



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**PLACA PLANA DE CONCRETO LIGERO IMPERMEABILIZADA
CON CAUCHO RECICLADO PARA CUBIERTAS DE VIVIENDA
SOCIAL**

AUTOR:

Silva Arteaga, Jorge Luis

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

TUTOR:

Ing. Martínez Rehpani, Colón Gilberto

Guayaquil, Ecuador

06 de marzo de 2020



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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Silva Arteaga Jorge Luis**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR

f. _____

Ing. Martínez Rehpani Colón Gilberto, Mg. Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas Stefany Esther, Ms. Sc.

Guayaquil, a los 06 días del mes de marzo del año 2020



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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Silva Arteaga Jorge Luis**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Placa plana de concreto ligero impermeabilizada con caucho reciclado para cubiertas de vivienda social** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 06 días del mes de marzo del año 2020

EL AUTOR:

f. _____
Silva Arteaga Jorge Luis



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Silva Arteaga Jorge Luis**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Placa plana de concreto ligero impermeabilizada con caucho reciclado para cubiertas de vivienda social**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 06 días del mes de marzo del año 2020

EL AUTOR:

f. _____
Silva Arteaga Jorge Luis

REPORTE DE URKUND



Urkund Analysis Result

Analysed Document: Silva_Jorge_FINAL.docx (D64241671)
Submitted: 2/22/2020 1:32:00 AM
Submitted By: claglas@hotmail.com
Significance: 2 %

Sources included in the report:

TESIS COMPORTAMIENTO DE LOSAS ALIVIANADAS DE HORMIGÓN TRADICIONAL MEZCLADO CON POLI ESTILENO EXPANDIDO.docx (D42446853)
TESIS HORMIGON BAJA DENSIDAD.pdf (D14991384)
UCP_INGENIERIA_2019_TESIS_MAUROSALDAÑA_VF.pdf.pdf (D57006899)
<https://docplayer.es/83617828-Universidad-de-san-carlos-de-guatemala-facultad-de-ingenieria-escola-de-ingenieria-civil.html>

Instances where selected sources appear:

9

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a Dios que me permitiera realizar el presente trabajo de investigación, además de bendecirme por llegar hasta esta etapa superior anhelada.

A la Universidad Católica Santiago de Guayaquil por darme la oportunidad de cursar mis estudios superiores, de igual manera a los maestros y compañeros de la carrera por la ayuda brindada.

Finalmente, agradecerle a mi docente tutor de tesis Ing. Colón Gilberto Martínez Rehpani por su visión crítica en el desarrollo de las bases teóricas metodológicas de investigación.

Jorge Silva Arteaga

DEDICATORIA

Dedico esta investigación primero a Dios, por haberme brindado la facultad de realizarlo y permitirme culminar con mi formación profesional.

A mi madre, por ser el pilar más importante de mi familia y por demostrarme su confianza y apoyo incondicional siempre. A mi familia en general por darme el aliento siempre para llevar esta carrera a su culminación exitosa.

A mis docentes y compañeros de aula que con su ayuda intelectual supieron colmar de conocimientos y buenas anécdotas a mi formación profesional.

Jorge Silva Arteaga



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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

ING. LILIA VALAREZO MORENO, M. S.
DECANA DE LA FACULTAD

f. _____

ING. CLARA GLAS CEVALLOS, M. Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

ING. STEFANY ALCÍVAR BASTIDAS, M Sc.
OPONENTE



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

CALIFICACIÓN

NÚMEROS

LETRAS

f. _____

**Ing. Martínez Rehpani Colón Gilberto, M. Sc.
TUTOR**

f. _____

**Ing. Glas Cevallos Clara Catalina, M. Sc.
DOCENTE DE LA CARRERA**

f. _____

**Ing. Alcívar Bastidas Stefany Esther, M. Sc.
OPONENTE**

CERTIFICADO DEL GRAMATÓLOGO

CERTIFICADO DE REVISIÓN DE LA REDACCIÓN Y ORTOGRAFÍA

Yo, Magíster Erwin Darwin Chiluíza Rodríguez, Certifico: Que he revisado la redacción y ortografía del contenido del proyecto educativo: **PLACA PLANA DE CONCRETO LIGERO IMPERMEABILIZADA CON CAUCHO RECICLADO PARA CUBIERTAS DE VIVIENDA SOCIAL**, elaborado por el egresado **JORGE LUIS SILVA ARTEAGA**, previo a la obtención del título de: **INGENIERO CIVIL**.

Para efecto he procedido a leer y analizar de manera profunda el estilo y la forma del contenido del texto:

- Se denota pulcritud en la escritura en todas sus partes
- La acentuación es precisa
- Se utilizan los signos de puntuación de manera acertada
- En todos los ejes temáticos se evita los vicios de dicción
- Hay concreción y exactitud en las ideas
- No incurre en errores en la utilización de las letras
- La aplicación de la Sinonimia es correcta
- Se maneja con conocimiento y precisión de la morfosintaxis
- El lenguaje es pedagógico, académico, sencillo y directo, por lo tanto es de fácil comprensión.

El lenguaje es pedagógico, académico, sencillo y directo, por lo tanto es de fácil comprensión.

Por lo expuesto y en uso de mis derechos como Magíster en Docencia, Gerencia en Educación y en Planificación, Evaluación y Acreditación de la Educación Superior, recomiendo la VALIDEZ ORTOGRÁFICA de su tesis previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil y deja a vuestra consideración el certificado de rigor para los efectos legales correspondientes.

Atentamente



M.Sc. Erwin Chiluíza Rodríguez, Ing. Ab.

Registro SENESCYT 1006-12-744875

Cuarto Nivel

ÍNDICE

CAPÍTULO I	4
DISEÑO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.1 Caracterización del problema	4
1.2 Formulación del problema	4
1.3 Sistematización del problema	4
1.4 Justificación del tema	5
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo general	6
1.5.2 Objetivos específicos	6
1.6 Alcance	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1 Cubiertas de fibrocemento	8
2.2 Tipos de cubiertas ligeras	8
Cubiertas planas.....	9
Cubiertas de fibrocemento	9
Cubiertas metálicas.....	10
2.3 Hormigón Ligero	10
Ventajas del hormigón ligero	11
2.4 Harina de llanta	11
2.4.1 Materia prima	11

2.4.2	Granulometría	12
2.4.3	Usos de harina de llanta	12
2.4.4	La harina de llanta como material de reciclaje	13
2.5	Sistema de impermeabilización	13
2.5.1	Proceso y requisitos para la impermeabilización de cubiertas.....	13
	Pendiente.....	14
	Acabado de la superficie	15
	Ventilación	16
	Aislamiento térmico y protección contra condensaciones	16
2.6	Encofrado	17
2.7	Educación ambiental en el Ecuador	17
2.8	Normativa legal del proyecto	18
2.8.1	Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas.	18
2.8.2	Metas del Objetivo 9	20
2.8.3	Carta Política de la República del Ecuador del 2008	20
2.8.4	Normativa DUOT-2019-3958	21
2.8.5	Ley Orgánica de Educación Superior	23
2.8.6	Consejo de Educación Superior	23
2.9	Vivienda social en el Ecuador	23
	CAPÍTULO III.....	27
	METODOLOGÍA.....	27
3.1	Curva granulométrica perfecta	27
3.2	Encofrado y geometría de la placa	28

3.3	Sistema de vibración	31
3.4	Materiales usados	31
3.4.1	Arcilla expandida.....	31
3.4.2	Cemento local GU.....	32
3.4.3	Incluser de aire AIRBETON (Aditec)	32
3.4.4	Fibras de Abacá.....	32
3.4.5	Aditivo superfluidificante SF-106 (Aditec).....	33
3.4.6	Poliestireno expandido.....	33
3.5.	Procedimiento	33
CAPÍTULO IV		45
RESULTADOS OBTENIDOS		45
4.1	Ensayos de laboratorio	45
4.1.1	Ensayo de compresión simple	45
	Alternativa uno	46
	Alternativa dos	47
4.1.2	Ensayo de flexión	49
4.1.3	Ensayos de permeabilidad	55
4.1.4	Ensayos de peso volumétrico	61
CAPÍTULO V		63
DISEÑO DE UNA CUBIERTA PARA VIVIENDA SOCIAL		63
5.1	Tema	63
5.2	Descripción	63
5.3	Diseño de una cubierta	63

5.3.1	Cubierta con placa ondulada de fibrocemento	64
5.3.2	Cubierta con Placa Plana UCSG	65
5.4	Análisis de costos	66
5.4.1	Cubierta Eternit P- 10.....	66
5.4.2	Cubierta utilizando la Placa Plana UCSG.....	67
	CONCLUSIONES	68
	RECOMENDACIONES	69
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Curva granulométrica perfecta usada en el trabajo investigativo.	28
Figura 2.- Características geométricas de la Placa Plana UCSG.....	29
Figura 3.- Vista inferior de la Placa Plana UCSG.....	30
Figura 4.- Características geométricas de la placa en vista inferior.	30
Figura 5.- Restos de bloques quebrados de arcilla cocida, ubicada en vía a la costa.	34
Figura 6.- Tamices utilizados para el análisis granulométrico.	35
Figura 7.- Almacenamiento del material triturado según el tamaño de las partículas.	35
Figura 8.- Encofrado preparado para la mezcla de concreto de la Placa Plana UCSG.	36
Figura 9.- Áridos mezclados, dosificación todo uno.....	38
Figura 10.- Adición del cemento local tipo GU al material todo uno.	38
Figura 11.- Adición de aditivo inclusor de aire para la mezcla de concreto en la alternativa uno.	39
Figura 12.- Adición de las fibras de abacá en la mezcla de concreto en la alternativa uno.	39
Figura 13.- Mezcla de concreto ligero de la alternativa uno.	40
Figura 14.- Mezcla de concreto según la alternativa dos.....	40
Figura 15.- Colocación del material en el encofrado.....	41
Figura 16.- Preparación de las probetas para los ensayos a compresión simple para la alternativa dos.....	42
Figura 17.- Desencofrado de las placas.....	42
Figura 18.- Piscina artesanal destinada para el curado de las placas.....	43

Figura 19.- Sistema de curado en agua de la Placa Plana UCSG.	44
Figura 20.- Procedimiento del capping de azufre y piedra pómez.....	46
Figura 21.- Ensayo a flexión.....	50
Figura 22.- Ensayo a flexión de placas.	51
Figura 23.- Norma Técnica Colombiana para la Placa Eterboard.	52
Figura 24.- Grieta provocada por flexión de la Placa Plana UCSG.....	53
Figura 25.- Colapso de la Placa Plana UCSG.	54
Figura 26.- Vista frontal de la placa rota.	54
Figura 27.- Pasta impermeabilizante de harina de llanta con imprimante asfáltico.....	56
Figura 28.- Colocación de la pasta impermeabilizante a la placa.....	57
Figura 29.- Incremento de la temperatura de la capa impermeabilizante para adherencia en placa.	58
Figura 30.- Colocación de la lámina de aluminio.	59
Figura 31.- Proceso de pintura de la Placa Plana UCSG.	59
Figura 32.- Resultado final del proceso de pintura en placa.....	60
Figura 33.- Permeámetro para placa plana experimental.....	60
Figura 34.- Placa Plana UCSG quince días después, durante la ejecución de la prueba de permeabilidad.	61
Figura 35.- Vista de la fachada frontal de la vivienda social utilizando placa ondulada de fibrocemento.	64
Figura 36.- Vista superior y del sistema estructural de la cubierta en la vivienda social utilizando placa ondulada de fibrocemento.	64
Figura 37.- Vista de la fachada frontal de la vivienda social utilizando Placa Plana UCSG.	65

Figura 38.- Vista superior y del sistema estructural de la cubierta en la vivienda social utilizando Placa Plana UCSG.	65
Figura 39.- Dimensiones de la cubierta para ambas alternativas.	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de pendientes mínimas a utilizar según sus materiales o la función que cumplen.....	15
Tabla 2.- Dosificación para 1m ³ de concreto según la alternativa uno.	37
Tabla 3.- Dosificación para 1m ³ de concreto según la alternativa dos.	37
Tabla 4. - Propiedades mecánicas y geométricas del ensayo a compresión a los 7 días de las probetas usando inclusor de aire y fibras de abacá.	46
Tabla 5- Propiedades mecánicas y geométricas del ensayo a compresión a los 28 días de las probetas usando inclusor de aire y fibras de abacá.	47
Tabla 6.- Propiedades mecánicas y geométricas del ensayo a compresión a los 7 días con la nueva dosificación.....	48
Tabla 7.- Propiedades mecánicas y geométricas del ensayo a compresión a los 28 días con la nueva dosificación.....	48
Tabla 8.- Resultados obtenidos del ensayo de peso volumétrico para la alternativa uno, tomando los datos de los especímenes ensayados a los 7 días.	62
Tabla 9.- Resultados obtenidos del ensayo de peso volumétrico para la alternativa dos, tomando los datos de los especímenes ensayados a los 7 días.	62
Tabla 10: Precios unitarios de la Placa Plana UCSG.	67

RESUMEN

Se presenta el desarrollo de una alternativa de cubierta que utiliza placas planas prefabricadas de hormigón ligero, impermeabilizadas con harina de neumáticos de desecho reciclados, y que podría sustituir a la placa ondulada de fibrocemento convencional de uso extendido en Ecuador. Siendo este un nuevo material de construcción, se realizan diversos muestreos de materiales y aditivos para las dosificaciones de concreto liviano probadas y los ensayos de compresión simple, flexión, permeabilidad y peso volumétrico de las nuevas placas planas. Se elabora además un análisis económico comparativo entre una cubierta construida con esta Placa Plana UCSG y un techo compuesto por placa ondulada convencional de fibrocemento. La investigación concluye con la producción de un tipo de cubierta bioclimática, de bajo costo, para un tipo de vivienda social de uso frecuente en Ecuador, que pueda contribuir con la reducción de materiales contaminantes al medio ambiente humano. El alcance de este trabajo investigativo es muy amplio, por lo que se plantean diferentes recomendaciones para lograr un mejor desarrollo.

Palabras claves: Placa plana, cubierta, vivienda social, impermeabilización, harina de llanta, arcilla expandida.

ABSTRACT

The development of a roofing alternative that uses prefabricated flat plates of lightweight concrete, waterproofed with flour from recycled waste tires, and which could replace the conventional fiber cement corrugated plate for extended use in Ecuador is presented. Being this a new construction material, various samples of materials and additives are carried out for the dosages of lightweight concrete tested and the tests of simple compression, bending, permeability and volumetric weight of the new flat plates. A comparative economic analysis is also elaborated between a roof constructed with this UCSG Flat Plate and a roof composed of conventional corrugated fiber cement board. The research concludes with the production of a low-cost type of bioclimatic cover for a type of social housing often used in Ecuador, which can contribute to the reduction of polluting materials to the human environment. The scope of this research work is very wide, so different recommendations are proposed to achieve a better development.

Keywords: *Flat plate, roof, social housing, waterproofing, rim flour, expanded clay.*

INTRODUCCIÓN

El cambio climático afecta las condiciones de vida, en conjunto con las edificaciones construidas por el ser humano; es por esto que la mayoría de organizaciones a nivel mundial tratan de ayudar con nuevas alternativas eco-amigables, a reducir estas consecuencias, que afecta el desarrollo del entorno de las futuras generaciones; las mismas que se ven obligadas a tratar de mejorar sus productos o sus servicios en el área de la construcción desarrollando nuevos componentes constructivos elaborados con residuos reciclados (Gaggino, 2014, p. 17).

En el Ecuador existen estructuras que mantienen imperfecciones en las cubiertas, ya que suelen estar compuestas por materiales que se malogran con el transcurso del tiempo, y su mantenimiento genera costos elevados. Por esta razón, la mayoría de los perjudicados de las viviendas recurren a utilizar placas impermeabilizantes en las cubiertas, evitando así el malogro de las mismas por los cambios constantes de condiciones climáticas que presentan las grandes ciudades del país.

La ciudad de Guayaquil no es la excepción, pues su condición climática obliga a la utilización de materiales biodegradables en la cubierta; siendo indispensable el uso de nuevas alternativas que brinden un impacto relevante, económico y amigable al entorno ambiental. El uso de placas impermeabilizantes realizadas con caucho reciclado permite un paso a la innovación de las cubiertas, además de un diseño de manejo eco-amigable; que a su vez serían económicos, de calidad y de fácil aplicación.

El presente proyecto se basó en la creación de un tipo de cubierta en forma de placa plana, utilizando concreto ligero impermeabilizado con caucho reciclado, específicamente para viviendas sociales como alternativa de construcción para este tipo de edificaciones. La idea del mismo radica a que en el Ecuador no se le da un valor reutilizable al material neumático, una vez cumplida su vida útil; y los costos ambientales para los gobiernos

seccionales terminan siendo elevados, ya que deben solucionar el destino final del mismo.

El propósito de este trabajo investigativo, es que las empresas dedicadas a la comercialización de materiales para la construcción puedan competir con el mercado nacional creando una cubierta competente para las viviendas sociales, de menor costo y que cumpla con los requerimientos de ambientación bioclimática.

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Caracterización del problema

El incremento vehicular en las cabeceras cantonales hace que el uso de neumáticos se incremente. Este proyecto busca plantear una propuesta en la que después de ser implementada de manera progresiva, logre mitigar estos impactos ambientales. Por tales razones, se propone hacer un estudio sobre este tipo de cubierta en cuanto a cuestiones de calidad, durabilidad, impermeabilidad, costos y resistencia.

El presente tema de desarrollo investigativo busca contribuir con la reducción de costos en vivienda social para dar otro uso al neumático contaminante que ya cumplió su vida útil. De esta manera, se busca contribuir al medio ambiente con la elaboración de un producto que pueda reducir la transmisión térmica y que pueda además sustituir a la placa ondulada de fibrocemento.

1.2 Formulación del problema

¿La utilización de placas planas de concreto ligero impermeabilizada con caucho reciclado permite preservar las cubiertas de vivienda social?

1.3 Sistematización del problema

El desarrollo del proyecto responde a las siguientes interrogantes:

¿Qué es lo que se utiliza comúnmente en la actualidad como sistema de cubierta para una edificación?

¿Qué es lo innovador en el proyecto y que beneficios traería?

¿Cuál es la resistencia de la nueva cubierta?

¿Cuál es la comparación económicamente hablando con respecto a lo tradicional?

1.4 Justificación del tema

En Ecuador se reconoce que los ciudadanos estén sujetos al derecho de un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación, protegiendo al medio ambiente y garantizando un desarrollo sustentable (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En la actualidad es necesario que se integren nuevas metodologías de trabajo en cualquier organización que traten de contaminar y si es algo inevitable tratar de mitigar todos los efectos que este conlleva (Ley de Gestión Ambiental, 1999). Con el propósito de mitigar los impactos ambientales generados por el lanzamiento indebido de los neumáticos en extensas áreas de la mayoría de las provincias ecuatorianas, se plantea una revisión de estudios realizados por organismos gubernamentales o privados que, de alguna manera, se relacionen con el tema.

El comercializar un producto innovador en la industria de la construcción como las placas planas de concreto ligero impermeabilizado con caucho reciclado permite el acceso económico al propietario de una vivienda social; pues su comercialización mantendría un precio asequible, además de disminuir la sobrepoblación de los neumáticos que provocan la degradación del medio ambiente.

Durante la impermeabilización de las placas planas se aplicó previamente tres milímetros de harina de llanta más un imprimante asfáltico sobre la cara superior de la placa ligera prefabricada. Se fabricó las placas y se probó su impermeabilidad.

La propuesta de emprendimiento eco-amigable presenta un modelo para las empresas que se dedican a la comercialización de materiales de construcción, puesto que el diseño de la placa plana de concreto impermeable de caucho reciclado se consolida con la generación de plazas de empleo para personas involucradas en actividades de construcción.

Además, para la elaboración de la propuesta final se priorizó la utilización de este material de desecho, con el fin de desarrollar un nuevo tipo de cubierta, prefabricada, liviana, de fácil armado, impermeable, que reemplace a las placas onduladas de uso común en nuestra ciudad, y que puedan ser utilizadas en vivienda social por su bajo costo.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Desarrollar una alternativa técnica y sustentable que emplee los neumáticos de reciclaje en el proceso de impermeabilización de placas planas de concreto ligero impermeabilizadas con harina de caucho para cubiertas de vivienda social.

1.5.2 Objetivos específicos

- Elaborar placas de concreto ligero de 1,0m X 0,4m X 0,04m., utilizando áridos livianos de baja transmisión térmica, que puedan ser utilizadas en vivienda social como elementos de cubierta.
- Desarrollar una metodología de impermeabilización utilizando la harina de caucho de neumáticos de reciclaje en la parte superior de las placas prefabricadas. En la parte inferior de las placas se desarrollará un proceso de pulido decorativo.
- Desarrollar una propuesta de diseño de una cubierta para vivienda social con el uso de estas placas y ejecutar una prueba de permeabilidad en una placa prefabricada después de ser impermeabilizada.
- Comparar económicamente una cubierta convencional que utilice placa ondulada de fibrocemento y tumbado aislante térmico con otra que utilice placas prefabricadas de concreto ligero con áridos livianos e impermeabilizadas con harina de caucho de neumáticos de reciclaje.

1.6 Alcance

Este trabajo investigativo buscó presentar una propuesta de una cubierta plana, denominada a partir de este instante como Placa Plana UCSG. Se propuso dimensiones, materiales y dosificaciones para su composición. Se realizaron las pruebas necesarias para su distribución en el mercado ecuatoriano.

Se realizó un análisis comparativo entre una placa ondulada de fibrocemento y la placa propuesta, en aspectos mecánicos (resistencia a la flexión y permeabilidad), y aspectos económicos. Se espera que la placa plana resulte amigable al ambiente, debido a los componentes que se usaron (reciclables) y al bajo impacto ambiental que tendrá.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Cubiertas de fibrocemento

El sistema de cubiertas comúnmente utilizado en el Ecuador es el de placas onduladas de fibrocemento. El uso del fibrocemento se remonta a inicios del siglo XX, material que fue ideado por el ingeniero austriaco Ludwig Hatschek (Euronit, 2002).

El planteamiento de la edificación se originó en la creación de espacios cubiertos, donde lo más importante era la cubierta que resguardaba de las inclemencias del tiempo y ofrecía un ámbito privado (Estrada, 2003). Un siglo después, estos materiales de construcción siguen formando un paisaje urbano innovador, aunque una de las principales fibras de refuerzo del fibrocemento era el “amianto”, pero al demostrarse que era cancerígeno se empezaron a usar otras alternativas; como por ejemplo la fibra de vidrio, que puede reemplazar la utilización del amianto tecnológicamente para perseverar al medio ambiente y la salud.

La utilización del fibrocemento en las cubiertas fue el éxito de esa época hasta la actualidad, y su forma moldeable ondulada es darle una estética agradable a simple vista, en conjunto con el sistema de canalizar la filtración del agua para su evacuación y atribución de resistencia capaz de soportar pesos (Collado Trabanco & Nuño Peña, 2006).

2.2 Tipos de cubiertas ligeras

Dado que la clasificación de las cubiertas es muy amplia y no es motivo de esta investigación, se describe tres tipos de cubiertas:

- Cubiertas planas
- Cubiertas con placas onduladas de fibrocemento
- Cubiertas con placas metálicas.

Cubiertas planas

Es definida como “cubiertas de eje rectilíneo compuestas por la yuxtaposición de las placas con sobreposición lateral” (Collado & Nuño, 2006, p. 57). “En condiciones cotidianas estas placas tienen un vacío máximo de 11 m sin soporte de estructura intermedia” (Youssef, 2003, p. 9). Es decir, que tienen lados rectos en la parte superior; en muchas de las ocasiones la rigidez viene dada por una forma serpenteada del mecanismo y es usada para salvar luces medianamente grandes. Además, son el aislante solar y de lluvias de una edificación.

Entre los requisitos de las cubiertas planas, éstas deben poseer una pendiente que no supere el 5%. Entre la resistencia a diversas condiciones climáticas también se tienen en cuenta factores como el espesor del material de recubrimiento, durabilidad, evacuación de agua, resistencia y estabilidad; por lo que se elige para el acabado elementos livianos y resistentes (Spence, 2004, p. 78).

Para concluir, estas cubiertas se apoyan sobre las vigas de coronación de las paredes de la edificación, estas deben calcularse basándose en el peso de la cubierta y sus posibles sobrecargas como agua o viento, además de su mantenimiento.

Cubiertas de fibrocemento

El fibrocemento es “un material de construcción que se consigue sometiendo una pasta de partículas de amianto con cemento a grandes presiones” (Rodríguez Peña, 2015, p. 36). Las cubiertas de fibrocemento son definidas como placas construidas con base de cemento y fibras de amianto, estas presentan resistencia frente a la mayoría de condicionantes (Pérez, Costal, & Del Campo, 2008, p. 15).

La fabricación de estas cubiertas de fibrocemento pasa por diversas fases como: montaje basado en mortero de cemento y árido de amianto. Las

características prevalentes son halladas en su peso, por lo que estas deben ser livianas y de fácil manejo; por lo que pueden ser atornilladas, torneadas, perforadas o cerradas sin ninguna dificultad.

Cubiertas metálicas

El material acero ha jugado un papel fundamental en el área de la construcción como alternativa de resguardo de las condicionantes del clima, la materia prima y los procesos o fases de la construcción son cada vez más accesible.

Para lo cual, las cubiertas metálicas pueden ser utilizadas en residencias o comercios; la aplicación de éstas en la construcción puede presentar ventajas como el bajo mantenimiento, su durabilidad y desventajas como la corrosión y la atracción frente a rayos (Brotruck, 2010).

Estas cubiertas muchas veces suelen depender de diversas condicionantes, es habitual aplicar para el diseño de los elementos una diferencia térmica de 50°C; cabe destacar que para cada tipo de lámina coexisten varios tipos de anclajes, pero su selección depende únicamente de las características que estas presentan.

2.3 Hormigón Ligero

La aparición del cemento natural como el ligante perfecto para la unificación de varios materiales constructivos y creación de una pasta o mortero, sirvieron para desarrollar estructuras mucho más estables. Poco a poco, esto fue objeto de cambios, hasta el que hoy en día se conoce como hormigón común constituido por agregados finos, agregados gruesos, agua y cemento portland (Hormypol, 2017).

El término ligero se debe a que uno de los materiales constitutivos de esta mezcla tiene como adicional un material liviano, de poca densidad pero que ocupa mucho volumen.

“Se designa convencionalmente como hormigones livianos a aquellos que producen una densidad que fluctúa entre 300 kg/m^3 y 1900 kg/m^3 , ya que los normales presentan una densidad normal de 2400 kg/m^3 ” (Valdez, Suárez, & Proaño, 2015, p. 2).

Ventajas del hormigón ligero

Según Valdez, Suárez y Proaño (2010), las ventajas que presentan este tipo de hormigón son:

- Permite disminuir el peso en estructuras y cargas a la cimentación.
- Poseen características termo-acústicas.
- Ofrece un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica, en particular en sitios con clima extremo.
- No requiere compactación.
- Su colocación y acabado son más económicos.
- Fraguado uniforme y controlado.
- Buena aislación térmica.
- Buena aislación acústica.
- Alcanza mayor resistencia al fuego que el concreto convencional.
- Excelente trabajabilidad.
- Bajo módulo de elasticidad (p. 2).

Además, tiene ventajas sísmicas debido a su reducido peso.

2.4 Harina de llanta

2.4.1 Materia prima

La harina de llanta se la puede definir como el material resultante de un largo proceso de trituración en máquinas especializadas. Estas máquinas van clasificando el material según el tamaño del residuo, debido a que cada tamaño de estas tiene diversos usos comerciales e industriales.

En la actualidad, el reciclaje de la llanta no está normado dentro de la Constitución vigente de nuestro país ni en otras normas legislativas; sin embargo, la realidad es que en el Ecuador existen aproximadamente 2,4 millones de neumáticos que equivalen a 55 000 toneladas que es

su mayoría terminan quemándose o tirándose al mar (Carrasco y Espinosa, 2014, p. 6).

Es probable que por el superávit de llantas en Ecuador se deba construir una normativa que pueda regular el desecho de estos elementos; por lo que el reciclaje a través de la harina de llanta resulta una opción importante, destacando que el daño que puede generar el caucho al ambiente es irreparable si no se recicla (Martínez, Hernández, López, & Menchaca, 2015).

2.4.2 Granulometría

La harina de llanta es el resultante después del reciclaje de residuos de neumáticos. El nombre "harina" especifica claramente su tamaño, que está entre 0,1 y 1 milímetro (Castells, 2012). Puede usarse para la fabricación de nuevos elementos.

2.4.3 Usos de harina de llanta

El reciclaje de neumáticos para harina de llanta tiene varias aplicaciones, sobre todo en la fabricación de productos industriales. Los principales fabricantes de neumáticos lo usan en compuestos de neumáticos nuevos (Castells, 2012). Además, la harina de llanta se utiliza en la fabricación de paneles aislantes y sellos.

En primer lugar, el ahorro de recursos está garantizado tanto para el fabricante como para el consumidor. Al usar harina de llanta, que es una materia prima secundaria, el fabricante tiene una ventaja económica: puede reducir los costos de producción y mantenimiento.

Además, no se contamina el ambiente humano. Efectivamente, al usar harina de llanta hay menos demanda de materias primas vírgenes y menos consumo de energía para obtenerlas, en un período de tiempo en el que es preferible ahorrar energía.

2.4.4 La harina de llanta como material de reciclaje

Arguello y Castellanos (2015) presentan un análisis de los diferentes materiales que pueden ser reutilizados en una vivienda, entre ellos, el caucho de los neumáticos que es la materia prima para la harina de llanta. La renovabilidad es la palabra clave para definir aquellos productos procedentes de materiales reciclados, como el triturado de llanta en este caso.

Como se menciona en el Diario “El Universo” (2017), la eliminación de las salvaguardias daría paso a que la población adquiriera más vehículos, llegando así a necesitar una manera de destruir el exceso de caucho que provocaría la alta demanda de vehículos. Debido a esto, se necesita un sistema más eficiente de recolección y reciclaje de llantas de desecho; las materias primas secundarias se reutilizan para evitar el riesgo de contaminar el medio ambiente (Castells, 2012). Además, hay menos demanda de materias primas vírgenes, lo que ahorra energía y reduce los gases de efecto invernadero.

2.5 Sistema de impermeabilización

La cubierta es la parte del edificio más expuesta a los cambios bruscos de temperatura y a los efectos que pueden presentar las condicionantes ambientales de humedad (Angulo, 2012, p. 79). Uno de los principales daños que sufren las cubiertas es la filtración de agua (Alario, 2014); esto se debe a que están expuestas a la intemperie. Por consiguiente, la membrana impermeabilizante debe tener la elasticidad-plasticidad suficiente para poder seguir, sin agrietarse, los movimientos debidos a las citadas causas, y debe absorber también los pequeños asentamientos de la obra (Safranez, 1973).

2.5.1 Proceso y requisitos para la impermeabilización de cubiertas

Para la eficacia de la impermeabilización son mucho más importantes las incidencias de la cubierta que la parte plana de la misma (Spence, 2004). Se

entienden como incidencias los elementos singulares de la cubierta, tales como: los encuentros de los faldones con las partes verticales, las juntas de dilatación, los desagües y los elementos que perforan la cubierta.

Al manifestarse algún fallo en la impermeabilización, se debe a una imperfección en la ejecución de alguno de los citados elementos singulares, por lo tanto, hay que prever un coeficiente de seguridad relativamente alto de la misma.

Según Collado y Nuño (2006), la impermeabilización de una cubierta comprende las cuatro fases siguientes:

- a) Elaboración adecuada del soporte base donde tiene que apoyarse la membrana impermeabilizante, especialmente los elementos singulares.
- b) Elección del tipo de membrana impermeabilizante con un coeficiente de seguridad suficiente, de acuerdo con las exigencias de la obra.
- c) Cumplimiento esmerado de la impermeabilización.
- d) Amparo para evitar su deterioro, salvo que se empleen membranas impermeabilizantes auto protegidas (p. 74).

Pendiente

Las cubiertas también pueden ser clasificadas según la pendiente de diseño, ya que cada elemento inclinado cumple con su función o estética. El Ministerio de Fomento de España, presenta una clasificación de las cubiertas, sugiriendo pendientes mínimas (Ministerio de Fomento, 2019). Se destaca que la longitud libre de la cubierta debe ir en sincronía con la capacidad estructural y su pendiente (Ciedion, 2009). A continuación, se presenta una tabla resumen de pendientes mínimas:

Tabla 1: Tabla de pendientes mínimas a utilizar según sus materiales o la función que cumplen.

Tipo de Cubierta	Material	Descripción	Pendiente mínima	
Planas	Tierra	Ajardinadas	1%	
	Grava	No transitable	1%	
Inclinadas	Teja	Curva	32%	
		Mixta	30%	
		Alicantina	40%	
	Pizarra		60%	
	Cinc		10%	
	Fibro cemento	Simétrica de onda grande		10%
		Asimétrica de nervadura grande		10%
Asimétrica de nervadura media		25%		

Fuente: Modificado del Ministerio de Fomento (2019).

Las pendientes menores al 10% son aceptables para casas. A pesar de esto, en algunos países donde la nieve es un problema, se deberían usar pendientes mayores (tales como 60%), razón por la que el uso de la pizarra es muy común en estos países. Para Ecuador, la pendiente no tiene necesidad de ser más allá del 10%, permitiendo un correcto flujo de aguas lluvias y también un diseño aerodinámico aceptable; en especial para las ciudades que no tienen problemas eólicos, como Guayaquil, Quito y Cuenca (principales del Ecuador).

Acabado de la superficie

El acabado de la superficie debe tener el aspecto de un fratasado fino o similar; además, debe presentar la suficiente rugosidad para favorecer la perfecta adherencia del material impermeabilizante mediante la aplicación de un imprimador adecuado, salvo en los sistemas no adheridos (Pérez, Costal, & Del Campo, 2008, p. 56).

En estos casos debe establecerse previamente una capa de mortero de portland con la suficiente resistencia mecánica y en las condiciones anteriormente citadas. Presentando el mortero fresco, debido a su contenido de agua, ciertos inconvenientes, por ejemplo, para el corcho, se le puede sustituir por mortero bituminoso.

Ventilación

La acumulación del vapor de agua y de gases procedentes de disolventes que puedan utilizarse en la impermeabilización o el aire ocluido durante el proceso de colocación, producen tensiones internas que pueden provocar el abolsamiento de la membrana impermeabilizante, si el peso de la misma y de su protección no es suficiente para contrarrestar esta tensión o no encontrar, el vapor y los gases, una fácil salida hacia el exterior (Trujillo, 2013). Además, el exceso de vapor de agua puede llegar a producir condensaciones al resultar insuficiente el aislamiento térmico.

Cuando debido a las condiciones climatológicas, a la clase de la construcción u otras razones, se prevén fallos originados por las citadas causas. La Norma MV 301 exige el establecimiento de una ventilación que impida la acumulación de los gases. Esta puede realizarse por medio de canalones, estrías, entre otras; que, acometiendo a colectores, tengan comunicación con el ambiente exterior.

Aislamiento térmico y protección contra condensaciones

Según la Norma MV301, la cubierta debe tener un poder aislante suficiente para que el interior de la edificación reúna las condiciones mínimas de habitabilidad. Si la cubierta no reuniera este valor necesario de aislamiento, se exige el empleo de materiales aislantes adecuados y tomar las medidas idóneas para que no se produzcan condensaciones (Brotruck, 2010).

2.6 Encofrado

El encofrado horizontal para losas y forjados es una estructura provisional auxiliar, compuesta por una serie de elementos y componentes prefabricados metálicos (acero, aluminio) así como de madera que, unidos de forma solidaria, conforman un dispositivo que permite sostener y moldear el hormigón fresco hasta que endurezca y adquiera la resistencia adecuada. La función de este tipo de encofrados es la construcción de estructuras horizontales temporales, como pueden ser vigas o losas; y se emplean tanto para planta parcial como completa (Cedure, 2015).

Para obtener el resultado deseado, se debe tener en cuenta distintos aspectos tales como: el armado del forjado o losa, la preparación del encofrado, el vertido del hormigón, la temperatura y humedad relativa, el uso de desencofrantes, entre otras.

2.7 Educación ambiental en el Ecuador

Los problemas ambientales son el resultado de acciones concretas de contaminación, sobreexplotación, uso inequitativo o no sustentable de los recursos naturales, determinadas por los modelos de producción y consumo; y, por los estilos o modos de vida, de la sociedad (Najman, 2018). En este contexto, cuando la degradación del ambiente empieza a ser entendida como un problema social, surge como respuesta la Educación Ambiental, como una estrategia de actitud crítica y comprometida con decisiones políticas, acciones y prácticas cotidianas individuales y colectivas orientadas a la sostenibilidad del desarrollo.

La Educación Ambiental constituye una estrategia para la difusión, sensibilización y capacitación de la ciudadanía; de esta manera apoya y fortalece el concepto de desarrollo sostenible, tomando como base una perspectiva de largo plazo donde ya no se apunta a la explotación de los recursos naturales sino a un manejo adecuado de los mismos, considerando las necesidades de las futuras generaciones.

Es importante considerar que la Educación Ambiental debe involucrar a todos los grupos y sectores de la población: niños, jóvenes y adultos. Sensibilizar y educar solo a los niños no basta porque los procesos educativos ambientales trascienden los espacios escolares y los complementan, están presentes en las familias, barrios, instituciones, empresas, colectivos sociales, entre otras.

2.8 Normativa legal del proyecto

2.8.1 Los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas

La Agenda 2030 fue aprobada en septiembre de 2015 por más de 150 jefes de Estado y de Gobierno reunidos en la Cumbre del Desarrollo Sostenible. La Agenda incluye 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible que reclaman a todos los países, ricos o pobres, adoptar medidas para frenar esta situación de emergencia climática y social que vive el planeta. Para ello, todos los sectores de la sociedad deben comprometerse: los gobiernos, la sociedad civil, las empresas, las organizaciones.

El ODS 13 tiene como finalidad acelerar la acción para frenar la crisis climática promoviendo medidas de mitigación y adaptación. La Fundación Ecológica y Desarrollo (ECODES, 2015) establece que para ello se debe:

- Fortalecer la capacidad de adaptación al cambio climático.
- Incorporar medidas en las políticas, estrategias y planes nacionales.
- Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional.
- Movilizar conjuntamente 100.000 millones de dólares anuales para atender las necesidades de los países en desarrollo y poner en funcionamiento el Fondo Verde para el Clima.
- Aumentar la capacidad de planificación y gestión en los países menos desarrollados, prestando especial atención a los problemas que genera para las mujeres, los jóvenes y las comunidades marginadas (p. 1).

El conocimiento de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) asociados a esta Agenda ayuda a evaluar el punto de partida de los países

de la región y a analizar y formular los medios para alcanzar esta nueva visión del desarrollo sostenible, que se expresó de manera colectiva y quedó escrita en la Agenda 2030.

Los ODS también son una herramienta de planificación y seguimiento para los países, tanto a nivel nacional como local. Gracias a su visión a largo plazo, constituyen un apoyo para cada país en su senda hacia un desarrollo sostenido, inclusivo y en armonía con el medio ambiente, a través de políticas públicas e instrumentos de presupuesto, monitoreo y evaluación.

La Agenda 2030 es una agenda civilizatoria, que pone la dignidad y la igualdad de las personas en el centro. Al ser ambiciosa y visionaria, requiere de la participación de todos los sectores de la sociedad y del Estado para su implementación (Serpell & Alarcón, 2015).

Por lo tanto, se invita a los representantes de los Gobiernos, la sociedad civil, el ámbito académico y el sector privado a apropiarse de esta ambiciosa agenda, a debatirla y a utilizarla como una herramienta para la creación de sociedades inclusivas y justas, al servicio de las personas de hoy y de futuras generaciones.

Dentro del objetivo 9 Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación Las inversiones en infraestructura (transporte, riego, energía y tecnología de la información y las comunicaciones) son fundamentales para lograr el desarrollo sostenible y empoderar a las comunidades en numerosos países. Se reconoce que, para conseguir un incremento de la productividad y de los ingresos y mejoras en los resultados sanitarios y educativos, se necesitan inversiones en infraestructura.

El ritmo de crecimiento y urbanización también está generando la necesidad de contar con nuevas inversiones en infraestructuras sostenibles que permitan a las ciudades ser más resistentes al cambio climático e impulsar el crecimiento económico y la estabilidad social (Fazio, 2011). Además de la

financiación gubernamental y la asistencia oficial para el desarrollo, se está promoviendo la financiación del sector privado para los países que necesitan apoyo financiero, tecnológico y técnico.

2.8.2 Metas del Objetivo 9

Según el Sistema de Naciones Unidas en el Perú (2015), las metas del objetivo 9 de los ODS se resumen en:

1. Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano, haciendo especial hincapié en el acceso asequible y equitativo para todos.
2. De aquí a 2030, modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales, y logrando que todos los países tomen medidas de acuerdo con sus capacidades respectivas.
3. Facilitar el desarrollo de infraestructuras sostenibles y resilientes en los países subdesarrollados mediante un mayor apoyo financiero, tecnológico y técnico a los países africanos, los países menos adelantados, los países en progreso sin litoral y los pequeños estados insulares.

Mientras que sus indicadores, resultan en:

1. Promover una industrialización inclusiva y sostenible y, de aquí a 2030, aumentar significativamente la contribución de la industria al empleo y al producto interno bruto, de acuerdo con las circunstancias nacionales, y duplicar esa contribución en los países menos adelantados
2. Valor añadido del sector manufacturo en proporción al PIB y per cápita.
3. Empleo del sector manufacturero en proporción al empleo total (Sistema de las Naciones Unidas en el Perú, 2015).

2.8.3 Carta Política de la República del Ecuador del 2008

En cuanto al planteamiento de la Constitución del Ecuador en el pleno del Art. 83.- Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los

ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley: En el planteamiento del literal 6 es relevante respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible (Constitución del Ecuador , 2008).

De igual manera en la sección sexta de la constitución basadas en el hábitat y vivienda menciona en su Art. 30, que las personas “tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica” (Constitución de la República del Ecuador, 2008). Además, el Art. 31 menciona:

Las personas tienen el disfrute pleno de la ciudad y de sus espacios públicos, bajo los principios de sustentabilidad, justicia social, respeto a las diferentes culturas urbanas y equilibrio entre lo urbano y lo rural. El ejercicio del derecho a la ciudad se basa en la gestión democrática de ésta, en la función social y ambiental de la propiedad y de la ciudad, y en el ejercicio pleno de la ciudadanía (Constitución del Ecuador , 2008).

2.8.4 Normativa DUOT-2019-3958

Mediante la normativa impuesta por la Dirección de Urbanismos, avalúos y ordenamiento territorial que establece la Ordenanza que crea un régimen especial e incentivos para las construcciones que se acojan al concepto de edificación sostenible, tanto en proyectos nuevos como en aumentos o remodelación de las edificaciones existentes, en la ciudad de Guayaquil y estímulo de la residencialidad en la zona central de la urbe a través del incremento del porcentaje a los indicadores de edificabilidad y uso del suelo (Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil , 2019).

Sobre los efectos en la realización de políticas concernientes a la protección del medio ambiente, es relevante incorporar a la normativa municipal criterios incorporadas al tratamiento de cubiertas, terrazas, fachadas con soluciones que contemplen vegetación viva, un sistema de reutilización de aguas domesticas además de energía limpia renovable con el fin de que sea contributivo y sustentable a la protección del medio ambiente urbano.

La finalidad de esta normativa es incentivar el desarrollo de soluciones arquitectónicas y urbanísticas que consideren tecnologías que proporcionen el mejoramiento del hábitat y el ahorro del consumo de energía, tal es el caso que el presente proyecto de tesis se acoja a esta resolución al presentarse con la propuesta de un nuevo tipo de cubierta eco-amigable teniendo como finalidad de reducción de costos de las viviendas sociales, al dar uso a neumáticos contaminantes que ya cumplió su vida útil (González & Miranda, 2007).

Existen varios cantones ecuatorianos que no encuentran el uso del material de neumáticos una vez que han cumplido su vida útil; los costos ambientales para las alcaldías terminan siendo elevados, ya que se debe solucionar el destino y uso de este material.

Mientras tanto, el Código Orgánico del Ambiente del 2018 determina que es una obligación a todos los niveles del gobierno en la incorporación en todas las decisiones y manifestaciones de la administración pública de mejoras prácticas ambientales que incluyen promover la implementación de las mejores prácticas en la producción y el consumo sostenible de bienes y servicios, con el propósito de evitar o reducir la contaminación y optimizar el uso del recurso natural (Asamblea Nacional de la República del Ecuador, 2018, p. 15).

En el Art. 57 literal X menciona que las atribuciones del Consejo Municipal de Guayaquil consisten en “regular y controlar mediante la normativa cantonal correspondiente al uso del suelo en el territorio del cantón” (Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización, 2010); los objetivos y en el ámbito de aplicación es la de incorporar como parte del plan de desarrollo del cantón de Guayaquil, la promoción para la elaboración de techos y fachadas verdes con el fin de reducir en el impacto ambiental producido por las superficie edificadas incorporando por los conceptos de construcción sustentable y eficiencia de recursos como requisitos fundamentales en los objetivos de desarrollo sostenible de naciones unidas.

La idea de este nuevo paradigma de urbanismo sostenible, está enfocada en normas orientadas a la reducción de factores que produzcan incrementos en el nivel de contaminación de la ciudad por la alta población de materiales contaminantes como cauchos o llantas de autos.

2.8.5 Ley Orgánica de Educación Superior

La ley Orgánica de Educación Superior (2010) menciona que en el Art. 27 de la Constitución vigente se establece que:

La educación se centrará en el ser humano y garantizará su desarrollo holístico, en el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente sustentable y a la democracia; será participativa, obligatoria, intercultural, democrática, incluyente y diversa, de calidad y calidez; impulsará la equidad de género, la justicia, la solidaridad y la paz; estimulará el sentido crítico, el arte y la cultura física, la iniciativa individual y comunitaria, y el desarrollo de competencias y capacidades para crear y trabajar (p. 5).

2.8.6 Consejo de Educación Superior

El Consejo de Educación Superior (2017) en el Art. 72 menciona que:

La organización de los aprendizajes en cada nivel de formación de la educación superior se sustentará en el proceso de investigación correspondiente y propenderá al desarrollo de conocimientos y actitudes para la innovación científica, tecnológica, humanística y artística (p. 31)

En cuanto a lo conforme a la investigación en educación superior técnica y tecnológica, o sus equivalentes se desarrollará en el campo formativo de creación, adaptación e innovación tecnológica, mediante el dominio de técnicas investigativas de carácter exploratorio (p. 31).

2.9 Vivienda social en el Ecuador

La definición de vivienda social “es algo más que tener un techo para resguardarse” (Arencibia & Rojas, 2011, p. 14). Este espacio dispone de un lugar privado de fácil accesibilidad, iluminación, durabilidad y una posible

ventilación pertinente además de poseer el abastecimiento de servicios básicos como agua y luz.

La construcción de viviendas sociales puede adaptarse a las necesidades culturales y a las condiciones económicas de los habitantes a partir de factores sistemáticos de construcción, que articulen el diseño operativo en los modelos dinámicos de la construcción (Vásquez & Relínque, 2016, p. 78).

En definitiva, los factores de vivienda se pueden diferenciar según Acosta (2009) en los siguientes ítems:

- Protección ambiental: este factor ofrece un entorno apropiado frente a condiciones meramente externas al medio. Posee la durabilidad y calidad de las condicionantes climáticas.
- Bienestar: menciona que la vivienda debe poseer los servicios básicos de habitabilidad esenciales.
- Independencia: Este espacio debe estar adecuado para acoger a familias de escasos recursos. En cuanto a la situación legal esta debe ofrecer a la disposición a largo plazo para las viviendas.
- Entorno: en este elemento se debe considerar niveles territoriales, en cuanto a la accesibilidad, las relaciones sociales vecinales. La calidad ambiental en los últimos años en América Latina ha comenzado con la reactivación de la vivienda social existente debido a proyecto masivo medios ambientalistas (Acosta, 2009, p. 79).

En el país, las viviendas sociales son objeto de análisis económico en las políticas activas desde la década de los 70, en este contexto se ejecutan los primeros planes de vivienda (Acosta, 2009). En las subsecuentes décadas la Junta Nacional de Vivienda, el Banco de la Vivienda y el MIDUVI enfrentaron el problema de la vivienda de manera dispersa.

Actualmente, Ecuador tiene un programa nacional de vivienda social, desarrollado por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (2015), donde se planea entregar 342000 hogares en 4 años. Según Ponce (2017):

Los proyectos de interés social han tenido un gran impacto socioeconómico, han dinamizado el sector de la construcción, dando

apertura a numerosas plazas de trabajo a nivel nacional. Es por esta razón que el Estado busca la ejecución de estos proyectos, ya que además de reducir el déficit de vivienda inapropiada en el país, el índice de desempleos y empleos inadecuados también decrece (p. 7).

Déficit habitacional en Ecuador

Ecuador es un país con sectores muy vulnerables y de bajos recursos económicos, por lo que la creación de viviendas de interés social sería una solución palpable frente a esta problemática (Angos, 2016). Otra aplicación directa frente a la problemática antes mencionada, es registrada por Araujo (2017), donde plantea diferentes modelos de viviendas progresivas con características sencillas, ya que la población atendida no requiere de necesidades especiales.

El déficit habitacional abarca dos tipos: el déficit cualitativo y el déficit cuantitativo. “El déficit cualitativo no implica la necesidad de construir viviendas sino de mejorar las condiciones habitacionales de las mismas” (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2005). Son tres las dimensiones que se estudia para estimar si una vivienda tiene déficit cualitativo: materialidad, espacio y servicios. Si al menos una de ellas tiene condiciones de deficiencia se catalogará a la vivienda con déficit habitacional cualitativo.

Guevara Santamaría (2012) define al déficit cuantitativo como: “al conjunto de requerimientos habitacionales contabilizados por concepto de reposición (reemplazo de viviendas irrecuperables) y allegamiento (carencias de las familias o unidades domésticas allegadas), por lo que demanda la adquisición de nuevas unidades de viviendas al parque habitacional existente” (Guevara Santamaría, 2012, p. 17).

En el año 2005 el déficit de vivienda alcanzaba las 430,000 unidades, frente a esto surgió el Contrato Social por la Vivienda (CVS) por la construcción de una política pública de vivienda y del hábitat. Para enero de 2007, “se registra que el acceso a vivienda digna, a servicios básicos y a una mejor

aptitud de vida son honorarios ciudadanos bendecidos en la Constitución”
(Hermida, 2014, p. 5).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Curva granulométrica perfecta

La curva granulométrica de un suelo es una representación gráfica de los resultados obtenidos en un laboratorio cuando se analiza la estructura del suelo desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo forman (Prieto, 2015).

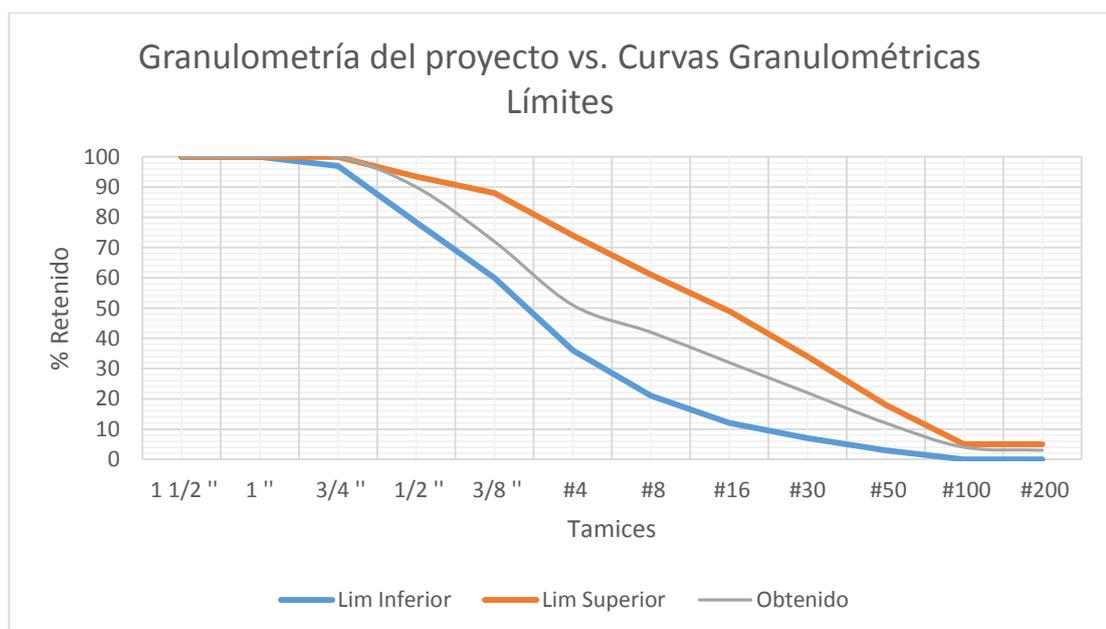
Para este análisis se utilizan dos procedimientos en forma combinada, las partículas mayores se separan por medio de tamices con aberturas de malla estandarizadas (Klaufus, 2009), y luego se pesan las cantidades que han sido retenidas en cada tamiz.

Los ensayos de granulometría se los realiza para poder obtener una distribución de los tamaños de las partículas de una muestra de agregado fino o grueso. Por medio de un juego de tamices, que son como cernideros, y de una máquina tamizadora se obtiene la separación de las partículas para posteriormente realizar un gráfico que muestre la distribución de los tamaños. Los tamices se los codifica en base al tamaño de sus aberturas o, de acuerdo con la cantidad de orificios que hay en una pulgada en el caso de los tamices de orden inferior.

Los tamices oficiales según la ASTM son los siguientes: tamices de 4", 3", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", No 4, No 8, No 10, No 16, No 20, No 30, No 40, No 50, No 60, No 100 y No 200 (American Society of Testing Materials (ASTM), 1998). Según Orts, et. al (2007), para obtener un buen análisis granulométrico, la muestra se debe colocar en una máquina vibradora que permita que todo el material atraviese los tamices, y no se mantenga material grueso obstruyendo las aberturas durante el proceso.

Para esta prueba, se tuvo que secar una muestra del material que se usó durante 24 horas debido a que con la muestra húmeda no se puede realizar el ensayo. Se tomó 2 kilogramos de muestra y se realizó el ensayo con los tamices y la máquina tamizadora. Se utilizaron solamente los siguientes tamices: ½ ", 3/8 ", No 4, No 10, No 40, No 60, y el fondo.

Una vez separado el material por los diferentes tamices, se procedió a realizar una distribución tal, que logre estar dentro de los límites de agregados propuestos por el código ASTM C-33 para agregados. La figura siguiente, muestra la comparación de la curva granulométrica obtenida con la dosificación planteada. Como se puede apreciar, la granulometría obtenida está totalmente dentro de estos límites, lo que implica que es satisfactorio usar esta distribución de agregados.



**Figura 1.- Curva granulométrica perfecta usada en el trabajo investigativo.
Fuente: Elaboración propia.**

3.2 Encofrado y geometría de la placa

Un encofrado es el sistema de moldes temporales o permanentes que se utilizan para dar forma al hormigón u otros materiales similares. Para obras de poca o mediana importancia, el encofrado se lo elabora *in situ* utilizando

tableros de madera y elementos de bambú (Avilés, 2018); es fácil de montar, pero de lenta ejecución cuando las estructuras son grandes. Este tipo de encofrado es conveniente cuando los costes de mano de obra son menores que los del alquiler de encofrados modulares.

Por otro lado, el encofrado modular o sistema normalizado, cuando está conformado de módulos prefabricados, principalmente de metal o plástico, su empleo permite rapidez, precisión y seguridad utilizando herrajes de ensamblaje y otras piezas auxiliares necesarias (López & Colina, 2006, p. 57). Es muy útil en obras de gran volumen. Finalmente, el encofrado deslizante, es un sistema que se utiliza para construcciones de estructuras verticales u horizontales de sección constante o sensiblemente similares, permitiendo reutilizar el mismo encofrado a medida que el edificio crece en altura o extensión. Este encofrado también dispone espacio para andamios, maquinarias, entre otras (Alcázar Riveros, 2013).

Para el caso de esta investigación, el encofrado consistió en moldes de madera de laurel. Para la geometría de la placa se ha experimentado con dos componentes sobrepuestos espaciadas 2 cm tanto longitudinal como transversalmente. Las dimensiones de cada componente son de 98 cm x 38 cm x 2 cm, que debido a los 2 cm de desfase lateral la placa resulta de 100 cm x 40 cm; el espesor de la placa es de 4 cm.

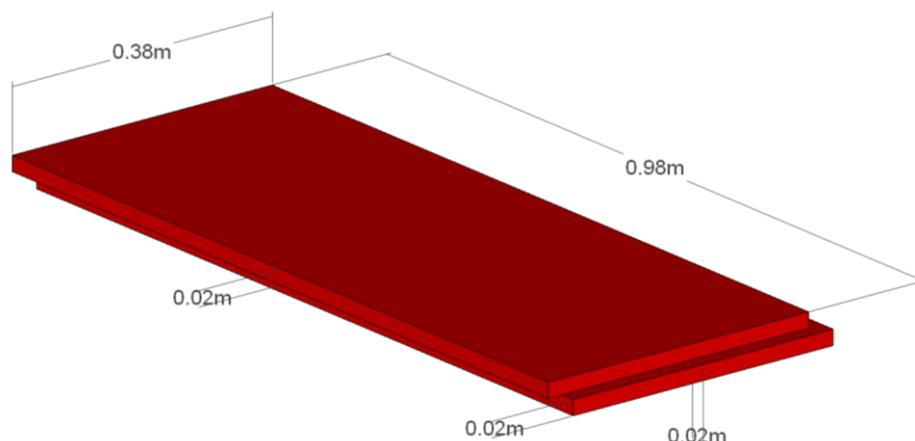


Figura 2.- Características geométricas de la Placa Plana UCSG.
Fuente: Elaboración propia.

El componente inferior de la placa no es completamente relleno por motivos de reducción de peso y costos. Cabe recalcar, que ambos componentes no son dos elementos separados, sino que se trata de un solo elemento con aberturas de 88 cm x 3 cm y espesor de 2 cm, como se muestra en las Figuras 3 y 4.

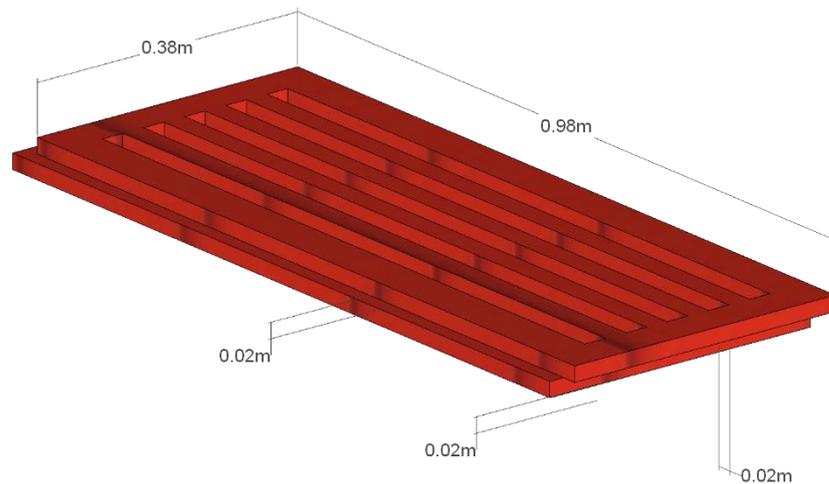


Figura 3.- Vista inferior de la Placa Plana UCSG.
Fuente: Elaboración propia.

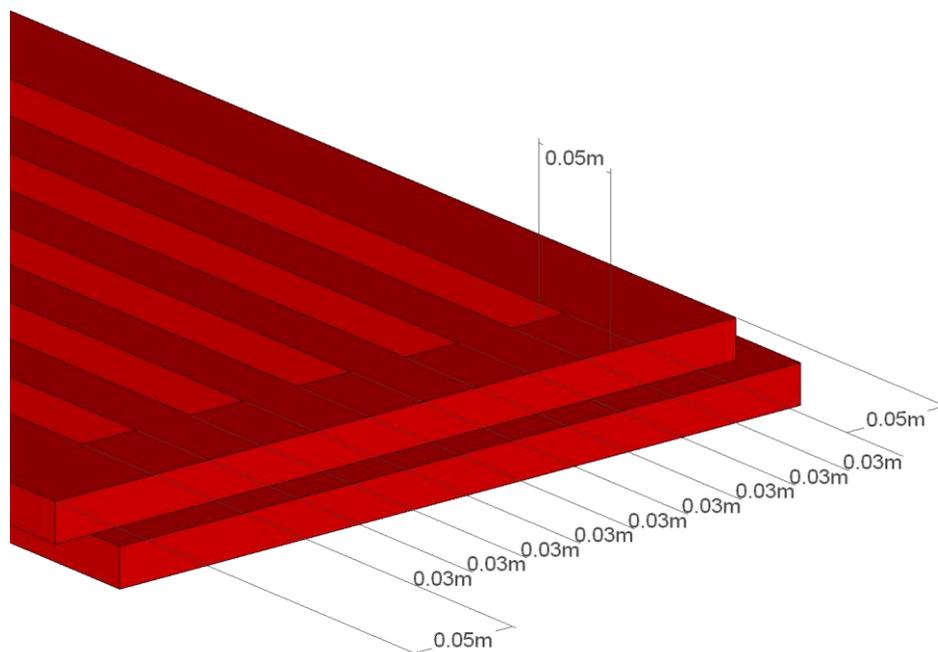


Figura 4.- Características geométricas de la placa en vista inferior.
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Sistema de vibración

La mayoría de moldes y equipos pueden incorporar un sistema de vibración externa destinado a mejorar compactación del hormigón durante el vertido, de manera que se reduce el tiempo de producción y se consigue un mejor acabado del producto (Meneses, 2017).

Usualmente se utiliza un sistema de vibración eléctrico, que resulta importante para que el acabado de la pieza sea óptimo y se eliminen la mayor cantidad de vacíos que se puedan generar durante la fundición del hormigón. Este sistema se coloca en la mezcla recién vertida y se deja durante unos segundos, con el propósito de compactar mejor el hormigón fresco. Normalmente se usa este sistema en obras de gran escala donde el vibrado manual resulta poco conveniente.

Para esta investigación, se realizó un vibrado manual, de golpes laterales al encofrado, usando un martillo de goma. Dado que es un proyecto experimental.

3.4 Materiales usados

Para el desarrollo experimental se trabajó con dos tipos de hormigones ligeros. Para ambas pruebas se utilizó como material principal la arcilla expandida y como material aglutinante el cemento local tipo GU.

Con el fin de aligerar el hormigón, para la primera prueba se utilizó un tipo de inclusor de aire denominado AIRBETON y también fibra de abacá. Para la segunda prueba se ha utilizado poliestireno expandido y adicionalmente un aditivo superfluidificante SF 106 de Aditec.

3.4.1 Arcilla expandida

Según su conceptualización es un material aislante de origen cerámico producido por la industria. Estos se fabrican a partir de la arcilla pura

extraída de canteras a cielo abierto. Se almacenan en naves cerradas para su homogeneización y secado (Córdova, 2015).

Las características que presentan es su alta porosidad, es un material duro, además su color marrón claro y forma redondeada. El peso específico puede variar aproximadamente entre 270 y 600 kg/m³.

3.4.2 Cemento local GU

Las especificaciones por desempeño contempladas en la Norma INEN 2380 indican que los cementos Tipo GU son aptos para la construcción de todo tipo de estructuras de hormigón donde no se requieran propiedades especiales (Guerrón, 2014).

3.4.3 Includor de aire AIRBETON (Aditec)

El includor de aire es un compuesto líquido que genera burbujas microscópicas a la mezcla de hormigón, generando intencionalmente el aumento de aire en esta. Es un aditivo que sirve para hormigones en masa (Collado & Nuño, 2006).

Entre los beneficios del includor de aire se tiene que: reduce la permeabilidad (logrando hormigones resistentes a las aguas agresivas y a las sales marinas), mejora la plasticidad e Incrementa la resistencia al descascaramiento.

3.4.4 Fibras de Abacá

Según Freire (2019): “la fibra de abacá se obtiene del seudo tallo de la musa textiles. Esta planta por las condiciones climáticas también crece en abundancia en Ecuador siendo éste el segundo país exportador de abacá en el mundo (15%), precedido por Filipinas” (p. 3).

Las fibras de abacá presentan un gran potencial en la industria de la construcción. Está compuesta por células largas y delgadas que forman parte de estructura de soporte de la hoja, el contenido de lignina está por encima del 15% (Culcay & Maldonado, 2016). El abacá es valorado por su gran resistencia mecánica, al daño por el agua salada y por su fibra que puede alcanzar los 3 metros de longitud, con un buen sistema de curado.

3.4.5 Aditivo superfluidificante SF-106 (Aditec)

Aditec SF-106 es un aditivo reductor de agua para todos los hormigones donde se requiera características de fraguado normal, alta plasticidad y desarrollo rápido de resistencias (Aditec Ecuador, 2015).

Al usar este aditivo se obtienen mejores resistencias iniciales, incrementando el módulo de elasticidad y la retención del asentamiento (Aditec Ecuador, 2015).

3.4.6 Poliestireno expandido

Es un material plástico espumado, derivado del Poliestireno. Tiene diversos usos tales como el producir envases, aditamentos de construcción o tablas de surf accesibles de bajo costo (Meneses, 2017). Otras características reseñables del Poliestireno expandido son su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos. Las aplicaciones del Poliestireno expandido se hallan en la construcción, ya sea como material de aligeramiento o como aislante térmico en edificación y en obras civiles; también en fachadas, cubiertas, molduras, suelos y otros (Urbán, 2010).

3.5. Procedimiento

Al ser un proyecto eco-amigable, se utilizó materia prima reciclada producto del desperdicio de bloques de arcilla cocida de una obra local ubicada vía a la costa como se observa en la Figura 5. Después de la recolección se procedió a triturar el material adquirido, para su posterior cribado. El

propósito del tamizado es separar los diferentes tamaños de las partículas trituradas según la abertura del tamiz. Los tamices que se han utilizado en el presente trabajo investigativo fueron: 3/8", #4, #10, #40, #60 y el fondo, como se puede observar en la Figura 5; los cuales sirvieron para la clasificación de los áridos finos y gruesos de la mezcla de concreto ligero.



**Figura 5.- Restos de bloques quebrados de arcilla cocida, ubicada en vía a la costa.
Fuente: Elaboración propia.**

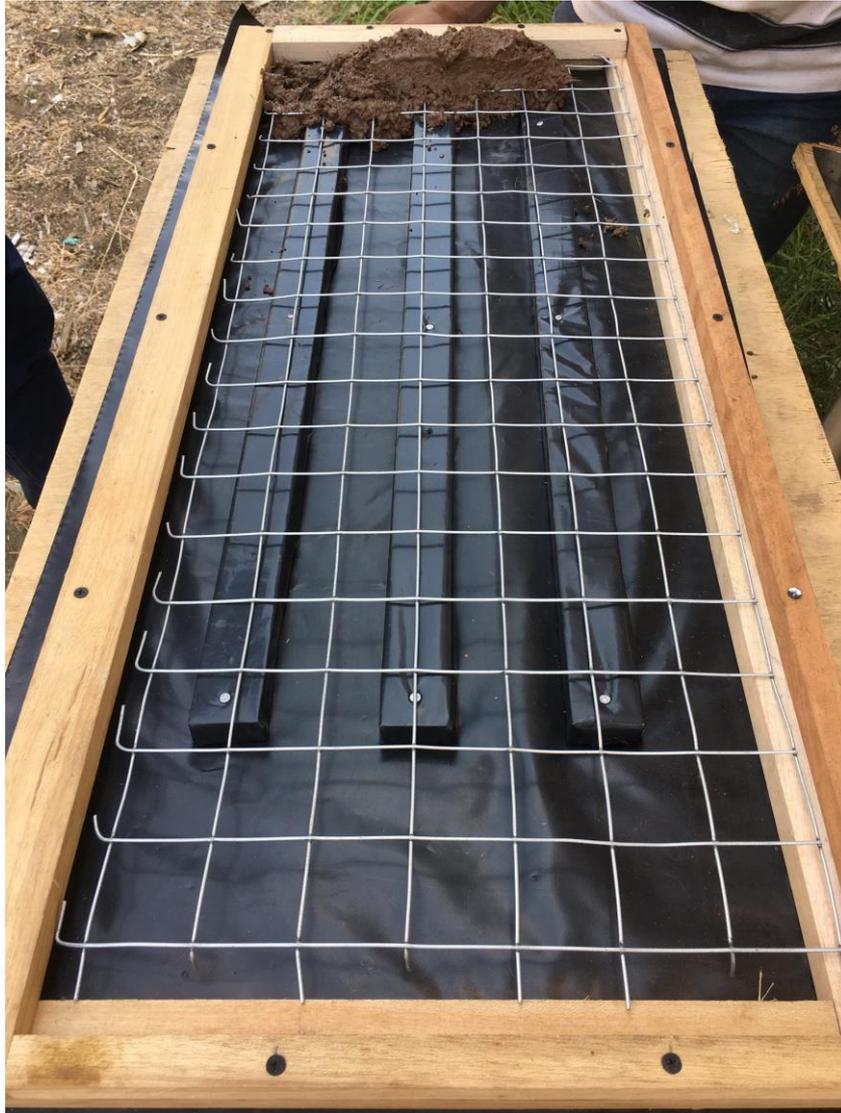


Figura 6.- Tamices utilizados para el análisis granulométrico.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 7.- Almacenamiento del material triturado según el tamaño de las partículas.
Fuente: Elaboración propia.

Para dar la forma a la cubierta, se utilizó madera para el encofrado. La geometría del encofrado se ha especificado en la sección 3.2. Para reemplazar el desmoldante tradicional se utilizó plástico con la finalidad de evitar alterar la constitución de los materiales. Para evitar fisuras por retracción se utilizó una malla electrosoldada cuadrada de 2 mm de diámetro espaciadas cada 5 cm.



**Figura 8.- Encofrado preparado para la mezcla de concreto de la Placa Plana UCSG.
Fuente: Elaboración propia.**

Para la mezcla de concreto ligero se utilizó dos metodologías con las siguientes dosificaciones:

Tabla 2.- Dosificación para 1m³ de concreto según la alternativa uno.

Materiales		Peso (Kg)
Arcilla expandida		
	3/8"	312.04
	#4	403.09
	#10	488.22
	#40	377.58
	#60	64.27
Cemento		161.55
Agua		225.75
Fibra de abacá		2.28
Total		2034.78

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.- Dosificación para 1m³ de concreto según la alternativa dos.

Materiales		Peso (g)
Arcilla expandida		
	3/8"	301.80
	#4	290.44
	#10	462.63
	#40	197.30
	#60	44.13
Cemento		334.31
Agua		246.83
Poliestireno expandido		6.12
Total		1883.57

Fuente: Elaboración propia.

Una vez desarrollada la dosificación, según la curva granulométrica, se procedió a realizar en campo la combinación de todos los áridos (ver Figura 9), adicionando para la primera prueba aditivo inductor de aire con fibras de abacá como se muestra en las Figuras 11 – 13.



**Figura 9.- Áridos mezclados, dosificación todo uno.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 10.- Adición del cemento local tipo GU al material todo uno.
Fuente: Elaboración propia.**



Figura 11.- Adición de aditivo inclusor de aire para la mezcla de concreto en la alternativa uno.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 12.- Adición de las fibras de abacá en la mezcla de concreto en la alternativa uno.
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 13.- Mezcla de concreto ligero de la alternativa uno.
Fuente: Elaboración propia.**

Como se mencionó anteriormente, para la alternativa dos se usaron poliestireno expandido y aditivo superfluidificante SF 106. Ver la Figura 14.



**Figura 14.- Mezcla de concreto según la alternativa dos.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 15.- Colocación del material en el encofrado.
Fuente: Elaboración propia.**



Figura 16.- Preparación de las probetas para los ensayos a compresión simple para la alternativa dos.

Fuente: Elaboración propia.

El desmoldado en ambas alternativas fue realizado manualmente con cuidado de no modificar las dimensiones, como se muestra en la siguiente figura:



Figura 17.- Desencofrado de las placas.

Fuente: Elaboración propia.

Para el curado de las muestras de ambas alternativas se procedió a la elaboración de una piscina artesanal como se muestra en la Figura 18. El proceso del curado consistió en la inmersión en agua por 10 días para que adquieran sus propiedades mecánicas finales.



**Figura 18.- Piscina artesanal destinada para el curado de las placas.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 19.- Sistema de curado en agua de la Placa Plana UCSG.
Fuente: Elaboración propia.**

CAPÍTULO IV

RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Ensayos de laboratorio

4.1.1 Ensayo de compresión simple

Los ensayos de compresión de las probetas de hormigón se realizaron en el Centro de Investigaciones en Ingeniería Estructural Sismo Resistente (Ceinves), ubicado en el campus de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil.

El *capping* se lo utiliza con el propósito de conseguir una distribución uniforme de la carga, debido a imperfecciones que pueden presentarse. Para este propósito se colocó un mortero de azufre a las probetas con una proporción de una de azufre y tres de pómez, fundido a una temperatura de 325°C, hasta que pase de estado sólido a líquido. Para las probetas de mayor volumen se usó almohadillas de neopreno en ambas caras.

Se ensayaron dos tipos de probetas cilíndricas a compresión simple normalizadas, un grupo de 5 cm de diámetro por 10 cm de altura y otro grupo de 10 cm de diámetro por 20 cm de altura, a velocidad media, hasta la rotura. El procedimiento se describe en detalle en las normas ASTM-C-192M-95 y C-39-96. Se ensayaron 27 probetas en total, para graficar la curva Tiempo vs. Resistencia.

Cumplida la edad requerida para los ensayos, se retiraron las probetas de la cámara de humedad. En este lapso de tiempo se tomó medidas tanto de la altura como del diámetro de las probetas, y se procedió a la colocación del *capping* en ambos extremos de los especímenes.

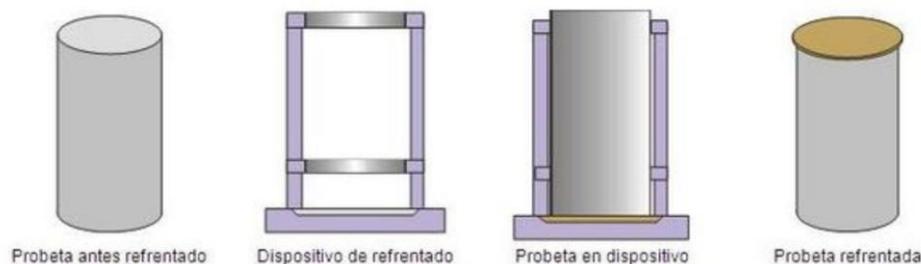


Figura 20.- Procedimiento del *capping* de azufre y piedra pómez.
Fuente: Obtenida de *Institut Tecnològic de Lleida* (2012).

Para el ensayo a compresión simple se utilizó la norma ASTM D 2166, el cual consiste en colocar la probeta en una máquina que aplica una carga incremental a velocidad constante, hasta llevar la probeta a la falla. Se registra la carga máxima soportada antes de la rotura.

Alternativa uno

Los especímenes usados en esta prueba contenían incluso de aire y fibras de abacá. Un total de 16 probetas fueron usadas para el ensayo a compresión simple, generando las siguientes propiedades geométricas y mecánicas que se detallan a continuación:

Tabla 4. - Propiedades mecánicas y geométricas del ensayo a compresión a los 7 días de las probetas usando incluso de aire y fibras de abacá.

Cód.	Peso (g)	Diámetro (mm)	Área (cm²)	Altura (S.C.)	Altura (C.C.)	Carga (K/N)	Esf. (Kg/cm²)
1	261.5	44.20	15.344	93.7	96.9	4.7	31.24
2	260.5	44.20	15.344	93.5	96.8	5.1	33.90
3	260	44.20	15.344	93.4	98	5	33.24
4	257	44.20	15.344	93.2	97.9	4.9	32.57
5	262.5	44.20	15.344	93.8	97.8	4.8	31.91
6	260	44.20	15.344	93.5	97.8	5	33.24
7	258	44.20	15.344	93.4	98.9	5.1	33.90
8	261	44.20	15.344	93.6	97.7	4.9	32.57
Promedio							32.82

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5- Propiedades mecánicas y geométricas del ensayo a compresión a los 28 días de las probetas usando inductor de aire y fibras de abacá.

Cód.	Peso (g)	Diámetro (mm)	Área (cm²)	Altura (S.C.)	Altura	Carga (K/N)	Esf. (Kg/cm²)
9	257.30	44.20	15.34	93.20	97.80	6.81	45.24
10	263.00	44.20	15.34	93.70	97.90	6.58	43.71
11	260.50	44.20	15.34	93.50	96.90	7.18	47.75
12	261.40	44.20	15.34	93.60	97.00	6.71	44.63
13	262.30	44.20	15.34	93.40	98.10	6.85	45.53
14	261.20	44.20	15.34	93.60	97.90	6.53	43.43
15	259.70	44.20	15.34	93.50	97.80	7.04	46.81
16	258.30	44.20	15.34	93.70	99.00	7.29	48.43
Promedio							45.69

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos no son favorables, ya que se obtuvieron resistencias muy bajas en ambos periodos de tiempo. Por lo tanto, se procedió a cambiar la dosificación del hormigón. Para la alternativa dos se reemplazó el inductor de aire por un aditivo superfluidificante SF 106 (Aditec); además se reemplazó las fibras de abacá por poliestireno expandido para bajar el peso de los especímenes.

Alternativa dos

En este ensayo, se colocó un total de 22 probetas destinadas para el análisis, se procedió a realizar los ensayos a compresión a los 7 días de desmoldado de los especímenes, cuyas propiedades se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 6.- Propiedades mecánicas y geométricas del ensayo a compresión a los 7 días con la nueva dosificación.

Cód.	Peso (g)	Diámetro (mm)	Área (cm²)	Altura (s.c.)	Altura (c.c.)	Carga (K/N)	Esf. (Kg/cm²) a 7 días
1	285.10	46.00	16.62	89.50	93.40	19.40	119.07
2	290.70	46.00	16.62	93.00	96.90	18.30	112.32
3	285.60	46.00	16.62	91.50	96.10	21.50	131.96
4	275.30	46.00	16.62	90.10	94.10	19.10	117.23
5	285.20	46.00	16.62	91.10	94.10	20.40	125.21
6	282.10	46.00	16.62	91.00	96.40	17.70	108.63
7	285.70	46.00	16.62	91.50	95.20	18.80	115.39
8	260.30	46.00	16.62	90.50	95.40	18.50	113.54
9	1149.9	71.10	39.70	150.00	155.10	56.00	143.87
10	3036.0	104.00	84.95	200.00	204.10	83.50	100.26
11	3130.0	104.00	84.95	200.00	204.80	100.20	120.31
Promedio							118.89

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar que los resultados en función de los esfuerzos no son tan dispersos, arrojando como promedio 118.89 kgf/cm², lo que resulta aceptable para la edad de los especímenes y para el tipo de hormigón que se está realizando.

Tabla 7.- Propiedades mecánicas y geométricas del ensayo a compresión a los 28 días con la nueva dosificación.

Cód.	Peso (g)	Diámetro (mm)	Área (cm²)	Altura (s.c.)	Altura (c.c.)	Carga (K/N)	Esf. (Kg/cm²) a 28 días
12	290.80	46.00	16.62	93.20	96.92	25.42	156.00
13	260.42	46.00	16.62	90.80	95.37	24.34	149.40
14	285.72	46.00	16.62	91.52	95.23	26.11	160.26
15	285.23	46.00	16.62	91.13	94.14	29.57	181.46
16	275.50	46.00	16.62	90.18	94.15	26.16	160.58

17	285.00	46.00	16.62	89.40	93.60	26.94	165.37
18	282.15	46.00	16.62	91.20	96.43	24.58	150.88
19	285.50	46.00	16.62	91.40	96.20	28.67	175.94
20	1149.91	71.30	39.93	150.20	155.13	69.14	176.62
21	3035.50	104.00	84.95	200.40	204.12	139.17	167.10
22	3130.40	104.00	84.95	200.50	204.78	137.26	164.81
						Promedio	164.40

Fuente: Elaboración propia.

De igual manera, existe poca dispersión para los resultados de las probetas a los 28 días, esto puede que puede ser atribuible a la distribución del material en la probeta y los espacios de aire generados por errores humanos. Sin embargo, se puede concluir que el promedio de estos ensayos es de 118.89 kg/cm² a los 7 días. Esta nueva resistencia permitió realizar las placas con seguridad.

4.1.2 Ensayo de flexión

Para conocer la resistencia a flexión de la placa, se procedió a realizar el ensayo de acuerdo con la norma ASTM C78-02: “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la flexión del concreto”. Esta norma se utiliza para realizar ensayos a flexión de vigas; pero se decidió utilizarla en placas, ya que su sección transversal es similar a la de una viga. La normativa sugiere que se coloquen los especímenes dando la apariencia de una viga simplemente apoyada (Euromotor, 2010), como se puede observar en la Figura 21.

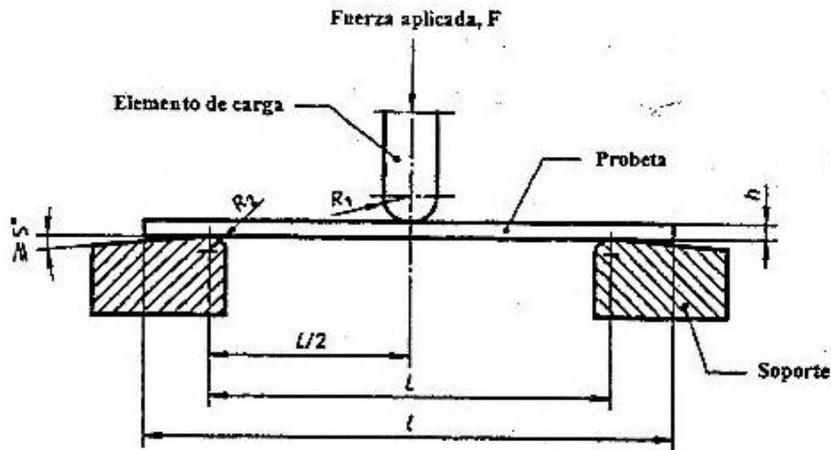


Figura 21.- Ensayo a flexión.
Fuente: Obtenida de Euromotor (2010).

La norma recomienda colocar los apoyos o soportes hasta una pulgada (25 mm) del extremo. La longitud libre se debe medir desde donde terminan los soportes. La carga debe estar ubicada en el centro de la luz libre, o bien, dos cargas a los tercios de la viga (ASTM, 1994). Para calcular la resistencia, se aplica la siguiente fórmula:

$$R = \frac{P * L}{b * d^2}$$

Donde:

R, es la resistencia a la flexión, en unidades de esfuerzo (MPa, kgf/cm², psi, etc.)

P, es la máxima carga que resistió el espécimen.

L, es la luz libre.

b, es el ancho en la fractura.

d, es la altura en la fractura.

Para placas planas, la metodología es muy similar a la planteada anteriormente. La metodología de ensayo es descrita en la norma ABNT NBR 15210-2 de Brasil (Teixeira, 2013), donde el método es como se muestra en la Figura 22.

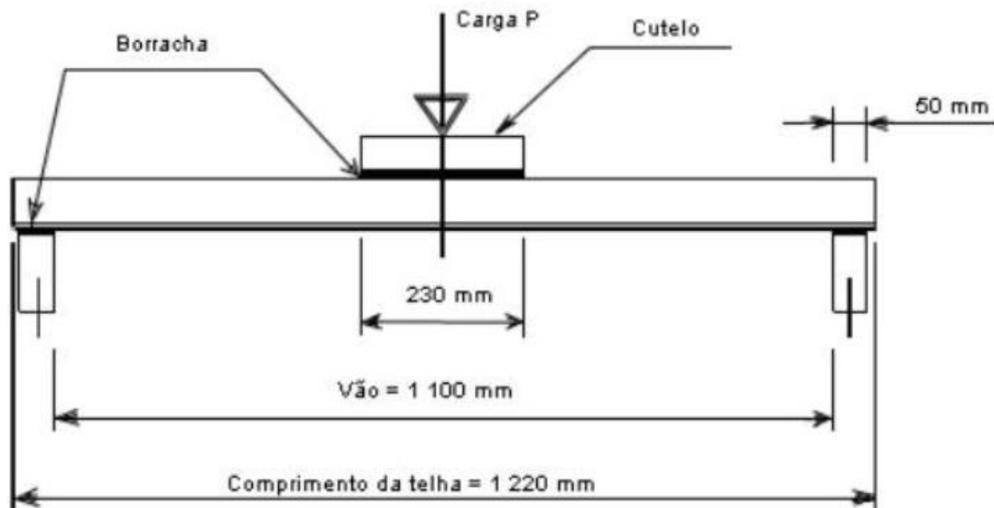


Figura 22.- Ensayo a flexión de placas.
Fuente: Obtenida de ABNT (2005).

El espécimen es colocado entre dos apoyos de 50 mm de ancho, asegurando que exista entre ellos una longitud de 1100 mm. La carga es aplicada sobre una viga de longitud constante de 230 mm, que está ubicada en el centro del espécimen. Las ecuaciones a ser utilizadas son las mismas que las propuestas en el ensayo por la normativa ASTM.

Una placa ondulada de fibrocemento de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana debería tener una resistencia a la flexión mínima de 80 kgf/cm² en estado seco y 55 kgf/cm², totalmente saturada (Grupo ELEMENTIA, 2018). Estos datos son obtenidos de la Norma Técnica Colombiana NTC – 4373: “Placas planas de fibrocemento: ensayos, elementos de construcción”. La Figura 23, muestra las demás propiedades mecánicas de la placa Eterboard.

Placa Eterboard			
DESCRIPCIÓN			
CLASIFICACIÓN			Norma
Tipo	B	-	NTC 4373
Categoría	3	-	
DIMENSIONES		Especificación	Unidad
Espesor (ε): ε ≤ 6mm		± 0.6	mm
ε > 6mm		± 10	%
Largo o Ancho (d): d ≤ 1000 mm		± 5	mm
1000 mm < d ≤ 1600mm		± 0.5	%
d > 1600 mm		± 8	mm
RESISTENCIA A FLEXIÓN		Valor mínimo	Unidad
Saturado longitudinal		5,5	Mpa
Saturado transversal		9,5	Mpa
Seco longitudinal		8,0	Mpa
Seco transversal		15,0	Mpa
MOVIMIENTO HIDRICO		Valor Típico	Unidad
Longitud (paralela)		1,50	mm/m
Transversal (perpendicular)		1,50	mm/m
Otros		Valor Típico	Unidad
Densidad		1,25	g/cm ³
Contenido de humedad		12	%
Absorción de agua		35	%

**Figura 23.- Norma Técnica Colombiana para la Placa Eterboard.
Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC - 4373.**

Una vez ejecutada la prueba de flexión se comprobó que la carga máxima que puede soportar la placa fue de 104 kg; que, para la geometría de la placa y la formulación propuesta anteriormente, resulta en un esfuerzo de 62 kgf/cm².

La grieta de falla se presenta en la Figura 24, lo que demuestra que la falla fue provocada por flexión, ya que ocurre desde la cara inferior de la placa hacia la superior. Se destaca que ocurre de forma perimetral al perfil de la sección transversal. Además, se resalta que el esfuerzo encontrado ocurre con la aparición de la grieta.



**Figura 24.- Grieta provocada por flexión de la Placa Plana UCSG.
Fuente: Elaboración propia.**

El colapso de la placa se presenta en la Figura 25. Como se puede observar, el acero fluyó, haciendo que la placa se separe en dos mitades. Además, en la Figura 26 se muestra una vista frontal de la rotura, que evidencia la adherencia del poliestireno frente al hormigón, ya que la fractura también involucra las partículas de este material.



**Figura 25.- Colapso de la Placa Plana UCSG.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 26.- Vista frontal de la placa rota.
Fuente: Elaboración propia.**

En comparación con las placas del mercado local, la resistencia alcanzada por la Placa Plana – UCSG está dentro de los límites establecidos en la sección anterior. Además, resulta mejor que las disponibles en el mercado ecuatoriano, ya que las resistencias que alcanzan son muy bajas (alrededor de 50 kgf/cm²).

4.1.3 Ensayos de permeabilidad

El ensayo de permeabilidad se puede realizar basado en diferentes normas disponible en la bibliografía, como por ejemplo la norma ASTM D 5084, que permite evaluar la prueba en cualquier tipo de suelo a través de un permeámetro de carga variable. Este ensayo usa el principio de Darcy para obtener la cantidad de agua que es capaz de filtrar la mezcla.

Para la impermeabilidad de la placa se introdujo sobre la superficie superior de la placa plana una capa de 3 mm de espesor de harina de llanta combinada con un imprimante asfáltico (Figura 27). El imprimante asfáltico fue utilizado para mejorar la adherencia y el comportamiento de la harina de llanta que debía adherirse simultáneamente a la placa plana de hormigón ligero. Como acabado de la superficie se utilizó una lámina de aluminio de 0.1 mm de espesor. Ver figuras 27 a 30.



**Figura 27.- Pasta impermeabilizante de harina de llanta con imprimante asfáltico.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 28.- Colocación de la pasta impermeabilizante a la placa.
Fuente: Elaboración propia.**



**Figura 29.- Incremento de la temperatura de la capa impermeabilizante para adherencia en placa.
Fuente: Elaboración propia.**



Figura 30.- Colocación de la lámina de aluminio.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 31.- Proceso de pintura de la Placa Plana UCSG.
Fuente: Elaboración propia.



**Figura 32.- Resultado final del proceso de pintura en placa.
Fuente: Elaboración propia.**

Para efectos de esta investigación se desarrolló un permeámetro simple de carga constante para la medición de la permeabilidad de la placa plana experimental como se muestra en la Figura 33.



**Figura 33.- Permeámetro para placa plana experimental.
Fuente: Elaboración propia.**

Durante 15 días que se aplicó la carga hidrostática con el permeámetro la muestra resultó impermeable, no se observó gradiente hidráulico, tampoco se presentó exudación en la parte inferior de la placa como se muestra en la Figura 34.



**Figura 34.- Placa Plana UCSG quince días después, durante la ejecución de la prueba de permeabilidad.
Fuente: Elaboración propia.**

4.1.4 Ensayos de peso volumétrico

El peso volumétrico es también conocido como peso específico y, en forma general, se define como la relación que hay entre la masa de un material y un volumen conocido. En otras palabras, es la masa de un material por unidad de volumen. Es importante conocer que dentro de los materiales también existen espacios vacíos y estos influyen en el peso del agregado.

Los agregados usados en el hormigón son de manera general conocidos como agregados gruesos y finos. En este proyecto investigativo se clasificó el material según su granulometría. Se colocó la muestra en el recipiente y

se enrasó con la varilla en la parte superior del envase; luego se pesó y obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8.- Resultados obtenidos del ensayo de peso volumétrico para la alternativa uno, tomando los datos de los especímenes ensayados a los 7 días.

Cod.	Peso (g)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso volumétrico (g/cm ³)
1	261.5	15.344	9.37	1.8188
2	260.5	15.344	9.35	1.8158
3	260	15.344	9.34	1.8142
4	257	15.344	9.32	1.7971
5	262.5	15.344	9.38	1.8239
6	260	15.344	9.35	1.8123
7	258	15.344	9.34	1.8003
8	261	15.344	9.36	1.8173
			Promedio	1.8125

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la bibliografía disponible se tiene que el promedio de un hormigón ligero tiene un peso volumétrico de 0.30 a 2.00 g/cm³; por lo que se concluye que el promedio obtenido está dentro del rango permisible.

Tabla 9.- Resultados obtenidos del ensayo de peso volumétrico para la alternativa dos, tomando los datos de los especímenes ensayados a los 7 días.

Cod.	Peso (g)	Área (cm ²)	Altura (cm)	Peso volumétrico (g/cm ³)
1	272.10	16.33	8.93	1.8658
2	255.20	16.33	9.1	1.7172
3	275.50	16.33	9.06	1.8620
4	271.10	16.33	9.09	1.8262
5	275.60	16.33	8.93	1.8898
6	281.30	16.33	8.97	1.9202
7	295.90	16.33	9.05	2.0021
8	3167.32	86.59	20.4	1.7930
9	285.10	16.62	8.95	1.9168
10	290.70	16.62	9.3	1.8809
11	285.60	16.62	9.15	1.8782
			Promedio	1.8684

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DISEÑO DE UNA CUBIERTA PARA VIVIENDA SOCIAL

5.1 Tema

Diseño de una placa plana de concreto ligero impermeabilizada con caucho reciclado (Placa Plana UCSG) para cubiertas de vivienda social.

5.2 Descripción

Para el presente trabajo investigativo se ha propuesto un desarrollo tecnológico comparativo entre una vivienda social que utilice una cubierta local de placa ondulada de fibrocemento y otra con las mismas características pero que utilice la Placa Plana UCSG. Para el efecto, se ha realizado el diseño con la alternativa dos, por sus mejores características mecánicas.

5.3 Diseño de una cubierta

Para el diseño de ambas cubiertas se ha tomado de referencia la misma vivienda de carácter social con el mismo sistema estructural por lo cual en el análisis de costos no se tomó en consideración la misma sino solo las placas.

5.3.1 Cubierta con placa ondulada de fibrocemento



Figura 35.- Vista de la fachada frontal de la vivienda social utilizando placa ondulada de fibrocemento.

Fuente: Elaboración propia.

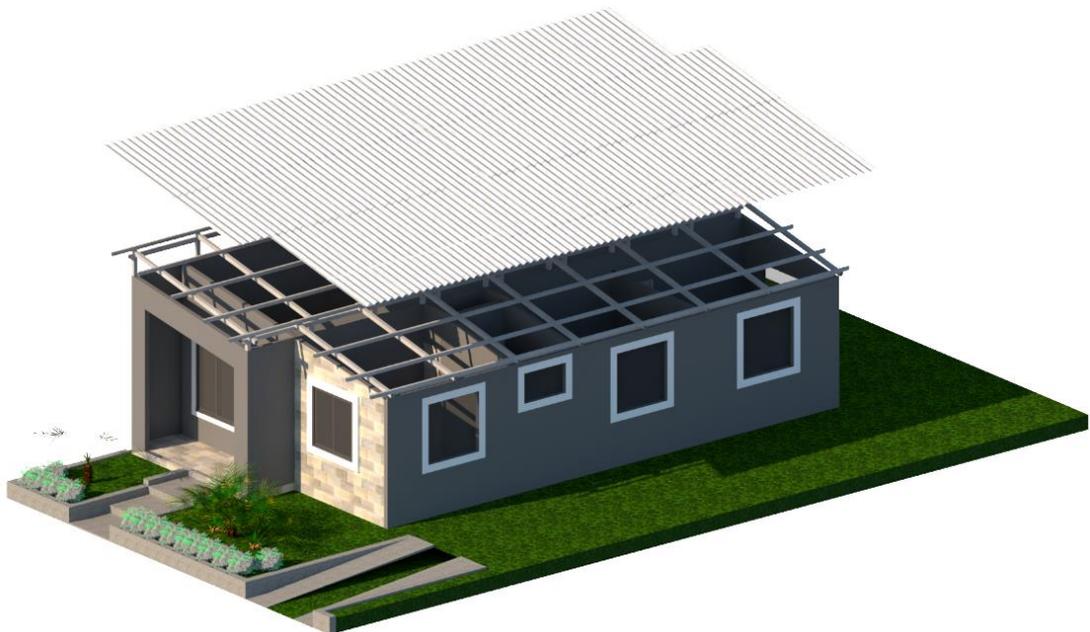


Figura 36.- Vista superior y del sistema estructural de la cubierta en la vivienda social utilizando placa ondulada de fibrocemento.

Fuente: Elaboración propia.

5.3.2 Cubierta con Placa Plana UCSG



Figura 37.- Vista de la fachada frontal de la vivienda social utilizando Placa Plana UCSG.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 38.- Vista superior y del sistema estructural de la cubierta en la vivienda social utilizando Placa Plana UCSG.

Fuente: Elaboración propia.

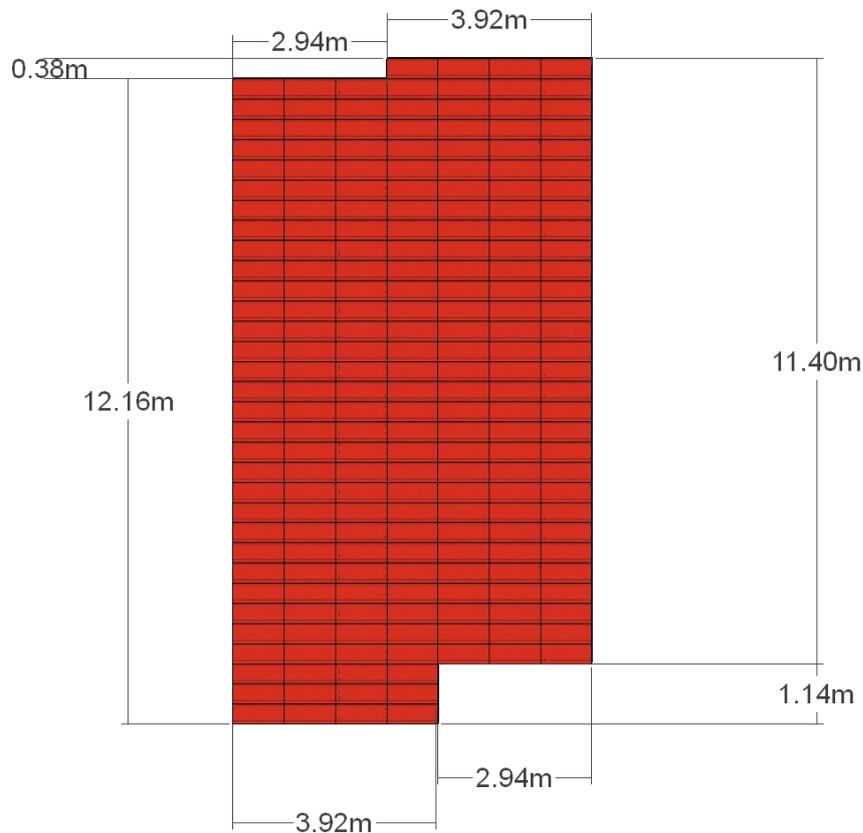


Figura 39.- Dimensiones de la cubierta para ambas alternativas.
Fuente: Elaboración propia.

Área común de la cubierta para ambas viviendas: 81.56 m²

5.4 Análisis de costos

Para efectos de esta investigación, se utilizó como referencia de comparación la cubierta de Eternit P-10. Esta opción fue seleccionada al azar de entre varias alternativas disponibles.

5.4.1 Cubierta Eternit P- 10

El precio de los distribuidores de la plancha de Eternit P- 10 que se investigó fue de \$20,54 por placa. Para la vivienda social propuesta se necesitó 98 placas, y considerando su precio unitario resulta en \$2012,92.

5.4.2 Cubierta utilizando la Placa Plana UCSG

A continuación, se presenta el análisis de costos unitarios de la Placa Plana UCSG:

Tabla 10: Precios unitarios de la Placa Plana UCSG.

Costos	Precio
Arcilla expandida	\$ 0.80
Cemento	\$ 0.63
Agua	\$ 0.01
Aditivo SF 106	\$ 0.10
Encofrado	Fab. en serie
Mano de obra	\$ 3.15
Transporte	\$ 3.75
Varios	\$ 0.57
Total	\$ 9.01

Fuente: Elaboración propia.

Para la construcción de esta cubierta para vivienda de interés social, se necesitó 219 placas con las dimensiones antes descritas. En total, el precio a obtener usando la Placa Plana – UCSG es de \$1973,19.

Esto genera una reducción de costos de \$39,73.

CONCLUSIONES

A partir de este desarrollo experimental se logró fabricar las placas planas de concreto ligero de 1,0m X 0,4m X 0,04m. Se utilizó dos alternativas de diseño con áridos livianos de baja transmisión térmica, reciclando desperdicios de bloques de arcilla cocida de fabricación local. En estos diseños se consideró que, en el futuro, este tipo de placas planas impermeables para cubiertas, puedan ser utilizadas en vivienda social como elementos para techado.

La aplicación de un sistema de impermeabilización en la parte superior de la plancha a partir del uso de harina de llanta reciclada, traerá como beneficio directo la limpieza del medio ambiente humano, además de la reducción de los costos de fabricación de un nuevo producto. Los ensayos de permeabilidad realizados indican que la plancha es impermeable al paso de agua lluvia, y probaron que, durante los ensayos iniciales, la metodología de impermeabilización funcionó.

Se presenta además el desarrollo de una propuesta de diseño de una cubierta para vivienda social con el uso de estas placas, compatible con los diseños utilizados localmente en vivienda social, observándose una metodología práctica y económica de armado para este tipo de cubierta liviana.

También se presenta un análisis comparativo de tipo económico, entre una cubierta convencional que utilice placa ondulada de fibrocemento y tumbado aislante térmico, con la plana de concreto ligero propuesta, impermeabilizadas con harina de llanta de reciclaje y con un acabado inferior que sugiere la no utilización de tumbado. Se encontró que, con el desarrollo de estas placas planas, es posible generar un tipo de cubierta para vivienda social más económica y bioclimática.

RECOMENDACIONES

A partir de esta investigación, y con el fin de ampliarla, se recomienda continuar con el desarrollo de una dosificación de concreto liviano que pueda producir placas planas aún más ligeras y de igual resistencia a la compresión y flexión que las obtenidas en este proceso.

La producción de esta placa prefabricada deberá realizarse en serie y con equipos apropiados para lograr el mejor elemento final. Los áridos deberán fabricarse a partir de la arcilla expansiva local, tanto los gruesos como los finos, para obtener una reducción de costos importante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, M. (2009). *Políticas de vivienda en el Ecuador desde la década de los 70; análisis, balance y aprendizaje*. Quito: FLACSO Sede Ecuador.
- Aditec Ecuador. (2015). *Aditec SF-106*. Quito.
- Alario, E. (21 de 07 de 2014). *Reparación de cubiertas existentes*. Obtenido de Sistemas de impermeabilización: <https://enriquealario.com/reparacion-de-cubiertas-existentes-sistemas-de-impermeabilizacion-de-cubiertas/>
- Alcázar Riveros, K. (2013). *Encofrado Modular o Sistema Normalizado*. México, D.F.
- Angos, D. (2016). *Investigación para el Desarrollo de viviendas de interés social y viviendas de interés prioritario, implementando nuevos modelos de Gestión*. Quito, Ecuador: Repositorio Universidad San Francisco de Quito.
- Angulo, G. F. (2012). *Cubierta en la arquitectura colonial y republicana de Cartagena, Turbaco y Arjona*. Bogotá: Universidad de Bogotá.
- Araujo Cruz, J. E. (2017). *Diseño arquitectónico de viviendas progresivas de interés social para el barrio "Menfis Bajo", en la ciudad de Loja*. Loja: Repositorio Universidad Internacional del Ecuador.
- Arencibia, I. S., & Rojas, V. M. (2011). *Buenas prácticas de proyectos participativos de viviendas sociales*. La Habana, Cuba: Oficina del Historiador.
- Arguello, R. F., & Castellanos, S. M. (2015). *Prototipo de vivienda de bajos recursos con material reciclado (modelación Sap. caracterización de los materiales, animación virtual)*. Bogotá, Colombia: Repositorio Universidad Católica de Colombia.
- Asamblea Nacional de la República del Ecuador. (2018). *Registro Oficial Suplemento 983*. Quito: Tribunal Constitucional del Ecuador.

- Avilés, V. L. (2018). *Grado de afectación de la implementación de las salvaguardias en el sector de la construcción: tipo de construcción, vivienda social en la ciudad de Quito*. Quito, Ecuador: Repositorio Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Brotruck, T. (2010). *Construcción de Cubiertas*. Editorial Gustavo Gili.
- Carrasco, S., & Espinosa, P. (2014). *Utilización del polvo de llanta en mezclas asfálticas en frío como alternativa de reciclaje*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Castells, X. E. (2012). *Residuos Destinados a la Fabricación de Materiales Densos*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos.
- Cedure. (20 de 04 de 2015). *Manual de autoconstrucción y mejoramiento de la vivienda*. Obtenido de <http://cedure.org/files/autoconstruccion.pdf>
- Ciedion, S. (2009). *Espacio, Tiempo y Arquitectura*. Barcelona: Reverté.
- Código Orgánico Organización Territorial Autonomía Descentralización . (2010). Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct-2010.
- Collado Trabanco, P., & Nuño Peña, D. (2006). *Supervisión de ejecución de acabados, revestimientos y cubiertas*. Valladolid, España: Lex Nova.
- Consejo de Educación Superior. (2013). Quito : Ediciones Legales.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Quito, Ecuador.
- Córdova, A. C. (2015). *Diseño de estructuras de hormigón armado*. Chile: e-libro.
- Culcay, C. M., & Maldonado, C. M. (2016). *Prototipo de vivienda social sostenible, diseño de una vivienda de interés social de clima frío para la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Repositorio de la Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo.
- El Diario. (2019). El déficit de casas en el país es del 31%. *El Diario Ecuador*.

- El Universo. (1 de 04 de 2017). Obtenido de Obtenido de <http://www.eluniverso.com/noticias/2017/04/01/nota/6118328/hoy-arranca-plan-eliminar-salvaguardias>
- Estrada, D. S. (2003). *Cubiertas y envolventes en categorías de representaciones*. Almería, España: Repositorio Universidad de Almería.
- Euronit. (2002). *Placa ondulada de fibrocemento*. Recuperado el 1 de noviembre de 2019, de <https://www.euronit.es/es-es/etex>
- Fazio, J. A. (2011). *Material para a construcción de viviendas sociales*. España: Editorial Académica Española.
- Freire Peñafiel, M. M. (2019). *Influencia del tratamiento, tamaño y dosificación de las fibras de abacá en el mortero*. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Gaggino, R. (2014). *Salubridad, Sustentabilidad ecológica y costo de tecnologías constructivas para la vivienda de interés social*. Revista INVI.29.
- González, F. J., & Miranda, V. J. (2007). *Corrosión en las estructuras de Hormigón Armado; Fundamentos, medida, diagnóstico y prevención*. Madrid: CSIC.
- Guerrón, G. (2014). *La modulación como sistema constructivo en la vivienda social*. Ecuador: Repositorio Universidad Técnica Particular deLoja.
- Guevara Santamaría, F. E. (2012). *Estudio de medición del déficit cuantitativo y cualitativo de vivienda y hábitat en los barrios blanqueado 1 y proyecto sur, localizados en el sur de quito*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Hermida, M. A. (2014). *Informe final del proyecto de sutitución de sistemas y proyectos industriales no sustentables utilizados en vivienda social y el urbanismo en el Ecuador por nuevos productos y sistemas innovadores*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca.

Hormypol. (26 de 04 de 2017). Obtenido de Obtenido de <http://www.hormypol.com/hormypolhormigon-armado-microhormigon-vibroprensado-encofrado-prensado-sintetico-quito-ecuador.php?tablajb=queeshormypol&p=47&t=MICRO-HORMIGON-VIBRO-PRENSADOEN-ENCOFRADO-SINTETICO-EN-PANELES-LAMINAS-Y-FORMAS>

Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2005). *Las condiciones de vida de los ecuatorianos*. Obtenido de Resultados de la Encuesta de Condiciones de Vida - Quinta Ronda: ecuadorencifras.gob.ec

Klaufus, C. (2009). *Construir la ciudad andina: planificación y autoconstrucción en Riobamba y Cuenca*. Quito, Ecuador: Ediciones Abya-Yala.

Ley de Gestión Ambiental. (1999). *Ley No. 37 RO/245 de 30 de julio de 1999*. Quito, Ecuador.

Ley Orgánica de Educación Superior. (2010). Quito: Ediciones Legales.

López, G. F., & Colina, P. C. (2006). *Elementos de Topografía y construcción*. Ediciones de la Universidad de Oviedo: Ediuno.

Martínez, B. G., Hernández, Z. J., López, L. T., & Menchaca, C. C. (2015). *Materiales Sustentables y Reciclados en la Construcción*. Madrid: Omnia Science.

Meneses, V. (2017). *Optimización de métodos constructivos para reducción de costos en viviendas sociales*. Quito, Ecuador.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Programa Nacional de Vivienda Social*. Quito, Ecuador.

Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil . (13 de 02 de 2019). Dirección de Urbanismo, Avalúos y Ordenamiento Territorial . *Ordenanza DUOT-2019-3958*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Proyecto de Ordenanza .

Najman, M. A. (2018). *Construcción de vivienda social ¿Motor para la inclusión? Impactos sobre el territorio y las estructuras de*

oportunidades de sus habitantes. Buenos Aires, Argentina: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).

Orts, B., Campos, M., Picó, k., & Gozalbo. (2007). *Métodos de análisis granulométrico, aplicación al control de la granulometría de materias primas*. España: Instituto de Tecnología Cerámica.

Pérez, M. F., Costal, B. J., & Del Campo, D. J. (2008). *Construcción de cubiertas cerámicas, Confección de Tabicas y tableros rematados con la capa de comprensión*. Vigo: Ideas propias.

Ponce, A. J. (2017). *Evaluación de viviendas de interés social y prioritario a base del análisis técnico y de calidad de un proyecto inmobiliario tipo. Caso: "Urbanización los Capulíes" de la ciudad de Cuenca*. Quito, Ecuador: Repositorio Universidad Católica del Ecuador.

Prieto, O. (2015). *Diseño arquitectónico de un edificio con tecnologías ecológicas para la ciudad de Loja*. Loja, Ecuador: Repositorio UIDE.

Rodríguez Peña, J. C. (2015). *Simulación numérica de las cubiertas ligeras ante el embate de vientos huracanados*. Holguín: Universidad de Holguín.

Safranez, C. (1973). Impermeabilización de cubiertas. *Informes de la Construcción*, 26(254), 58. Recuperado el 11 de 2019, de informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Serpell, B. A., & Alarcón, C. L. (2015). *Planificación y Control de proyectos*. Chile: Ediciones Universidad Católica de Chile.

Sistema de las Naciones Unidas en el Perú. (2015). *Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación*. Lima: ONU.

Spence, W. P. (2004). *Cubiertas, Materiales y construcción*. Barcelona, España: Ceac Técnico Contrucción.

- Teixeira, C. F. (2013). *Análise de desempenho térmico de telhas de fibrocimento tratadas com revestimentos brancos e submetidas à aspersão de água*. Campinas: Unicamp.
- Trujillo, C. J. (2013). *Ejecución de faldones en cubiertas*. Málaga, España: IC Editorial.
- Urbán, B. P. (2010). *Construcción de estructuras, hormigón armado*. Madrid: Editorial Club Universitario.
- Valdez, G. L., Suárez, A. G., & Proaño, C. G. (2015). *Hormigones livianos*. Guayaquil: Facultad de ingenierías en ciencias de la Tierra.
- Vásquez, O., & Relínque, F. (2016). *Vivienda e intervención social*. Madrid, España: Dykinson S.L.
- Youssef, C. (2003). *Estado de conocimiento de las cubiertas metálicas*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Silva Arteaga, Jorge Luis**, con C.C: # **0924754336** autor del trabajo de titulación: **“Placa plana de concreto ligero impermeabilizada con caucho reciclado para cubiertas de vivienda social”** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, **06 de marzo de 2020**

f. _____

Nombre: **Silva Arteaga, Jorge Luis**

C.C: **0924754336**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	PLACA PLANA DE CONCRETO LIGERO IMPERMEABILIZADA CON CAUCHO RECICLADO PARA CUBIERTAS DE VIVIENDA SOCIAL		
AUTOR	Jorge Luis Silva Arteaga		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Martínez Rehpani, Colón Gilberto		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	06 de marzo de 2020	No. PÁGINAS:	97
ÁREAS TEMÁTICAS:	Hábitat y Diseño, Nuevos Materiales de Construcción, Construcciones Sustentables.		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	Placa plana, cubierta, vivienda social, impermeabilización, harina de llanta, arcilla expandida.		

RESUMEN/ABSTRACT:

Se presenta el desarrollo de una alternativa de cubierta que utiliza placas planas prefabricadas de hormigón ligero, impermeabilizadas con harina de neumáticos de desecho reciclados, y que podría sustituir a la placa ondulada de fibrocemento convencional de uso extendido en Ecuador. Siendo este un nuevo material de construcción, se realizan diversos muestreos de materiales y aditivos para las dosificaciones de concreto liviano probadas y los ensayos de compresión simple, flexión, permeabilidad y peso volumétrico de las nuevas placas planas. Se elabora además un análisis económico comparativo entre una cubierta construida con esta Placa Plana UCSG y un techo compuesto por placa ondulada convencional de fibrocemento. La investigación concluye con la producción de un tipo de cubierta bioclimática, de bajo costo, para un tipo de vivienda social de uso frecuente en Ecuador, que pueda contribuir con la reducción de materiales contaminantes al medio ambiente humano. El alcance de este trabajo investigativo es muy amplio, por lo que se plantean diferentes recomendaciones para lograr un mejor desarrollo.

The development of a roofing alternative that uses prefabricated flat plates of lightweight concrete, waterproofed with flour from recycled waste tires, and which could replace the conventional fiber cement corrugated plate for extended use in Ecuador is presented. Being this



a new construction material, various samples of materials and additives are carried out for the dosages of lightweight concrete tested and the tests of simple compression, bending, permeability and volumetric weight of the new flat plates. A comparative economic analysis is also elaborated between a roof constructed with this UCSG Flat Plate and a roof composed of conventional corrugated fiber cement board. The research concludes with the production of a low-cost type of bioclimatic cover for a type of social housing often used in Ecuador, which can contribute to the reduction of polluting materials to the human environment. The scope of this research work is very wide, so different recommendations are proposed to achieve a better development.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-9-84140367	E-mail: jorge_silva1996@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Glas Cevallos, Clara Catalina	
	Teléfono: +593-4-2206956	
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		