerar que la grifería sea manija tipo palanca.</p>	N/A		
18	<p>Para vivienda de personas con discapacidad, el mesón de cocina, deberá tener una altura mínima desde el piso terminado hasta la cara inferior del mesón de 0.70m, mientras que la cara superior deberá tener una altura máxima entre 0.80 a 0.85m. Referirse a NTE INEN 2313.</p>	SI		
19	<p>En el caso de utilizar cubiertas metálicas, se deberá contemplar que tengan aislamiento térmico y acústico.</p>	N/A		
20	<p>En caso de que la vivienda cuente con escaleras, deberán satisfacer los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Los edificios tendrán siempre escaleras que comuniquen todos sus niveles, aun cuando existan elevadores.</li> <li>○ Las escaleras serán en tal número que ningún punto servido del piso o planta se encuentre a una distancia mayor de 25 m. de alguna de ellas.</li> <li>○ Las escaleras en casas unifamiliares o en el interior de departamentos unifamiliares tendrán una sección mínima de 0,90 m.</li> <li>○ En cualquier otro tipo de</li> </ul>	N/A		

	<p>edificio, la sección mínima será de 1,20 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ El ancho de los descansos deberá ser cuando menos, igual a la sección reglamentaria de la escalera.</li> <li>○ La huella de las escaleras tendrá un ancho mínimo de 28 cm. y la contrahuella una altura máxima de 0.18 m; salvo en escaleras de emergencia, en las que la huella no será menor a 0.30 m. y la contrahuella no será mayor de 0.17 m.</li> <li>○ Las escaleras contarán preferiblemente con 16 contrahuellas entre descansos, excepto las compensadas o de caracol.</li> <li>○ En cada tramo de escaleras las huellas serán todas iguales, lo mismo que las contrahuellas.</li> <li>○ Las huellas se construirán con materiales antideslizantes.</li> </ul>			
21	<p>En caso de rampas, se debe tomar en cuenta como mínimo lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ el ancho mínimo de circulación, libres de obstáculos medido entre los pasamanos, es 1.20 m.</li> <li>○ Longitud máxima del tramo igual a 2m con pendiente máxima igual al 12%.</li> <li>○ Longitud máxima del tramo igual a 10m con pendiente máxima igual a 8% (superior a 10m se requiere implementar descansos intermedios).</li> <li>○ Bordes laterales a una altura entre 6 a 10 cm.</li> </ul>	SI		
22	<p>Las ventanas deben contar con vidrio, mínimo de 4mm de espesor. En la región costa y oriente, las ventanas deben incluir malla mosquitera.</p>	N/A		
23	<p>La altura de la vivienda (mínima libre) a considerar de acuerdo a la Región donde</p>	SI		✓


<p>se va a emplazar, estimado desde el piso terminado a la cara inferior del tumbado, será:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Costa y Oriente: 2.50 m.</li> <li>○ Sierra: 2.30 m.</li> <li>○ En techos inclinados se admite una altura útil mínima libre de 2.10 m en el punto más desfavorable.</li> </ul>			
--	--	--	--

**CONCLUSIÓN:**

Con lo expuesto y en base a los planos arquitectónicos presentados por la "EP Casa para Todos" se evidencia que cumple con los "Lineamientos mínimos establecidos por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda en el acápite 2.1.1 correspondiente a Diseño Arquitectónico.

Cabe indicar que todos los documentos presentados son responsabilidad de la EP Ecuador Estratégico, quienes deberán completar el proceso conforme a los "Lineamientos mínimos para revisión y validación de tipologías de vivienda – Programa Casa para Todos".

Integrante de la Revisión Técnica

DESCRIPCION	NOMBRE DEL FUNCIONARIO	FIRMA
ARQUITECTONICO	Arq. Guadalupe Torres A.	

Aprobado por:



Ing. Ramiro Mancheno  
DIRECTOR DE REGULACION (E)

## Abstract

ISMAEL MARCELO SARMIENTO CANTOS

The performance of concrete masonry blocks is directly related to the mechanical properties of the materials they are made of. Currently, in Azogues city in Ecuador, the use of fibers in masonry blocks is not common, not taking advantage of the benefits they can offer, that is why it is considered an opportunity to improve the mechanical properties of the masonry units and offer a more economical proposal. Digital models have been made in SAP 2000 software, simulating the compressive strength test, this test has been considered for the simulation since it provides one of the main parameters to control the behavior of the block, the simulation is performed on a conventional block, a block with recycled plastic fibers and one with steel fibers, from this test the Stress/Strain graphs are obtained, where the maximum load supported by each masonry unit is determined. In addition, a Cost-Benefit analysis is performed, where it is established that the best option is a concrete block reinforced with recycled plastic fibers. The simulation that was conducted throughout the digital model, allows predicting its behavior immediately, before the construction of the blocks.

**Keywords: concrete block, steel fibers, recycled plastic fibers, masonry, compressive strength**

Azogues, 8 de noviembre de 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



**Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.**  
**COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES**

[www.ucacue.edu.ec](http://www.ucacue.edu.ec)

Ingeniero  
Ricardo Romero González  
**DIRECTOR DE CARRERA**

Ingeniero  
Jorge Crespo Crespo  
**DOCENTE TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES**  
Ciudad

**ASUNTO:** Índice de similitud del trabajo de titulación del estudiante *Ismael Marcelo Sarmiento Cantos*.

**REFERENCIA:** OFICIO N.º UCCSA-JC-010 -23

Reciban un cordial y atento saludo; en atención a la solicitud en referencia adjunto el presente **ÍNDICE DE SIMILITUD TURNITIN** del trabajo de titulación: *"PROPUESTA ALTERNATIVA DE MAMPOSTERÍA PREFABRICADA EN HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS DE PLÁSTICO Y ACERO PARA PAREDES NO ESTRUCTURALES EN VIVIENDAS CONVENCIONALES"*, elaborado por el estudiante *Sarmiento Cantos Ismael Marcelo*. El resultado presenta un índice de similitud del **SEIS POR CIENTO (06%)**, siendo inferior al límite de lo establecido en el *Reglamento de la Unidad de Titulación*, y en consecuencia **APTO** para continuar con el proceso de titulación. Adjunto el documento completo revisado por el sistema Turnitin.

SarmientoCantos - E1			
INFORME DE ORIGINALIDAD			
6%	6%	1%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
1	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet		1%
2	<a href="http://repositorio.escuelaing.edu.co">repositorio.escuelaing.edu.co</a> Fuente de Internet		1%
3	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet		1%

Particular que pongo a su conocimiento para fines pertinentes.

Atentamente;  
DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

  
 Firmado electrónicamente por:  
**CRISTIAN ARTURO VINTIMILLA ULLOA**  
Ing. Cristian Arturo Vintimilla Ulloa MSc.  
**RESPONSABLE DE UNIDAD DE TITULACIÓN**  
**INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES**

[www.ucacue.edu.ec](http://www.ucacue.edu.ec)

El Bibliotecario de la Sede Azogues

## **CERTIFICA:**

Que, **Ismael Marcelo Sarmiento Cantos** portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0302206222** de la Carrera de **Ingeniería Civil**, Sede Azogues, Modalidad de estudios presencial no adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, **22 de octubre de 2021**



Byron Alonso Torres Romo  
Bibliotecario



Universidad  
Católica  
de Cuenca  
**SEDE AZOGUES**  
**BIBLIOTECA**

**Ismael Marcelo Sarmiento Cantos** portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0302206222**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Propuesta alternativa de mampostería prefabricada en hormigón reforzado con fibras de plástico y acero para paredes no estructurales en viviendas convencionales”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **22 de octubre de 2021**



F: .....

**Ismael Marcelo Sarmiento Cantos**

**C.I. 030220622-2**

