



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN
CARRERA DE ARQUITECTURA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
ARQUITECTO**

TEMA:

**“DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA FACHALETA PARA
VIVIENDA CON MORTERO QUE INCLUYE POLIESTIRENO
EXPANDIDO”**

TUTOR:

MsC. GENARO RAYMUNDO GAIBOR ESPIN, ARQ.

AUTOR:

**CARLOS AUGUSTO YAGUAL MURILLO
GUAYAQUIL –ECUADOR**

2021

| REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA | |
|---|--|
| FICHA DE REGISTRO DE TESIS | |
| TÍTULO Y SUBTÍTULO: Diseño y Fabricación de una Fachaleta para Vivienda con Mortero que Incluye Poliestireno Expandido. | |
| AUTOR/ES: Yagual Murillo Carlos Augusto | REVISORES O TUTORES: Mgs. Gaibor Espín Genaro Raymundo, Arq. |
| INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil | Grado obtenido: Arquitecto |
| FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN | CARRERA: ARQUITECTURA |
| FECHA DE PUBLICACIÓN: 2021 | N. DE PAGS: 187 |
| ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción | |
| PALABRAS CLAVES: Polímero, Hormigón, Acústica, Arquitectura. | |
| RESUMEN: Un análisis de nuevos materiales como el poliestireno expandido y con ello su aplicación en elementos de acabados que resaltan el carácter de una edificación, donde las fachadas como elemento principal han sido objeto de un largo proceso (Anónimo, 2015) en la evolución de los estilos de la arquitectura, las viviendas como estructura básica en | |

las ciudades que han experimentado el desarrollo de los diversos estilos arquitectónicos, sin embargo, los cambios más radicales se han basado en las técnicas constructivas.

Además de la función estética, las fachadas deben cumplir requisitos técnicos importantes y funcionales como, por ejemplo; la impermeabilización, aislación térmica y acústica (Albiño, 2015).

Cabe recalcar que el coste por los materiales de construcción es significativo, y hay quienes prefieren optar por prescindir de acabados o materiales de recubrimiento es decir dejar sus viviendas sin terminar (Boston, 2015), es aquí donde se propone la fabricación de piedras artificiales, evitando la explotación excesiva de materiales pétreos, además de que con el uso del hormigón macizo para las fachadas exteriores suelen ser muy pesadas y se estima usar el poliestireno expandido por sus características produciendo un hormigón alivianado con ventajas en cuanto a aislaciones térmicas y acústicas.

| | | |
|--|--|---|
| N. DE REGISTRO (en base de datos): | N. DE CLASIFICACIÓN: | |
| DIRECCIÓN URL (tesis en la web): | | |
| ADJUNTO PDF: | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: Yagual Murillo Carlos Augusto | Teléfono: 0959 654 036 | E-mail: carlosyagualmurillo@outlook.com |
| CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN: | <p>Mg. Alex Salvatierra Espinoza, Decano Facultad Ingeniería, Industria y Construcción</p> <p>Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241</p> <p>E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec</p> <p>Mg. María Eugenia Dueñas Barberán, Directora de Carrera de Arquitectura</p> <p>Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241</p> <p>E-mail: mduenasb@ulvr.edu.ec</p> | |

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

Yagual Murillo - Gaibor

INFORME DE ORIGINALIDAD

7% INDICE DE SIMILITUD
7% FUENTES DE INTERNET
1% PUBLICACIONES
6% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----|--|----|
| 1 | www.taringa.net Fuente de Internet | 1% |
| 2 | Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante | 1% |
| 3 | repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet | 1% |
| 4 | www.cymper.com Fuente de Internet | 1% |
| 5 | www.serina.es Fuente de Internet | 1% |
| 6 | visiontir.com Fuente de Internet | 1% |
| 7 | www.construccionesmenacho.es Fuente de Internet | 1% |
| 8 | definicion.de Fuente de Internet | 1% |
| 9 | tecnopol.mx Fuente de Internet | 1% |
| 10 | aislante.com.mx Fuente de Internet | 1% |

Excluir citas Activo
Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1%



Mgs. Arq.
Genaro Gaibor.

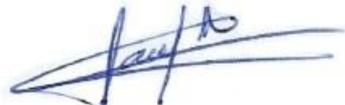
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado CARLOS AUGUSTO YAGUAL MURILLO, declara bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA FACHALETA PARA VIVIENDA CON MORTERO QUE INCLUYE POLIESTIRENO EXPANDIDO, corresponde totalmente a el suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor

Firma:



CARLOS AUGUSTO YAGUAL MURILLO

C.I. 092671146-6

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Diseño y fabricación de una fachaleta para vivienda con mortero que incluye poliestireno expandido, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Diseño y fabricación de una fachaleta para vivienda con mortero que incluye poliestireno expandido, presentado por el estudiante CARLOS AUGUSTO YAGUAL MURILLO como requisito previo, para optar al Título de ARQUITECTO, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Mgs. Arq. GENARO GAIBOR ESPÍN

C.C. 0910498229

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme dado los padres que tengo y la sabiduría para superar cada obstáculo que se presentó a lo largo de mi camino.

A mi madre, que a través de mis años de estudio en la universidad desde el primer día hasta el último ha sabido aconsejarme, ser mi apoyo incondicional y un pilar fundamental para cada paso que di durante toda mi carrera. No hay nada más valioso para mí que sentir su apoyo en cada meta que he podido lograr y ahora mucho más en donde cumpla mi sueño de obtener mi título profesional.

A mi padre, por todo el apoyo y estar siempre dispuesto a brindarme su ayuda cuando lo necesitara desde el inicio, cada año que siempre estuvo pendiente de mí, de mi desarrollo universitario y aún ahora al finalizar mis años de estudios superiores, sólo tengo un agradecimiento eterno por haber confiado en mí y haberme dado el impulso necesario para cumplir con este objetivo tan valioso.

A mis hermanos que sea del modo que fuera siempre estuvieron junto a mí dándome una mano en cualquier momento.

A mi novia por todo el apoyo que me brindó, por su paciencia, su tiempo y comprensión. Sólo tengo palabras de gratitud hacia ella por tantas enseñanzas y tantas horas que me acompañó en cada paso de este trayecto, al ser una persona muy importante para lograr esta meta que por tanto tiempo esperé alcanzar.

A mi tutor, que con su experiencia y conocimiento supo guiarme en este difícil proceso de sacar adelante un tema de investigación.

Finalmente, a cualquier persona que de una u otra forma ayudó a sumar en la culminación de mi carrera universitaria.

Carlos Augusto Yagual Murillo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a mi madre por ser la persona que estuvo siempre junto a mí para guiarme con sus consejos, por jamás dejarme caer cuando las cosas se ponían difíciles y por nunca dejar de estar a mi lado en cada momento bueno o malo que haya pasado en mi vida.

De igual forma le dedico este trabajo a mi padre por todo el apoyo que me dio a lo largo de mi carrera y por darme el aliento necesario de seguir siempre adelante sin parar, por fomentar en mí las ganas de superarme cada día para poder alcanzar mi meta de ser un profesional.

A mi novia por estar junto a mí en todas las horas de estudio y por brindarme su apoyo en cada instante de esta investigación, en cada una de las etapas que tuve que pasar su ayuda fue muy importante.

Carlos Augusto Yagual Murillo.

INDICE GENERAL

| Pág. | |
|------|---|
| | INTRODUCCIÓN 1 |
| | CAPÍTULO I..... 3 |
| | 1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 3 |
| | 1.1. Tema..... 3 |
| | 1.2. Planteamiento del Problema. 3 |
| | 1.3. Formulación del problema 4 |
| | 1.4. Sistematización del problema..... 4 |
| | 1.5. Objetivos 5 |
| | 1.5.1. Objetivo general 5 |
| | 1.5.2. Objetivos específicos 5 |
| | 1.6. Justificación del problema..... 5 |
| | 1.7. Delimitación de problema..... 6 |
| | 1.8. Hipótesis..... 6 |
| | 1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad. 6 |
| | CAPÍTULO II 8 |
| | 2. MARCO TEÓRICO 8 |
| | 2.1. Marco Teórico referencial..... 8 |
| | 2.2. Marco histórico..... 9 |
| | 2.3. Marco Conceptual..... 11 |
| | 2.3.1. Definición de fachaletas 11 |
| | 2.3.2. Tipos de fachaletas. 12 |
| | 2.3.3. Características de las fachaletas 13 |
| | 2.3.4. Ventajas de las fachaletas..... 13 |
| | 2.3.5. Desventajas de las fachaletas 15 |
| | 2.3.6. Sostenibilidad de los materiales. 16 |
| | 2.3.7. Hormigón 16 |
| | 2.3.8. Poliestireno..... 28 |
| | 2.3.9. Revestimiento exterior 37 |
| | 2.3.10. Aditivos 40 |
| | CAPÍTULO III..... 43 |
| | 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 43 |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 3.1. | Metodología | 43 |
| 3.2. | Enfoque de la investigación | 44 |
| 3.3. | Tipo de Investigación | 44 |
| 3.4. | Técnicas de investigación..... | 45 |
| 3.5. | Población, muestra y recolección de datos..... | 46 |
| 3.5.1. | Población..... | 46 |
| 3.5.2. | Tamaño de la muestra. | 47 |
| 3.5.3. | Elaboración de Encuesta. | 49 |
| 3.5.4. | Elaboración de Entrevista. | 63 |
| 4. | CAPÍTULO IV | 69 |
| 4.1. | Selección del prototipo..... | 69 |
| 4.2. | Materiales usados para la realización de muestras..... | 69 |
| 4.3. | Equipos y ensayos realizados a los morteros M1, M2, M3 y M4. | 71 |
| 4.3.1. | Método Vicat. ASTM C191 | 71 |
| 4.3.2. | Finura del Cemento | 72 |
| 4.3.3. | Ensayos para agregados. | 73 |
| 4.3.4. | Ensayos realizados al Hormigón..... | 75 |
| 4.4. | Resultados | 77 |
| 4.4.1. | Metodología del ACI 211. 4R para la dosificación del hormigón | 77 |
| 4.4.2. | Proceso de Elaboración de los Cilindros para el Ensayo de Compresión Simple con las muestras M1, M2, M3 y M4 (Se realizaron en el laboratorio de la Universidad Católica de Santiago de Santiago de Guayaquil)..... | 83 |
| 4.4.3. | Análisis Granulométrico del Agregado Grueso. | 93 |
| 4.4.4. | Análisis Granulométrico del Agregado Fino. | 96 |
| 4.4.5. | Masa Volumétrica de Materiales | 97 |
| 4.4.6. | Fraguado del Cemento (Método Vicat)..... | 99 |
| 4.4.7. | Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple. | 99 |
| 4.4.8. | Gráfico de Resistencia vs Densidad..... | 103 |
| 4.4.9. | Costos de Materiales usados para los Cilindros y los respectivos ensayos. | 106 |
| 4.4.10. | Dosificación para la fachaleta con mortero que incluye poliestireno expandido escogiendo con la dosificación con 50% de EPS. | 126 |
| 4.5. | Análisis de Costos..... | 129 |
| 4.5.1. | Costos según cada dosificación asumiendo usar 50 kg de Grava de 3/8 de pulgada | 129 |

| | | |
|-----------------------------|---|------------|
| 4.5.2. | Número de fachaletas de 40 x 15 x 2 cms y de 60 x 15 x 2 cms con cada dosificación de EPS usando 50 kg de grava de 3/8 de pulgada. | 129 |
| 4.5.3. | Gráficas de Número de Fachaletas por cada tipo de fachaleta en base a cada dosificación de EPS. | 130 |
| 4.6. | Encofrado de dos propuestas de fachaletas (40 x 15 x 2 y 60 x 15 x 2 cms) | 130 |
| 4.6.1. | Fabricación y Preparación de la mezcla de la dosificación de 50% de EPS para las fachaletas de 40 x 15 x 2 cms y de 60 x 15 x 2 cms | 135 |
| 4.6.2. | Ensayos en la fachaleta de 60 x 15 x 2 cms, con la dosificación del 50 % de EPS..... | 142 |
| 4.6.3. | Instalación de la Fachaleta | 148 |
| 4.6.4. | Comparativa de Peso en gramos de fachaleta con mortero de 50% de EPS y fachaleta comercial..... | 153 |
| 4.7. | Comparación de costos entre la propuesta de este trabajo de titulación con la fachaleta del Mercado Nacional..... | 155 |
| 4.7.1. | Fachaletas de (40 x 15 x 2) cms y de (60 x 15 x 2) cms. | 155 |
| 4.7.2. | Fachaletas del Mercado Nacional. | 155 |
| 4.7.3. | Tabla de los Revestimientos de Piedra en el Mercado Nacional | 162 |
| 4.8. | Imagen referencial de la aplicación de la fachaleta con EPS como revestimiento exterior de una vivienda | 163 |
| CONCLUSIONES..... | | 164 |
| RECOMENDACIONES..... | | 166 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | | 167 |

TABLA DE ILUSTRACIONES

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Fachaleta Natural usada en exteriores como recubrimiento debido a su durabilidad para proteger fachadas. | 14 |
| Ilustración 2 Ferretería Bellavista ubicada en la Avenida Barcelona y Calle Juan León Mera Martínez, frente al Parque Lineal, Cdba. Vista Alegre. | 70 |
| Ilustración 3 Materiales usados en el Laboratorio de la UCSG. | 70 |
| Ilustración 4 Materiales e implementos para realizar las mezclas M1, M2, M3 Y M4 | 83 |
| Ilustración 5 Balanza gramera para medir los materiales con la dosificación a emplear..... | 83 |
| Ilustración 6 Pesar el agregado grueso en la balanza gramera..... | 84 |
| Ilustración 7 Colocación del material granular en la mezcladora de concreto | 84 |
| Ilustración 8 Colocación del cemento en la balanza gramera..... | 85 |
| Ilustración 9 Colocación de los materiales en la mezcladora de concreto..... | 85 |
| Ilustración 10 Adicionar la cantidad de agua según dosificación | 86 |
| Ilustración 11 Mezcla realizada para poder llenar los cilindros..... | 86 |
| Ilustración 12 Cilindros normados para la prueba de resistencia a la compresión. ... | 87 |
| Ilustración 13 Agregando EPS a la mezcla dosificada..... | 87 |
| Ilustración 14 Con la mezcla se procede a llenar los cilindros y varillar..... | 88 |
| Ilustración 15 Cilindros marcados según su dosificación antes del curado. | 88 |
| Ilustración 16 Se procede a obtener pesos y dimensiones de los cilindros..... | 89 |
| Ilustración 17 Se mide el diámetro de cada cilindro | 89 |
| Ilustración 18 Se pesa en la tara gramera cada cilindro | 90 |
| Ilustración 19 Se pesa el cilindro con Ho normal y 0% EPS..... | 90 |
| Ilustración 20 Se procede por tanto a ensayar los cilindros a 7 días, 21 días y 28 días | 91 |
| Ilustración 21 Ensayo de compresión simple de los cilindros | 92 |
| Ilustración 22...Ensayo del cilindro #4 correspondiente a la muestra (M2) con el 50% de poliestireno (EPS) a los 7 días..... | 92 |
| Ilustración 23 Ensayo del cilindro #7 correspondiente a la muestra (M3) con el 75% de poliestireno (EPS) a los 7 días..... | 93 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 24 Ensayo del cilindro #10 correspondiente a la muestra (M4) con el 100% de poliestireno (EPS) a los 7 días. | 93 |
| Ilustración 25 Gráfico Tiempo vs Profundidad..... | 99 |
| Ilustración 26 Encofrado base de madera para verte la mezcla de mortero con poliestireno expandido de 40 x 15 x 2 cms | 131 |
| Ilustración 27 Encofrado base para una fachaleta de 40 cm de base x 15 cm de altura y 2 cm de espesor. | 131 |
| Ilustración 28 Encofrado base que tiene soportes para cuando el mortero realice el correspondiente fraguado de 40 x 15 x 2 cms..... | 132 |
| Ilustración 29 Encofrado con diseño en relieves de 40 x 15 x 2 cms. | 132 |
| Ilustración 30 Encofrado de madera con diseños en relieves para la fachaleta de 40 x 15 x 2 cms | 133 |
| Ilustración 31 Vista en planta del encofrado con relieve para la fachaleta de las dimensiones especificadas previamente de 40 x 15 x 2 cms. | 133 |
| Ilustración 32 Encofrado base que tiene soportes para cuando el mortero realice el correspondiente fraguado de 60 x 15 x 2 cms..... | 134 |
| Ilustración 33 Encofrado base para una fachaleta de 60 cm de base x 15 cm de altura y 2 cm de espesor | 134 |
| Ilustración 34 Cantidad de Arena puesta para pesar en una balanza gramera | 135 |
| Ilustración 35 Cantidad pesada de arena según ña dosificación son 820 gramos de arena | 136 |
| Ilustración 36 Cantidad de cemento pesada en balanza gramera (549 gramos según dosificación calculada)..... | 136 |
| Ilustración 37 Mezcla de materiales debidamente el peso especificado en la dosificación (Cemento + Arena) | 136 |
| Ilustración 38 Se coloca la cantidad o volumen del poliestireno (EPS) que representa el 50 % del peso del agregado grueso. | 137 |
| Ilustración 39 Grava de 3/8 " pesada en la balanza gramera con 680 gramos según la dosificación especificada. | 137 |
| Ilustración 40 Se colocó en un recipiente todos los materiales debidamente pesados en la balanza gramera según la dosificación previamente calculada. | 137 |
| Ilustración 41 Se pesó el componente del agua para la mezcla del mortero con poliestireno expandido. Según la dosificación calculada se pesó 270 gramos | 138 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 42 Se mezclaron todos los materiales de la dosificación calculada..... | 138 |
| Ilustración 43 Se colocó la mezcla de todos los materiales de la dosificación | 139 |
| Ilustración 44 Se varilló la mezcla en el encofrado para eliminar los espacios de vacío en la mezcla y se compacte de la mejor manera y de manera uniforme | 139 |
| Ilustración 45 A los 28 días alcanza su resistencia a compresión simple máxima. . | 140 |
| Ilustración 46 Se realiza el curado a la fachaleta. | 141 |
| Ilustración 47 Se procede a sumergir la fachaleta..... | 141 |
| Ilustración 48 Fachaleta de 60 x 15 x 2 centímetros en proceso de curado y prueba de sumersión | 142 |
| Ilustración 49 Sumersión en agua de la fachaleta | 142 |
| Ilustración 50 Calibración de Sonómetro..... | 144 |
| Ilustración 51 Ensayo de fuego en la parrilla alcanzó una temperatura a los 700 °C | 145 |
| Ilustración 52 Ensayo de resistencia al fuego en horno a 500 °C | 146 |
| Ilustración 53 Fachaleta en fase de enfriamiento inmediatamente después de la quema en la parrilla y en el otro caso la fachaleta poco después de ser sometida a 500 °C en el horno..... | 146 |
| Ilustración 54 Fachaleta seca en balanza gramera | 148 |
| Ilustración 55 Se pesa la fachaleta en la balanza gramera después de realizarle prueba de sumersión en agua. | 148 |
| Ilustración 56 Se especifica y se limpia el área donde se van a colocar las fachaletas | 149 |
| Ilustración 57 Tener referente el patrón en la fachaleta..... | 149 |
| Ilustración 58 Los muros o pared hay que picarlos para aumentar la adherencia del pegamento | 150 |
| Ilustración 59 Hacer mezcla del adhesivo en polvo con el agua, según las cantidades que indica el fabricante. | 151 |
| Ilustración 60 Se quiere aumentar el poder de agarre del pegamento echar a la mezcla un promotor de adherencia, según las cantidades que indica el fabricante..... | 151 |
| Ilustración 61 Ir por franjas calculando que el pegamento no se seque antes de poner las piedras..... | 152 |
| Ilustración 62 Fachaleta de mortero con poliestireno expandido | 153 |
| Ilustración 63 Fachaleta comercial..... | 153 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 64 Comparación de la fachaleta de 50 % de EPS y la comercial..... | 154 |
| Ilustración 65 Varios tipos de Fachaletas en Mega kiwi ubicado en el norte de la ciudad de Guayaquil..... | 156 |
| Ilustración 66 Piedra Artesanal Machalilla Terracota..... | 156 |
| Ilustración 67 Piedra Artesanal Machalilla café y terracota | 157 |
| Ilustración 68 Piedra Artesanal Chorrera Beige..... | 157 |
| Ilustración 69 Piedra Artesanal Blanca | 158 |
| Ilustración 70 Piedra Artesanal Marrón | 158 |
| Ilustración 71 Piedra Artesanal bloques..... | 159 |
| Ilustración 72 Piedra artesanal simulación piedra rústica | 159 |
| Ilustración 73 Forma comercial de venta de fachaletas artesanales..... | 160 |
| Ilustración 74 Piedra Artesanal Valdivia Beige. | 160 |
| Ilustración 75 Piedra Artesanal Valdivia Marrón y Negro | 161 |
| Ilustración 76 Caja de venta de Fachaleta comercial tipo Valdivia..... | 161 |
| Ilustración 77 Imagen referencial de la aplicación de la fachaleta con EPS como revestimiento exterior de una vivienda | 163 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1: Tipo de Sexo de los encuestados. | 52 |
| Gráfico 2 Rango de Edad de encuestados | 53 |
| Gráfico 3 Resultados de la pregunta 1 de la encuesta | 54 |
| Gráfico 4 Resultados de la pregunta 2 de la encuesta..... | 55 |
| Gráfico 5 Resultados de la pregunta 3 de la encuesta | 56 |
| Gráfico 6 Resultados de la pregunta 4 de la encuesta..... | 57 |
| Gráfico 7 Resultados de la pregunta 5 de la encuesta..... | 58 |
| Gráfico 8 Resultados de la pregunta 6 de la encuesta..... | 59 |
| Gráfico 9 Resultados de la pregunta 7 de la encuesta | 60 |
| Gráfico 10 Resultados de la pregunta 8 de la encuesta..... | 61 |
| Gráfico 11 Resultados de la pregunta 9 de la encuesta | 62 |
| Gráfico 12 Resultados de la pregunta 10 de la encuesta | 63 |
| Gráfico 13 Curva de Distribución Granulométrica. | 98 |
| Gráfico 14 Relación entre la Resistencia vs Densidad..... | 103 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 15 Resistencia vs Tiempo. | 105 |
| Gráfico 16 Cantidad de Materiales para la producción..... | 106 |
| Gráfico 17 Cantidad de Materiales para la producción según Método del ACI 211.4R | 107 |
| Gráfico 18 Cantidad de Materiales según Dosificación con 0% EPS..... | 108 |
| Gráfico 19 Cantidad de Materiales según Dosificación con 50% EPS..... | 109 |
| Gráfico 20 Cantidad de Materiales según Dosificación con 75% EPS..... | 110 |
| Gráfico 21 Cantidad de Materiales según Dosificación con 75% EPS..... | 111 |
| Gráfico 22 Número de pieza de fachaleta de 40x15x2 cm. | 121 |
| Gráfico 23 Número de pieza de fachaleta de 60x15x2 cm. | 122 |
| Gráfico 24 Costos de producción - Materia prima..... | 123 |
| Gráfico 25 Costos de materiales (Dosificación con 0% EPS "M1"). | 124 |
| Gráfico 26 Costos de materiales (Dosificación con 50% EPS "M2"). | 125 |
| Gráfico 27 Costos de materiales (Dosificación con 75% EPS "M3"). | 126 |
| Gráfico 28 Costos de materiales (Dosificación con 100% EPS "M4"). | 126 |
| Gráfico 29 Volúmenes de dos fachaleta (40x15x2 cms) y de (60x15x2 cms)..... | 130 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Líneas de investigación institucional ULVR | 6 |
| Tabla 2 Propiedades químicas del poliestireno expandido | 32 |
| Tabla 3 Pregunta 1: Tipo de Sexo | 51 |
| Tabla 4 Pregunta 2: Rango de Edad | 52 |
| Tabla 5 Resultados pregunta 1 de la encuesta..... | 53 |
| Tabla 6 Resultados pregunta 2 de la encuesta..... | 54 |
| Tabla 7 Resultados pregunta 3 de la encuesta..... | 55 |
| Tabla 8 Resultados pregunta 4 de la encuesta..... | 56 |
| Tabla 9 Resultados pregunta 5 de la encuesta..... | 57 |
| Tabla 10 Resultados pregunta 6 de la encuesta..... | 58 |
| Tabla 11 Resultados pregunta 7 de la encuesta..... | 59 |
| Tabla 12 Resultados pregunta 8 de la encuesta..... | 60 |
| Tabla 13 Resultados pregunta 9 de la encuesta..... | 61 |
| Tabla 14 Resultados pregunta 10 de la encuesta..... | 62 |
| Tabla 15 Dimensiones de la fachaleta..... | 78 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 16 Método del volumen absoluto (ACI) | 78 |
| Tabla 17 Recommended slumps for various type of construction (SI)..... | 78 |
| Tabla 18 Manual of concrete practice | 79 |
| Tabla 19 Interpolar para la relación agua- cemento por masa de Hormigón con o sin aire..... | 80 |
| Tabla 20 Relaciones entre agua- cemento y la resistencia a la compresión simple del hormigón (SI)..... | 80 |
| Tabla 21 Volumen del agregado grueso por volumen de hormigón..... | 81 |
| Tabla 22 Suma de Materiales | 81 |
| Tabla 23 Corrección por humedad y absorción | 82 |
| Tabla 24 Resultados de ensayos de clasificación..... | 94 |
| Tabla 25 Resultados de la granulometría realizada al agregado grueso.s..... | 94 |
| Tabla 26 Resultados del porcentaje de absorción del agregado grueso | 95 |
| Tabla 27 Resultados del peso volumétrico requerido. | 95 |
| Tabla 28 Resultados de Ensayos de clasificación | 96 |
| Tabla 29 Resultados de Ensayos de clasificación | 96 |
| Tabla 30 Granulometría materiales finos ASTM C33 | 97 |
| Tabla 31 Determinación de masa volumétrica de materiales..... | 97 |
| Tabla 32 Ensayo de absorción de materiales | 97 |
| Tabla 33 Profundidad en mm del Método de Vicat | 99 |
| Tabla 34 Ensayo de compresión simple a una velocidad en kpa/s | 100 |
| Tabla 35 Días de las roturas de los cilindros | 100 |
| Tabla 36 Tabla de Cálculo del Primer Ensayo..... | 100 |
| Tabla 37 Tabla de Cálculo del Primer Ensayo..... | 101 |
| Tabla 38 Tabla de Cálculo del Segundo Ensayo..... | 101 |
| Tabla 39 Tabla de Cálculo del Segundo Ensayo..... | 102 |
| Tabla 40 Tabla de Cálculo del Tercer Ensayo. | 102 |
| Tabla 41 Tabla de Cálculo del Tercer Ensayo. | 103 |
| Tabla 42 Diferentes resistencias para cada muestra establecida y ensayada. | 104 |
| Tabla 43 Costos de producción - Materia prima..... | 106 |
| Tabla 44 Dosificación teórica método del ACI 211.4R - Materia prima por pieza. 107 | |
| Tabla 45 Dosificación con 0% EPS (M1)..... | 108 |
| Tabla 46 Dosificación con 50% EPS (M2)..... | 109 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 47 Dosificación con 75% EPS (M3)..... | 110 |
| Tabla 48 Dosificación con 100% EPS (M4)..... | 111 |
| Tabla 49 Costos por pieza de fachaleta de una dimensión de 40x15x2 cms | 112 |
| Tabla 50 Dosificación con 0% EPS (M1)..... | 113 |
| Tabla 51 Dosificación con 50% EPS (M2)..... | 114 |
| Tabla 52 Dosificación con 75% EPS (M3)..... | 115 |
| Tabla 53 Dosificación con 100% EPS (M4)..... | 116 |
| Tabla 54 Costos por pieza de fachaleta de una dimensión de 60x15x2 cms | 117 |
| Tabla 55 Dimensiones de la segunda fachaleta..... | 117 |
| Tabla 56 Dosificación con 0% EPS | 118 |
| Tabla 57 Dosificación con 50% EPS (M2)..... | 118 |
| Tabla 58 Dosificación con 75% EPS | 119 |
| Tabla 59 Dosificación con 100% EPS (M4)..... | 120 |
| Tabla 60 Dimensiones de dos prototipos de fachaletas | 121 |
| Tabla 61 Costos de producción - Materia prima..... | 123 |
| Tabla 62 Dimensiones de la fachaleta de 60 x 15 x 2 cm | 127 |
| Tabla 63 Relación de los Materiales en función de X con 0 %, 50%, 75% y 100% de EPS..... | 127 |
| Tabla 64 Cantidades de Materiales asumiendo que se ocupan 50 kg de Grava de 3/8” | 128 |
| Tabla 65 Resumen de Costos según cada dosificación asumiendo usar 50 kg de Grava de 3/8 de pulgada..... | 129 |
| Tabla 66 Tabla Resumen del Número de Fachaletas según cada dosificación habiendo asumido usar 50 kg de Grava de 3/8 de pulgada | 129 |
| Tabla 67 Pruebas Acústicas a la Fachaleta escogida | 143 |
| Tabla 68 Prueba Térmica bajo parámetros de la norma de la ASTM D 6341, ASTM D 648, ASTM D 1525 | 144 |
| Tabla 69 Ensayo de sumersión al agua a la fachaleta de 60x15x2 cms..... | 147 |
| Tabla 70 Comparación entre Fachaleta prototipo y Comercial con respecto al peso en gramos | 154 |
| Tabla 71 Costos de 1 Fachaleta..... | 155 |
| Tabla 72 Costos de 1 Fachaleta..... | 155 |
| Tabla 73 Revestimientos de piedra | 162 |

INTRODUCCIÓN

Un análisis de nuevos materiales como el poliestireno expandido y con ello su aplicación en elementos de acabados que resaltan el carácter de una edificación, donde las fachadas como elemento principal han sido objeto de un largo proceso (Anónimo, 2015) en la evolución de los estilos de la arquitectura, las viviendas como estructura básica en las ciudades que han experimentado el desarrollo de los diversos estilos arquitectónicos, sin embargo, los cambios más radicales se han basado en las técnicas constructivas.

Además de la función estética, las fachadas deben cumplir requisitos técnicos importantes y funcionales como, por ejemplo; la impermeabilización, aislación térmica y acústica (Albiño, 2015). Algunos tipos de fachadas son ligeras y no contribuyen a la estabilidad de la estructura debido a que poseen poca masa y eso hace que adquieran poca aislación al ruido y no suelen funcionar tampoco como aislante térmico, pero las ventajas por su reducido peso es la rapidez de montaje y su facilidad para permitir la entrada de luz, comúnmente conocida como fachada panel. Se puede citar a las fachadas pesadas tradicionales ya sean de ladrillo visto, enfoscados¹, aplacados, de piedra, de madera u otros materiales, así como las prefabricadas que característicamente son de hormigón (Asanza, 2009).

Cabe recalcar que el coste por los materiales de construcción es significativo, y hay quienes prefieren optar por prescindir de acabados o materiales de recubrimiento es decir dejar sus viviendas sin terminar (Boston, 2015), es aquí donde se propone la fabricación o simulación de piedras artificiales, evitando la explotación excesiva de materiales pétreos, además de que con el uso del hormigón macizo para las fachadas exteriores suelen ser muy pesadas y se estima usar el poliestireno expandido por sus características produciendo un hormigón alivianado con ventajas en cuanto a aislaciones térmicas y acústicas.

El mortero es uno de los materiales principales, el revestimiento es la parte más visible de la construcción.

¹ Acción de enfoscar, recubrir de cemento un muro.

En este proyecto de titulación se tiene en cuenta el impacto ambiental derivado de los materiales a emplear, ya que el aporte característico del ser humano incide directamente al medio (Alario, 2016). Hay que considerar acciones necesarias para mitigar la pésima gestión de residuos peligrosos como por ejemplo procesos productivos menos contaminantes como el reciclaje o reutilización de desechos, por medio del cual se pueden crear nuevos productos que cumplan una necesidad específica.

Este es el caso de este proyecto, que utiliza poliestireno expandido, material con propiedades importantes que se lo puede usar en fachadas como revestimiento exterior en viviendas, obteniendo ventajas como peso ligero, resistencia entre otros.

Es por ello que en el capítulo I se detalla el diseño y análisis de problemática fundamental que atañe y conlleva la fabricación de las fachaletas. Además, se cuestiona de qué forma este documento puede ayudar a mejorar o resolver el actual problema. Se plantean los objetivos, tanto generales como específicos, se justifica la importancia de este trabajo considerando una hipótesis que sigue una concatenación de variables que la sustentan.

En el capítulo II se realiza el desarrollo teórico y referencial del tema propuesto con las definiciones de todos los términos que implican el buen entendimiento y comprensión del lector.

En el capítulo III se determina la población y la muestra para así obtener los resultados en base a los parámetros predestinados a calcular mediante la elaboración de encuestas acerca del prototipo propuesto.

En el capítulo IV se realiza el análisis de resultados que consiste en dar respuesta a la hipótesis planteada, a partir de mediciones o datos resultantes, por lo que la interpretación de esos resultados será con relación a todo aquello que conocemos del problema, obteniendo la viabilidad o no de la propuesta útil de los revestimientos exteriores mediante el uso de fachaletas con poliestireno expandido para viviendas.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

“Diseño y fabricación de una fachaleta para vivienda con mortero que incluye poliestireno expandido”.

1.2. Planteamiento del Problema.

A lo largo del tiempo el mortero se ha convertido en uno de los materiales principales para el campo de la construcción, pero es el costo total de producción, el potencial problema que ha surgido en los que la sociedad por falta de recursos decide mantener sus bienes inmuebles con lo más indispensable, es decir, que las viviendas en su mayoría para la clase media-baja se encuentran sin acabados que, de manera general inciden en la estética final de sus residencias. Cabe recalcar que el acabado o revestimiento es la parte más visible de una vivienda o construcción, de una u otra manera es la carta de presentación de nuestra edificación, de ahí su importancia estética, ya que puede ocultar los elementos constructivos, instalaciones sanitarias, eléctricas, cumplir una función de impermeabilización o aislamiento. Esta realidad se resume en la influencia de la calidad de vida de los ciudadanos al disponer de poco presupuesto o la mala planificación para la construcción y su relación frente a la posibilidad de acomodarse en espacios dignos.

Es un problema en donde la clase media-baja no tiene al alcance materiales con los que puedan culminar el proyecto de su vivienda, los costes de los materiales de construcción son elevados a tal punto que la mayoría de sus construcciones en un alto porcentaje no finalizan en el tiempo previsto por el dueño del inmueble. Es fácil encontrar en los sectores populares viviendas donde se puede observar a simple vista su estructura, entiéndase columnas, vigas y paredes de bloque, los materiales más utilizados en la ciudad de Guayaquil. Tenemos como denominador común la falta de materiales de bajo costo y buena calidad para la mayoría de los habitantes.

Esta investigación confina los aspectos más importantes que inciden en el diseño y la fabricación de estos elementos que componen los acabados pertenecientes a una vivienda desde la perspectiva del problema, determinada en un documento formal, y en lo posterior un prototipo que sea capaz de resolver los inconvenientes que se forman

al culminar una edificación como son la reducción de peso por m², mejorar la sensación termoacústica y la estética de las viviendas, a la vez de colaborar en la reducción de la huella ecológica con la fabricación de piedras artificiales, evitando la explotación excesiva de materiales pétreos. Por esta razón, a continuación, se plantea la problemática desde las siguientes posturas:

- En construcción siempre existirá la búsqueda de materiales más livianos.
- El alza del costo en materiales de construcción eleva el presupuesto de una vivienda.
- Proyectos arquitectónicos con responsabilidad ecológica definen en cierta manera la calidad de vida de los humanos y el espacio donde habitan.
- La forma tradicional de técnicas de elaboración de bloques impide el desarrollo de nuevos métodos mucho más eficientes.

1.3. Formulación del problema

¿De qué manera se garantizará la buena calidad y bajos costos en el diseño y fabricación de una fachaleta para vivienda con mortero que incluye poliestireno expandido?

1.4. Sistematización del problema

¿Cuáles son las características de los materiales que componen una fachaleta con mortero que incluya poliestireno expandido?

¿Cuáles serán los parámetros a cumplir para garantizar un producto de calidad?

¿Cuáles serán las medidas óptimas para la construcción de fachaletas?

¿Qué pruebas físicas y químicas deberán realizarse a los materiales para elaborar fachaletas con mortero que incluya poliestireno expandido?

¿Cuáles serán los criterios ambientales y ecológicos para la fabricación de los mismos?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Elaborar una fachaleta a base de mortero más poliestireno expandido aplicado como revestimiento exterior para viviendas, que cumpla con los estándares de calidad y optimizando el costo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Analizar las características de los materiales y determinar las propiedades del mortero que incluya poliestireno expandido en estado fresco como endurecido.
- Determinar la dosificación adecuada de los materiales que se utilizará en el prototipo a emplear en las fachaletas.
- Establecer el porcentaje óptimo de poliestireno expandido en la base de mortero del prototipo de las fachaletas para los diferentes estados de esfuerzos.

1.6. Justificación del problema.

Este proyecto busca alternativas para incrementar la productividad y calidad de los elementos constructivos del mercado a través de la utilización de métodos en base al estudio de campo respectivo para el posterior diseño y fabricación de fachaletas que garanticen un revestimiento exterior decorativo de calidad, a bajo costo y liviano, ayudando a la productividad y mejorar las condiciones técnicas de la edificación reduciendo el peso del proyecto culminado. El proceso de fabricación determinará nuevas tendencias tecnológicas con la realización de observaciones contemplando ventajas y desventajas en conjunto con normas de calidad.

El proyecto es necesario para optimizar la funcionabilidad de los elementos decorativos, dar una alternativa al consumidor a un menor costo frente al material natural el cual servirá como base para un prototipo que resuelva o renueve ambientes exteriores en las viviendas de Guayaquil. Esta propuesta está enfocada en beneficiar a la sociedad guayaquileña que exige proyectos que se comprometan con la calidad del espacio, mejorando el ambiente en el que habitan, a la vez que se considera el enfoque de los aspectos sociales y económicos del colectivo.

Desarrollar proyectos que finalicen con propuestas físicas es muy importante para el campo de la arquitectura y la construcción desde la elaboración de una vivienda, que puede ser aplicado en otros planes con diferentes usos. Encontrar una solución que determine nuevos métodos de fabricación de fachaletas es concluyente para fomentar proyectos que vayan de acuerdo con el beneficio de toda una comunidad, además colaborar con investigaciones referentes para nuevos proyectos nacionales y perfeccionamiento de la calidad de los materiales.

1.7. Delimitación de problema

Campo: Educación Superior Pregrado

Área: Arquitectura y Construcción

Aspecto: Investigación exploratoria

Tema: Diseño y fabricación de una fachaleta para vivienda con mortero que incluye poliestireno expandido.

Delimitación: Guayaquil – Ecuador

Delimitación Temporal: 2021

1.8. Hipótesis.

La elaboración de fachaletas producidas a base de mortero que incluye poliestireno expandido dará como resultado un producto mucho más liviano que la piedra natural, optimizando su costo si la producción se da en masa, a más de mejorar las propiedades del producto en cuanto al aislamiento térmico y acústico, sin perder su resistencia beneficiando así la estética de la edificación y la economía.

1.9. Línea de Investigación Institucional/Facultad.

Tabla 1

Líneas de investigación institucional ULVR

| Dominio | Línea institucional | Línea de Facultad |
|---|---|-------------------|
| Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de la | Territorio, medio ambiente y materiales | Territorio |

| | | |
|---|--------------------------------------|-------------------------------|
| construcción eco- amigable, industria y desarrollo de las energías renovables. | innovadores para la construcción. | Materiales de construcción |
|---|--------------------------------------|-------------------------------|

Nota. Esta tabla representa las líneas de investigación institucional bajo las cuales se rige el trabajo de titulación.

Fuente: (Universidad Laica Vicente Rocafuerte [ULVR],2020,p.1)

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico referencial

No se ha encontrado hasta el momento investigación alguna sobre el uso de mortero que incluya poliestireno expandido en fachaletas, si bien existe el uso del hormigón alivianado este está más enfocado al empleo en estructuras ya que su peso final ayuda a la reducción de peso de la misma. Las siguientes investigaciones ayudarán a comprender el comportamiento del material en sus diferentes aplicaciones.

“Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y en la resistencia a compresión del hormigón”. Mónica Cristina Lituma Vicuña, Cuenca Octubre de 2015.

Este estudio se basa en la determinación de la influencia que tienen las perlas de poliestireno expandido en el reemplazo del agregado fino respecto al peso propio y resistencia a la compresión a los 28 días en donde alcanza aproximadamente el 100% de su resistencia máxima. Además, se detalla que se investigó la homogeneidad de la mezcla para lo cual se usó un aditivo que mejora el comportamiento de la misma. Después de ensayar las probetas² se obtuvo como resultados reducciones de hasta el 16,90% de la densidad del hormigón de peso normal con 1800 kg/m³ por el intercambio del 100% de agregado fino por poliestireno expandido. Además, se notaron resultados de una reducción en la resistencia a la compresión del hormigón a medida que se aumentaba el porcentaje de sustitución del agregado fino de hasta el 19,08% en un 100% y se concluyó en esta investigación que el poliestireno expandido se proyecta como una opción factible para la producción de hormigones ligeros no estructurales y estructurales.

“Caracterización y evaluación del comportamiento de hormigones livianos, usando como materia prima poliestireno expandido modificado (MEPS)”. Fernando Gabriel Vidal Almonacid. Valdivia – Chile, 2010.

En esta investigación se tiene como objetivo diseñar un hormigón liviano de alta resistencia usando como materia prima los rechazos del poliestireno expandido, por lo

² Muestra de cualquier sustancia o material para probar su elasticidad, resistencia, etc.

que se realizó un tratamiento térmico en lo que mejoró las propiedades físicas de la materia prima. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión, flexión y adherencia en sustitución del agregado grueso en distintos porcentajes. En lo que se pudo denotar que las mezclas con presencia del poliestireno modificado presentan buena cohesión y consistencia adecuada para su uso, en lo que facilita su trabajabilidad por un tiempo mayor al de un hormigón normal. En cuanto aumenta el porcentaje de sustitución del agregado grueso por el poliestireno disminuye su resistencia en los 14 días, pero luego empieza a alcanzar resistencias altas debido a que el material no tiene la característica de filtración o absorción de agua en tanto que se obtuvo una resistencia de compresión axial³ de 16,7 Mpa.

“Uso de Bloques de Poliestireno Expandido en Terraplenes”. Carlos Geovanny Almeida Avila , Quito Junio de 2014.

Este estudio se basa en el uso de geobloques ensayados en laboratorio basados en pruebas especiales en donde se pudo medir módulos de deformación y relación de Poisson y su aplicación en terraplenes ubicados en suelos blandos, en donde se concluyó que estos bloques bajo las normas ASTM disminuyen notablemente un 70% en asentamientos comparado al hormigón normal.

2.2. Marco histórico

La piedra natural, es con toda certeza, el material de construcción más antiguo que se conoce, siendo usado desde la prehistoria hasta nuestros días, considerándose un elemento constructivo y decorativo por excelencia (Maragatas, 2017).

Consta de una serie de ventajas, siendo la principal el buen aislamiento térmico, lo que conlleva un beneficio en el ahorro considerable en el consumo energético. (Maragatas, 2017).

También cuenta con diversas propiedades que garantizan mayor rendimiento o aprovechamiento, es así que se tienen propiedades innatas como:

la dureza, sobriedad, resistencia, dependiendo del tipo de roca. En cuanto a revestimiento exterior, cabe destacar que ha sido usado desde hace mucho tiempo, y aún hay diseñadores que apuestan por esta opción, manejando técnicas modernas

³ Situado sobre un eje o relativo a éste.

de colocación y proyección, además, dependiendo de los elementos que conforman sus composiciones, se puede encontrar rocas naturales y artificiales de diversas maneras, colores y texturas. (Maragatas, 2017)

Por ello se difieren los conceptos según diversos autores y el empleo de fachaletas es muy amplio en diferentes campos sobretodo en el de la construcción.

Los investigadores Orozco y Puente (2016) analizaron la producción del sistema portante Hormi2, con paneles de polietileno expandido mediante el uso de formaletas, con esto concluyeron en una comparación formal de rendimientos, costos, productividad y resistencia del sistema vertido frente el sistema proyectado.

Para así definir que con la utilización de encofrado es posible la optimización en el proceso constructivo del sistema hormi2.

Sobre los usos y preferencias de los bloques el Ing. Sacoto (2013) indica que estos elementos han sido por mucho tiempo materia prima en la construcción de casas y edificios de todas las ciudades, debido a sus características que permiten la solidez y una arquitectura distinguida en todas las obras utilizadas.

Sin embargo, indica que se deben manejar sistemas de producción mucho menos costosas y amigables con el medio ambiente (Sacoto, 2013).

Otro aporte sobre sistemas de paneles en viviendas es la investigación de los ingenieros (Delgado & Gonsález, 2017), que analizaron paneles con polietileno expandido y el mejoramiento de su proceso constructivo en viviendas unifamiliares; para esto estudiaron cómo se ejecutan los sistemas tradicionales, y determinaron como conclusión en que el sistema “Emmedue” ahorra costos en ejecución y aminora la cantidad de desperdicios. Además, que es una técnica recomendable para proyectos a gran escala.

Sobre paneles para revestir superficies, los arquitectos (Romero & Quesada, 2018) realizaron un proyecto que consistía en elaborar un panel para revestimiento de fachadas con hormigón y fibras sintéticas, con el fin de reemplazar el hierro con otras opciones. Los resultados en ensayos de laboratorio demostraron que las fibras proporcionan mayor resistencia a la compresión, en el caso de las fibras de nylon y

polipropileno mejoraron más del 50% en relación al hormigón testigo, por la tridimensionalidad de las fibras.

En otro estudio, las ingenieras (Lituma & Zhunio, 2015), investigaron otra forma de elaborar hormigón mediante el polietileno expandido, y de esta forma se comprobó una disminución en la resistencia a compresión del hormigón a medida que incrementa el porcentaje de sustitución de arena por EPS, lo que no quiere decir que no se lo pueda usar para elementos no estructurales, en definitiva, con el análisis de estos resultados se concluye que el polietileno expandido es una alternativa viable para la producción de hormigones ligeros no estructurales.

El sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) con planchas aislantes de polietileno extruido (XPS) consiste en la aplicación, sobre la superficie exterior de la fachada o medianera existente, de las planchas aislantes, que van después revestidas por una capa protectora y de acabado ejecutada con morteros especiales por instaladores cualificados (Sánchez, 2017). Las planchas de XPS (Poliestireno extruido), también pueden disponerse en la superficie sin piel, con acabado rugoso para facilitar la adhesión y el revestimiento directo sobre ellas. Se dimensionará su espesor en función de los requisitos definidos en el Código Técnico de la Edificación, CTE-HE1 (Código español).

Es una solución que generalmente es utilizado en las partes inferiores de las fachadas, aprovechando su resistencia mecánica frente a la alta probabilidad de impactos que se producirán en esta zona, y su baja absorción de agua, que evita el remonte capilar de la humedad presente en el suelo; para la instalación de un sistema SATE-XPS es muy importante el control de las superficies que se obtienen cuando la fachada es revestida con los paneles de polietileno extruido. Es un punto crítico a controlar para evitar futuros defectos estéticos (Alario, 2016).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Definición de fachaletas

La palabra fachaleta se refiere según varios autores a la estética de la fachada de una vivienda.

Esto significa que son revestimientos de piedras para paredes exteriores, aunque también son usadas en el interior, pueden ser de piedra natural o de fabricación artesanal, en la actualidad son muy comunes en el mercado de la construcción. Su función principal es mejorar la estética de una edificación debido a la diversidad de colores y texturas que podemos encontrar en el campo de la arquitectura y decoración. (Ramírez y Sarmiento, 2012)

Son una tendencia que se mantienen en boga desde hace muchos años para el revestimiento de paredes en exteriores.

Ya sean de piedra natural, fabricadas artesanalmente, talladas a la medida o artificiales realizadas con moldes. Son una muy buena opción para modernizar una fachada y además su colocación es una inversión a largo plazo porque ya no se tendrá que volver a pintar la superficie de la pared en mucho tiempo por sus bajo requisitos de mantenimiento. (Palomeque, 2003, p.12).

Además de ser un acabado excelente para realzar volúmenes y dar textura a distintos planos con un material resistente y de fácil instalación.

2.3.2. Tipos de fachaletas.

2.3.2.1. Fachaletas naturales

Se entiende por fachaleta natural a lo que proviene de la naturaleza sin ser alterada su composición

La originalidad y durabilidad de las fachaletas naturales al ser una piedra extraída de su origen natural trayendo consigo todas las propiedades estéticas, la roca llega a ser la protagonista y una de las mejores elecciones al momento de colocar un revestimiento exterior en fachadas de viviendas. (Santorini, 2016)

Los colores naturales, su textura irregular y superficie en conjunto de la misma piedra brindan una apariencia inmejorable, moderna y sobria en cuanto a estética.

2.3.2.2. Fachaletas artificiales

Las fachaletas desde sus inicios como revestimiento de piedra natural han ido evolucionando.

Tanto que existen empresas dedicadas al diseño y fabricación de piezas de fachaletas con el fin de lograr desarrollar paneles o moldes prefabricados obteniendo una piedra artificial que tenga buenas cualidades físicas y estéticas, llegando hasta en ocasiones según su modo de fabricación a mejorar las cualidades de la piedra natural. (Pérez, 2011)

Regularmente en el mercado o campo de los materiales de construcción tienen apariencia rectangular o cuadrada.

2.3.3. Características de las fachaletas

Tienen entre sus características la durabilidad de la piedra, no pierde ni color ni su forma con el paso de los años además de tener una buena resistencia al estar a la intemperie (Aladesa, 2007).

2.3.4. Ventajas de las fachaletas

2.3.4.1. Ventajas de las fachaletas naturales

Pineda (2018) refiere que al ser en esencia un material de construcción sostenible proporciona múltiples beneficios, porque la tendencia arquitectónica en base a los gustos y moda es el revestimiento natural.

En cuanto a las ventajas se pueden citar algunos aspectos importantes como:

- **Durabilidad:** Se entiende como morfología de la piedra de recubrimiento que en su concepción no tienen disgregación (Anónimo, 2015).

Por ende, las piedras naturales son resistentes y duraderas, lo que la transforma en un tipo de material de construcción muy importante con respecto al tiempo (Coello, 2016).

Por lo que, su apariencia se preserva casi sin deterioro produciendo un ahorro significativo en mantenimiento (Anónimo, 2015).

- **Aislamiento Acústico:** Ya que posee gran masa amortigua los sonidos exteriores (Fernández, 2018).
- **Reutilizable:** Se convierte en reutilizable debido a la durabilidad que posee, lo que la hace sostenible teniendo una vida útil mayor, se puede reciclar y colocar en un nuevo proyecto (Arcos, 2016).

- **Inercia térmica:** Se debe a su gran masa posee una elevada inercia ya que es directamente proporcional, lo que la convierte en un gran aislante con un significativo ahorro en calefacción y refrigeración, consiguiendo eficiencia energética en las viviendas (Fernández, Piedrahita y Santillán, 2017).
- **Versatilidad:** Posee diversas aplicaciones tanto en interiores como en exteriores. (Arcos, 2016)
- **Diversidad Estética:** Las piedras naturales en su composición poseen una amplia variedad de texturas y colores y los acabados podrán ser pulidos o rústicos (Fernández, 2018).

Además de la exclusividad ya que ninguna es igual, siendo atemporal y únicas dotando a los proyectos de un aspecto noble e inimitable (Arcos, 2016).

- **Integración arquitectónica:** Fernández et al. (2017) refieren que es adaptable a cualquier ambiente con respecto al tema paisajístico
- **Ignífuga:** La piedra natural ofrece en gran porcentaje seguridad contra los incendios (Fernández, 2018).



Ilustración 1 Fachaleta Natural usada en exteriores como recubrimiento debido a su durabilidad para proteger fachadas.

Fuente: Adaptado de “8 ventajas de la piedra natural en construcción sostenible” (p. 1), por C. Morris, 2018, Arquitectura Sostenible.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

2.3.4.2. Ventajas de las fachaletas artificiales

Entre las ventajas de las fachaletas se puede citar las principales entre ellas: (Medina, 2015)

- Su peso es ligero.
- Facilidad de instalación debido a su peso.
- No es poroso por lo que no hay riesgo de la presencia de moho.
- Es más resistente y por ende perdura en el tiempo.
- Posee un alto grado de impermeabilidad.
- Se caracteriza por ser maleable y a su vez adaptable a características de aislamiento térmico que favorece al ahorro energético.
- Se puede establecer patrones diferentes en las molduras.
- Además, proponiendo materiales diversos en el mezclado puede adoptar diferentes características.

2.3.5. Desventajas de las fachaletas

Una de las pocas desventajas de usar fachaletas es que es un elemento adicional a la mampostería, lo que conlleva a sumar carga al muro.

2.3.5.1. Desventajas de las fachaletas naturales.

El proceso de colocación en la construcción de las piedras naturales puede ser totalmente lento y encarecido debido a que el costo de la mano de obra incrementaría (Delgado & Gonsález, 2017).

- Debido a su morfología y composición es difícil de reparar o modificar.
- El peso de la fachaleta natural puede ser un poco elevado por lo que es necesario estabilizar adecuadamente la estructura (Albiño, 2015).
- Es necesario que el personal técnico sea muy capacitado para la instalación.

2.3.5.2. Desventajas de las fachaletas artificiales.

- No es única como la fachaleta natural, aunque se puede establecer diferentes patrones (Sosa, 2015).
- Es difícil de reparar.
- Puede ser inflamable por lo que no se recomienda la colocación en encimeras debido a la resina (Boston, 2015).

2.3.6. Sostenibilidad de los materiales.

Es sumamente básico que los materiales sostenibles presenten características como la procedencia de la naturaleza, que no presente efectos adversos a las personas y que perdure con el paso del tiempo (Pérez, 2011).

Con la sostenibilidad se evita que las sustancias químicas sean un perjuicio tanto para la salud de los habitantes como el ambiente.

Además, se debería preservar y no generar residuos que además de ocupar grandes espacios se convierten en contaminantes y no biodegradables (Bustamente, 2011).

Para ser sostenible es necesario la regla de las R como la reutilización, reciclaje y reducción.

2.3.7. Hormigón

El hormigón es un material formado por la mezcla de cemento, arena, agua y piedra. Además, que el mismo puede contener algún tipo de aditivo para mejorar sus características dependiendo de la finalidad de la mezcla.

Tomalá, Palacios y Maridueña (2007) afirman que antiguamente se empleó en Asia y en Egipto.

En Grecia existieron acueductos y depósitos de agua hechos con este material, cuyos vestigios aún se conservan. Los romanos lo emplearon en sus grandes obras públicas, como el puerto de Nápoles, y lo extendieron por todo su imperio. Antes del descubrimiento de los cementos se emplearon como aglomerantes la cal grasa, la cal hidráulica, y los cementos naturales. (Tomalá et al., 2007)

Desde mediados del siglo XIX comenzó a utilizarse en obras marítimas, y a finales del mismo asociado con y hierro en forma de hormigón armado, en puentes y depósitos, habiéndose expandido su empleo tanto en obras públicas como privadas (Bustamente, 2011).

Es un material de bajo precio respecto al acero, de resistencia similar o mayor a la del ladrillo, que brinda la posibilidad de construir elementos de casi cualquier forma. También es un buen aislante acústico y resistente al fuego (Rebmann, 2011).

Es uno de los elementos más imprescindibles en la construcción, la creación del concreto implica la fusión de un aglomerante, agregados y agua, así como otros aditivos modificando las características propias del producto siendo versátil para muchos usos (Shi & Kan, 2018).

2.3.7.1. Propiedades físicas del hormigón fresco.

Las propiedades físicas del hormigón se presentan desde dos puntos de vista. El estado plástico o fresco en el cual permite ser manipulado o moldeado para ser vertido en moldes y el estado de hormigón endurecido (Orozco & Puente, 2016).

Las propiedades del hormigón fresco son:

- Consistencia.
- Docilidad.
- Homogeneidad.
- Masa específica.

Consistencia: Es la capacidad del hormigón en su estado plástico que le permite deformarse (Hernández, 2010).

Docilidad: Esto es la capacidad de poder ser transportado y ser puesto o vertido en el lugar designado (Lorenti, 2011).

Homogeneidad: Es su cualidad de poder distribuir todos sus componentes en toda la extensión de la masa en la misma proporción (Aladesa, 2007).

Masa específica: Es la relación entre el volumen del hormigón en su estado plástico y el espacio que ocupa. Esta relación se la mide en Kg/m³ (IMCYC, 2004).

2.3.7.2. Propiedades físicas del hormigón endurecido.

(Shi & Kan, 2018) La propiedad del hormigón endurecido lo adquiere a partir del final fraguado y estas son:

- Densidad.
- Compacidad.
- Permeabilidad.

- Resistencia.
- Dureza.
- Retracción.

La densidad: Es la relación entre la masa del hormigón y el volumen que ocupa (Moncada, 2014).

La compactad: Es una cualidad del hormigón de tener la máxima densidad que pueden permitir los materiales (Leimberg, 2012).

La permeabilidad: Ferrer (2010) alega que la permeabilidad es el grado en que el hormigón llega a ser accesible ante líquidos o gases. La relación que permitirá la variación de permeabilidad será la relación agua/cemento (a/c).

La resistencia: El hormigón endurecido presenta resistencia a las acciones de compresión, tracción y desgaste.

La principal es la resistencia a la compresión que lo convierte en el importante material que es. Se mide en Mpa (Megapascuales) y llegan hasta 50 Mpa en hormigones normales y 100 Mpa en hormigones de alta resistencia. La resistencia a la tracción es mucho más pequeña, pero tiene gran importancia en determinadas aplicaciones. (Rebmann, 2011)

La resistencia a desgaste, de gran interés en los pavimentos se consigue utilizando áridos muy resistentes y relaciones agua cemento muy bajas.

La dureza: Es la propiedad superficial que en el hormigón se modifica con el paso del tiempo debido al fenómeno de carbonatación. Una forma de medirla es con el índice de rebote que proporciona el esclerómetro Smicthd (Sosa, 2015).

La retracción: Es el fenómeno de acortamiento del hormigón debido a la evaporación progresiva del agua absorbida que forma meniscos en la periferia de la pasta de cemento, y el agua capilar. Es el agua menos fijada en los procesos de hidratación (Moncada, 2014). Además, en el hormigón está presente el agua en distintos estados.

2.3.7.3. Propiedades mecánicas del hormigón

Para el diseño de estructuras de hormigón simple, de armado, de concreto pre esforzado, se utilizan las propiedades mecánicas del hormigón endurecido, entre las más importantes (Pérez, 2011):

- Resistencia a la compresión.
- Módulo de elasticidad.
- Ductilidad.
- Resistencia a la tracción.
- Resistencia al corte.
- Flujo plástico.

Resistencia a la compresión. – La resistencia a la compresión del hormigón se determina en muestras cilíndricas estandarizadas de 15cm de diámetro y 30cm de altura, llevadas hasta el punto de rotura mediante cargas incrementales relativamente rápidas que duran pocos minutos (Corinaldesi et al. 2010).

Esta resistencia se la mide luego de 28 días de fraguado. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde los 17 MPa para hormigón residencial hasta 28 MPa y más para estructuras comerciales (Medina, 2015).

Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 170 MPa y más (Ferrer, 2010).

Módulo de elasticidad. – La elasticidad es la propiedad mecánica que hace que los materiales sufran deformaciones reversibles por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre ellos. La deformación es la variación de forma y dimensión de un cuerpo (Alario, 2016).

Un material es elástico cuando la deformación que sufre ante la acción de la fuerza, cesa al desaparecer la misma. Asanza (2009) afirma que: “Los materiales totalmente elásticos pueden llegar hasta cierta deformación máxima, es lo que se conoce como límite elástico. Si se sobrepasa este límite, la deformación del material es permanente y sus propiedades cambian” (p20). Si el esfuerzo que incide sobre el material supera las fuerzas internas de cohesión, el material se fisura y termina por fallar.

El módulo de elasticidad de un material es la relación entre el esfuerzo al que está sometido el material y su deformación unitaria. Representa la rigidez del material ante una carga impuesta sobre el mismo (Lagerblad y Vogt 2008).

Cuando la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria al que está sometido el material es lineal, constante y los esfuerzos aplicados no alcanzan el límite de proporcionalidad, el material tiene un comportamiento elástico (Vogt 2010).

2.3.7.4. Usos y aplicaciones del hormigón

El hormigón es un material utilizado desde la antigüedad, perfeccionándose durante siglos hasta nuestra actualidad, consiguiendo un elemento muy útil para todo tipo de construcciones. Además, se suele incluir materiales reciclados, por lo que se consigue cuidar el ambiente (Reineck 2002).

Es uno de los materiales de construcción más usados del mundo. Es un material de construcción formado por una mezcla de cemento, arena, agua y grava o piedra triturada. Además, el hormigón puede llevar algún tipo de aditivo para mejorar sus características dependiendo del uso que se le vaya a dar a la mezcla.

Cuanta más pequeña sea la grava, más fino será el hormigón. Se trata de un material de gran consistencia, tiene un coste bajo comparado con otros materiales y gran capacidad para adaptarse (Sacoto, 2013).

El hormigón hecho en obra es también conocido como concreto, es el material de construcción de mayor empleo en la edificación y vivienda. Hoy en día ha llegado incluso a ser tendencia en la decoración de interiores y exteriores de los hogares. Debido a su resistencia y apariencia, el hormigón ha pasado de ser un material básico de construcción a uno muy interesante para decorar. (ACI-318S-14 2014)

Dependiendo de sus componentes, el hormigón adquiere diferentes propiedades, adaptándose a diferentes usos. Podemos encontrar el hormigón ligero, el hormigón normal y el hormigón pesado (Rebmann, 2011).

Cada tipo de mezcla tiene su uso, por lo que no todos reaccionan igual ante diferentes clases de esfuerzos de compresión. Por ellos, el hormigón armado se utiliza en estructuras de acero y el hormigón asfáltico en carreteras (Wight y MacGregor 2012).

Este material es usado en mega construcciones, ya sea en puente, edificios de gran altura, carreteras o túneles. Son construcciones que necesitan de una gran resistencia y durabilidad, por lo que el uso de este material es muy beneficioso (Kuramoto y Nishiyama 2004). Durante su uso, la mezcla debe protegerse del exterior para que no pierda sus propiedades.

2.3.7.5. Componentes del Hormigón.

Este trabajo de investigación se va a centrar en las características principales de un hormigón simple en el cual se procederá a detallar los componentes generales como:

- Agregado Grueso: Piedra
- Agregado Fino: Arena
- Cemento

El cemento es un producto que amasado con agua fragua y se endurece formándose nuevos compuestos resultantes de reacciones de hidratación que son estables tanto al aire como sumergidos en agua.

Hay varios tipos de cementos, las propiedades de cada uno de ellos están íntimamente asociados a la composición química de sus componentes iniciales, que se expresa en forma de sus óxidos, y que según cuales sean formarán compuestos resultantes distintos en las reacciones de hidratación. (Rasoul y Bakhshayesh 2013)

Cada tipo de cemento está indicado para unos usos determinados; también las condiciones ambientales determinan el tipo y clase del cemento afectando a la durabilidad de los hormigones.

Los tipos y denominaciones de los cementos y sus componentes están normalizados y sujetos a estrictas condiciones.

Además del tipo de cemento, el segundo factor que determina la calidad del cemento, es su clase o resistencia a la compresión a los 28 días. Esta es determinada en un mortero normalizado y expresa la resistencia mínima, la cuál debe ser siempre superada en la fabricación del cemento. No es lo mismo, ni debe confundirse la resistencia del cemento con la del hormigón, pues la del cemento corresponde a componentes normalizados y la del hormigón dependerá de todos y cada uno de sus componentes. Pero si el hormigón está bien dosificado a mayor resistencia del cemento corresponde mayor resistencia del hormigón. (Garzón 2013)

El cemento se encuentra en polvo y la finura de su molido es determinante en sus propiedades conglomerantes, influyendo decisivamente en la velocidad de las

reacciones químicas de su fraguado y primer endurecimiento. Al mezclarse con el agua los granos de cemento se hidratan sólo en una profundidad de 0.01mm, por lo que si los granos fuesen muy gruesos el rendimiento de la hidratación sería pequeño al quedar en el interior un núcleo inerte.

Además, dado que las resistencias aumentan con la finura hay que llegar a una solución de compromiso, el cemento debe estar finamente molido, pero no en exceso

El cemento portland se obtiene al calcinar a unos 1.500°C mezclas preparadas artificialmente de calizas y arcillas. El producto resultante, llamado Clinker⁴, se muele añadiendo una cantidad adecuada de regulador de fraguado, que suele ser piedra de yeso natural. (Sosa, 2015)

A continuación, se muestra el proceso de elaboración del cemento portland según Medina de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Proceso de elaboración del cemento

1. Obtención y preparación de materias primas.
2. Trituración.
3. Prehomogenización.
4. Molienda de crudo.
5. Precalentador de ciclones.
6. Fabricación de clínker: Horno.
7. Fabricación de Clinker: Enfriador.
8. Molienda de Clinker y fabricación de cemento.
9. Almacenamiento del cemento.

1.- Obtención y preparación de materias primas: Las canteras se explotan mediante voladuras controladas, en el caso de materiales duros como calizas y pizarras, mientras que en el caso de materiales blandos (arcillas y margas) se utilizan excavadoras para su extracción (Marcus y Thiers 2015).

⁴ Se forma tras calcinar caliza y arcilla a una temperatura que está entre 1350 y 1450 °C. El Clinker es el producto del horno que se muele para fabricar el cemento portland.

2.- Trituración: Una vez extraído y clasificado el material, se procede a su trituración hasta obtener una granulometría adecuada para la molienda y se traslada a la fábrica mediante cintas transportadoras o camiones para su almacenamiento en el parque de pre homogeneización (Delgado C. , 2016).

3.- Prehomogeneización: El material triturado se almacena en capas uniformes para ser posteriormente seleccionadas de forma controlada. La prehomogeneización permite preparar la dosificación adecuada de los distintos componentes reduciendo su variabilidad (Aznar et al. 2008).

4.- Molienda de crudo: Estos materiales se muelen para reducir su tamaño y favorecer así su cocción en el horno. En el molino vertical se tritura el material a través de la presión que ejercen sus rodillos sobre una mesa giratoria (Yerovi, 2000).

A partir de ahí, la materia prima (harina o crudo) se almacena en un silo para incrementar la uniformidad de la mezcla

5. Precalentador: La alimentación al horno se realiza a través del precalentador de ciclones, que calienta la materia prima para facilitar su cocción. La materia prima molida se introduce por la parte superior de la torre y va descendiendo por ella (Zambrano, 2000).

Mientras tanto, los gases provenientes del horno ascienden a contracorriente precalentando así el crudo, que alcanza los 1000°C antes de entrar al horno (Aguilar 2014).

6.- Fabricación del Clínker, Horno: A medida que la harina va avanzando en el interior del horno la temperatura va aumentando hasta alcanzar los 1.500°C, produciéndose entonces las complejas reacciones químicas que dan lugar al clínker (Arcos, 2016).

Para alcanzar las temperaturas necesarias para la cocción de las materias primas y la producción de clínker, el horno cuenta con una llama principal que arde a 2.000°C. (Carneiro 2013)

7.- Fabricación del Clínker, Enfriador: A la salida del horno, el clínker se introduce en el enfriador, que inyecta aire frío del exterior para reducir su temperatura de los 1.400°C a los 100°C. (Alario, 2016)

El aire caliente generado en este dispositivo se introduce nuevamente en el horno para favorecer la combustión, mejorando así la eficiencia energética del proceso. (Castañeda y Mieles 2017)

8.- Molienda de Clínker y fabricación de cemento: EL Clínker se mezcla con yeso y adiciones dentro de un molino de cemento.

Los molinos pueden ser de rodillos de bola. Este último consiste en un gran tubo que rota sobre sí mismo y que contiene bolas de acero en su interior. Gracias a la rotación del molino, las bolas colisionan entre sí, triturando el Clínker. (Bustamente, 2011)

Y las adiciones hasta lograr un polvo fino y homogéneo (el cemento)

9.- Almacenamiento del cemento: El cemento se almacena en silos, separado según sus clases. (Reineck 2002)

- Agua

Hay que considerar que para este componente llamado agua es esencial tener un control en su cuantificación porque dependerá de eso el comportamiento de un buen hormigón (Coronel, 2019). Entre las misiones que tiene son:

- Hidratar sobre todo los componentes del cemento
- Ser un tipo de lubricante para hacer posible una eficiencia en la trabajabilidad de la masa.
- Finalmente, crea en la pasta de cemento un espacio para los productos resultantes de la hidratación.

Se puede mencionar dos tipos de agua: agua de amasado y agua de curado.

Se refiere al agua de amasado como la que participa en las reacciones de hidratación del cemento y la que le proporciona trabajabilidad al hormigón para una correcta puesta en obra. Córdova, (2016) alega que: “La cantidad de agua de amasada debe

delimitarse ya que en exceso se evapora y podría crear una serie de vacíos en el hormigón lo que incurre en una baja resistencia” (p8). Mientras que el agua de curado es la que se le añade con el objetivo de compensar las pérdidas de agua que ha sufrido por la evaporación y facilitar a una mejor hidratación.

En el proceso del curado deberá ser abundante el agua y no limitada. (Goyal et al. 2005)

2.3.7.6. Tipos de hormigones

Hamilton (como se citó en Rodríguez y Maridueña, 2018) lo clasifican en diferentes tipos de hormigón de la siguiente manera:

- Hormigón reforzado con fibra de vidrio.
- Hormigón celular.
- Hormigón autocompactante.
- Hormigón con fibras naturales.
- Hormigón en masa (mortero).
- Hormigón ciclópeo.
- Hormigón ligero.
- Hormigón armado.
- Hormigón pretensado.
- Hormigón alivianado.

2.3.7.6.1. Hormigón alivianado

El hormigón alivianado es un material con ventajas interesantes en cuanto a aislaciones, tanto como aislante térmico y también acústico.

El hormigón alivianado con poliestireno expandido, también conocido como concreto liviano EPS, o concreto ultraliviano EPS, se fabrica a partir de cemento, arena, perlas, pelotitas o bolitas de poliestireno expandido EPS, más aditivos para facilitar la mezcla del poliestireno con el mortero de cemento y arena. (Lagerblad y Vogt 2008)

El poliestireno expandido en perlas o bolitas cuesta mezclarlo con el mortero, es por eso que se aditiva.

Algunas marcas de poliestireno expandido EPS vienen ya preparadas de fábrica para evitar el problema de mezclado.

El hormigón alivianado se puede verter en encofrados o moldes para obtener diversas formas. También se utiliza grandes moldes cúbicos para luego cortarlos una vez secos en bloques más pequeños. Estos bloques más pequeños suelen ser cortados con mucha precisión, lo que facilita su colocación y ahorro de mezcla, mortero, o pegamento. (Rebmann 2011)

El hormigón alivianado con poliestireno expandido, concreto, alivianado, o concreto ultraliviano se fabrica con distintas densidades de acuerdo al uso destinado.

Se utiliza en formas de bloques o vertidos en encofrados para realizar tabiques y paredes. Otro uso frecuente es como relleno de losas de hormigón, pendientes y rellenos en azoteas. Es muy bueno como aislante térmico en azoteas y paredes externas. (Elyamany et al. 2014)

El hormigón alivianado con poliestireno expandido EPS es muy fácil de cortar, algunos utilizan simplemente un serrucho manual.

El hecho de ser liviano permite trabajar con bloques bastantes grandes lo que implica en un ahorro en mano de obra y gastos en morteros o pegamentos, dando como resultado también mayor limpieza en obra (Banchón, 2007).

Dependiendo de su densidad el hormigón aliviando con poliestireno EPS tiene mejor desempeño ante el fuego.

Algunos experimentos realizados con llama directa han demostrado comportamientos satisfactorios con el fuego. El hormigón alivianado está formado por celdas de mortero que rodean y encapsulan a las perlas o poliestireno. Cuando es sometido al fuego, se queman primero las bolitas más cercanas, protegiendo las celdas a las bolitas que se encuentran más hacia el interior, retardando así el efecto del fuego sobre estas. (Magrini 2012)

Es interesante experimentar con distintas densidades para obtener distintas reacciones ante el fuego.

Sus aplicaciones son múltiples. Se los utiliza como hormigones aislantes en: contrapisos, rellenos de losas bandejas, paneles livianos aislantes y no autoportantes y no portantes, bloques o ladrillos huecos, sub-bases anticongelantes para pavimentos rígidos flexibles y como sustitutos del balastro en vías férreas, encofrados perdidos, etc.

2.3.7.7. Pigmentación de morteros y hormigones

Un pigmento es una sustancia insoluble, la forma y tamaño de su partícula le confieren unas propiedades ópticas tales que la luz que refleja es muy intensa.

Los más habituales son los óxidos de hierro para conseguir tonos rojos, amarillos o negros, y todas sus mezclas como los naranjas y marrones. Con los óxidos de cromo se consiguen tonos verdes y con los óxidos de cobalto se logran los tonos azules. (Saikia y Brito 2012)

Para colorear los productos a base de cemento tenemos las limitaciones que nos marcan las tonalidades de los pigmentos que podemos emplear.

Como los óxidos de hierro (amarillos, rojos y negros) ocupan un lugar hegemónico en este caso y las opciones de azul son prohibitivas, normalmente encontramos en el hormigón los tonos puros del óxido de hierro o sus combinaciones (Bistafa 2006).

También en menor medida los verdes de óxido de cromo.

2.3.7.7.1. Pigmentos apropiados para productos elaborados a base de cementos a base de cemento y/o cal

Los pigmentos orgánicos si bien en algunas ocasiones se utilizan, se puede inferir que con el óxido de cobalto se obtienen tonos azules o como en el caso del óxido de cromo se obtienen tonos verdes (Hassan, 2009). Pero se debe recalcar que no son estables, por su mayor reactividad, por el reducido tamaño de su partícula, o su baja resistencia a la intemperie, que es el principal lugar donde se aplica el color a los morteros y hormigones.

Estos pigmentos terminan transformándose en otros compuestos sin propiedades pigmentarias o migrando a la superficie, por lo que unos tonos iniciales a veces bastantes espectaculares terminan desapareciendo casi por completo después de algún tiempo (Lorenti, 2011).

Serán por lo tanto los pigmentos inorgánicos, si bien no de forma general, los que mantienen la estabilidad en los morteros y hormigones.

El uso de aditivos colorantes no influye en las resistencias de los cementos y hormigones en que se incluyen, y les proporcionan el color de una pintura sin tener que teñir mediante una pintura (Peters 2013).

Los tintes más utilizados para mezclar con cemento pueden ser de dos tipos, naturales o sintéticos. Los colorantes de tipo sintético son los más utilizados actualmente, debido a que estos pigmentos en polvo son controlados en su fabricación para proporcionar una alta fuerza colorante, libre de impurezas que tienen los naturales, tono que se mantiene en diferentes lotes, y colores con mejor luminosidad.

La dispersión de los pigmentos en el cemento es muy buena. Si se utiliza una hormigonera añadiendo el color unos minutos se obtendrá un color homogéneo (Stewart y Craik 2000). Si se va a realizar una pequeña amasada se puede amasar en seco manualmente con las arenas y el cemento. Podemos así conseguir cementos color marrón, arena y otros tonos, aptos para exterior.

La cantidad de agua influye en el tono final, variar la cantidad de agua en cada amasada hará que el tono resultante sea distinto, aunque dosifiquemos la misma cantidad de pigmento (Leimberg, 2012). A más agua el tono será más claro. Tenerlo en cuenta con el agua adicional para mejorar el amasado.

2.3.8. Poliestireno

Es un plástico versátil usado para la fabricación de una amplia variedad de productos de consumo. Dado que es un plástico duro y sólido, se usa frecuentemente en productos que requieren transparencia, tales como envases de alimentos y equipos de laboratorio (Lituma & Zhunio, 2015). Cuando se combina con varios colorantes, aditivos y otros plásticos, el poliestireno se usa para hacer electrodomésticos, electrónicos, repuestos automotrices, juguetes, macetas y equipamiento para jardines, entre otros

El poliestireno también se fabrica en forma de material espumoso llamado **Poliestireno Expandido (EPS)** o poliestireno extruido (XPS), valorado por sus propiedades de aislamiento y acolchado (Bistafa 2006).

El poliestireno en espuma puede tener más de 95 por ciento de aire y se usa como aislante doméstico y de electrodomésticos, envase protector liviano, tablas de surf, servicio de alimentos y envasado de alimentos, repuestos automotrices, sistemas de estabilización de caminos y acotamientos y mucho más. El poliestireno se fabrica hilando o polimerizando⁵ estireno, una sustancia química fundamentalmente usada en la fabricación de varios productos. El estireno también se encuentra naturalmente en alimentos tales como fresas, canela, café y carne de res. (Karpinski et al. 2009)

El poliestireno en los sistemas de aislamiento, la espuma ligera de poliestireno proporciona un excelente aislamiento térmico en varias aplicaciones tales como paredes y techos de edificios. EL aislamiento de poliestireno es inerte y resistente al daño causado por el agua.

2.3.8.1. Tipos de poliestireno

Existen cuatro tipos principales de poliestireno:

1. PS cristal o GPPS (General Purpose Polystyrene).
2. HIPS (High Impact Polystyrene).
3. EPS (Expandable Polystyrene).
4. Poliestireno extruido.

1.- El **PS Cristal o GPPS** del inglés General Purpose Polystyrene, que es transparente, rígido y quebradizo (Boston, 2015).

2.- El poliestireno de alto impacto o **HIPS** del inglés High Impact Polystyrene, es resistente al impacto y opaco blanquecino (Boston, 2015).

3.- El **EPS** del inglés Expandable Polystyrene, es muy ligero (Arcos, 2016).

4.- El poliestireno extruido es similar al poliestireno expandido, pero más denso e impermeable (Asanza, 2009).

⁵ Proceso mediante el cual las moléculas simples, iguales o diferentes, reaccionan entre sí por adición o condensación y forman otras moléculas de peso doble, triple, etc.

2.3.8.1.1. Poliestireno expandido

El poliestireno expandido (EPS) se define técnicamente como: “Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire (Karpinski et al. 2009).

Su ligereza, resistencia a la humedad y capacidad de absorción de los impactos (Alario, 2016). Otras de las aplicaciones del poliestireno expandido se hallan en la construcción, ya sea como material de aligeramiento o como aislante térmico en edificaciones, también en fachadas, cubiertas, molduras, suelo, etc.

2.3.8.2. Propiedades físicas del poliestireno expandido

- Densidad
- Resistencia mecánica
- Aislamiento térmico
- Estabilidad dimensional
- Estabilidad frente a la temperatura

Densidad. - Se caracterizan por ser extremadamente ligeros, aunque resistentes. En función de la aplicación las densidades se sitúan en el intervalo que va desde los 10Kg/m³ hasta los 50Kg/m³ (Hassan, 2009).

Resistencia mecánica. – Se evalúan generalmente a través de las siguientes propiedades (Bustamente, 2011):

- ✓ Resistencia a la compresión para una deformación del 10%.
- ✓ Resistencia a la flexión.
- ✓ Resistencia a la tracción.
- ✓ Resistencia al esfuerzo cortante.
- ✓ Fluencia a la compresión.

Aislamiento térmico. – Presentan una excelente capacidad de aislamiento frente al calor y el frío.

Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular

conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico. (Fahy y Walker 2005)

Estabilidad dimensional. – Como todos los materiales, están sometidos a variaciones dimensionales debidas a la influencia térmica.

Estas variaciones se evalúan a través del coeficiente de dilatación térmica que, para los productos de EPS, es independiente de la densidad y se sitúa entre 0.05 y 0.07 mm. por metro de longitud y grado centígrado (Gómez, 2001).

Estabilidad frente a la temperatura. – El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción) (Anónimo, 2015).

Con respecto al extremo superior el límite de temperatura de uso se sitúa alrededor de los 100°C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80°C para acciones continuas y con el material sometido a una carga de 20kPa (Stewart y Craik 2000).

2.3.8.3. Propiedades mecánicas del poliestireno expandido

La densidad del material guarda una estrecha relación con las propiedades de resistencia mecánica.

Los productos y materiales de poliestireno expandido presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico. De hecho, muchas de sus aplicaciones están directamente relacionadas con esta propiedad. Esta buena capacidad de aislamiento térmico se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de la estructura de una estructura celular conformada por el poliestireno. (Deshpande y Hiller 2011)

Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno), siendo el aire en reposo un excelente aislante térmico.

2.3.8.4. Propiedades químicas del poliestireno expandido

El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar un ataque de estas sustancias (Coelho, 2011).

Tabla 2

Propiedades químicas del poliestireno expandido

| SUSTANCIA ACTIVA | ESTABILIDAD |
|---|---|
| Solución salina (agua de mar) | Estable: El EPS no se destruye con una acción prologada. |
| Jabones y soluciones de tensioactivos | Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada. |
| Lejías (líquido corrosivo) | Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada. |
| Ácidos diluidos | Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada. |
| Ácido clorhídrico (al 35% ácido nítrico (al 50%)) | Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada. |
| Ácidos concentrados (sin agua) al 100% | No estable: El EPS se contrae o se disuelve. |
| Soluciones alcalinas | Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada. |
| Disolventes orgánicos (acetona, esterres,..) | No estable: El EPS se contrae o se disuelve. |
| Hidrocarburos alifáticos saturados | No estable: El EPS se contrae o se disuelve. |
| Aceites de parafina, vaselina | Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie. |
| Aceite de diésel | No estable: El EPS se contrae o se disuelve. |
| Carburantes | No estable: El EPS se contrae o se disuelve. |
| Alcoholes (metanol, etanol) | Estable: El EPS no se destruye con una acción prolongada. |

| | |
|--------------------|---|
| Aceite de silicona | Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie. |
|--------------------|---|

Nota: Esta tabla detalla las sustancias activas que se encuentran inmersas en las propiedades químicas del poliestireno.

Fuente: (Asanza, 2009, p.1).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

2.3.8.5. Usos y aplicaciones del poliestireno

Las cualidades del poliestireno expandido tanto en su amplia gama de prestaciones, así como los formatos en que se puede presentar convierten en un material con amplias posibilidades de aplicación dentro del mundo de la construcción.

Las aplicaciones en esta área se centran, fundamentalmente, en la edificación con soluciones constructivas para el aislamiento termo-acústico de los diferentes cerramientos, así como en soluciones de aligeramiento y conformado de diversas estructuras de la edificación, además de otras aplicaciones como moldes de encofrado y juntas de dilatación. Debido a sus excelentes cualidades, propiedades y posibilidades de fabricación, este material presenta un campo de aplicación muy amplio. El proceso de transformación del poliestireno expandido posibilita la amplia variación en la densidad de materiales y, por consiguiente, en sus propiedades. (Branco y Godinho 2013)

La construcción actual y futura se caracteriza por las exigencias de ahorro energético, la protección contra el ruido y el medio ambiente.

En condiciones climáticas tanto rigurosas como moderadas, el aislamiento de todo tipo de edificación juega un papel importante.

Silva (2016) alega que como aislante acústico el Poliestireno Expandido (EPS) se puede flexibilizar para ser utilizado en varias aplicaciones donde se emplea el sistema Masa+Muelle+Masa como forma de aislamiento acústico. El producto resultante se conoce en el mercado como EPS Elastificado.

Se comercializa en forma de planchas para su empleo en suelos flotantes o bien en forma de paneles complejos adheridos a placas de yeso laminado (o cartón-yeso).

Esta forma de aislamiento acústico es muy eficaz tanto para el aumento del aislamiento al ruido aéreo de las fachadas y paredes medianeras como para la reducción del nivel de ruido de impactos forjados. Es muy usado en la industria, también en obra civil debido a las cualidades que tiene, densidad, fácil movilidad y corte. (Albiño, 2015)

Permite que una vez instalado sea fácilmente removible para instalar el siguiente elemento constructivo, vale decir que define un espacio donde se instalará un elemento permanente como por ejemplo una junta de dilatación (Cortes M., 1997).

Instalaciones temporales

- Juntas de dilatación
- Juntas de construcción
- Juntas sísmicas
- Cajas de sistemas eléctricos

En algunos elementos de la obra se utiliza poliestireno de alta densidad a fin de obtener un mayor aislamiento acústico y térmico además de aligerar considerablemente las cargas muertas de la edificación (Quoc y Kishi, 2006).

Losa de bovedilla. - Para hacer una losa más económica y liviana se puede recurrir a los elementos portantes y mezclas, como viguetas o perfiles de acero, ladrillos y hormigón pobre (Lorenti, 2011).

Este tipo de construcción llamada bovedilla se utiliza desde tiempos remotos en la construcción, no sólo por cuestiones financieras, sino porque se presenta como una solución rápida, liviana, de fácil ejecución y no requiere de maquinaria pesada para su armado (Jacobs, 2008).

Una de las desventajas es que las luces a cubrir tienen que ser relativamente inferiores a las proyectadas en estructuras independientes de hormigón armado y siempre vamos a requerir de un punto de apoyo que puede ser un muro portante o bien vigas o columnas. Así mismo, se puede cubrir luces de hasta 6.00 metros, obviamente hay que tener en cuenta cuál será la carga que soportará. (Castañeda y Mieles 2016)

La tendencia de la construcción moderna dirigida hacia el menor costo, cambiando los antiguos patrones de elementos rígidos y pesados por elementos sencillos de mejor trabajo estructural dio a lugar al empleo de materiales que el avance tecnológico colocó en disponibilidad como es el caso de los derivados petroquímicos, la espuma de poliestireno (EPS) surge de la necesidad primordial de contar con un material en los elementos de concreto reforzado que aligera la estructura optimizando el uso del acero de refuerzo y el mismo concreto.

De esta primera necesidad surge la primera aplicación del EPS en los sistemas de losa reticular integrándose como aligerante en la sección de losa que no está sujeta a ningún esfuerzo mecánico (Anónimo, 2015).

A partir de esta primera aplicación, el constructor ha venido aprovechando el concepto de aligeramiento en el peso total de la estructura, fomentado por los ingenieros estructuristas al observar las condiciones sísmicas y propiedades mecánicas del uso existente. (Aguiar 2014)

Su empleo más generalizado en la industria de la construcción en forma de muros divisorios, cielo falso, ductos de aire acondicionado, aislamiento, marinas flotantes, muros de carga, losas, etc.

En cimentación, en estructura y en mano de obra por la facilidad y rapidez de su instalación. Ofreciendo protección adicional en sismos. Las bovedillas de aislantes y empaques se fabrican de Poliestireno Expandido en las dimensiones adecuadas para trabajar en los sistemas constructivos de vigueta prensada o semivigueta, utilizados en losas de azotea y entrepisos proporcionándoles ligereza y gran resistencia estructural a bajo costo. (Nilson et al. 2010)

El uso de la bovedilla proporciona un aislamiento adicional que permite el ahorro importante en el consumo de energía eléctrica para lugares con acondicionamiento de aire.

La bovedilla de poliestireno, es un elemento que en complemento con viguetas pretensadas o de alma abierta, forman un sistema de losas prefabricadas cuya principal función, es la de eliminar todo el peso posible en la estructura para las losas de entrepiso y azotea. (Lituma & Zhunio, 2015)

Placas de poliestireno. – Las placas aislantes de poliestireno expandido son según (Bustamente, 2011) un material con mucha aceptación en la industria de la construcción en el revestimiento térmico de muros, cubiertas y cimentaciones de frigoríficos, edificios, naves industriales, locales comerciales y casas por su gran resistencia al paso del calor, sus excelentes propiedades de resistencia estructural con respecto a su ligereza y por su bajo costo de adquisición e instalación.

Además de sus características importantes como la baja absorción y retención de agua sin permitir el crecimiento de hongos o bacterias.

La materia prima con que se elabora este producto contiene aditivos que no permiten la propagación de flama. La placa aislante, es producto del corte de grandes bloques de poliestireno expandido. Estos bloques son obtenidos a partir de la expansión controlada de perlas de poliestireno expansible. Las placas de poliestireno admiten una gran diversidad de productos de revestimiento, desde mortero común hasta pinturas y pastas libres de solventes, para dar atractivos acabados lisos o texturizados. (Reineck 2002)

Las construcciones de puentes, carreteras o el mejoramiento del suelo para las cargas, nunca fue tan fácil y seguro con la aplicación de bloques de poliestireno.

2.3.8.6. Ventajas del poliestireno

La industria de la construcción es una de las que ha sabido aprovechar muchos de estos beneficios (Gómez, 2001). Entre los que tenemos:

- Es liviano, al tener su volumen estar compuesto por un 98% de aire y un 2% de poliestireno.
- No absorbe la humedad.
- No se recalienta ni se enfría.
- Es un excelente aislante térmico.
- Tiene gran capacidad de amortiguación a los golpes.
- Es resistente a los hongos y a los parásitos.
- Buen aislante térmico.
- Mejora el aislamiento acústico.
- Excelente aligerante de estructuras.

2.3.8.7. Amigable con el medio ambiente

Aunque el poliestireno expandido (EPS) es un plástico, material que no tiene una buena relación con el medio ambiente por sus efectos dañinos, este material con un correcto reciclaje puede disminuir considerablemente el impacto ambiental (Schlaich et al. 1987).

Los puntos más destacables son:

- No emite gases tóxicos a la atmosfera.
- La afectación a la capa de ozono en el proceso de elaboración y durante su uso es nula.
- No contamina las capas freáticas, ni el suelo, por lo tanto, se lo puede incorporar para mejorar la capacidad de drenaje del terreno.
- Como aislante en las edificaciones, ya sean viviendas o departamentos, logra un importante ahorro de energía, lo que permite minimizar el gasto de los costos por consumo eléctrico.
- Reduce las emisiones de dióxido de carbono hacia la atmosfera.
- Es 100% reciclable y reutilizable. (Wight y MacGregor 2012)

2.3.8.8. Proceso de reciclado del poliestireno expandido (EPS)

1. Recepción del EPS
2. Triturado del material.
3. Se peleteiza⁶.

2.3.9. Revestimiento exterior

Anteriormente, se dieron dos tipos de revestimientos: los continuos basados en yeso o la cal que se aplican sobre parámetros de paredes y techo, y de pequeños elementos, baldosas o piezas de madera con los que se revestían los suelos (Delgado C. , 2016).

En la actualidad la gama es mucho más amplia y hay que añadir una larga serie de semiproductos y componentes (Wight y MacGregor 2012).

A partir de principios del siglo XIX, el concepto de revestir para ennoblecer y proteger la construcción no puede ya prescindir de la nueva instancia de la verdad

⁶ La peletización es el proceso de comprimir o moldear un material en forma de una bolita.

de las estructuras y los materiales. La idea de revestimiento oscila entre los extremos de enmascarar y revelar la construcción. (Gómez, 2001)

Algunas corrientes históricas sitúan el origen del revestimiento, como tal, en la Inglaterra del siglo XVI, donde según (Kuramoto y Nishiyama 2004) se empezó a aplicar en algunos hogares, sobre todo en las secciones interiores – inferiores de paredes de piedra, para así, contrarrestar efectos externos como el frío y la humedad. A lo largo del siglo XVIII y XIX, el revestimiento ya pasa a formar parte de un entorno informal.

El revestimiento tradicional era de madera y consistía en láminas de resorte y ranuras ancladas verticalmente en la pared con una altura que oscilaba entre los 100 y los 150 cm (Eiros Prefabricados de Hormigón, 2017).

Durante la década de 1900 empezó a crearse la tendencia de aumentar esta altitud de los revestimientos, sobre todo en los comedores. El material preferido utilizado como revestimiento era la tela, incluyendo yute, ramio y lino (Albiño, 2015).

Los revestimientos en arquitectura se pueden definir como todo elemento superficial que, al aplicarlo sobre la cara de otro elemento constructivo, protege y mejora su aspecto estético, así como otras propiedades técnicas.

Para la construcción y la decoración, el revestimiento se convierte en una capa o cubierta de un material específico que se utiliza para la protección o la decoración de las paredes, el techo o el suelo utilizado. Además, es el elemento que influye, en gran medida, en la terminación de los edificios, tanto en el diseño interior como en la imagen exterior que se le quiera dar al edificio, siendo una de las principales tareas de los profesionales, arquitectos, interioristas o decoradores, elegir correctamente los acabados o materiales de revestimiento para su vivienda. (Aznar et al. 2008)

Hay diversidad y hasta sofisticación, hoy disponibles en el mercado, para que el acabado de las superficies de la casa tanto interior como exterior resulten de alta calidad.

Es habitual que, cuando ha transcurrido el tiempo este denota deterioro en la superficie de las paredes y se opte por un revestimiento que oculte los años. (Garzón 2013)

Sin embargo, uno de los principales errores que a lo largo de los años se ha ido observando en el momento de elección de estos sistemas es basarse únicamente en la estética.

Bien es cierto que los resultados estéticos son fundamentales, sin embargo, cuando se entienden de manera aislada pueden generar una serie de errores e inconsistencias coyunturales que pueden tirar a la basura todo un proyecto (Rasoul y Bakhshayesh 2013).

De este modo, si la estética es esencial, el uso que se le va a proporcionar a ese material es importante, como adiciones funcionales a la arquitectura de la casa. Los revestimientos hacen funciones ambientales interiores y exteriores, por ejemplo, un acabado podría ser el adecuado para un parámetro vertical (una pared) y, sin embargo, estar totalmente contraindicado para un suelo por su escasa resistencia mecánica a la abrasión o al rozamiento. (Soto 2012)

En la actualidad, (Rasoul et al. 2016) refiere que se están desarrollando una gran cantidad de innovaciones en estos sistemas que permiten elegir todo tipo de materiales, como los cerámicos, la madera, el papel, la piedra, el vinilo y otros que permiten elegir el que mejor se adapte a dicho proyecto, tanto estéticamente como en sus funciones técnicas.

Los revestimientos son las terminaciones superficiales, que otorgan continuidad, sirven de decoración y protección, para su correcta colocación deben cumplir con las siguientes pautas (Banchón, 2007):

- ✓ Ofrecer seguridad ante eventuales desprendimientos.
- ✓ Deben elegirse los morteros adecuados para evitar las fisuras o agrietamientos de la fábrica o el revestimiento, cualquiera que sea.
- ✓ Observar la disposición adecuada de las juntas de dilatación y contracción.
- ✓ Analizar el eventual empleo de aditivos en los morteros o pastas específicas que garanticen el correcto comportamiento de los mismos.

2.3.9.1. Clasificación de revestimientos

Los revestimientos incluyen materiales como los cerámicos, la madera, el papel (se utiliza para empapelar) y la pintura. Es posible instalar el revestimiento tanto en el interior como en el exterior de la vivienda (Castañeda y Mieles 2017).

- Revestimientos de Piedra Natural
- Revestimiento de Piedra Artificial
- Revestimiento con Piezas Cerámicas
- Revestimiento Continuos

El revestimiento exterior, por otra parte, también cumple con una importante función a parte de la excelente estética que es la protección de la construcción.

El ladrillo, el mármol y la teja están entre los materiales más populares. No obstante, tampoco podemos pasar por alto muchos tipos de revestimiento para el uso en el exterior de la fachada de cualquier edificación. Entre los que tenemos los estucos⁷, la cal, los áridos o enlucidos. Con cualquiera de los mismos lo que se consigue es que aquella no sólo luzca un mejor aspecto sino además que se encuentre impermeabilizada o con una protección de sus muros mucho más duradera. (Marcus y Thiers 2015)

No solo las casa o edificios necesitan revestimiento, también las piscinas necesitan contar con un revestimiento. En su caso también hay multitud de materiales para que sobresalen, de forma especial los cerámicos.

Este se crea a partir del PVC y en los últimos años ha conseguido ser un material con mucha demanda por su flexibilidad y cuenta con diversidad de diseños en el mercado, además de buena relación entre calidad y precio (Castañeda y Mieles 2017).

2.3.10. Aditivos

Los aditivos se emplean cada vez en mayor escala en la fabricación de morteros y hormigones, para la elaboración de productos de calidad, en procura de mejorar las características del producto final.

⁷ Pasta de grano fino compuesta de cal apagada, mármol pulverizado, yeso, pigmentos naturales, etc.

El aditivo es una sustancia química, generalmente dosificada por debajo del 5% de la masa del cemento, distinta del agua, los agregados, el cemento y los refuerzos de fibra, que se emplea como ingrediente de la pasta, del mortero o del concreto, y se agrega al conjunto antes o durante el proceso de mezclado, con el fin de modificar alguna o algunas de sus propiedades físicas, de tal manera que el material se adapte de una mejor forma a las características de la obra o las necesidades del constructor. (Arcos, 2016)

No se trata en ningún modo de aditivos del cemento, pues la misión del aditivo no consiste en mejorar el cemento, sino en permitir la transformación o modificación de ciertos caracteres o propiedades de un producto acabado, que, según los casos, puede ser un hormigón, un mortero o una lechada para inyecciones.

Los aditivos del concreto son productos capaces de disolverse en agua, que se adicionan durante el mezclado en porcentajes no mayores a 5% de la masa de cemento, con el propósito de producir una modificación en el comportamiento del concreto en su estado fresco y/o en condiciones de trabajo (Reineck 2002).

Son productos que introducidos en el hormigón permiten modificar sus propiedades en una forma considerable de ser prevista y controlada, agregados en pastas, morteros y hormigones en el momento de la fabricación, mejorando sus propiedades (MacGregor 2002).

En resumidas cuentas, el aditivo no se limita a actuar sobre el cemento, sino que su acción se ejerce sobre los tres componentes de la mezcla: el árido o agregado, el cemento y el agua. En esta acción influye en gran manera la naturaleza y la dosificación de cada uno de esos componentes. (Nilson et al. 2010)

Aun cuando los aditivos son un componente eventual del hormigón, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables.

De esta forma su uso estará condicionado por:

1. Que se obtenga el resultado deseado sin tener que variar sustancialmente la dosificación básica.
2. Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del hormigón.
3. Que un análisis de costo justifique su empleo.

Clasificación de los aditivos según la norma ASTM 494 (Novak 2010)

- Tipo A: Reductor de agua
- Tipo B: Retardador de fraguado
- Tipo C: Acelerador de fraguado
- Tipo D: Reductor de agua y retardador
- Tipo E: Reductor de agua y acelerador
- Tipo F: Reductor de agua de alto efecto
- Tipo G: Reductor de agua de alto efecto y retardador

Clasificación de los aditivos según el Centro Tecnológico del Hormigón (C.T.H.)

Se clasifican en: retardador de fraguado, acelerador de fraguado y endurecimiento, plastificante, plastificante – retardador, plastificante – acelerador, superplastificante, superplastificante retardador e incorporador de aire.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente proyecto se usaron diversos tipos de investigación orientados a recopilar los datos necesarios que cumplan los objetivos planteados en el capítulo anterior. Es así que se analizarán los resultados para su posterior interpretación y validación.

La población para la que va dirigida la investigación se considera de clase media que conforman en un gran porcentaje al que va destinado los elementos a desarrollar, logrando establecer las necesidades, prioridades y resultados que tienen como finalidad los distintos tipos de investigación que se van a considerar.

3.1. Metodología

La metodología de la investigación se basa en el manejo y desarrollo de técnicas, que ayuda a precisar los procedimientos encargados y destinados a la generación del conocimiento.

Con la finalidad de orientar y enfocar un documento investigativo, en donde, es necesario la recopilación y clasificación de datos para obtener resultados más eficientes, que tengan validez científica acorde a las normas vigentes nacionales que se rijan en la actualidad. (Coelho, 2011)

En este sentido, un proyecto de investigación se relaciona proporcionalmente a la metodología, ya que expone y describe criterios adaptables, sea esta cuantitativa o cualitativa.

Es menester indicar que esta investigación es de tipo experimental ya que de los datos medidos se obtienen resultados cercanos a la realidad del comportamiento del material a evaluar, en este caso el mortero que incluye poliestireno expandido (Albiño, 2015).

La investigación realizada también es considerada de tipo transversal y comparativa, ya que los datos se obtuvieron en único momento con una dosificación explícita, con los cuales se puede realizar una comparativa de varios parámetros importantes en la evaluación de este proyecto y por ende es explicativa por lo que

determinará las relaciones entre las variables, estableciendo factores que pueden explicar el comportamiento del poliestireno expandido.

3.2. Enfoque de la investigación

Este proyecto consideró aspectos en enfoques cuantitativos y cualitativos, en el primer enfoque se identificará un fenómeno mediante respuestas cuantificadas es decir referentes a la cantidad, mientras que en el segundo se valorará los conceptos en alusión a la propuesta (Santacruz, 2020).

3.3. Tipo de Investigación

Por los resultados a obtener, el tipo de investigación que se requiere es la de campo y experimental, que a continuación se definen de la siguiente manera:

La **investigación de campo** es la recopilación de datos nuevos de fuentes primarias para un propósito específico. Es un método cualitativo de recolección de datos encaminado a comprender, observar e interactuar con las personas en su entorno natural (Albiño, 2015).

Este tipo de investigación se efectuó en la ciudad de Guayaquil, a través de una encuesta donde se realizarán preguntas a un determinado grupo de personas para la recopilación de datos.

La **investigación experimental** es la alteración de una variable experimental o varias al mismo tiempo, en un ambiente estrictamente vigilado por la persona que realiza el experimento (Perez, 2008).

Este tipo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil con el fin de realizar ensayos físicos y mecánicos a los distintos materiales que formarán parte del producto final y al modelo en sí.

La **investigación documental** es una compilación de documentos escritos, audiovisuales o de cualquier índole, que sirvan de muestra o de memoria de los eventos ocurridos y permitan indagar en busca de conclusiones posteriores (Uriarte, 2020).

Este tipo de investigación se realizó en el transcurso de la exploración, con apuntes, registro fotográfico, citas de los distintos personajes que influyeron para la elaboración y documentación a lo largo del proceso de este proyecto.

El diseño de la **investigación descriptiva** es un método científico que implica observar y describir el comportamiento de un sujeto sin influir sobre él de ninguna manera.

Es frecuentemente usada como antecedente a los diseños de investigación cuantitativa, representa el panorama general destinado a dar algunos valiosos consejos acerca de cuáles son las variables que valen la pena probar cuantitativamente. (Shuttleworth, 2008)

Este tipo de investigación la pondremos en funcionamiento al momento de las pruebas finales que se les harán a los moldes con diferentes dosificaciones.

3.4. Técnicas de investigación

Por medio de estos tipos de investigación se establece las siguientes técnicas:

Observación: "Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso, tomar información y registrarla para su posterior análisis"

Las muestras tomadas para definir la óptima dosificación de la fachaleta estuvieron sujetas a esta técnica de investigación ya que es necesario observar a medida que pasan los días determinados por la norma ASTM para realizar cada uno de los ensayos y tomar nota de los resultados. (Ferrer, 2010).

Generalmente, está caracterizado por la recopilación de percepciones visuales, sensoriales y emocionales, las cuales se dan en la primera exposición del proyecto, el panel polifuncional (Sotomayor, 2020).

Por ello la atención en las reacciones intuitivas de los beneficiados, son los datos investigativos que se obtienen a partir de esta herramienta.

La Encuesta: Es el conjunto de preguntas especialmente diseñadas y pensadas para ser dirigidas a una muestra de población, que se considera representativa, con el

objetivo de conocer la opinión de la gente sobre determinadas cuestiones (Definición ABC, 2017).

En este proyecto de investigación se adjunta una encuesta que consta de 10 ítems, preguntas de opción múltiple de varias respuestas y limitadas, cuyas respuestas son de selección en base a la escala de Likert, opciones que miden los diferentes niveles de afirmación y negación, por lo que se puede obtener y evaluar la percepción de mercadeo y en casos favorables la aceptación de un nuevo producto, generando en base a un panel polifuncional una perspectiva global del proyecto. (Sotomayor, 2020)

En otras palabras, se puede referir a preguntas explícitas que exploran diferentes ámbitos, que dará como resultado datos que serán procesados y analizados para evaluar la tendencia de un considerable porcentaje de consumidores y profesionales de la construcción, indicando así si los elementos decorativos como las fachaletas poseen lugar dentro del mercado nacional beneficiando al consumidor.

Análisis y Experimentación: Se refiere a los diversos ensayos en base a los parámetros indicados en los objetivos tanto general como específicos de esta investigación. (Santacruz, 2020)

Se realizará un análisis experimental en un laboratorio bajo condiciones controladas a las muestras tomadas en los cilindros con diferentes dosificaciones, con ensayos según normas ASTM. Cada uno de los materiales que componen las muestras como son la piedra y la arena serán analizados en el laboratorio de estructuras de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, denominado “CEINVES” Centro de Investigación. Se realizarán diferentes ensayos físicos y mecánicos como, por ejemplo: ensayo de absorción de los materiales, granulometría de materiales finos y determinación de masa volumétrica de materiales, entre otros.

3.5. Población, muestra y recolección de datos.

3.5.1. Población

Se refiere a un grupo específico de investigación, mediante el cual se podrá obtener información válida que responderá a la propuesta de este proyecto de titulación, y a través del panel polifuncional determinando el nivel de aceptación de las fachaletas

propuestas en el mercado como producto técnico y científico (Asanza, 2009). Para este proyecto se debe indicar que el público designado será escogido en base a criterio del autor, así como la cantidad de personas que intervendrán, incluso las identidades, ya que esta recolección de datos está en base a la capacidad y disponibilidad de recursos para la respectiva tabulación y muestra de gráficos estadísticos comprensibles para los lectores.

La población escogida para este análisis son los habitantes de la Parroquia Tarqui, Cantón Guayaquil en donde según el INEC, basado en el censo del año 2012 se tiene que el número de habitantes corresponde a: 1' 050 826.

3.5.2. Tamaño de la muestra.

Este parámetro es imprescindible para este proyecto de investigación ya que hallarlo de manera correcta corresponde a una encuesta realmente confiable y representativa, lo que la hace valiosa (Banchón, 2007).

Se debe expresar que no se debe perder valiosos recursos como tiempo y dinero al tener una muestra demasiado grande y también se recalca que una muestra pequeña no proporcionará información confiable.

Por todas estas razones se procederá a calcular una muestra adecuada y representativa.

3.5.2.1. Proceso de Muestreo.

Fórmula de población finita: (Sampieri et al., 2012).

$$n = \frac{(N * [Z]^2 * p * q)}{(e^2) * (N - 1) + [Z]^2 * p * q}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra buscado.

N: Tamaño de la población o universo

Z: Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC).

| | | |
|---|--------|-------|
| | 90,00% | 1.645 |
| Z | 95,00% | 1.96 |
| | 99,00% | 2.576 |

e: Error de estimación máximo aceptado

p: Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito).

q: Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

Cálculo Datos:

N = Población: 1' 050 826 personas.

Z= Nivel de confianza: 95%= 1.96

E= 5% = error máximo admisible = margen de error: 0.05

P= Probabilidad de éxito: 50%=0.50 (máximo)

Q= Probabilidad de fracaso= 0.49

$$n = \frac{(N * [Z]^2 * p * q)}{(e^2) * (N - 1) + [Z]^2 * p * q}$$

$$n = \frac{(1'050\ 826 * [1.96]^2 * 0.50 * 0.49)}{(0.05^2) * (1'050\ 826 - 1) + [1.96]^2 * 0.5 * 0.49}$$

$$n = 376.34$$

Al ser personas se procederá a redondear a 376 habitantes que deberán ser encuestadas. Y entre las técnicas o herramientas de investigación se tiene: Observación, Encuesta, Softwares, Población y la muestra.

3.5.3. Elaboración de Encuesta.

3.5.3.1. Formato de Encuesta



Universidad Laica Vicente Rocafuerte de
Guayaquil
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
Carrera de Arquitectura



FACULTAD
INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN

ENCUESTA

La siguiente encuesta tiene el fin de determinar la aceptación de un nuevo tipo de fachaleta en el mercado compuesta de mortero que incluye poliestireno expandido (EPS).

Fecha: / / 2020 **Encuesta N°**

Nombre:

| | | | | | | | | | |
|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|----------|--|
| 18-25 | | 26-33 | | 34-41 | | 42-50 | | 51 o más | |
|-------|--|-------|--|-------|--|-------|--|----------|--|

Edad:

Profesión:

Sexo:

| | |
|-----------|--|
| Masculino | |
| Femenino | |

1.- ¿Está usted de acuerdo con el uso de un producto derivado del petróleo para que sea usado como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

2.- ¿Consideraría necesario el uso de materiales reciclados en la fabricación de fachaletas, para contrarrestar la acumulación de desechos que afecten directamente al medio ambiente?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

3.- ¿Consideraría usted que el mal uso del poliestireno expandido “EPS” (material espumoso con aprox. 98% de aire = espumafón) significaría un problema al medio ambiente si no se lo reutiliza correctamente?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

4.- ¿Ha escuchado sobre el uso de fachaletas (piedras naturales o artificiales como revestimiento exterior) como material de construcción decorativo en las fachadas exteriores de las viviendas?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

5.- ¿Cree usted que sería útil usar fachaletas que reduzcan en cierta medida la captación calorífica (rayos solares) en la vivienda?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

6.- ¿Está usted conforme con las características que se encuentran en el mercado de las fachaletas existentes (piedras artificiales y naturales de mayor peso y de alta incidencia a la captación de rayos solares, al no contar con el EPS)?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

7.- ¿Le gustaría que exista en el mercado un producto que sirva como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas, el cual sea ligero, resistente, con mayor durabilidad y amigable con el medio ambiente?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

8.- Si conoce la existencia de una fachaleta a base de mortero que incluye poliestireno expandido y dentro de sus propiedades cuenta con la reducción del ruido exterior y del calor, ¿estaría dispuesto a usar este material en la fachada exterior de su vivienda?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

9.- ¿Estaría dispuesto a adquirir una fachaleta de mayor costo, pero con mejores beneficios como la reducción del peso propio, aislamiento acústico, térmico, resistencia, durabilidad, amigable con el medio ambiente comparadas con las ya existentes en el mercado?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

10.- ¿Consideraría recomendar a sus amigos y/o conocidos la fachaleta a base de mortero que incluye poliestireno expandido?

| | |
|--------------------------|--|
| Totalmente de acuerdo | |
| De acuerdo | |
| Medianamente de acuerdo | |
| En desacuerdo | |
| Totalmente en desacuerdo | |

Fachaleta: es un ladrillo decorativo, un tipo de revestimiento que se adhiere a la pared.

3.5.3.2. Recolección y procesamiento de datos

Pregunta 1: Tipo de Sexo

Tabla 3

Resultados pregunta 1.

| TIPO DE SEXO | | |
|---------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| MASCULINO | 178 | 47% |
| FEMENINO | 198 | 53% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota: Esta tabla representa la cantidad acorde al tipo de sexo de las personas encuestadas.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

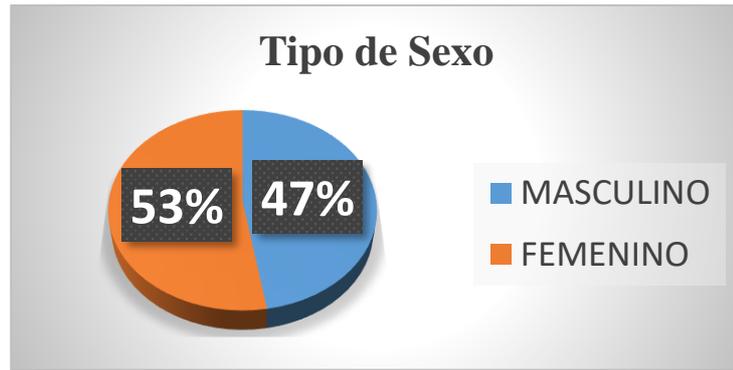


Gráfico 1 Tipo de Sexo de los encuestados.

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 53% de la población encuestada es del sexo femenino, y el 47 % corresponde al sexo masculino. Con esto se puede deducir que el porcentaje de encuestados es aproximadamente equitativo.

Además, es necesario recalcar que muchos de los encuestados fueron estudiantes y profesionales de las carreras de ingeniería civil y arquitectura de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil y de varias empresas públicas y privadas del sector de la construcción.

Pregunta 2: Rango de Edad

Tabla 4

Resultados pregunta 2.

| RANGO DE EDAD | | |
|----------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| 18-25 | 96 | 26% |
| 26-33 | 85 | 23% |
| 34-41 | 90 | 24% |
| 42-50 | 85 | 23% |
| 51 o más | 20 | 5% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota: Esta tabla representa el rango de edad de las personas encuestadas.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

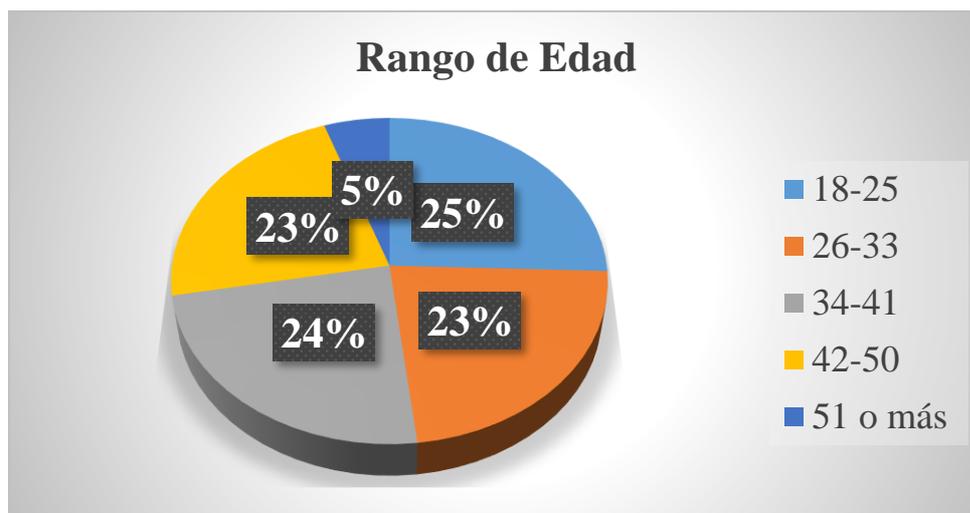


Gráfico 2 Rango de Edad de encuestados

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: La población encuestada se encuentra en edades de 18 a 25 años de edad que representa un 25%. Se recalca que esto se debe a que la mayoría de encuestados fueron estudiantes y profesionales recién graduados, a más de profesionales que ejercen su profesión en el campo de la construcción.

Pregunta 1 de la Encuesta: ¿Está usted de acuerdo con el uso de un producto derivado del petróleo para que sea usado como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas?

Tabla 5

Resultados pregunta 1 de la encuesta.

| PREGUNTA 1 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 94 | 25% |
| DE ACUERDO | 111 | 30% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 92 | 24% |
| EN DESACUERDO | 60 | 16% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 19 | 5% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

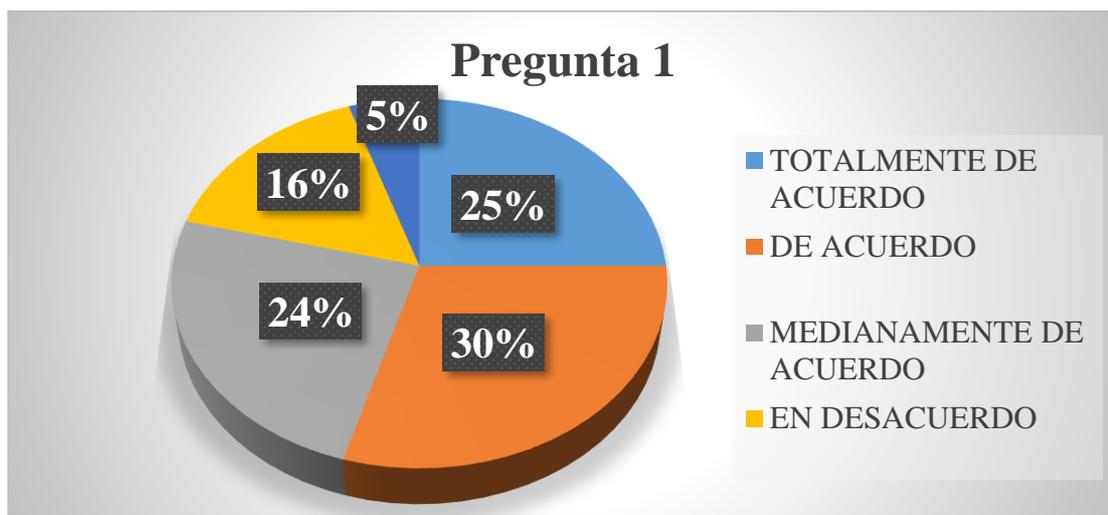


Gráfico 3 Resultados de la pregunta 1 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 30% de la población encuestada se encuentra De acuerdo con el uso de un producto derivado del petróleo para que sea usado como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas, sin dejar de lado que el 25% más de la población encuestada está Totalmente de acuerdo.

Pregunta 2 de la Encuesta: ¿Consideraría necesario el uso de materiales reciclados en la fabricación de fachaletas, para contrarrestar la acumulación de desechos que afecten directamente al medio ambiente?

Tabla 6

Resultados pregunta 2 de la encuesta.

| PREGUNTA 2 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 163 | 43% |
| DE ACUERDO | 67 | 18% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 63 | 17% |
| EN DESACUERDO | 55 | 15% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 28 | 7% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

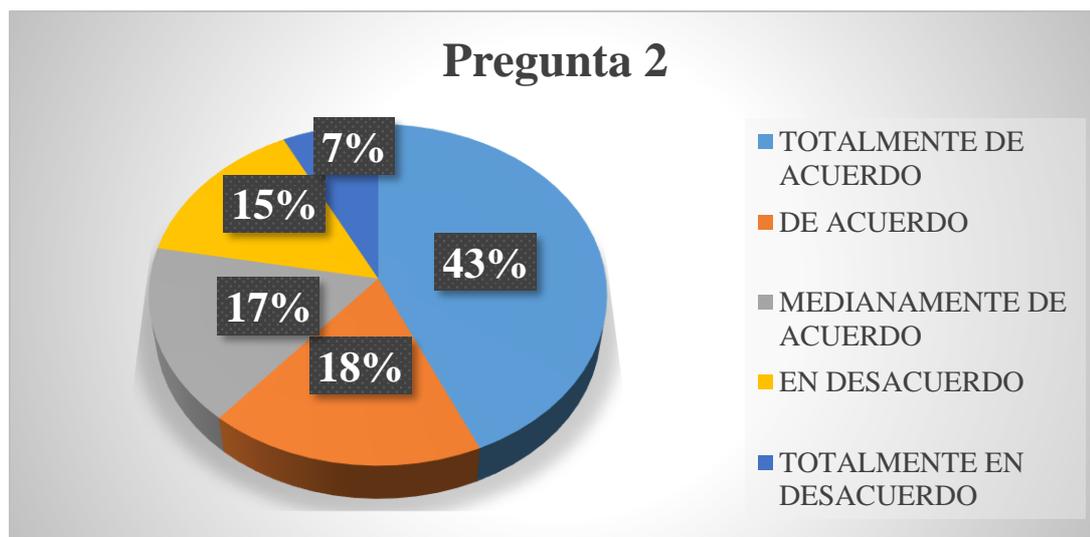


Gráfico 4 Resultados de la pregunta 2 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 43% de la población encuestada optó por el criterio Totalmente de acuerdo el uso de materiales reciclados en la fabricación de fachaletas, para contrarrestar la acumulación de desechos que afecten directamente al medio ambiente

Pregunta 3 de la Encuesta: ¿Consideraría usted que el mal uso del poliestireno expandido “EPS” (material espumoso con aprox. 98% de aire = espuma foam) significaría un problema al medio ambiente si no se lo reutiliza correctamente?

Tabla 7

Resultados pregunta 3 de la encuesta.

| PREGUNTA 3 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 61 | 16% |
| DE ACUERDO | 135 | 36% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 118 | 31% |
| EN DESACUERDO | 54 | 14% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 8 | 2% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

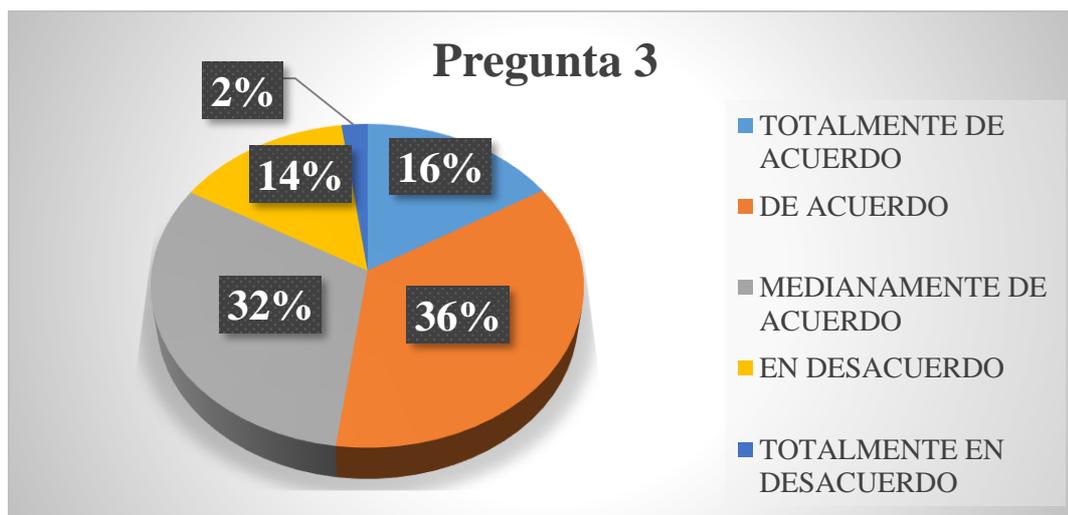


Gráfico 5 Resultados de la pregunta 3 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 36% de la población encuestada se encuentra Totalmente de acuerdo y el 32% optó por el criterio De acuerdo en que el mal uso del poliestireno expandido “EPS” (material espumoso con aprox. 98% de aire = espuma foam) significaría un problema al medio ambiente si no se lo reutiliza correctamente.

Pregunta 4 de la Encuesta: ¿Ha escuchado sobre el uso de fachaletas (piedras naturales o artificiales como revestimiento exterior) como material de construcción decorativo en las fachadas exteriores de las viviendas?

Tabla 8

Resultados pregunta 4 de la encuesta.

| PREGUNTA 4 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 62 | 16% |
| DE ACUERDO | 40 | 11% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 149 | 40% |
| EN DESACUERDO | 92 | 24% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 33 | 9% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

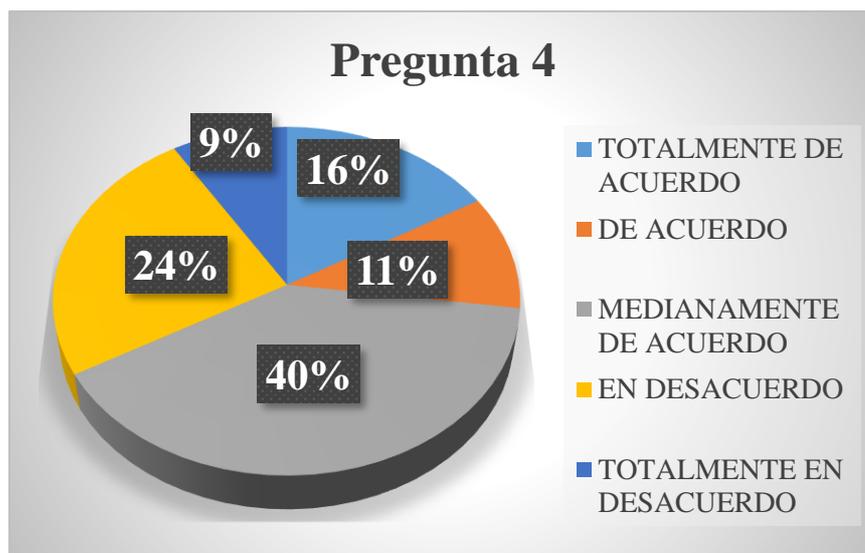


Gráfico 6 Resultados de la pregunta 4 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 40% de la población encuestada tiene conocimiento del uso de fachaletas (piedras naturales o artificiales como revestimiento exterior) como material de construcción decorativo en las fachadas exteriores de las viviendas

Pregunta 5 de la Encuesta: ¿Cree usted que sería útil usar fachaletas que reduzcan en cierta medida la captación calorífica (rayos solares) en la vivienda?

Tabla 9

Resultados pregunta 5 de la encuesta.

| PREGUNTA 5 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 256 | 68% |
| DE ACUERDO | 69 | 18% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 34 | 9% |
| EN DESACUERDO | 8 | 2% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 9 | 2% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

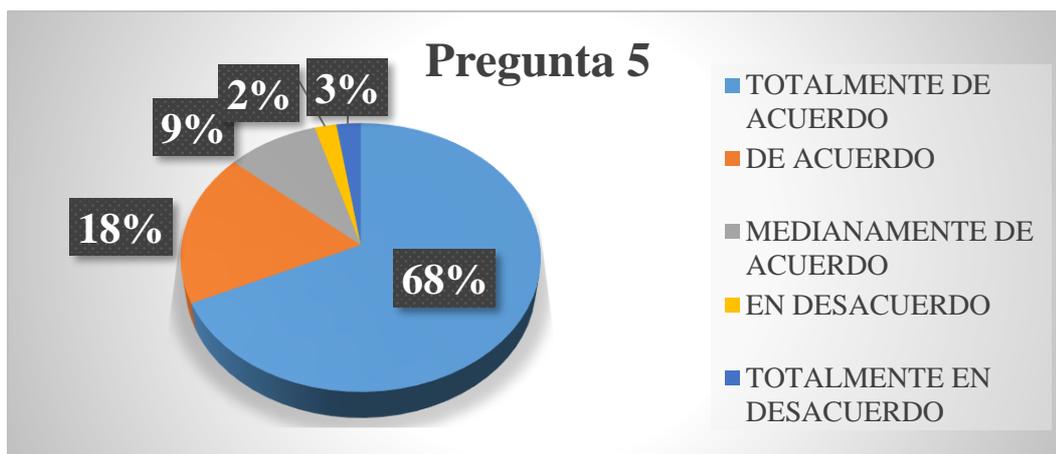


Gráfico 7 Resultados de la pregunta 5 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 68% de la población encuestada se encuentra Totalmente de acuerdo con que sería útil usar fachaletas que reduzcan en cierta medida la captación calorífica (rayos solares) en la vivienda, mientras que el 3% y el 2% corresponden en criterio Totalmente en desacuerdo y En desacuerdo respectivamente.

Pregunta 6 de la Encuesta: ¿Está usted conforme con las características que se encuentran en el mercado de las fachaletas existentes (piedras artificiales y naturales de mayor peso y de alta incidencia a la captación de rayos solares, al no contar con el EPS)?

Tabla 10

Resultados pregunta 6 de la encuesta.

| PREGUNTA 6 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 51 | 14% |
| DE ACUERDO | 37 | 10% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 74 | 20% |
| EN DESACUERDO | 59 | 16% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 155 | 41% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

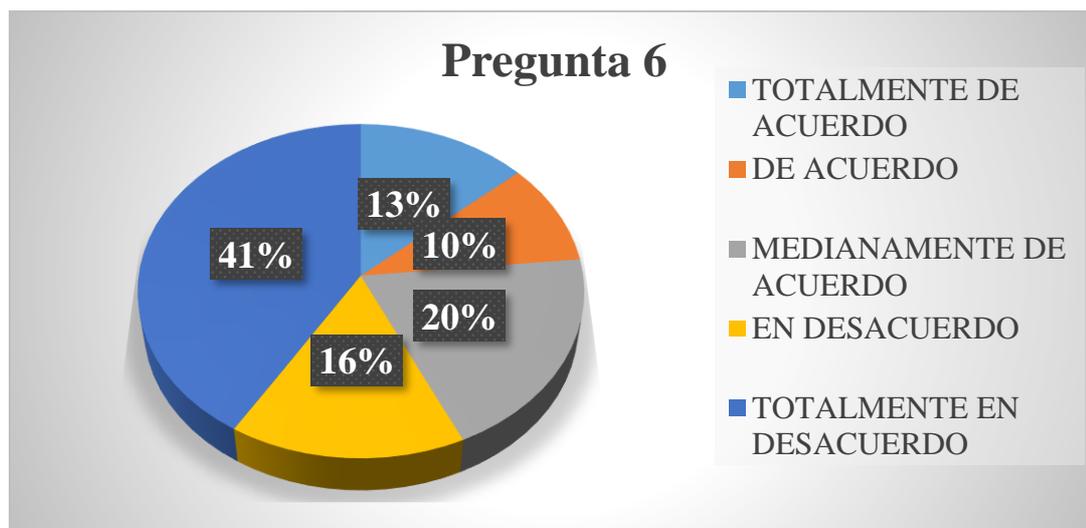


Gráfico 8 Resultados de la pregunta 6 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 41% de la población encuestada se encuentra Totalmente en Desacuerdo con las características que se encuentran en el mercado de las fachaletas existentes (piedras artificiales y naturales de mayor peso y de alta incidencia a la captación de rayos solares, al no contar con el EPS)

Pregunta 7 de la Encuesta: ¿Le gustaría que exista en el mercado un producto que sirva como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas, el cual sea ligero, resistente, con mayor durabilidad, económico y amigable con el medio ambiente?

Tabla 11

Resultados pregunta 7 de la encuesta.

| PREGUNTA 7 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 353 | 94% |
| DE ACUERDO | 19 | 5% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 2 | 1% |
| EN DESACUERDO | 1 | 0% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 1 | 0% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

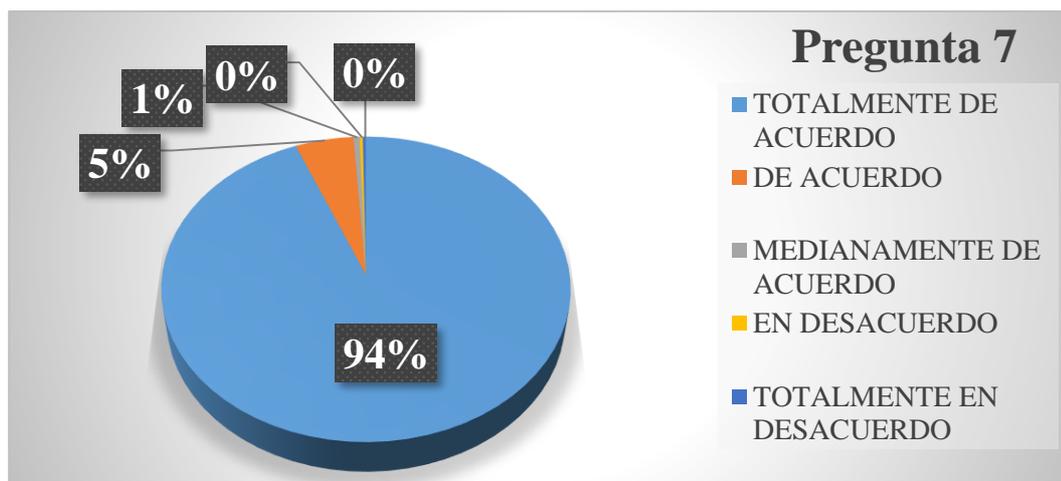


Gráfico 9 Resultados de la pregunta 7 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 94% de la población encuestada se encuentra Totalmente de acuerdo en que exista en el mercado un producto que sirva como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas, el cual sea ligero, resistente, con mayor durabilidad y amigable con el medio ambiente.

Pregunta 8 de la Encuesta: Si conoce la existencia de una fachaleta a base de mortero que incluye poliestireno expandido y dentro de sus propiedades cuenta con la reducción del ruido exterior y del calor, ¿estaría dispuesto a usar este material en la fachada exterior de su vivienda?

Tabla 12

Resultados pregunta 8 de la encuesta.

| PREGUNTA 8 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 267 | 71% |
| DE ACUERDO | 89 | 24% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 14 | 4% |
| EN DESACUERDO | 5 | 1% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 1 | 0% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

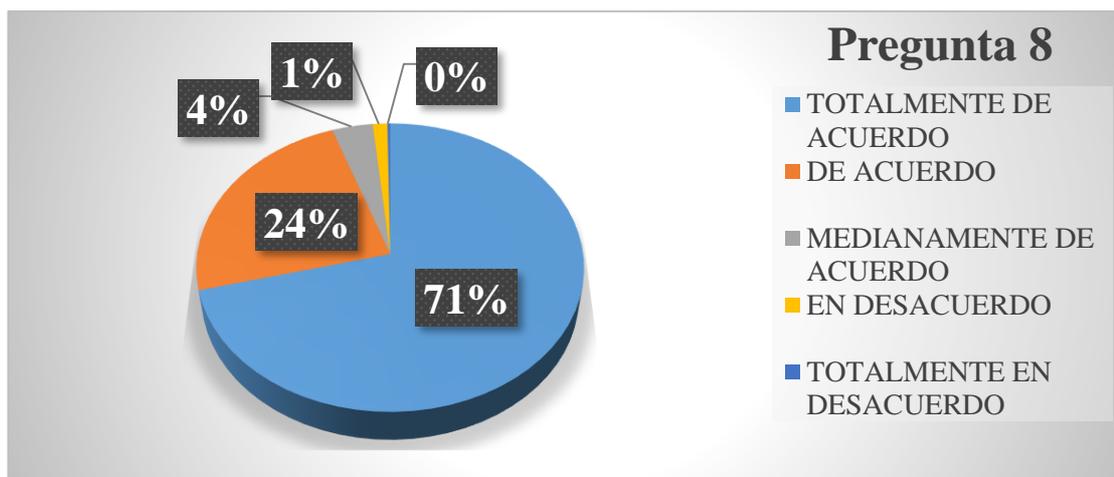


Gráfico 10 Resultados de la pregunta 8 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 71% de la población encuestada se encuentra Totalmente de acuerdo en la existencia de una fachaleta a base de mortero que incluye poliestireno expandido y dentro de sus propiedades cuenta con la reducción del ruido exterior y del calor, ¿estaría dispuesto a usar este material en la fachada exterior de su vivienda.

Pregunta 9 de la Encuesta: ¿Estaría dispuesto a adquirir una fachaleta de mayor costo, pero con mejores beneficios como la reducción del peso propio, aislamiento acústico, térmico, resistencia, durabilidad, amigable con el medio ambiente comparadas con las ya existentes en el mercado?

Tabla 13

Resultados pregunta 9 de la encuesta.

| PREGUNTA 9 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 183 | 49% |
| DE ACUERDO | 40 | 11% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 109 | 29% |
| EN DESACUERDO | 24 | 6% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 20 | 5% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

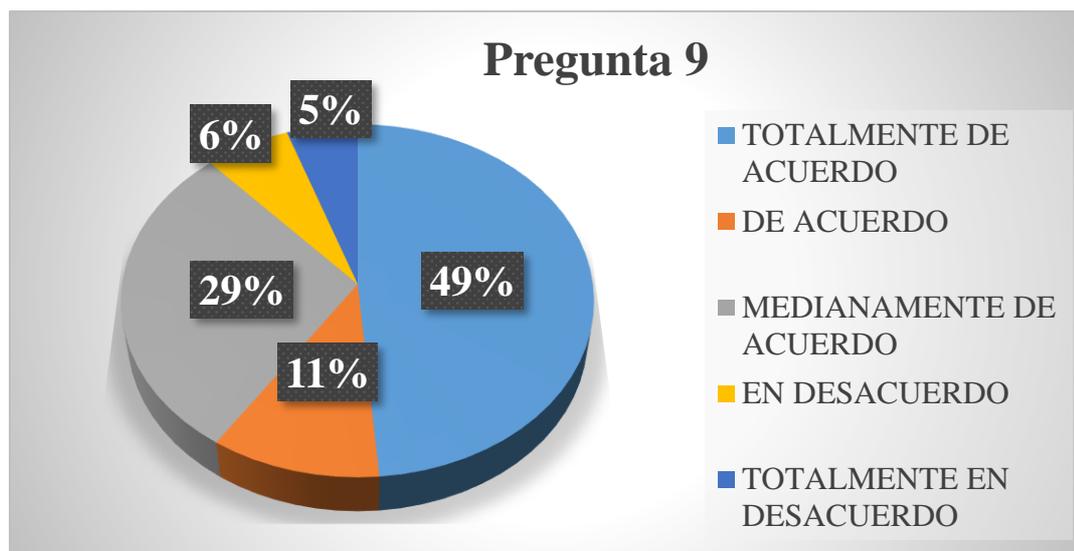


Gráfico 11 Resultados de la pregunta 9 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 49% de la población encuestada se encuentra Totalmente de acuerdo en adquirir una fachaleta de mayor costo, pero con mejores beneficios como la reducción del peso propio, aislamiento acústico, térmico, resistencia, durabilidad, amigable con el medio ambiente comparadas con las ya existentes en el mercado.

Pregunta 10 de la Encuesta: ¿Consideraría recomendar a sus amigos y/o conocidos la fachaleta a base de mortero que incluye poliestireno expandido?

Tabla 14

Resultados pregunta 10 de la encuesta.

| PREGUNTA 10 | | |
|--------------------------|-----------------|-------------------|
| OPCION | CANTIDAD | PORCENTAJE |
| TOTALMENTE DE ACUERDO | 349 | 93% |
| DE ACUERDO | 24 | 6% |
| MEDIANAMENTE DE ACUERDO | 3 | 1% |
| EN DESACUERDO | 0 | 0% |
| TOTALMENTE EN DESACUERDO | 0 | 0% |
| TOTAL | 376 | 100% |

Nota. Esta tabla representa el resultado en cantidad y porcentaje.

Fuente: Yagual, C. (2020).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

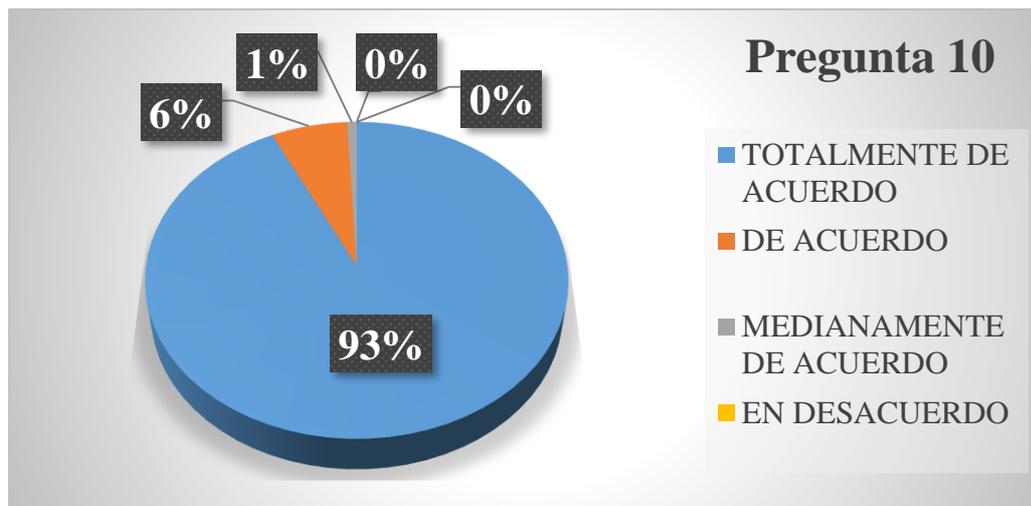


Gráfico 12 Resultados de la pregunta 10 de la encuesta

Fuente: Servidores Públicos de la Dirección de Obras Públicas de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Análisis: El 93% de la población encuestada se encuentra Totalmente de acuerdo en recomendar a sus amigos y/o conocidos la fachaleta a base de mortero que incluye poliestireno expandido.

3.5.4. Elaboración de Entrevista.

3.5.4.1. Formato de Entrevista



Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil
Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción
Carrera de Arquitectura



FACULTAD
INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN

ENTREVISTA

Proyecto de Investigación para titulación

Dirigido a: profesionales de la construcción que trabajen tanto en el sector público o sector privado.

Objetivo: Conocer la postura de la implementación de un nuevo tipo de fachaleta en el mercado compuesta de mortero que incluye poliestireno expandido (EPS).

1.- ¿Qué opina del uso de un producto derivado del petróleo para que sea usado como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas?

2.- ¿Qué opina del uso de materiales reciclados en la fabricación de fachaletas, para contrarrestar la acumulación de desechos que afecten directamente al medio ambiente?

3.- ¿Considera necesario medidas de prevención por el mal uso del poliestireno expandido “EPS” (material espumoso con aproximadamente 95% de aire= espumafón) y que signifique un problema al medio ambiente si no lo reutiliza correctamente?

4.- ¿Ha escuchado sobre el uso de fachaletas (piedras naturales o artificiales como revestimiento exterior) como material de construcción decorativo en las fachadas exteriores de las viviendas?

5.- ¿Cree usted que sería útil usar fachaletas que reduzcan en cierta medida la captación calorífica (rayos solares) en las viviendas?

6.- ¿Qué opina usted de las características que se encuentran en el mercado de las fachaletas existentes (piedras artificiales y naturales de mayor peso y de alta incidencia a la captación de rayos solares, al no contar con el EPS)?

7.- ¿Considera usted que el Gobierno Nacional, Municipios y empresas privadas están invirtiendo en proyectos de investigación de reciclaje y explotación de nuevos materiales que se mejoren las propiedades y a la vez sea amigable con el medio ambiente?

8.- ¿Considera una idea óptima el reemplazo del revestimiento tradicional por revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas, el cual sea ligero, resistente, con mayor durabilidad y amigable con el medio ambiente?

9.- ¿Desde el punto de vista profesional, ¿Recomendaría a sus colegas, clientes usar como revestimiento exterior una fachaleta a base de mortero que incluye poliestireno expandido y dentro de sus propiedades cuenta con la reducción del ruido exterior y del calor, reducción del peso propio, aislamiento acústico, térmico, resistencia, durabilidad, amigable con el medio ambiente comparadas con las ya existentes en el mercado?

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

3.5.4.2. Recolección y procesamiento de datos.

Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción

Carrera de Arquitectura

Entrevista realizada a: Ing. Liz Santacruz Figueroa

Supervisora de Obra

Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil

1.- ¿Qué opina del uso de un producto derivado del petróleo para que sea usado como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas?

Es muy importante tener en cuenta el adecuado proceso de extracción del material que se va a emplear para que no se afecte al medio ambiente.

2.- ¿Qué opina del uso de materiales reciclados en la fabricación de fachaletas, para contrarrestar la acumulación de desechos que afecten directamente al medio ambiente?

Considero muy atractiva la idea de reciclar y darle un diferente uso a la materia prima que se usará en este prototipo que se empleará como revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas.

3.- ¿Considera necesario medidas de prevención por el mal uso del poliestireno expandido “EPS” (material espumoso con aprox. 98% de aire = espumafón) y que signifique un problema al medio ambiente si no se lo reutiliza correctamente?

Por supuesto que es necesario que se incrementen medidas de mayor rigor en donde se sancione el mal uso del poliestireno expandido, para así poder tener un mejor control en el comportamiento y consecuencias de este material sobre el medio ambiente.

4.- ¿Ha escuchado sobre el uso de fachaletas (piedras naturales o artificiales como revestimiento exterior) como material de construcción decorativo en las fachadas exteriores de las viviendas?

Si las fachaletas aparecieron en la época moderna de revestimientos de exteriores de las viviendas, mejor conocidas como piedras naturales de revestimiento para fachadas, lo usual de este material es que son bien pesadas y su costo es un poco elevado, pero se puede observar súper llamativo y elegante para las viviendas.

5.- ¿Cree usted que sería útil usar fachaletas que reduzcan en cierta medida la captación calorífica (rayos solares) en la vivienda?

El mayor problema sobretodo en la ciudad de Guayaquil es el clima característico, que cada vez con el calentamiento global se aumenta la radiación solar sobre el planeta y afecta tanto en la salud como al planeta en sí. Por lo que dentro de las viviendas se ejerce captación calorífica directamente. Y si existiese revestimientos exteriores que disminuya este factor sería de gran ventaja sobre todo en climas tropicales.

6.- ¿Qué opina usted de las características que se encuentran en el mercado de las fachaletas existentes (piedras artificiales y naturales de mayor peso y de alta incidencia a la captación de rayos solares, al no contar con el EPS)?

Son regularmente buenas, aunque se tiene que optimizar el precio y sobre todo los beneficios que otorgan.

7.- ¿Considera usted que el Gobierno Nacional, Municipios y empresas privadas están invirtiendo en proyectos de investigación de reciclaje y explotación de nuevos materiales que se mejoren las propiedades y a la vez sea amigable con el medio ambiente?

Puedo destacar a las instituciones educativas tanto secundarias como universitarias ya que se enfocan en la investigación científica con proyectos que tienen gran potencial y que se pueden desarrollar cada vez más.

8.- ¿Considera una idea óptima el reemplazo del revestimiento tradicional por revestimiento exterior en las fachadas de las viviendas, el cual sea ligero, resistente, con mayor durabilidad y amigable con el medio ambiente?

Si porque se podrían reflejar mejores beneficios que los revestimientos de piedra natural sin descuidar el impacto que tendría con el medio ambiente.

9.- Desde el punto de vista profesional, ¿Recomendaría a sus colegas, clientes usar como revestimiento exterior una fachaleta a base de mortero que incluye poliestireno expandido y dentro de sus propiedades cuenta con la reducción del ruido exterior y del calor, reducción del peso propio, aislamiento acústico, térmico, resistencia, durabilidad, amigable con el medio ambiente comparadas con las ya existentes en el mercado?

Si este prototipo resulta ser tan beneficioso y cumple con las expectativas del consumidor en los ámbitos de confort, diseño y estructuralmente, claro que sí lo recomendaría.

3.6 Análisis de resultados

Los resultados fueron analizados para poder conocer si satisfacen o no a la hipótesis planteada y si se soluciona la problemática existente en este proyecto de investigación.

Se consideró si el producto final posee una reducción en su peso comparado a una piedra natural, por lo que se deberá evaluar el costo de producción final comparado a las fachaletas comerciales en el mercado, evaluar la optimización de las propiedades de los materiales, es decir si se garantiza la buena calidad y bajo costo en el diseño y fabricación de esta fachaleta.

Por lo que los resultados detallan si los futuros consumidores están interesados en adquirir elementos decorativos como la fachaleta con poliestireno expandido en sus proyectos de vivienda, se detalla la tendencia de los futuros consumidores en optar por un nuevo producto tanto como la calidad, diseño o precio, y además se muestra el porcentaje de personas que conocen acerca de los materiales que se usarán en la fabricación y diseño de este producto final.

El ciudadano común también en un gran porcentaje dijo estar dispuesto a utilizar fachaletas que incluyan poliestireno expandido siendo estos en el mercado una gran cuota de consumo .Se puede inferir a primera instancia, que la tendencia por lo estético incrementa e influye en gran porcentaje, ya que las ventajas que ofrecen el nuevo material sería un extra a la comercialización de la fachaleta, por esta razón es importante poder obtener además de estas relaciones, el costo bruto para poder determinar el precio de comercio y poder así establecer un producto nuevo, rentable, eficiente para los compradores interesados en renovar su vivienda. También, el marketing es una herramienta provechosa para el futuro comercio de un producto nuevo que se lance al mercado, por lo que se debe explotar los beneficios en proporción de las desventajas para obtener un índice notable.

Por eso es imprescindible, el análisis de resultados, ya que esto dictaminará el valor real de la inversión tanto monetaria, como energética de producción de la fachaleta como elemento decorativo y funcional para el mercado.

CAPÍTULO IV

4.1. Selección del prototipo.

Para la evaluación de los ensayos se realizaron diferentes muestras como:

- Muestra con la dosificación típica de mortero en la que lleva 100% de árido grueso y 0% de poliestireno expandido del porcentaje total calculado respectivo al árido grueso (M1)
- Muestra con la dosificación típica de mortero en que lleva 50% de árido grueso y 50% de poliestireno expandido del porcentaje total calculado respectivo al árido grueso (M2)
- Muestra con la dosificación típica de mortero en que lleva 25% de árido grueso y 75% de poliestireno expandido del porcentaje total calculado respectivo al árido grueso (M3)
- Muestra con la dosificación típica de mortero en que lleva 0% de árido grueso y 100% de poliestireno expandido del porcentaje total calculado respectivo al árido grueso (M4)

4.2. Materiales usados para la realización de muestras.

Para la realización del mortero típico y los 3 morteros con poliestireno expandido se coordinó con el Jefe de Laboratorio de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, el ingeniero Octavio Yépez, con la respectiva autorización se procedió ir el día sábado 8 de febrero del 2020 desde las 9h00 hasta las 14h00.

Los materiales a emplear fueron obtenidos en Ferretería Bellavista ubicada en la Avenida Barcelona y Calle Juan León Mera Martínez, frente al Parque Lineal, Cdla. Vista Alegre. Además, se emplearon implementos de seguridad como, por ejemplo: mandil, botas con punta de acero, guantes de plástico, mascarilla, para poder realizar los diversos ensayos que se tenían previstos para la mezcla de hormigón con poliestireno expandido.



Ilustración 2 Ferreteria Bellavista ubicada en la Avenida Barcelona y Calle Juan León Mera Martínez, frente al Parque Lineal, Cdla. Vista Alegre.

Fuente: Ferreteria Bellavista

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 3 Materiales usados en el Laboratorio de la UCSG.

Fuente: Ferreteria Bellavista

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

El hormigón está constituido de agregados finos, agregados gruesos, cemento y agua de mezclado en proporciones diferentes de acuerdo a normas como las ACI y ASTM. En este caso, el material agregado sería el poliestireno expandido por lo que

en este tipo de hormigones es necesaria una adecuada selección de los agregados los cuales van a ser ensayados para conformar una dosificación patrón.

- El agregado grueso deberá ser triturado con un tamaño nominal máximo de 3/8 de pulgada
- El cemento será el que se encuentre disponible en la zona y el agua utilizada en lo posible deberá ser potable, ya que el complemento de las propiedades mecánicas son las características físico químicas propias del cemento, y con ello se conocerá el fraguado, finura y su peso específico.
- Al agregado fino se le deberá obtener un módulo de finura, no tan fina porque sería difícil su compactación.

4.3. Equipos y ensayos realizados a los morteros M1, M2, M3 y M4.

4.3.1. Método Vicat. ASTM C191

Con este método se puede determinar el tiempo de fraguado.

Equipos:

- Equipo Vicat
- Molde de caucho en forma troncocónica con placa de vidrio
- Mezcladora con paleta incluida
- Balanza
- Probeta de 200 -250 cm³
- Cronómetro

Materiales:

- Cemento 650 gramos
- Agua 173 cm³

Procedimiento:

- Pesar una muestra de cemento seco de 500 g.
- Medir 150 ml de agua
- En el recipiente de la amasadora se coloca primero el agua y después el cemento.
- Se amasa durante 90 segundos, se detienen 15 segundos y se repite por otros 90 segundos.

- Se forma una bolita con la masa y se procede a lanzarla de una mano a otra.
- Se coloca la muestra en el molde de caucho con la base metálica y se enraza.
- Se procede a calibrar el aparato de Vicat, se suelta la parte móvil en un tiempo de 30 segundos y se lee la penetración.
- Si la distancia entre placa base y sonda es de $6 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, se determina el fraguado.
- Para el fraguado, se sustituye la sonda por una aguja, se coloca el molde con la pasta en el aparato.
- Se baja la aguja hasta ponerla en contacto con la superficie de la mezcla.
- Cuando la aguja penetre en la masa $4 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$, ese tiempo es el inicio de fraguado.
- Se recomienda hacer los pinchazos en la masa con una separación de 10 mm
- Cuando la aguja penetre 0,5 mm en la masa, tiempo final de fraguado.

4.3.2. Finura del Cemento

Tamizado del cemento seco, norma ASTM C184.

Equipo:

- Tamiz N° 200, base y tapa.
- Balanza.
- Cronómetro.

Materiales:

- Muestra de cemento de 50 gramos.

Procedimiento:

- Se procede a colocar una muestra de cemento dentro del horno y después se la deja enfriar y de esa muestra se pesa solo una cantidad de 50 gramos de cemento seco.
- Se coloca la muestra en el interior del tamiz N° 200 con su respectiva base.
- Se procede a tamizar durante un tiempo estimado.
- Luego el material retenido en ese tamiz, se procede a colocar en un recipiente metálico sin desperdiciar algo de material.
- Se pesa la muestra de material retenido y se obtienen los resultados.

4.3.3. Ensayos para agregados.

Dentro de los ensayos para los agregados se tienen:

4.3.3.1. Granulometría ASTM C33

- Pesar 5000 gramos del agregado grueso y del fino
- Secar en el horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas
- Armar los juegos de tamices según el tipo de agregado
- Colocar la serie de tamices en el tamizador manual en un lapso de 10 min a una velocidad normal y continua.
- Pesar el material retenido en cada tamiz de la serie.

4.3.3.2. Peso específico y capacidad de absorción del agregado

4.3.3.2.1. Agregado Fino: NTE INEN 856

Picnómetro, Balanza con sensibilidad de 0.1 gramos, matraz de 500 cm³, horno $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, molde y compactador de humedad superficial.

- Tomar una muestra superior a los 500 gr del agregado fino, secarlo en el horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.
- Sumergir la muestra en agua 24 horas más y colocarla en una bandeja para ser secada.
- Pesar una muestra de 500 gr con la humedad adecuada.
- Llenar el picnómetro con agua destilada hasta la marca de calibración con una temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Anotar este valor en la hoja de cálculo; con la ayuda de un embudo metálico introducir la muestra de los 500 gr en el picnómetro.
- Con el material introducido, ingresar el termómetro
- Agitar levemente el picnómetro desde su base para eliminar las burbujas de aire en un tiempo de 15 minutos.
- Ajustar la temperatura del picnómetro a $23,0^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$.

4.3.3.2.2. Agregado Grueso: NTE INEN 857

Horno $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, balanza, sensibilidad de 0.1 gramos, tanque de agua. Tamizar el material por el tamiz No. 4; lavar y secar en el horno a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta que estén totalmente seco; esperar que se enfríen de 1 a 3 horas y luego sumergirle en agua durante 24 horas.

- Retirarla para colocar sobre un paño absorbente. Después de pesar la masa en aire, poner en un recipiente para determinar su masa aparente en agua a $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Después de 15 minutos registrar el dato preciso del pesaje bajo el agua; sacar el material y colocarlo en un recipiente para luego ser colocado en el horno a $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$

4.3.3.3. Densidad suelta y compactada ASTM C29

Equipo: Balanza con precisión de 0,1%, Varilla de compactación, lisa de acero de 16 mm de longitud, recipiente de acero de medida, horno $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, molde recipiente cilíndrico de metal (Bustamente, 2011).

- Densidad Suelta: Una vez seca la muestra dejar caer el lleno. material en el recipiente metálico a una altura no superior de 50 mm por encima de la parte superior del molde de forma constante hasta llenarlo completamente para luego ser enrasado, pesar este recipiente con el material. Repetir este proceso para agregados gruesos y finos.
- Densidad Compactada: Llenar la tercera parte del molde y distribuir 25 golpes de la varilla de compactación sobre la superficie, llenar los dos tercios del molde y compactar de la forma indicada anteriormente. Nivelar la superficie del árido con un enrasador⁸, repetir este proceso para agregados gruesos y finos

4.3.3.4. Determinación del contenido de humedad ASTM C566

Equipo: Balanza $0,1\text{ g} \pm 0,1\text{ }%$, horno $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Material: muestra de agregado 150 gr.

- Tomar dos taras pequeñas de aproximadamente 150 gramos. Con la ayuda de una cuchareta colocar la muestra de arena tal cual se obtuvo.
- Colocar las muestras en el horno por 24 horas aproximadamente.
- Sacar del horno, dejar enfriar, pesar y registrar los datos.

⁸ Igualar dos cosas de manera que tengan la misma altura, o hacer que quede lisa una superficie empleando algún utensilio.

4.3.3.5. Abrasión. ASTM C131

Es el desgaste que se produce a los agregados. Con esto se determina que tan resistente es nuestro material. Por lo tanto, esta propiedad influiría directamente en la resistencia del hormigón (Arcos, 2016). Para que un agregado sea utilizado en la mezcla de hormigones de alta resistencia el desgaste debe ser muy bajo o sea menor al 40 %.

Procedimiento

- Pesar 5000 gr por cada agregado grueso y colocar en la máquina los Ángeles y girar el cilindro a una velocidad de 30 - 33 rev/min, con las 12 esferas.
- Vaciar el material en una bandeja, y pasar por el tamiz No.12
- El material retenido debe ser lavado y secado en el horno y secar el material por 24 horas para luego ser pesado.

4.3.4. Ensayos realizados al Hormigón.

4.3.4.1. Ensayos del Hormigón en su estado fresco.

- Muestreo del hormigón recién mezclado. ASTM C172 - Se toma dos o más porciones de mezcla, durante la descarga del hormigón en estado de amasado. Se lo debe hacer en un tiempo de no mayor a 15 minutos. Esta mezcla debe ser combinada continuamente para no perder la humedad de hormigón (Asanza, 2009).
- Temperatura del hormigón fresco ASTM C1064.- Colocar la muestra del hormigón en un recipiente metálico, no absorbente. Con el termómetro de exactitud $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, colocar dentro de la muestra cubriendo el sensor con un mínimo de 3 pulgadas o 75mm, en todas las direcciones. Tomar la temperatura después de un tiempo mínimo de 2 minutos o hasta que la lectura se estabilice.

4.3.4.2. Revenimiento del hormigón recién mezclado ASTM C143

- Humedecer el cono y base de apoyo.
- Colocar y agarrar firmemente en los estribos del molde, distribuyendo uniformemente en el cono se procede a llenarlo en 3 capas.
- Al completar la capa superior mantener un excedente de hormigón sobre la parte alta del molde antes de empezar la compactación.

- Después de compactar la capa superior, humedecer la varilla de compactación y enrasar la superficie del hormigón.
- Retirar el exceso de mezcla del área que rodea la base del cono, inmediatamente retirar del molde.
- Medir el asentamiento.
- Todo este proceso tiene un tiempo máximo de dos minutos y medio.

4.3.4.3. Peso unitario y volumen producido. ASTM C 138

Se determina el peso del recipiente humedecido y vacío en kilogramos (Kg). Se calcula el volumen del recipiente metálico cilíndrico. Llenar el recipiente metálico de hormigón fresco, en tres capas iguales, varillando y golpeando con el martillo de goma (Delgado & Gonsález, 2017).

La última capa debe sobrepasar el volumen del cilindro para ser enrasado, finalmente se procede a limpiar los filos del recipiente y se pesa el recipiente más el hormigón completamente lleno.

4.3.4.4. Elaboración y curado de cilindros para pruebas de compresión, ASTM C 31

- Ajustar los cilindros metálicos y dar una capa ligera de grasa.
- Depositar el hormigón uniformemente en el cilindro en tres capas de igual volumen.
- Compactar cada capa con 25 perforaciones con varilla de punta roma.
- De 10 a 15 veces golpear los lados del molde
- Con la varilla quitar el exceso de la mezcla
- Dejarlos en el lugar seguro donde deberán permanecer 24 horas.
- Transcurrido las 24 horas desmoldar las probetas
- Humedecer (curado) a una temperatura de $23 \pm 1.7^{\circ}\text{C}$.

4.3.4.5. Ensayo de resistencia a la Compresión de Especímenes de Hormigón NTE INEN 1573

Al tener tres muestras M1, M2, M3 y M4 ya pre establecidas se procedió a realizar la dosificación de los materiales a emplear y por cada muestra, se llenaron 4 cilindros.

Para ello, se realizó previamente la verificación de la verticalidad de los cilindros en el ensayo y para ello según la norma ASTM C1231 se debe insertar el neopreno

(espesor 13 mm y diámetro no menor a 2 mm de las placas metálicas) (Albiño, 2015) en los platos retenedores previo a la colocación de los cilindros, después se centran los cilindros en el neopreno y se ubica en la base de la máquina de ensayo. Una vez esté bien colocado se procede a aplicar una carga de hasta un 10 por ciento de la resistencia que queremos obtener en base a la dosificación y se verifica la verticalidad del cilindro con una tolerancia de 3,2 mm en 30 cm.

Procedimiento para el ensayo de compresión:

- Pesar las probetas, con la ayuda del Vernier tomar su diámetro y con la regla de medida determinar su altura.
- Colocar la probeta con sus anillos de retención y almohadillas de neopreno en la máquina de compresión.
- Se debe ajustar los cabezales de la máquina de compresión y proceder a aplicar la carga hasta que el indicador de carga comience a decrecer y se empiece la fractura de la probeta o espécimen.
- Por ende, aparece la carga que resistió el espécimen y se proceden a realizar el análisis de resultados.

4.4. Resultados

4.4.1. Metodología del ACI 211. 4R para la dosificación del hormigón

- Se selecciona el revenimiento y la resistencia del hormigón requerido.
- Se escoge el tamaño máximo del agregado.
- Se selecciona el contenido óptimo del agregado
- Se estima el agua de mezclado.
- Se selecciona la relación agua/ cemento
- Se calcula el contenido de material cementante
- Se determina la proporción de la mezcla.

Tabla 15

Dimensiones de la fachaleta

| Base | Altura | Espesor |
|------|--------|---------|
| 40cm | 15cm | 2cm |

Nota. Esta tabla detalla las dimensiones pre elegidas para el prototipo a diseñar.

Fuente: Revista de Arquitectura y Diseño de Fachadas.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 16*Método del volumen absoluto (ACI)*

| Resistencia requerida | Características físicas de los materiales a emplear en la elaboración del hormigón | Tipo de construcción | | Elegir revenimiento |
|------------------------------|--|------------------------|----------------------|---------------------|
| 140 Kg/cm² | Cemento | 3.15 g/cm ³ | Mass concrete | 75mm |
| | Módulo de finura de la arena o granulométrico | 2.7 | | |
| | Arena | 2.36 g/cm ³ | | |
| | % Absorción de la arena | 5.28% | | |
| | Humedad de la arena | 6.00% | | |
| | Grava | 1.6 g/cm ³ | T/m ³ | |
| | Tamaño máximo de la grava | 9.5 mm | 3/8" | |
| | % Absorción de la grava | 4.50% | | |
| | Humedad de la grava | 2.70% | | |

Nota. Esta tabla detalla las características físicas de los materiales a emplear en la elaboración del hormigón en este caso se diseñó para una resistencia de 140 kg/cm².

Fuente: (American Concrete Institute Committee 318 (2014) Building Code Requirements or Structural Concrete).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 17*Recommended slumps for various type of construction (SI)*

| Type of construction | Slump, mm | |
|--|-----------|-----------|
| | Maximum | Minium |
| Reinforce foundation walls and footings | 75 | 25 |
| Plain footings, caissons, and substructure walls | 75 | 25 |
| Beams and reinforced walls | 100 | 25 |
| Building columns | 100 | 25 |
| Pavements and slabs | 75 | 25 |
| Mass concrete | 75 | 25 |

Nota. Esta tabla sirve para elegir el revenimiento según el tipo de construcción.

Fuente: (American Concrete Institute Committee 318 (2014) Building Code Requirements or Structural Concrete).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Cantidad de agua: 228 Kg/cm³

Tabla 18*Manual of concrete practice*

Approximate mixing water and air content requirements for diferents slumps and nominal maximun sizes of aggregates (SI)
 Water Kg/m³ of concrete for indicated nominal maximun sizes of aggregate

| Slump, mm | 9.5" | 12.5" | 19" | 25" | 37.5" | 50" | 75" | 150" |
|--|------|-------|-----|-----|-------|-----|--------|--------|
| Nom-air-entrained concrete | | | | | | | | |
| 25 to 50 | 207 | 199 | 190 | 179 | 166 | 154 | 169 | 145 |
| 75 to 100 | 228 | 216 | 205 | 193 | 181 | 169 | 145 | 124 |
| 150 to 175 | 243 | 228 | 216 | 202 | 190 | 178 | 160 | |
| Approximate amount of entrapped air in non-air-entrained concrete, percent | 3 | 2.5 | 2 | 1.5 | 1 | 0.5 | 0.3 | 0.2 |
| Air-entrained concrete | | | | | | | | |
| 25 to 50 | 181 | 175 | 168 | 160 | 150 | 142 | 122 | 107 |
| 75 to 100 | 202 | 193 | 184 | 175 | 165 | 157 | 133 | 119 |
| 150 to 175 | 216 | 205 | 197 | 184 | 174 | 166 | 154 | |
| Recommended average total air content, percent for level of exposure | | | | | | | | |
| Mild exposoure | 4.5 | 4 | 3.5 | 3 | 2.5 | 2 | 1.5*** | 1.0*** |
| Moderate exposure | 6 | 5.5 | 5 | 4.5 | 4.5 | 4 | 3.5*** | 3.0*** |
| Extreme exposure++ | 7.5 | 7 | 6 | 6 | 5.5 | 5 | 4.5*** | 4.0*** |

Relación agua - cemento a/c: 0.81

Nota. Esta tabla sirve para elegir la cantidad de agua en kg/m³.

Fuente: (American Concrete Institute Committee 318 (2014) Building Code Requirements or Structural Concrete).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 19
Interpolar

| Resistencia a compresión en MPA | Relación agua - cemento, por masa | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| | Hormigón sin aire | Hormigón con aire |
| 20 | 0.69 | 0.60 |
| 15 | 0.79 | 0.70 |

Nota. Esta tabla se interpola para conseguir la relación agua – cemento.

Fuente: (American Concrete Institute Committee 318 (2014) Building Code Requirements or Structural Concrete).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Table A1.5.3.4(a) - Relationships between water-cement ratio and compressive strength of concrete (SI)

Tabla 20
Relationships between water-cement ratio and compressive strength of concrete (SI)

| Compressive strengt at 28 days, Mpa | Water-cement ratio, by mass | |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| | Non-air-entrained concrete | Air - entrained concrete |
| 40 | 0.42 | |
| 35 | 0.47 | 0.39 |
| 30 | 0.54 | 0.45 |
| 25 | 0.61 | 0.52 |
| 20 | 0.69 | 0.60 |
| 15 | 0.79 | 0.70 |

Nota. Esta tabla depende de la resistencia a la compresión simple.

Fuente: (American Concrete Institute Committee 318 (2014) Building Code Requirements or Structural Concrete).

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- Cantidad de la grava: 752 Kg/m³
- Cantidad de cemento: 281.48 Kg/m³
- Grava: 1.6 g/cm³
- Módulo de finura de la arena o granulométrico: 2.7
- Tamaño máximo de la grava: 9.5 mm 3/8"

Cantidad de la grava= coeficiente de la tabla

$$\text{Cantidad de la grava: } 1.6 \text{ (Grava)} \times 0.47 \text{ (Coeficiente de la tabla)} = 752 \text{ Kg/m}^3$$

Tabla 21*Volume of coarse aggregate per unit of volume of concrete (SI)*

| Nominal maximum size of aggregate. mm | Volume of dry-rodded coarse aggregate* per unit volume of concrete for different fineness moduli of fine aggregate | | | |
|---------------------------------------|--|------|------|------|
| | 2.40 | 2.60 | 2.80 | 3.00 |
| 9.50 | 0.50 | 0.48 | 0.46 | 0.44 |
| 12.50 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.53 |
| 19.00 | 0.66 | 0.64 | 0.62 | 0.60 |
| 25.00 | 0.71 | 0.69 | 0.67 | 0.65 |
| 37.50 | 0.75 | 0.73 | 0.71 | 0.69 |

Nota. Esta tabla depende del tamaño máximo nominal del agregado en unidades milimétricas.**Fuente:** (American Concrete Institute Committee 318 (2014) Building Code Requirements for Structural Concrete).**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).

- Suma de materiales: 807.36 litros

Tabla 22*Suma de materiales*

| Materiales | W (Kg/cm ³) | γ (g/cm ³) | volumen w/γ | (litros)= |
|---------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|-----------|
| Agua | 228 | 1 | 228 | |
| Cemento | 281.48 | 3.15 | 89.36 | |
| Grava | 752 | 1.6 | 470 | |
| Cantidad de aire atrapado | 0.02 | | 20 | |
| Total | | | 807.36 | |

Nota. Esta tabla resulta de la suma de los materiales en litros.**Fuente:** Yagual, C. (2020)**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).

- Volumen de arena requerido: 192.64
- Volumen total considerado 1m³ = 1000litros
- Cantidad de arena: 2.36 g/cm³ x 192.64 litros = 454.63 Kg/m³
w (arena) x Volumen de la arena = cantidad de arena (Kg/m³)

Tabla 23*Corrección por humedad y absorción*

| Porción base | Cantidad (Kg/m ³) "A" | Humedad "B" % | Kg | Absorción "C" % | Kg | Porción A+B+C | real |
|--------------|-----------------------------------|---------------|----------|-----------------|----------|---------------|------|
| Cemento | 281.48 | 0.00% | 0.00 | 0.00% | 0.00 | 281.48 | |
| Arena | 454.63 | 6.00% | 27.28 | 5.28% | 24.00 | 457.91 | |
| Grava | 752 | 2.70% | 20.30 | 4.50% | 33.84 | 738.46 | |
| Agua | A= 228 | | B= 47.58 | | C= 57.84 | A-B+C= 238.26 | |
| Total | 1716.11 Kg/m³ | | | | | | |

Nota: Cantidades para la corrección por humedad y absorción.**Fuente:**(American Concrete Institute Committee 318 (2014) Building Code Requirements or Structural Concrete).**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).

Cantidades requeridas en una parihuela.

- Volumen de la parihuela: b= 40; h= 40; Espesor= 20 cm
 $40 \times 40 \times 20 = 32000 \text{ cm}^3$
 $32000 / 1'000.000 = 0.032 \text{ m}^3$

Cantidades

- Cemento: 9.01 Kg
- Arena: 14.65 Kg
- Grava 23.63 Kg
- Agua. 7.62 Kg

Cemento: $1\text{m}^3 = 281.48 \text{ Kg/m}^3$

$$0.032\text{m}^3 = X$$

$$X (1\text{m}^3) = (0.032\text{m}^3) \times (281.48 \text{ Kg/m}^3) = 9.01 \text{ Kg}$$

Cantidades con SIKA 1

- Cemento: $9.01 \text{ Kg} - (9.01 \times 3\%) = 0.2703 \times 1000 = 270.3$
- Arena: 14.65 Kg
- Grava: 23.63 Kg
- Agua 7.62 Kg

4.4.2. Proceso de Elaboración de los Cilindros para el Ensayo de Compresión Simple con las muestras M1, M2, M3 y M4 (Se realizaron en el laboratorio de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil).

- 1) Teniendo los materiales e implementos necesarios se procede a pesar con la dosificación real para el análisis correspondiente.



Ilustración 4 Materiales e implementos para realizar las mezclas M1, M2, M3 Y M4.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 2) Hay que tener en cuenta los pesos de las taras para medir en la balanza, por lo que, en este caso la tara empleada es de 2.197 gramos



Ilustración 5 Balanza gramera para medir los materiales con la dosificación a emplear.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 1) Se procede a pesar en este caso el agregado grueso ya previamente establecido para la mezcla.



Ilustración 6 Pesar el agregado grueso en la balanza gramera.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 2) Como siguiente paso colocamos en la mezcladora de concreto el material granular que pesamos previamente.



Ilustración 7 Colocación del material granular en la mezcladora de concreto.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Es necesario recalcar que hay que ser estrictos en el cumplimiento de la dosificación para que se puedan mezclar las cantidades correctas y obtener una mezcla eficiente acorde a la teoría previamente calculada, y precisamente obtener resultados más cercanos a la realidad y así poder analizar y cuantificar estadísticamente valores congruentes con cada tipo de muestra o prototipo a ensayar

- 3) Pesar así mismo todos los materiales como el cemento, arena y agua. Para poder realizar el hormigón con una resistencia esperada de 140 kg/cm².



Ilustración 8 Colocación del cemento en la balanza gramera.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 4) Colocar los materiales ya con el peso proporcionado en la mezcladora de concreto.



Ilustración 9 Colocación de los materiales en la mezcladora de concreto.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 5) Se agrega la cantidad de agua calculada gradualmente para lograr que los materiales puedan mezclarse de manera homogénea.



Ilustración 10 Adicionar la cantidad de agua según dosificación.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 6) Vertemos el hormigón en un recipiente y procedemos a llenar los cilindros.



Ilustración 11 Mezcla realizada para poder llenar los cilindros.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 7) Se realizó el llenado de los cilindros en unidades de 3 por cada muestra descrita previamente. Siendo un total de 12 muestras por ensayar y poder realizar el análisis comparativo.



Ilustración 12 Cilindros normados para la prueba de resistencia a la compresión.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 8) En la siguiente imagen se puede observar en la mezcladora los materiales a usar para el mortero M2, M3 y M4 en los cuales se usa el poliestireno expandido como reemplazo en porcentaje del agregado grueso que en este caso sería la piedra de 3/8 de pulgadas.



Ilustración 13 Agregando EPS a la mezcla dosificada.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

En un recipiente depositamos la mezcla y en seguida procedemos a llenar los cilindros con su respectivo varillado.



Ilustración 14 Con la mezcla se procede a llenar los cilindros y varillar.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 9) Cuando ya se tienen los moldes de los cilindros llenos de las 4 mezclas a comparar y a analizar, se procede a varillar como lo dice la norma antes descrita ASTM C 31. Una vez que las mezclas procedan a endurecerse, se procede a enumerar los cilindros para poder identificarlos después del curado del hormigón y para proceder a ensayarlos según la norma NTE INEN



Ilustración 15 Cilindros marcados según su dosificación antes del curado.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Se procede a obtener pesos y dimensiones como el diámetro de la base de los cilindros y alturas para poder hallar el área.



Ilustración 16 Se procede a obtener pesos y dimensiones de los cilindros.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 17 Se mide el diámetro de cada cilindro.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 10) Por lo que es necesario ensayar un cilindro de cada muestra a los tiempos que dice la norma para poder evaluar su resistencia a la compresión simple.



Ilustración 18 Se pesa en la tara gramera cada cilindro.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 19 Se pesa el cilindro con Ho normal y 0% EPS.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

11) Se procede por tanto a ensayar los cilindros a 7 días, 21 días y 28 días en donde alcanzaría su resistencia máxima.



Ilustración 20 Se procede por tanto a ensayar los cilindros a 7 días, 21 días y 28 días.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

12) El equipo de ensayo de compresión simple da como resultado un valor que es la fuerza máxima que resiste el mortero ensayado en unidad de Kilo Newton.

Es decir, la fuerza en la fórmula de cálculo. Todo ello sirve para por consiguiente obtener el esfuerzo que sería la fuerza sobre el área.



Ilustración 21 Ensayo de compresión simple de los cilindros.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- 13) Ensayo del cilindro #4 correspondiente a la muestra (M2) con el 50% de poliestireno (EPS) a los 7 días.



Ilustración 22 Ensayo del cilindro #4 correspondiente a la muestra (M2) con el 50% de poliestireno (EPS) a los 7 días.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

14) Ensayo del cilindro #7 correspondiente a la muestra (M3) con el 75% de poliestireno (EPS) a los 7 días.



Ilustración 23 Ensayo del cilindro #7 correspondiente a la muestra (M3) con el 75% de poliestireno (EPS) a los 7 días.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

15) Ensayo del cilindro #10 correspondiente a la muestra (M4) con el 100% de poliestireno (EPS) a los 7 días.



Ilustración 24 Ensayo del cilindro #10 correspondiente a la muestra (M4) con el 100% de poliestireno (EPS) a los 7 días.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.3. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso.

Tabla 24

Resultados de ensayos de clasificación.

| ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO | |
|--|-----------------------|
| Muestra: | Grava de 3/8" = 9.5mm |
| RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION: | |
| Humedad | 0.3 % |
| Muestra: | 1000 gr |
| SUCS: | GM |

Nota: Esta tabla representa la muestra analizada respecto al agregado grueso.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 25

Resultados de la granulometría realizada al agregado grueso.

| Tamiz ASTM Abertura No | Abertura (mm) | Peso Parcial gr. | Porcentajes en peso | | Pasante Acumulado % |
|------------------------------|------------------|------------------------|---------------------|----------------|---------------------------|
| | | | Retenido % | Acumulado % | |
| GRAVA | 1 1/2" | 37.5 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | 3/4" | 19.05 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| | 3/8" | 9.525 | 92.90 | 9.32 | 90.68 |
| | 4 | 4.76 | 720.40 | 72.25 | 18.43 |
| | 5 | 4 | 0 | 0 | 18.43 |
| | 6 | 3.35 | 0 | 0 | 18.43 |
| | 7 | 2.8 | 0 | 0 | 18.43 |
| | No 8 | 2.36 | 174.60 | 17.51 | 0.92 |
| FONDO | | 9.20 | 0.92 | 100.00 | 0.00 |
| TOTAL | | 997.10 | 100.00 | | |

Nota: Esta tabla muestra el pasante acumulado en porcentaje del agregado grueso.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 26*Resultados del porcentaje de absorción del agregado grueso*

| Humedad | |
|--------------------|---------------|
| ph + t = | 1233.00 |
| ps + t = | 1230.10 |
| pt = | 233.0 |
| pw = | 2.9 |
| ps = | 997.10 |
| Absorción | |
| ps 24h | 1008.0 |
| ps 24h + t | 1241 |
| sss = | 1036.8 |
| sss + t = | 1269.8 |
| % Absorción | 2.86 |

Nota: Esta tabla muestra el % de absorción del agregado grueso.**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).

$$Absorción = \frac{Masa\ Superficialmente\ seca - Masa\ Seca}{Masa\ Seca} \times 100\%$$

Tabla 27*Resultados del peso volumétrico requerido.*

| Peso Volumétrico | | |
|-------------------------|-------------|-------------------|
| Diámetro cm | 15.2 | |
| Altura cm | 15 | |
| | 2721.875875 | cm ³ |
| Volumen | 0.002721876 | m ³ |
| | 2.721875875 | l |
| balde kg | 3487 | |
| b - varilla kg | 7240 | |
| b + varilla kg | 7665 | |
| PV kg/cm ³ | 1561.42 | kg/m ³ |

Nota: Esta tabla muestra el peso volumétrico en unidades de masa por volumen.**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).

$$P_{SS} = \frac{W_{mr} - W_r}{V} \times 1000$$

Módulo de Finura

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido Acumulado desde el Tamiz N}^\circ 4 \text{ al N}^\circ 100}{100}$$

MF= 289.96
MF= 2.90

4.4.4. Análisis Granulométrico del Agregado Fino.

Tabla 28

Resultados de Ensayos de clasificación

| A N A L I S I S G R A N U L O M E T R I C O | |
|--|--------|
| Muestra: | Arena |
| RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION: | |
| Humedad: | 0.7 % |
| Muestra: | 500 gr |
| SUCS: | SP |

Nota: Esta tabla muestra la clasificación del agregado fino de acuerdo al SUCS.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 29

Resultados de Ensayos de clasificación

| Humedad | |
|----------------|---------------|
| ph + t = | 599.00 |
| ps + t = | 595.70 |
| pt = | 99.0 |
| pw = | 3.3 |
| ps = | 496.70 |

Nota: Esta tabla muestra la humedad del agregado fino

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 30*Granulometría materiales finos ASTM C33*

| Tamiz N° | Abertura (mm) | Peso retenido (g) | Peso retenido (%) | Retenido acumulado (%) | Pasante acumulado (%) |
|----------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|
| 3/8" | 9.525 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| #4 | 4.750 | 5.00 | 0.50 | 0.50 | 99.50 |
| #8 | 2.360 | 15.00 | 1.50 | 2.00 | 98.00 |
| #16 | 1.180 | 34.00 | 3.40 | 5.40 | 94.60 |
| #30 | 0.600 | 312.00 | 31.20 | 36.60 | 63.40 |
| #50 | 0.355 | 434.30 | 43.43 | 80.03 | 19.97 |
| #100 | 0.150 | 166.70 | 16.67 | 96.70 | 3.30 |
| Fondo | | 33.00 | 3.30 | 100.00 | 0.00 |
| Total | | 1000.00 | 100.00 | | |

Nota: Tabla de granulometría.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Módulo de finura: 2.21.

Ensayo de Granulometría Materiales Finos ASTM C33 realizado en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil de fecha 04 de febrero de 2020, con firma de responsabilidad técnica como director del Laboratorio de Estructuras CEINVES, el ingeniero Luis Octavio Yépez M.S.E.

4.4.5. Masa Volumétrica de Materiales**Tabla 31***Determinación de masa volumétrica de materiales*

| Identificación | Peso material g | Volumen recipiente cm ³ | Masa volumétrica Kg/m ³ |
|--|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Masa volumétrica suelta piedra 3/8" | 4129 | 2758 | 1497 |
| Masa volumétrica varillada piedra 3/8" | 4629 | 2758 | 1678 |
| Masa volumétrica suelta arena | 3349 | 2758 | 1214 |

Nota: Esta tabla muestra la masa volumétrica.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 32*Ensayo de absorción de materiales*

| Identificación | Peso seco g | Peso SSS g | Absorción % |
|----------------|-------------|------------|-------------|
| Piedra 3/8" | 487 | 500 | 2.7 |
| Arena | 273 | 292 | 7.0 |

Nota: Esta tabla muestra la masa volumétrica.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

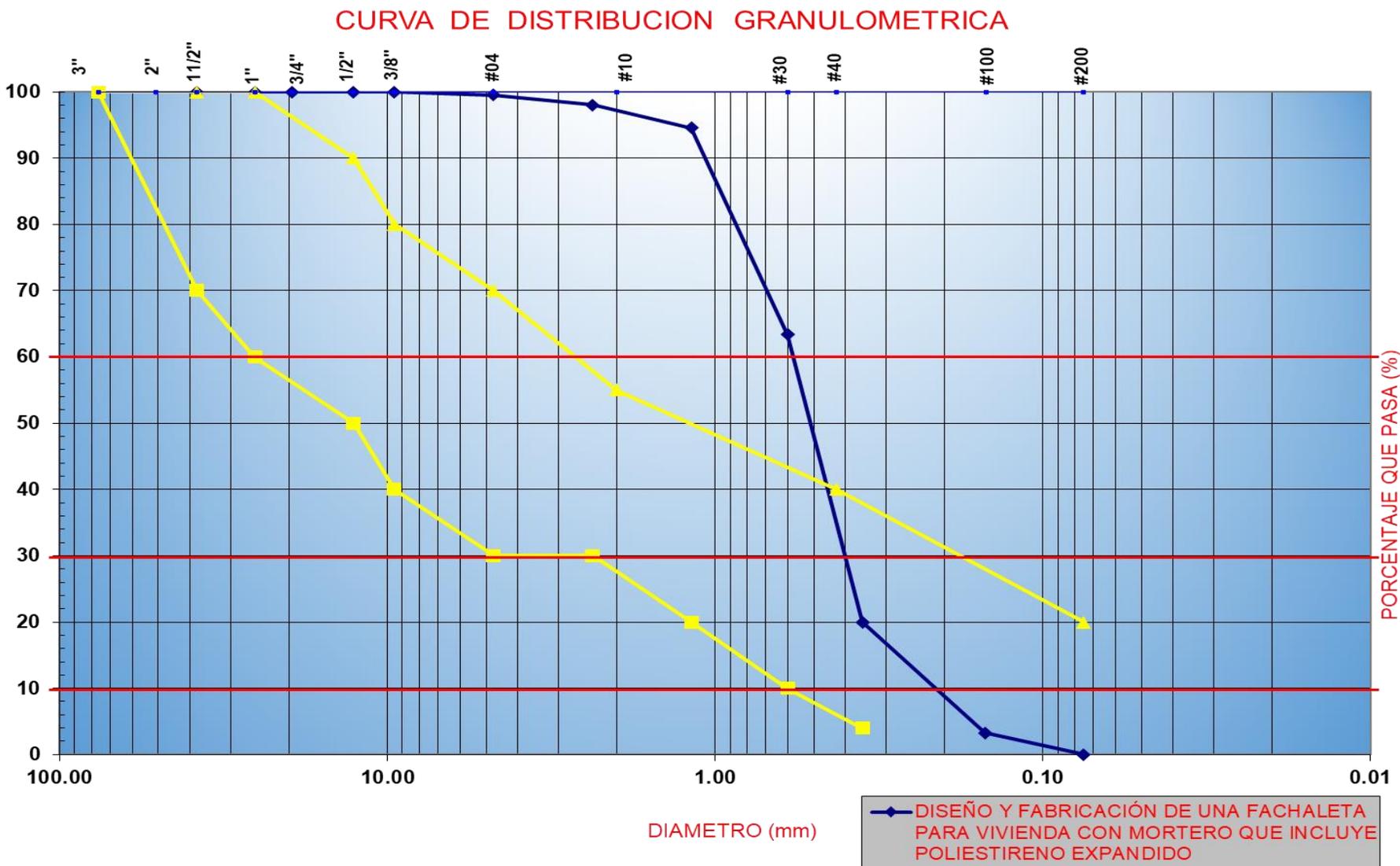


Gráfico 13 Curva de Distribución Granulométrica

Fuente: Norma ASTM C33

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.6. Fraguado del Cemento (Método Vicat)

FRAGUADO DEL CEMENTO CON EL METODO DEL VICAT

Muestra: Pasta de Cemento Temperatura: 20° C

Tabla 33

Profundidad en mm del Método de Vicat

| Hora | Tiempo (min) | Profundidad (mm) |
|--------------|--------------|------------------|
| 11:51 | 0 | 41 |
| 12:21 | 30 | 39 |
| 12:51 | 60 | 36 |
| 13:21 | 90 | 33 |
| 13:51 | 120 | 32 |
| 14:21 | 150 | 30 |
| 14:41 | 170 | 25 |
| 14:51 | 180 | 14 |
| 15:20 | 210 | 13 |
| 15:51 | 240 | 2 |

Nota: Esta tabla muestra el resultado del Fraguado del Cemento.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

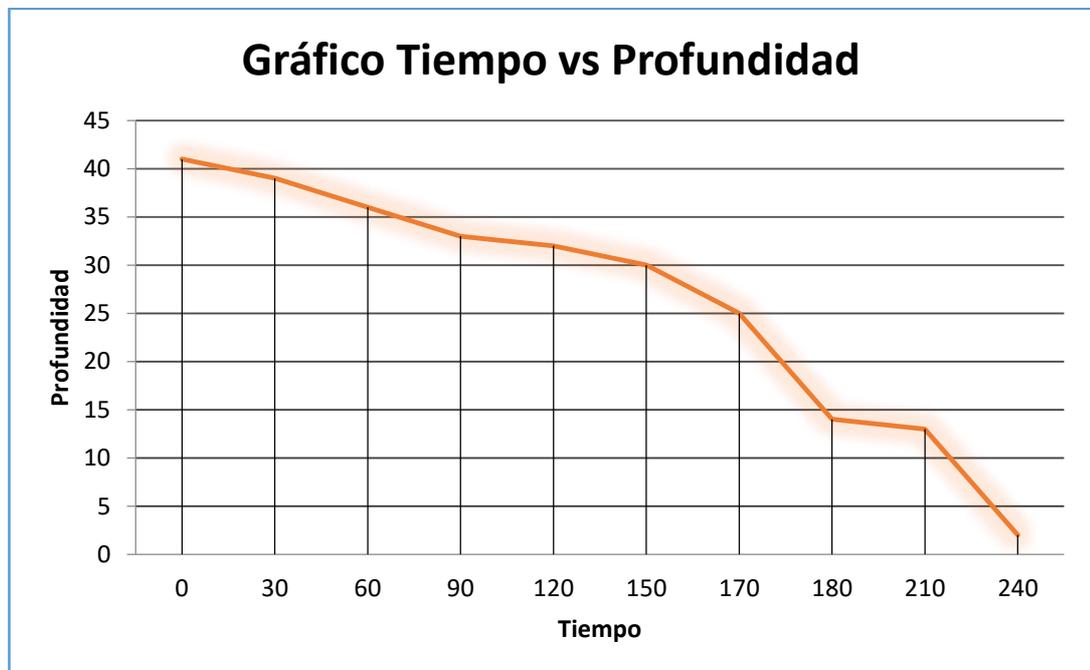


Ilustración 25 Gráfico Tiempo vs Profundidad

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.7. Ensayo de Resistencia a la Compresión Simple.

Tabla 34

Ensayo de compresión simple a una velocidad en kpa/s

| ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE | | |
|------------------------------------|-----------|-------|
| Muestra: | Cilindros | |
| Velocidad: | 200 - 500 | Kpa/s |

Nota: Esta tabla muestra la velocidad en la que se realizará el ensayo de compresión simple.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 35

Días de las roturas de los cilindros

| | |
|------------------------------|----------|
| Día de Cilindros | 08/02/20 |
| Día de Desmoldeo | 10/02/20 |
| Día de Primer Ensayo | 17/02/20 |
| Día de Segundo Ensayo | 26/02/20 |
| Día de Tercer Ensayo | 09/03/20 |

Nota: Esta tabla muestra los días específicos en los que se realizarán las roturas de las muestras.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 36

Tabla de Cálculo del Primer Ensayo.

| Tabla de Cálculo del Primer Ensayo | | Tiempo | 9 | días | 17/02/2020 | | |
|---|------------------|----------------------|--------------------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| Tipo de Hormigón | Cilindros | Diámetro (Cm) | Altura (cm) | Volumen (m3) | Peso (kg) | Carga (KN) | Densidad (Kg/m3) |
| Hormigón Normal | 1 | 10.5 | 20.1 | 0.001740 | 4.204 | 99.80 | 2415 |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| 0%EPS | 4 | 10.4 | 19.9 | 0.001690 | 3.075 | 46.10 | 1819 |
| | 5 | | | | | | |
| | 6 | | | | | | |
| 50% EPS | 7 | 10.6 | 20.4 | 0.001800 | 2.355 | 24.10 | 1308 |
| | 8 | | | | | | |
| | 9 | | | | | | |
| 75% EPS | 10 | 10.7 | 20.3 | 0.001825 | 1.74 | 20.50 | 953 |
| | 11 | | | | | | |
| | 12 | | | | | | |

Nota: Esta tabla muestra la Densidad en Kg/m3 de los cilindros.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 37*Tabla de Cálculo del Primer Ensayo.*

| Tipo de Hormigón | Cilindros | γ | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia 28 días (kg/cm ²) |
|--------------------------|-----------|----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---|
| Hormigón Normal 0%EPS | 1 | 23695.6 | 86.59 | 10177 | 117.5 | 152.1 |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| 50% EPS | 4 | 17844.5 | 84.95 | 4701 | 54.3 | 70.3 |
| | 5 | | | | | |
| | 6 | | | | | |
| 75% EPS | 7 | 12833.0 | 88.25 | 2458 | 28.3 | 36.6 |
| | 8 | | | | | |
| | 9 | | | | | |
| 100% EPS | 10 | 9351.1 | 89.92 | 2090 | 24.1 | 31.2 |
| | 11 | | | | | |
| | 12 | | | | | |

Nota: Esta tabla muestra la Resistencia en kg/cm² de los cilindros.**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).

| | | | | |
|--|---------------|----|------|------------|
| Tabla de Cálculo del segundo Ensayo | Tiempo | 18 | días | 26/02/2020 |
|--|---------------|----|------|------------|

Tabla 38*Tabla de Cálculo del Segundo Ensayo.*

| Tipo de Hormigón | Cilindros | Diámetro (Cm) | Altura (cm) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga (KN) | Densidad (Kg/m ³) |
|--------------------------|-----------|---------------|-------------|---------------------------|-----------|------------|-------------------------------|
| Hormigón Normal 0%EPS | 1 | 10.6 | 19.5 | 0.001721 | 4.22 | 126.10 | 2452 |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | | | | | | |
| 50% EPS | 4 | 10.6 | 20.4 | 0.001800 | 3.117 | 57.80 | 1731 |
| | 5 | | | | | | |
| | 6 | | | | | | |
| 75% EPS | 7 | 10.7 | 20.0 | 0.001798 | 2.405 | 26.60 | 1337 |
| | 8 | | | | | | |
| | 9 | | | | | | |
| 100% EPS | 10 | 10.6 | 19.7 | 0.001738 | 1.691 | 22.50 | 973 |
| | 11 | | | | | | |
| | 12 | | | | | | |

Nota: Esta tabla muestra la Densidad en kg/m³.**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).

Tabla 39*Tabla de Cálculo del Segundo Ensayo.*

| Tipo de Hormigón | Cilindros | γ | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Resistencia (kg/cm ²) | Resistencia 28 días (kg/cm ²) |
|------------------|-----------|----------|-------------------------|------------|-----------------------------------|---|
| Hormigón Normal | 1 | | | | | |
| | 2 | 24057.2 | 88.2 | 12859 | 148.50 | 159 |
| | 3 | | | | | |
| 50% EPS | 4 | | | | | |
| | 5 | 16985.3 | 88.2 | 5894 | 68.00 | 73 |
| | 6 | | | | | |
| 75% EPS | 7 | | | | | |
| | 8 | 13118.9 | 89.9 | 2712 | 31.30 | 34 |
| | 9 | | | | | |
| 100% EPS | 10 | | | | | |
| | 11 | 9542.1 | 88.2 | 2294 | 26.50 | 28 |
| | 12 | | | | | |

Nota: Esta tabla muestra la Resistencia en kg/cm² de los cilindros.**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).**Tabla 40***Tabla de Cálculo del Tercer Ensayo.*

| Tabla de Cálculo del Tercer Ensayo | | | | Tiempo | 30 | días | 09/03/2020 |
|------------------------------------|-----------|---------------|-------------|---------------------------|-----------|------------|-------------------------------|
| Tipo de Hormigón | Cilindros | Diámetro (Cm) | Altura (cm) | Volumen (m ³) | Peso (kg) | Carga (KN) | Densidad (Kg/m ³) |
| Hormigón Normal | 1 | | | | | | |
| | 2 | | | | | | |
| | 3 | 11.39 | 20.2 | 0.002059 | 4.23 | 152.30 | 2054 |
| 50% EPS | 4 | | | | | | |
| | 5 | | | | | | |
| | 6 | 11.39 | 20.1 | 0.002049 | 3.14 | 80.90 | 1533 |
| 75% EPS | 7 | | | | | | |
| | 8 | | | | | | |
| | 9 | 11.39 | 19.9 | 0.002028 | 2.408 | 38.90 | 1187 |
| 100% EPS | 10 | | | | | | |
| | 11 | | | | | | |
| | 12 | 11.39 | 20.0 | 0.002039 | 1.705 | 25.50 | 836 |

Nota: Esta tabla muestra la Densidad en kg/m³.**Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN**Elaborado por:** Yagual, C. (2020).

Tabla 41

Tabla de Cálculo del Tercer Ensayo.

| Tipo de Hormigón | Cilindros | γ | Área (cm ²) | Carga (Kg) | Esfuerzo (kg/cm ²) | Resistencia 28 días (kg/cm ²) | | | | | |
|------------------|-----------|----------|-------------------------|------------|--------------------------------|---|---------|-------|------|-------|----|
| Hormigón Normal | 1 | 20154.3 | 101.9 | 15530 | 152.37 | 150 | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | |
| 0% EPS | 3 | | | | | | | | | | |
| 50% EPS | 4 | | | | | | 15035.3 | 101.9 | 8249 | 80.93 | 80 |
| | 5 | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | |
| 75% EPS | 7 | | | | | | 11646.2 | 101.9 | 3967 | 38.92 | 38 |
| | 8 | | | | | | | | | | |
| 100% EPS | 9 | | | | | | 8204.9 | 101.9 | 2600 | 25.51 | 25 |
| | 10 | | | | | | | | | | |
| | 11 | | | | | | | | | | |
| | 12 | | | | | | | | | | |

Nota: Esta tabla muestra la Resistencia en kg/cm² de los cilindros.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.8. Gráfico de Resistencia vs Densidad

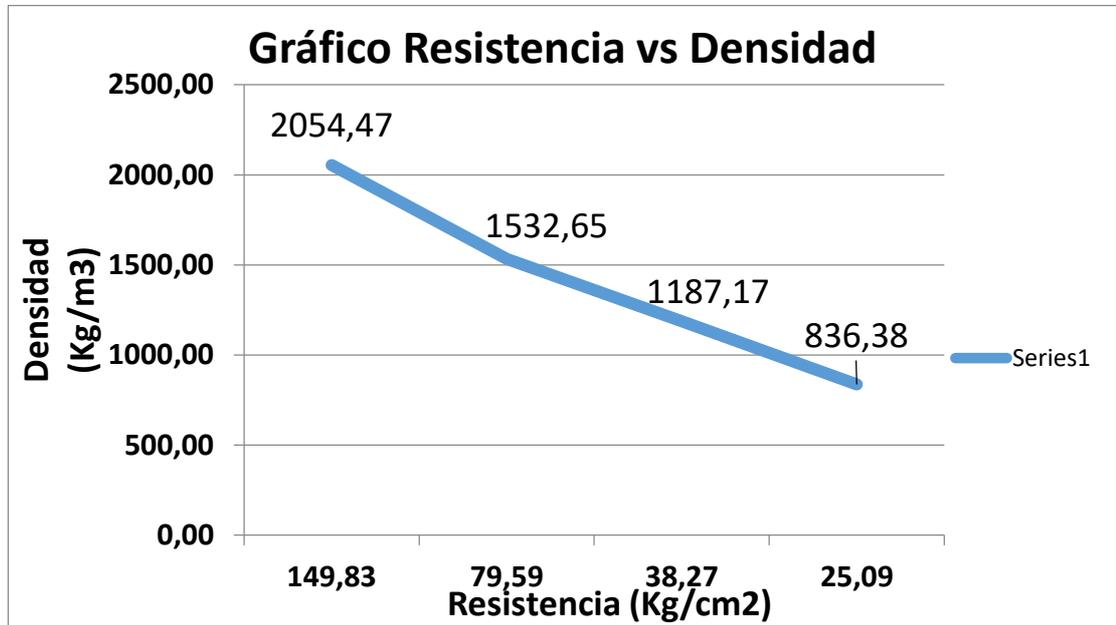


Gráfico 14 Relación entre la Resistencia vs Densidad

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 42

Diferentes resistencias para cada muestra establecida y ensayada.

| Días | Resistencia (kg/cm²) | | | |
|-------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | Hormigón con 0% EPS | Hormigón con 50% EPS | Hormigón con 75% EPS | Hormigón con 100% EPS |
| 3 | 69 | 36 | 18 | 11 |
| 7 | 105 | 56 | 27 | 18 |
| 14 | 132 | 70 | 34 | 22 |
| 21 | 144 | 76 | 37 | 24 |
| 28 | 151 | 80 | 39 | 25 |
| 30 | 152 | 81 | 39 | 26 |
| 42 | 159 | 84 | 40 | 27 |
| 60 | 163 | 87 | 42 | 27 |

Nota: Resistencias conforme a cada muestra.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

A continuación, se presenta un gráfico en donde se puede observar el comportamiento de cada muestra a los 30 días de rotura.

Se podrá observar que a los 60 días con extrapolación la muestra 1, es decir el hormigón con 0% de EPS alcanza los 160 kg/cm²; la muestra 2, es decir el hormigón con 50% de EPS alcanza los 70 kg/cm², la muestra 3, es decir el hormigón con 75% de EPS alcanza los 30 kg/cm² y la muestra 4, es decir el hormigón con 100% de EPS alcanza los 20 kg/cm².

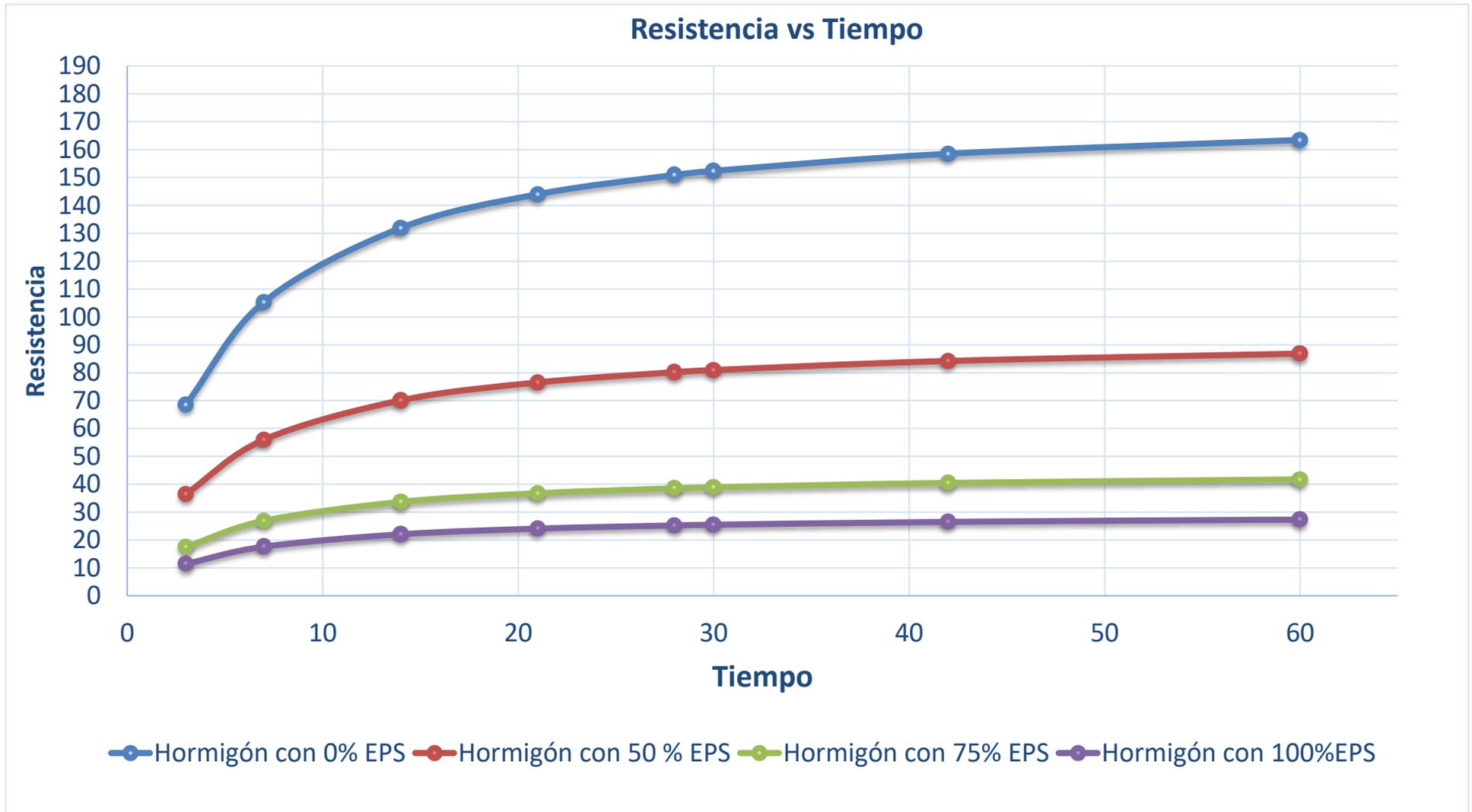


Gráfico 15 Resistencia vs Tiempo

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9. Costos de Materiales usados para los Cilindros y los respectivos ensayos.

4.4.9.1. Costos de materiales en general.

Tabla 43

Costos de producción - Materia prima

| Ítem | Material | Cantidad | Unidad | Costo |
|------|--------------------|----------|--------|----------|
| 1 | Poliestireno | 1 | Kg | \$ 10.00 |
| 2 | Cemento | 50 | Kg | \$ 7.45 |
| 3 | Arena | 50 | Kg | \$ 1.50 |
| 4 | Piedra | 50 | Kg | \$ 2.00 |
| 5 | SIKA Plastificante | 4 | Kg | \$ 6.48 |
| 6 | Agua | 1 | Kg | \$ 0.48 |
| | Total | 1155 | Kg | \$ 27.91 |

Nota: Costos de producción de la materia prima.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Se puede observar en detalle cada uno de los materiales que se usaron en los prototipos designados como M1, M2, M3 y M4, con las respectivas cantidades unificadas dimensionalmente como kilogramos, a más de determinar el costo total para realizar las pruebas físicas y mecánicas del hormigón, siendo éste \$27.91

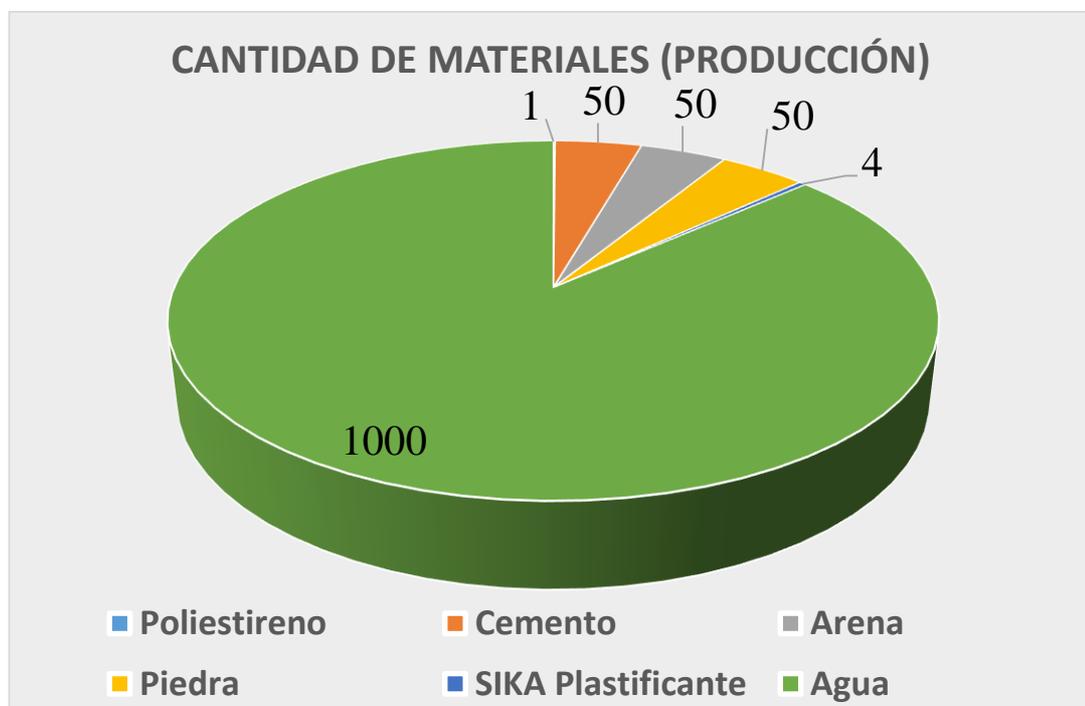


Gráfico 16 Cantidad de Materiales para la producción.

Fuente: Ferretería Bellavista

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9.2. Costos de materiales según Dosificación teórica del Método del ACI 211.4 R.

Tabla 44

Dosificación teórica método del ACI 211.4R - Materia prima por pieza

| Ítem | Material | Cantidad | Unidad | Costo |
|-------|--------------------|----------|--------|----------|
| 1 | Poliestireno | 0.00 | Kg | \$ - |
| 2 | Cemento | 9.01 | Kg | \$ 1.34 |
| 3 | Arena | 14.65 | Kg | \$ 0.44 |
| 4 | Piedra | 23.63 | Kg | \$ 0.95 |
| 5 | SIKA Plastificante | 4.00 | Kg | \$ 6.48 |
| 6 | Agua | 7.62 | Kg | \$ 0.004 |
| Total | | | | \$ 9.21 |

Nota: En esta tabla se muestra las cantidades calculadas mediante Método del ACI 211.4R en donde se halla la dosificación teórica y se obtiene como resultado un costo total de \$9.21

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

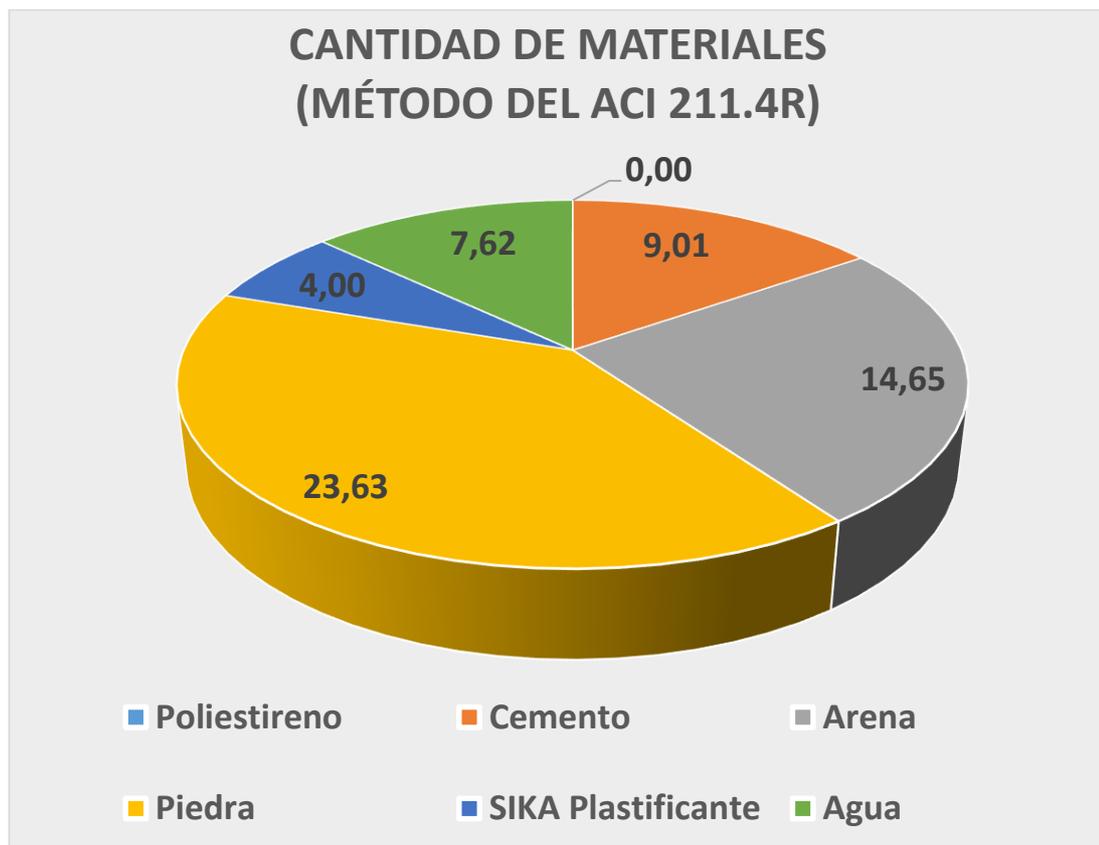


Gráfico 17 Cantidad de Materiales para la producción según Método del ACI 211.4R.

Fuente: Método del ACI 211.4R

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9.3. Costos de materiales según Dosificación para una resistencia de 140 kg/cm² con 0 % de EPS

Tabla 45

Dosificación con 0% EPS (M1)

| Ítem | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo |
|-------|--------------------|-------------|----------|--------|--------|
| 1 | Poliestireno | 0 | 0.00 | kg | \$0.00 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 |
| 4 | Piedra | | 10.00 | kg | \$0.40 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 |
| Total | | | 22.05 | | \$1.26 |

Nota: Esta tabla presenta la dosificación que se empleó con la muestra M1, es decir que se gastó \$1.26 para producir los especímenes de hormigón con 0% de poliestireno expandido (EPS).

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

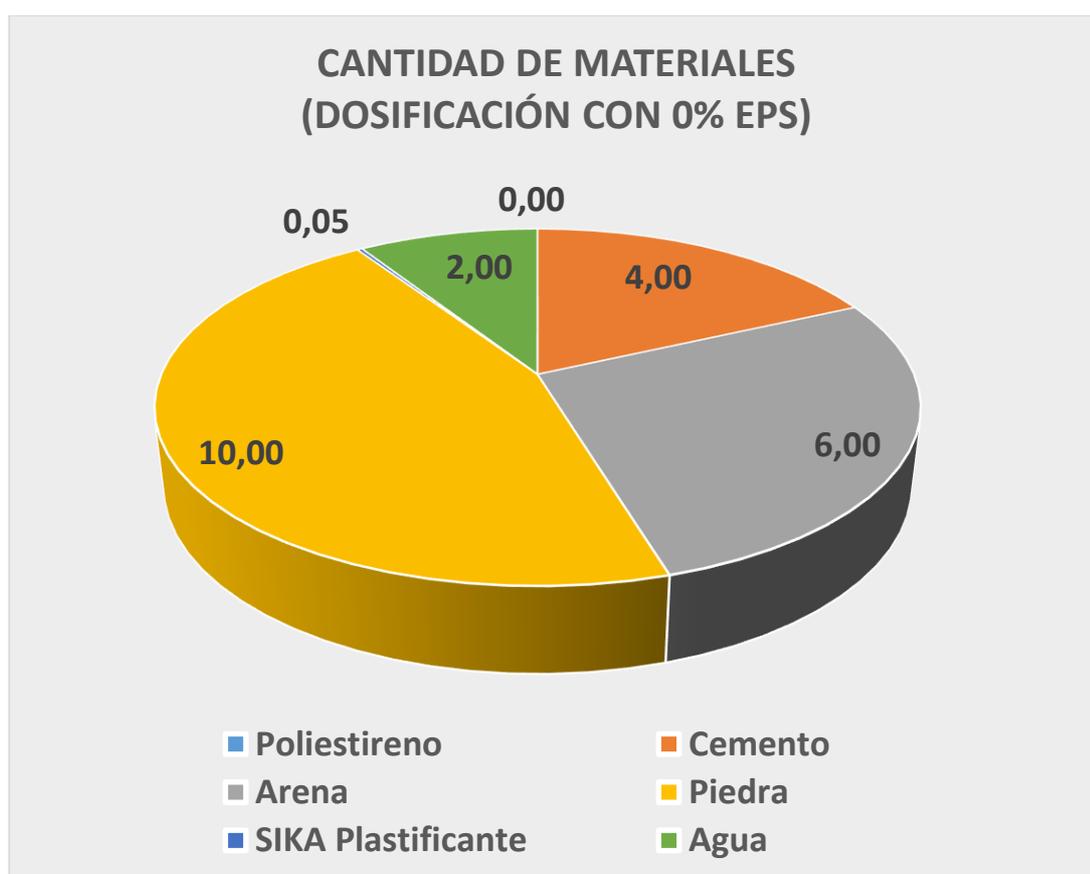


Gráfico 18 Cantidad de Materiales según Dosificación con 0% EPS.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9.4. Costos de materiales según Dosificación para una resistencia de 140 kg/cm² con 50 % de EPS

Tabla 46

Dosificación con 50% EPS (M2)

| Ítem | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo |
|-------|--------------------|-------------|----------|--------|---------|
| 1 | Poliestireno | 2.5 | 0.30 | kg | \$ 2.98 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$ 0.60 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$ 0.18 |
| 4 | Piedra | | 5.00 | kg | \$ 0.20 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$ 0.09 |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$ 0.00 |
| Total | | | 17.35 | | \$ 4.05 |

Nota: Esta tabla presenta la dosificación que se empleó con la muestra M2, es decir que se gastó \$4.05 para producir los especímenes de hormigón con 50% de poliestireno expandido (EPS).

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

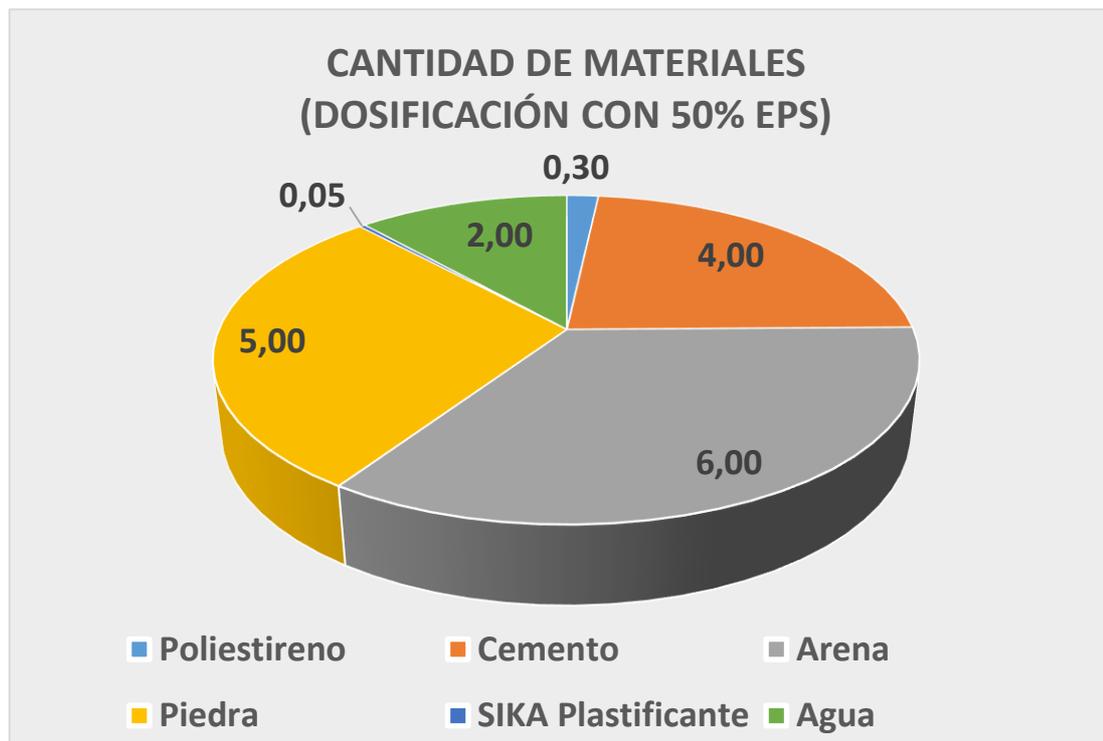


Gráfico 19 Cantidad de Materiales según Dosificación con 50% EPS.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9.5. Costos de materiales según Dosificación para una resistencia de 140 kg/cm² con 75 % de EPS

Tabla 47

Dosificación con 75% EPS (M3)

| Ítem | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo |
|-------|--------------------|-------------|----------|--------|--------|
| 1 | Poliestireno | 3.75 | 0.45 | kg | \$4.47 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 |
| 4 | Piedra | | 2.50 | kg | \$0.10 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 |
| Total | | | 15.00 | | \$5.44 |

Nota: Esta tabla presenta la dosificación que se empleó con la muestra M3, es decir que se gastó \$5.44 para producir los especímenes de hormigón con 75% de poliestireno expandido (EPS).

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

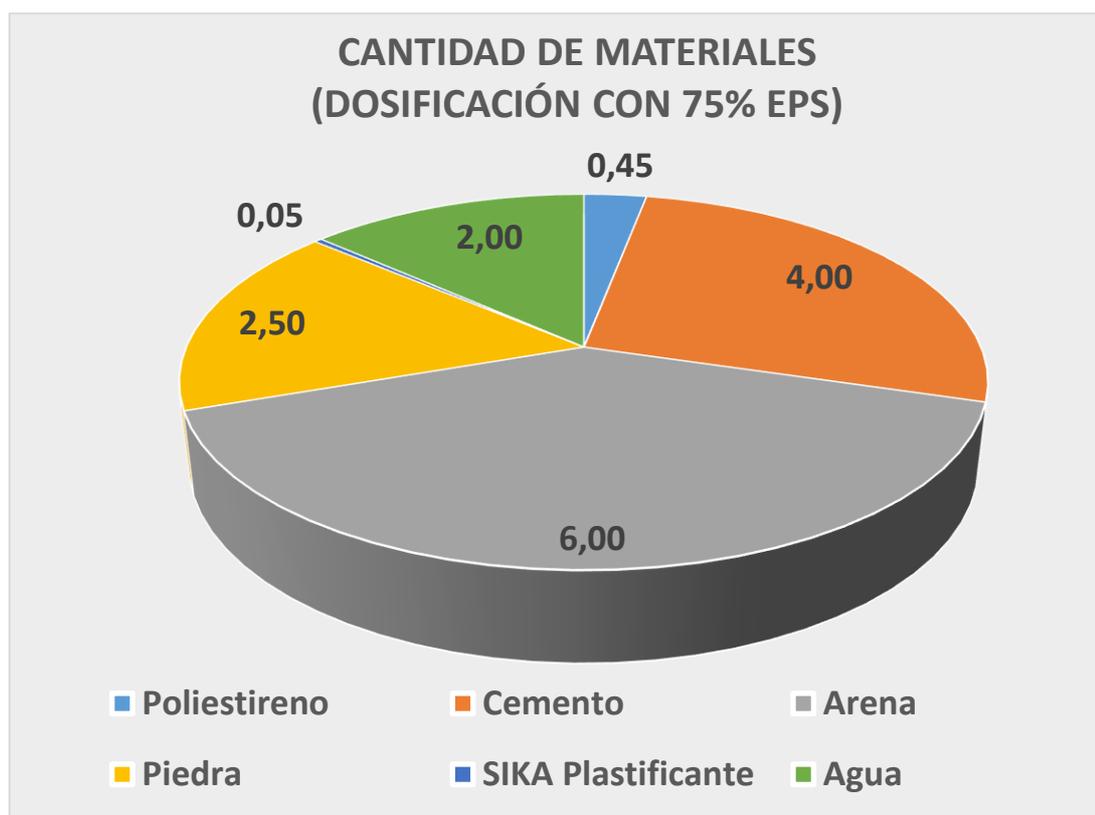


Gráfico 20 Cantidad de Materiales según Dosificación con 75% EPS

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9.6. Costos de materiales según Dosificación para una resistencia de 140 kg/cm² con 100 % de EPS

Tabla 48

Dosificación con 100% EPS (M4)

| Ítem | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo |
|-------|--------------------|-------------|----------|--------|--------|
| 1 | Poliestireno | 5 | 0.60 | kg | \$5.96 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 |
| 4 | Piedra | | 0.00 | kg | \$0.00 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 |
| Total | | | 12.65 | | \$6.83 |

Nota: Esta tabla presenta la dosificación que se empleó con la muestra M4, es decir que se gastó \$6.83 para producir los especímenes de hormigón con 100% de poliestireno expandido (EPS).

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Se puede recalcar que el precio encarece debido al volumen mayor que se usó de poliestireno expandido en la mezcla, ya que aquí se reemplaza el 100 por ciento de la cantidad que se usa como agregado grueso.

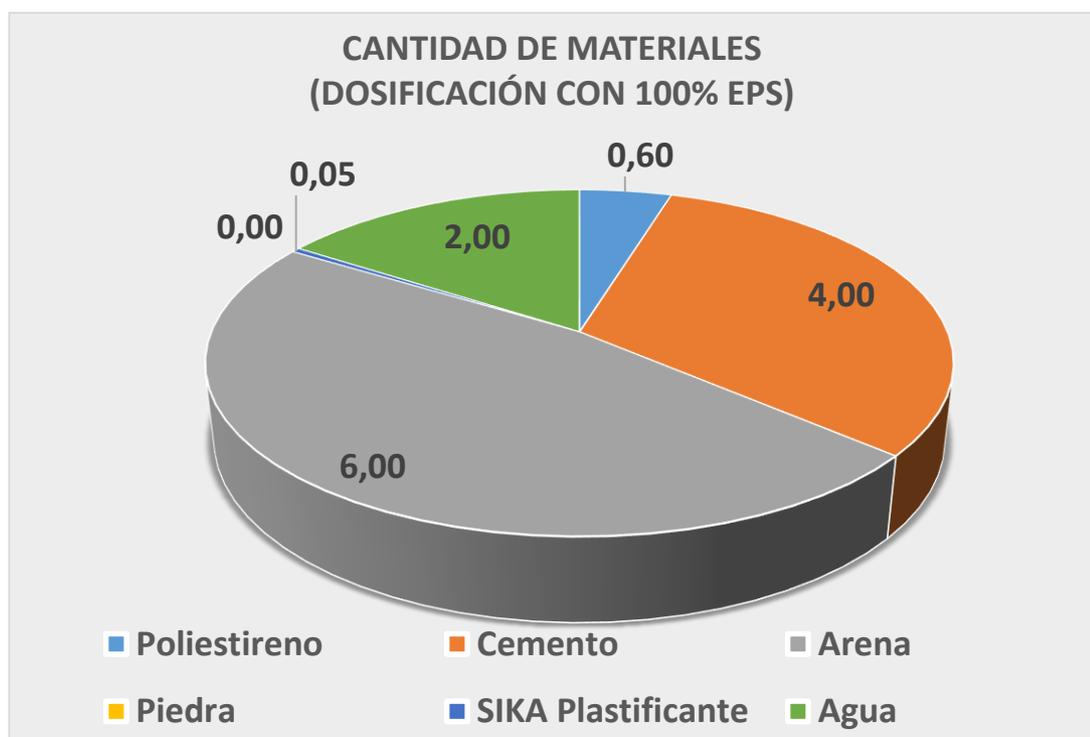


Gráfico 21 Cantidad de Materiales según Dosificación con 75% EPS

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9.7. Costos por número de fachaleta de 40 x 15 x 2 cms de cada dosificación con 0%, 50%, 75% y 100% de EPS

Tabla 49

Costos por pieza de fachaleta de una dimensión de 40x15x2 cms

| Porcentaje EPS | # Fachaletas/Dosif | Costo Unitario |
|----------------|--------------------|----------------|
| 0% (M1) | 10 | \$ 0.13 |
| 50% (M2) | 18 | \$ 0.22 |
| 75% (M3) | 23 | \$ 0.24 |
| 100% (M4) | 27 | \$ 0.25 |

Nota: Esta tabla representa el número de fachaleta que se lograrían producir por cada dosificación empleada en cada prototipo M1, M2, M3 y M4, además del detalle del costo que representaría producir cada fachaleta considerando solo el valor de cada material que se usó.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Es decir, el costo total por pieza de fachaleta de dimensiones 15x40x2 (cms), se tienen 10 unidades de fachaleta en la dosificación del hormigón con 0% de poliestireno expandido, se tienen 18 unidades de fachaleta en la dosificación del hormigón con 50% de poliestireno expandido de la cantidad calculada como agregado grueso, se tienen 23 unidades de fachaleta en la dosificación del hormigón con 75% de poliestireno expandido de la cantidad calculada como agregado grueso, y finalmente, se tienen 27 unidades de fachaleta en la dosificación del hormigón con 100% de poliestireno expandido de la cantidad calculada como agregado grueso.

Dimensiones de la 1era fachaleta

- Ancho 15 cm
- Largo 40 cm
- Espesor 2 cm

Tabla 50*Dosificación con 0% EPS (M1)*

| Item | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo | Y | Volumen |
|-------|-----------------------|-------------|----------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | Poliestireno | 0 | 0.00 | kg | \$0.00 | 22.5 | 0.00 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 | 3150 | 0.00 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 | 2360 | 0.00 |
| 4 | Piedra | | 10.00 | kg | \$0.40 | 1600 | 0.01 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 | 0.0012 | |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 | 1000 | 0.00 |
| Total | | | 22.05 | | \$1.26 | | 0.01 |

| | |
|----------------------|--------|
| # fachaletas | 10 |
| Valor de 1 fachaleta | \$0.13 |

VOLUMEN = 0.0012 m³

Nota: En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los prototipos en este caso el M1 por lo que cada material posee intrínsecamente la densidad específica en unidades de kg/m³ y el peso en kg, es así que se obtiene el volumen en m³ de cada material por lo que se procedió a calcular el volumen total en este caso 0.01 m³.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 51*Dosificación con 50% EPS (M2)*

| Item | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo | Y | Volumen |
|-------|--------------------|-------------|----------|--------|---------|--------|---------|
| 1 | Poliestireno | 2.5 | 0.30 | kg | \$ 2.98 | 22.5 | 0.01 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$ 0.60 | 3150 | 0.00 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$ 0.18 | 2360 | 0.00 |
| 4 | Piedra | | 5.00 | kg | \$ 0.20 | 1600 | 0.00 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$ 0.09 | 0.0012 | |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$ 0.00 | 1000 | 0.00 |
| Total | | | 17.35 | | \$ 4.05 | | 0.02 |

| | | |
|----------|------------|----------|
| # | fachaletas | 18 |
| Valor de | fachaleta | 1 \$0.22 |

Nota: En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los prototipos en este caso el M2 por lo que cada material posee intrínsecamente la densidad específica en unidades de kg/m³ y el peso en kg, es así que se obtiene el volumen en m³ de cada material por lo que se procedió a calcular el volumen total en este caso 0.02 m³

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Teniendo el Volumen de la fachaleta 0.0012 m³ para la que tiene dimensiones de 40 x 15 x 2 cms, se halla la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, en 0,01 m³ para 0.0012 m³ salen 10 fachaletas y el costo unitario es una regla de tres simple por lo que sería el costo total para el número de fachaletas obtenidas en esa dosificación.

Teniendo el Volumen de la fachaleta 0.0012 m³ para la que tiene dimensiones de 40 x 15 x 2 cms, se halla la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, en 0,02 m³ para 0.0012 m³ salen 18 fachaletas y el costo unitario es una regla de tres simple por lo que sería el costo total para el número de fachaletas obtenidas en esa dosificación.

Tabla 52*Dosificación con 75% EPS (M3)*

| Item | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo | Y | Volumen |
|-------|---------------|-------------|----------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | Poliestireno | 3.75 | 0.45 | kg | \$4.47 | 22.5 | 0.020 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 | 3150 | 0.001 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 | 2360 | 0.003 |
| 4 | Piedra SIKA | | 2.50 | kg | \$0.10 | 1600 | 0.002 |
| 5 | Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 | 0.0012 | |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 | 1000 | 0.002 |
| Total | | | 15.00 | | \$5.44 | | 0.03 |

| | |
|----------------------|---------|
| # fachaletas | 23 |
| Valor de 1 fachaleta | \$ 0.24 |

Nota: En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los prototipos en este caso el M3 por lo que cada material posee intrínsecamente la densidad específica en unidades de kg/m³ y el peso en kg, es así que se obtiene el volumen en m³ de cada material por lo que se procedió a calcular el volumen total en este caso 0.03 m³.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Teniendo el Volumen de la fachaleta 0.0012 m³ para la que tiene dimensiones de 40 x 15 x 2 cms, se halla la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, en 0,03 m³ para 0.0012 m³ salen 23 fachaletas y el costo unitario es una regla de tres simple por lo que sería el costo total para el número de fachaletas obtenidas en esa dosificación.

Tabla 53*Dosificación con 100% EPS (M4)*

| Item | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo | Y | Volumen |
|-------|--------------------|-------------|----------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | Poliestireno | 5 | 0.60 | kg | \$5.96 | 22.5 | 0.027 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 | 3150 | 0.001 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 | 2360 | 0.003 |
| 4 | Piedra | | 0.00 | kg | \$0.00 | 1600 | 0.000 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 | 0.0012 | |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 | 1000 | 0.002 |
| Total | | | 12.65 | | \$6.83 | | 0.03 |

| | | |
|----------|------------|--------|
| # | fachaletas | 27 |
| Valor de | fachaleta | \$0.25 |

Nota: En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los prototipos en este caso el M4 por lo que cada material posee intrínsecamente la densidad específica en unidades de kg/m³ y el peso en kg, es así que se obtiene el volumen en m³ de cada material por lo que se procedió a calcular el volumen total en este caso 0.03 m³.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Teniendo el Volumen de la fachaleta 0.0012 m³ para la que tiene dimensiones de 40 x 15 x 2 cms, se halla la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, en 0,03 m³ para 0.0012 m³ salen 27 fachaletas y el costo unitario es una regla de tres simple por lo que sería el costo total para el número de fachaletas obtenidas en esa dosificación.

4.4.9.8. Costos por número de fachaleta de 60 x 15 x 2 cms de cada dosificación con 0%, 50%, 75% y 100% de EPS

Tabla 54

Costos por pieza de fachaleta de una dimensión de 60x15x2 cms

| Porcentaje EPS | # Fachaletas/Dosif | Costo Unitario |
|----------------|--------------------|----------------|
| 0% (M1) | 7 | \$ 0.19 |
| 50% (M2) | 12 | \$ 0.33 |
| 75% (M3) | 15 | \$ 0.36 |
| 100% (M4) | 18 | \$ 0.38 |

Nota: Esta tabla representa el número de fachaleta que se lograrían producir por cada dosificación empleada en cada prototipo M1, M2, M3 y M4, además del detalle del costo que representaría producir cada fachaleta considerando solo el valor de cada material que se usó.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Es decir, el costo total por pieza de fachaleta de dimensiones 60x15x2 (cms), se tienen 7 unidades de fachaleta en la dosificación del hormigón con 0% de poliestireno expandido, se tienen 12 unidades de fachaleta en la dosificación del hormigón con 50% de poliestireno expandido de la cantidad calculada como agregado grueso, se tienen 15 unidades de fachaleta en la dosificación del hormigón con 75% de poliestireno expandido de la cantidad calculada como agregado grueso, y finalmente, se tienen 18 unidades de fachaleta en la dosificación del hormigón con 100% de poliestireno expandido de la cantidad calculada como agregado grueso.

Tabla 55

Dimensiones de la segunda fachaleta

Dimensiones de la 2da fachaleta

Ancho 15 cm

Largo 60 cm

Espesor 2 cm

VOLUMEN = 0.0018 m³

Nota: Esta tabla representa las dimensiones propuestas para la segunda fachaleta.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 56*Dosificación con 0% EPS*

| Item | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo | Y | Volumen |
|-------|----------------|-------------|----------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | Poliestireno | 0 | 0.00 | kg | \$0.00 | 22.5 | 0.00 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 | 3150 | 0.00 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 | 2360 | 0.00 |
| 4 | Piedra SIKA | | 10.00 | kg | \$0.40 | 1600 | 0.01 |
| 5 | Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 | 0.0012 | |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 | 1000 | 0.00 |
| Total | | | 22.05 | | \$1.26 | | 0.01 |

| | |
|----------------------|---------|
| # fachaletas | 7 |
| Valor de 1 fachaleta | \$ 0.19 |

Nota: En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los prototipos en este caso el M1 por lo que cada material posee intrínsecamente la densidad específica en unidades de kg/m³ y el peso en kg, es así que se obtiene el volumen en m³ de cada material por lo que se procedió a calcular el volumen total en este caso 0.01 m³.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Teniendo el Volumen de la fachaleta 0.0018 m³ para la que tiene dimensiones de 60 x 15 x 2 cms, se halla la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, en 0,01 m³ para 0.0018 m³ salen 7 fachaletas y el costo unitario es una regla de tres simple por lo que sería el costo total para el número de fachaletas obtenidas en esa dosificación.

Tabla 57*Dosificación con 50% EPS (M2)*

| Item | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo | Y | Volumen |
|-------|--------------------|-------------|----------|--------|---------|--------|---------|
| 1 | Poliestireno | 2.5 | 0.30 | kg | \$ 2.98 | 22.5 | 0.01 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$ 0.60 | 3150 | 0.00 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$ 0.18 | 2360 | 0.00 |
| 4 | Piedra | | 5.00 | kg | \$ 0.20 | 1600 | 0.00 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$ 0.09 | 0.0012 | |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$ 0.00 | 1000 | 0.00 |
| Total | | | 17.35 | | \$ 4.05 | | 0.02 |

| | |
|----------------------|--------|
| # fachaletas | 12 |
| Valor de 1 fachaleta | \$0.33 |

Nota: En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los prototipos en este caso el M2 por lo que cada material posee intrínsecamente la densidad específica en unidades de kg/m³ y el peso en kg,

es así que se obtiene el volumen en m³ de cada material por lo que se procedió a calcular el volumen total en este caso 0.02 m³

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Teniendo el Volumen de la fachaleta 0.0018 m³ para la que tiene dimensiones de 60 x 15 x 2 cms, se halla la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, en 0,02 m³ para 0.0018 m³ salen 12 fachaletas y el costo unitario es una regla de tres simple por lo que sería el costo total para el número de fachaletas obtenidas en esa dosificación.

Tabla 58

Dosificación con 75% EPS

| Item | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo | Y | Volumen |
|------|---------------|-------------|----------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | Poliestireno | 3.75 | 0.45 | kg | \$4.47 | 22.5 | 0.020 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 | 3150 | 0.001 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 | 2360 | 0.003 |
| 4 | Piedra | | 2.50 | kg | \$0.10 | 1600 | 0.002 |
| | SIKA | | | | | | |
| 5 | Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 | 0.0012 | |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 | 1000 | 0.002 |
| | Total | | 15.00 | | \$5.44 | | 0.03 |

| | |
|----------------------|--------|
| # fachaletas | 15 |
| Valor de 1 fachaleta | \$0.36 |

Nota: En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los prototipos en este caso el M3 por lo que cada material posee intrínsecamente la densidad específica en unidades de kg/m³ y el peso en kg, es así que se obtiene el volumen en m³ de cada material por lo que se procedió a calcular el volumen total en este caso 0.03 m³

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Teniendo el Volumen de la fachaleta 0.0018 m³ para la que tiene dimensiones de 60 x 15 x 2 cms, se halla la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, en 0,03 m³ para 0.0018 m³ salen 15 fachaletas y el costo unitario es una regla de tres simple por lo que sería el costo total para el número de fachaletas obtenidas en esa dosificación.

Tabla 59

Dosificación con 100% EPS (M4)

| Item | Material | # cilindros | Cantidad | Unidad | Costo | Y | Volumen |
|--------------|--------------------|-------------|--------------|--------|---------------|--------|-------------|
| 1 | Poliestireno | 5 | 0.60 | kg | \$5.96 | 22.5 | 0.027 |
| 2 | Cemento | | 4.00 | kg | \$0.60 | 3150 | 0.001 |
| 3 | Arena | | 6.00 | kg | \$0.18 | 2360 | 0.003 |
| 4 | Piedra | | 0.00 | kg | \$0.00 | 1600 | 0.000 |
| 5 | SIKA Plastificante | | 0.05 | kg | \$0.09 | 0.0012 | |
| 6 | Agua | | 2.00 | kg | \$0.00 | 1000 | 0.002 |
| Total | | | 12.65 | | \$6.83 | | 0.03 |

| | |
|-----------------------|-------------|
| # fachaletas | 18 |
| Valor de fachaleta | 1 \$0.38 |

Nota: En esta tabla se usan fórmulas básicas, por lo que se tiene en detalle experimental las dosificaciones de cada uno de los materiales empleados para los prototipos en este caso el M4 por lo que cada material posee intrínsecamente la densidad específica en unidades de kg/m³ y el peso en kg, es así que se obtiene el volumen en m³ de cada material por lo que se procedió a calcular el volumen total en este caso 0.03 m³

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Teniendo el Volumen de la fachaleta 0.0018 m³ para la que tiene dimensiones de 60 x 15 x 2 cms, se halla la proporción en volumen para saber el número de fachaletas que saldrían en ese prototipo. Es decir, en 0,03 m³ para 0.0018 m³ salen 18 fachaletas y el costo unitario es una regla de tres simple por lo que sería el costo total para el número de fachaletas obtenidas en esa dosificación.

Tabla 60

Dimensiones de dos prototipos de fachaletas

| Dimensiones de dos prototipos de fachaletas | |
|---|--------------------------|
| Ancho 15 cm | Ancho 15 cm |
| Largo 40 cm | Largo 60 cm |
| Espesor 2 cm | Espesor 2 cm |
| V= 0.0012 m ³ | V= 0.0018 m ³ |

Nota: En esta tabla se muestran las dimensiones de los prototipos de las fachaletas **Fuente:** Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9.9. Gráficas de número de fachaletas de 40x 15 x 2 cms y de 60 x 15 x 2 cms que se obtienen según cada dosificación con 0%, 50%, 75% y 100% de EPS.

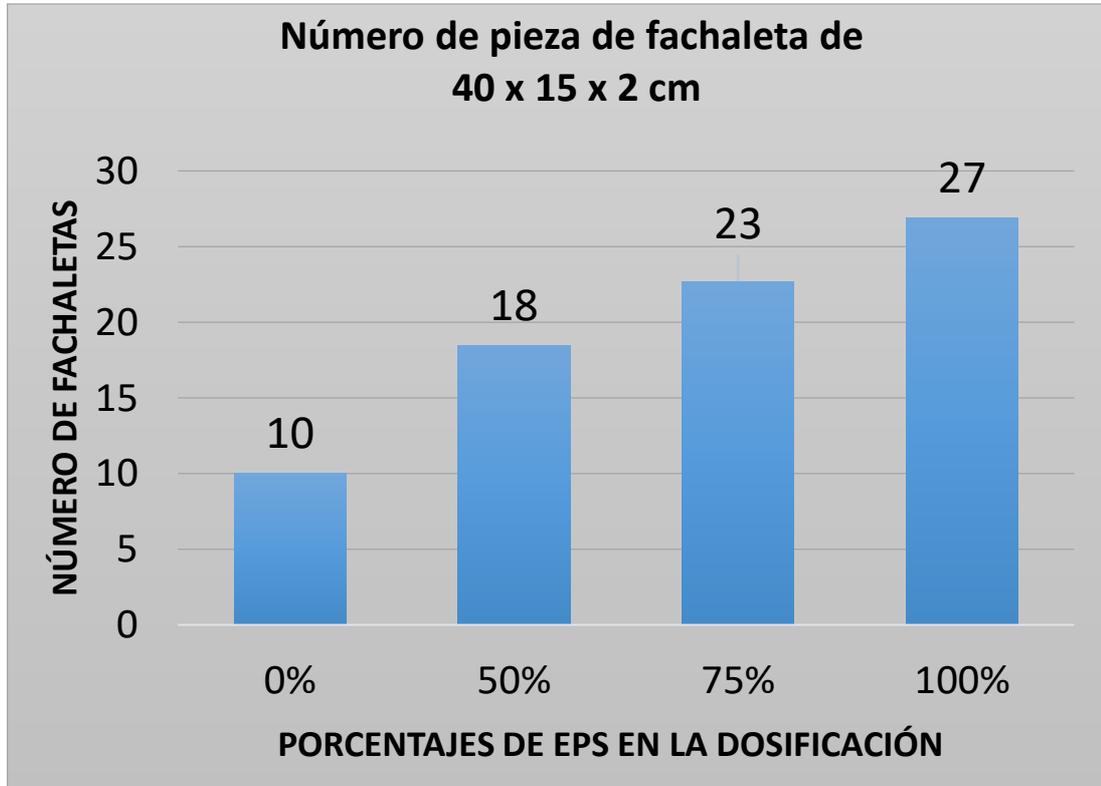


Gráfico 22 Número de pieza de fachaleta de 40x15x2 cm.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

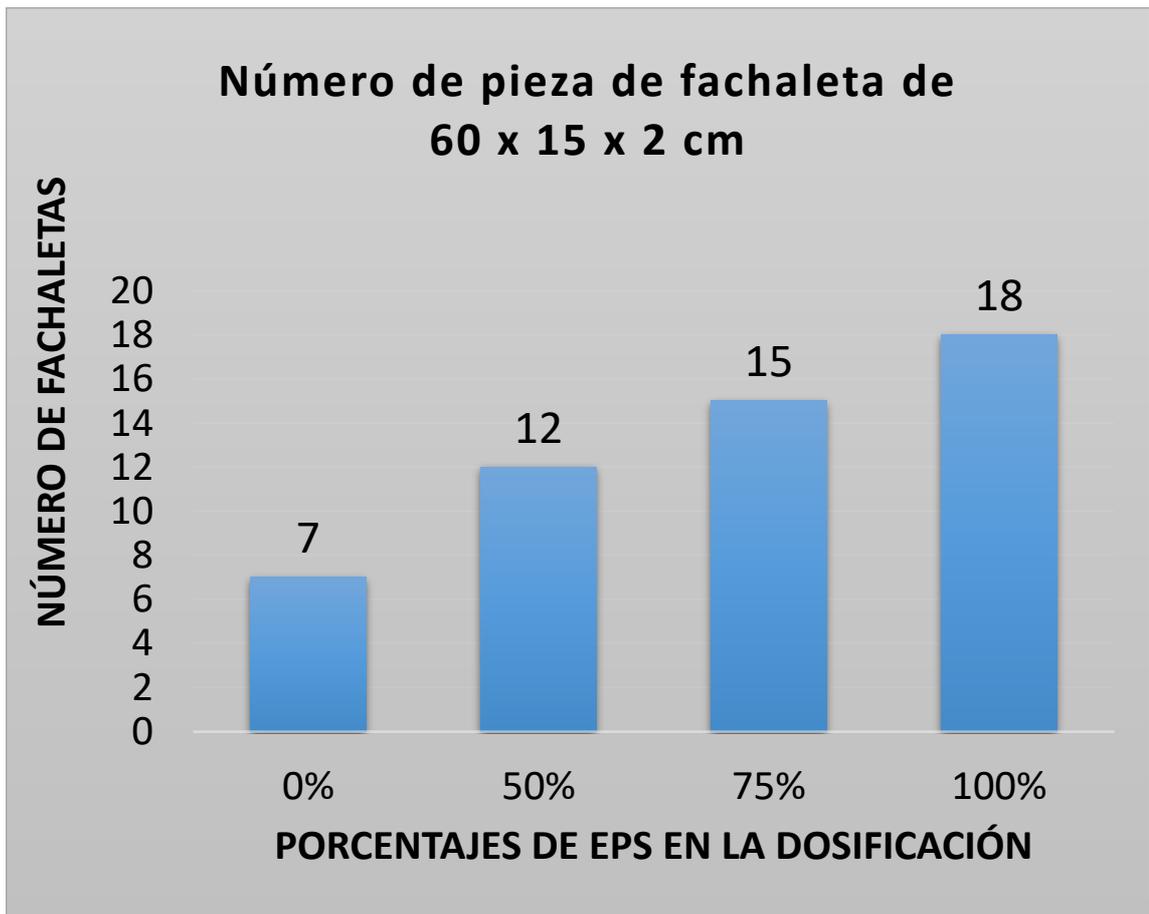


Gráfico 23 Número de pieza de fachaleta de 60x15x2 cm

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Se denota que va incrementando el número de unidades de fachaletas ya que al reemplazar en diferentes porcentajes el EPS por el agregado grueso, quiere decir que ocupa menos volumen y pueden representar un aumento en la producción.

Pero, para ser más realistas cuando se piensa en distribución y comercialización se idea la manera de obtener precios más económicos que sirvan de producción rentable, para ello se va a mostrar una tabla de costos por precios reales minoritarios para observar el número de fachaletas que saldrían con los materiales a comprar.

Tabla 61*Costos de producción - Materia prima*

| Ítem | Material | Cantidad | Unidad | Costo |
|------|--------------------|----------|--------|----------|
| 1 | Poliestireno | 1 | Kg | \$ 10.00 |
| 2 | Cemento | 50 | Kg | \$ 7.45 |
| 3 | Arena | 50 | Kg | \$ 1.50 |
| 4 | Piedra | 50 | Kg | \$ 2.00 |
| 5 | SIKA Plastificante | 4 | Kg | \$ 6.48 |
| 6 | Agua | 1000 | Kg | \$ 0.48 |
| | Total | 1155 | Kg | \$ 27.91 |

Nota: Esta tabla representa los costos de producción y las cantidades que se obtuvieron para producir las fachaletas.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

**Gráfico 24** Costos de producción - Materia prima

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.9.10. Gráficas de costos de materiales que se emplearía para obtener el número de fachaletas que saldrían en la de 40 x 15 x 2 cms o en la de 60 x 15 x 2 cms según cada dosificación.

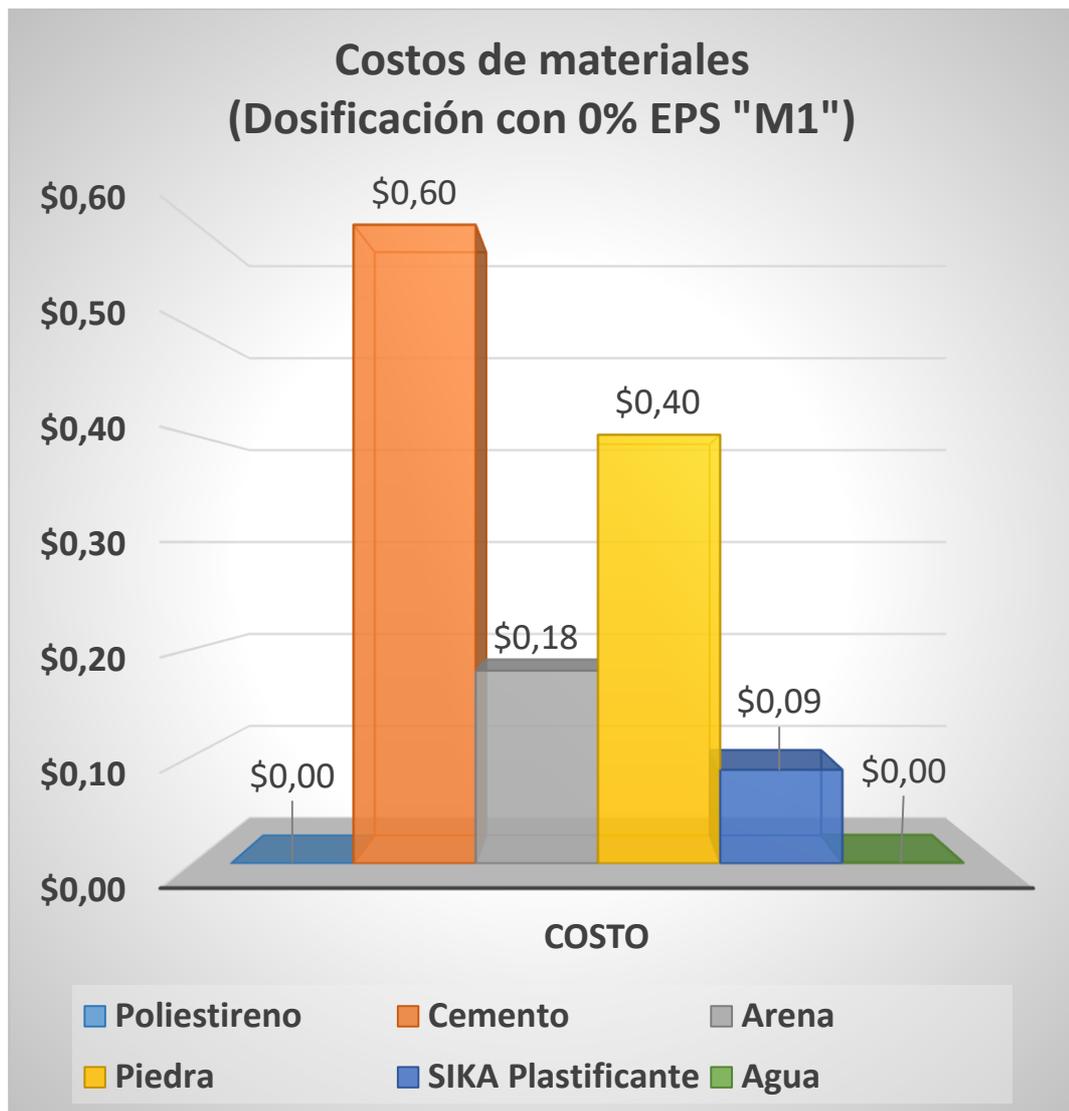


Gráfico 25 Costos de materiales (Dosificación con 0% EPS "M1")

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

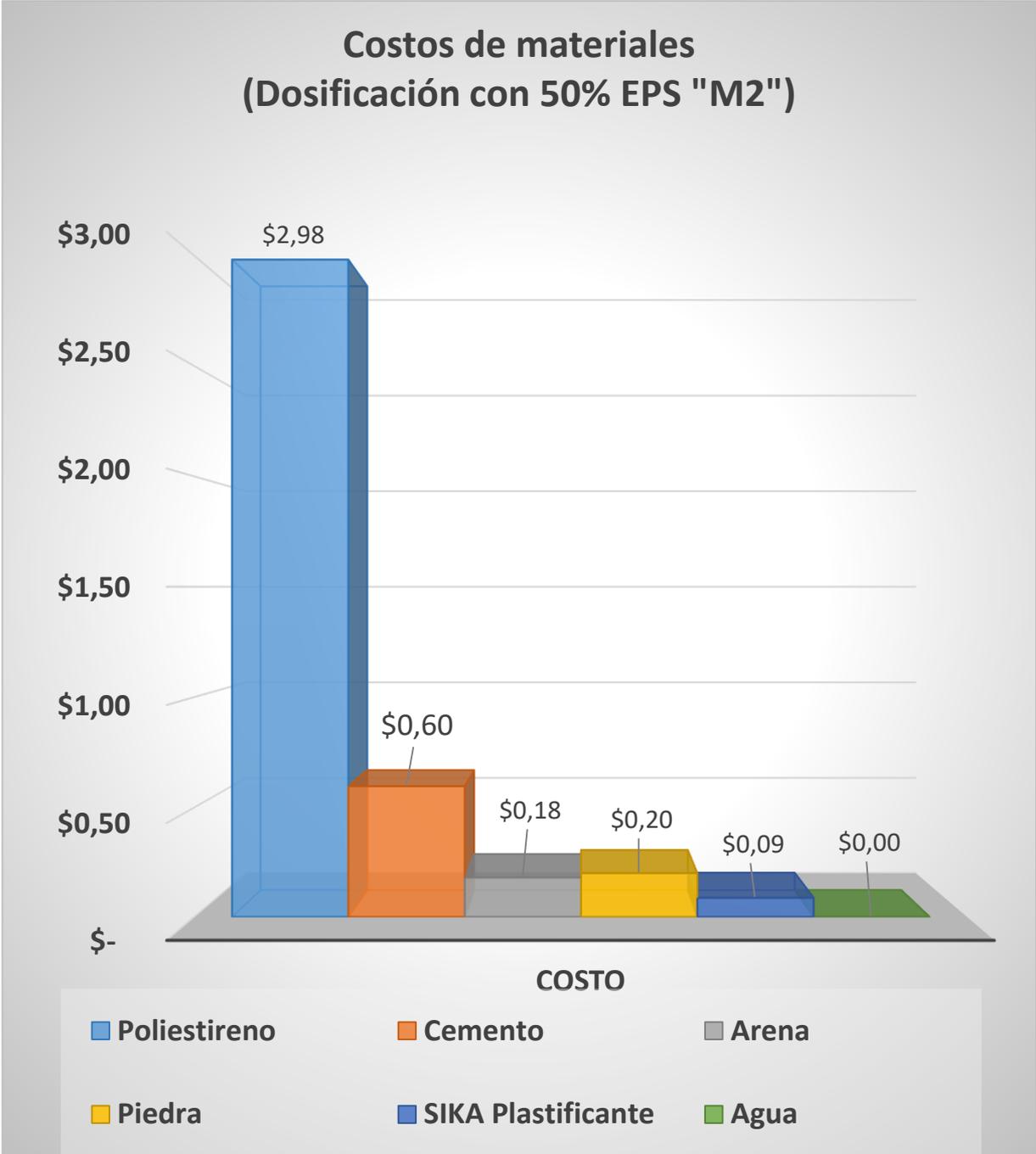


Gráfico 26 Costos de materiales (Dosificación con 50% EPS "M2")

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

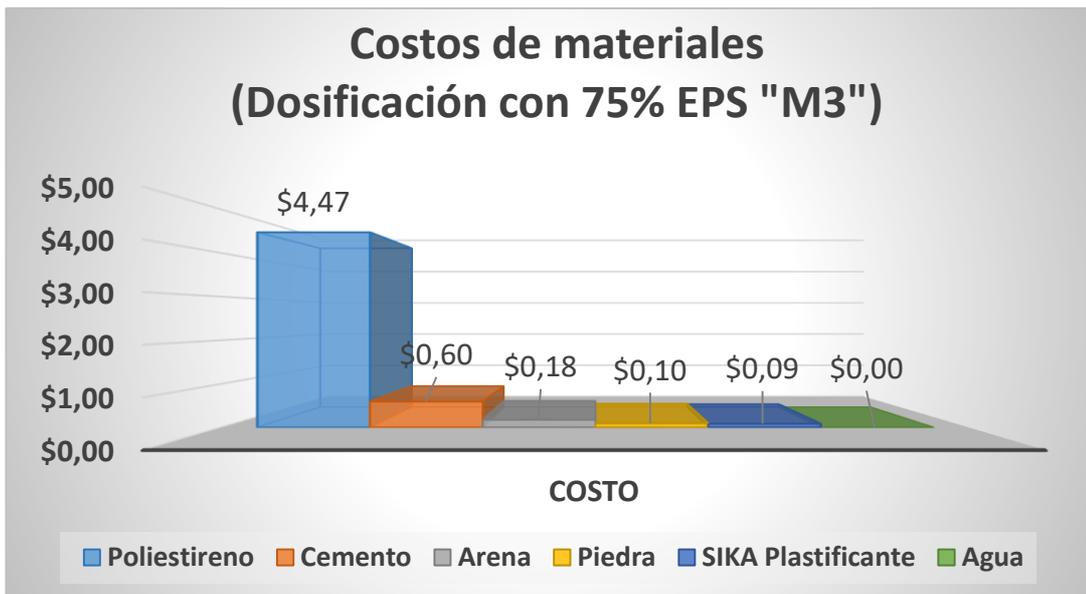


Gráfico 27 Costos de materiales (Dosificación con 75% EPS "M3")

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

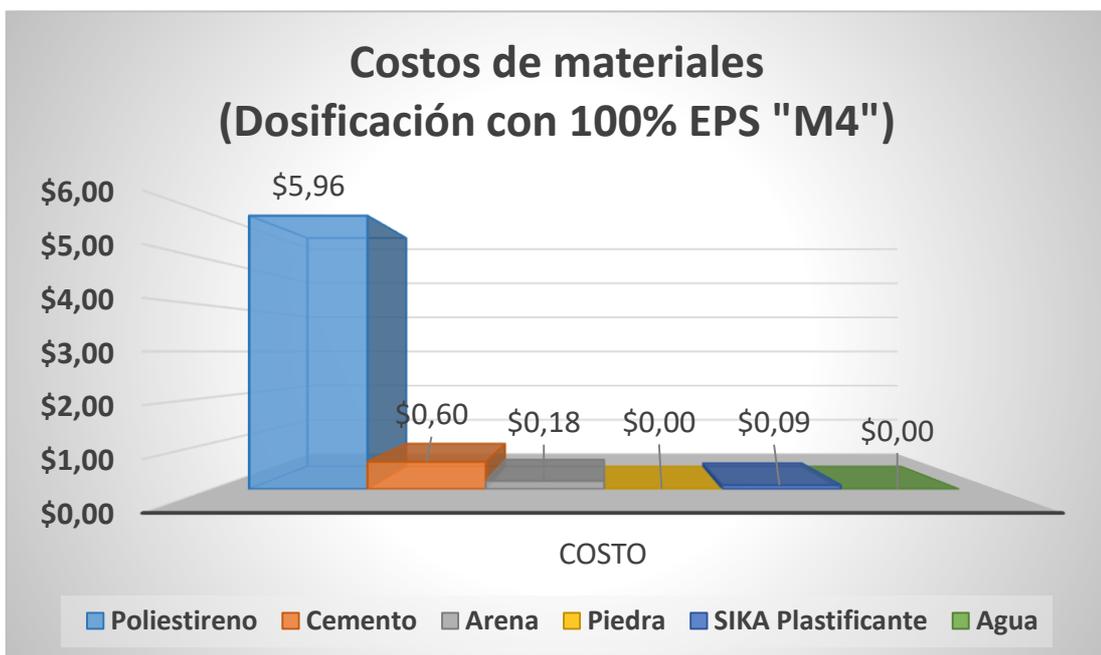


Gráfico 28 Costos de materiales (Dosificación con 100% EPS "M4")

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.4.10. Dosificación para la fachaleta con mortero que incluye poliestireno expandido escogiendo con la dosificación con 50% de EPS.

Tabla 62

Dimensiones de la fachaleta de 60 x 15 x 2 cm

| Dimensiones 60 x 15 x 2 cm | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| DOSIFICACIÓN | PESO ESPECÍFICO (gramos) |
| Grava 3/ 8"= 9.5 mm | 680 g |
| Cemento | 549 g |
| Arena | 820 g |
| Agua | 270 g |
| Poliestireno Expandido | 41 g |
| SIKA plastificante | 7 g |

Nota: Esta tabla representa el peso específico de cada material para dimensiones de 60x15x2 cm

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Tabla 63

Relación de los Materiales en función de X con 0 %, 50%, 75% y 100% de EPS.

| Item | Material | DOSIFICACION | DOSIFICACION | DOSIFICACION | DOSIFICACION |
|------|---------------|--------------|---------------|---------------|----------------|
| | | 1 0 % EPS | 2 50 % EPS | 3 75 % EPS | 4 100 % EPS |
| 1 | Piedra | 1 X | 0.5 X | 0.25 X | 0 X |
| 2 | Cemento | 0.6 X | 0.6 X | 0.6 X | 0.6 X |
| 3 | Arena | 0.4 X | 0.4 X | 0.4 X | 0.4 X |
| 4 | Agua | 0.2 X | 0.2 X | 0.2 X | 0.2 X |
| 5 | Poliestireno | 0 X | 0.03 X | 0.045 X | 0.06 X |
| | SIKA | | | | |
| 6 | Plastificante | 0.005 X | 0.005 X | 0.005 X | 0.005 X |

Nota: Esta tabla representa la relación en función del material para la dosificación de cada prototipo propuesto en este trabajo de titulación.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Se muestran las proporciones de cada material en función de X es decir la cantidad de grava de 3/8 “que se quiera emplear ya sea un saco de 50 kg entonces todas las x serían 50 multiplicada por cada porción para obtener la cantidad de cada material

Tabla 64

Cantidades de Materiales asumiendo que se ocupan 50 kg de Grava de 3/8”

Relación de los materiales

| Ítem | Material | Dosificación 1 | | Dosificación 2 | | Dosificación 3 | | Dosificación 4 | |
|----------------------------------|-------------------|------------------|-------------|----------------|-------------|----------------|-----|----------------|-----|
| | | 0 % | EPS | 50 % | EPS | 75 % | EPS | 100 % | EPS |
| | | (Kg) | | (Kg) | | (Kg) | | (Kg) | |
| 1 | Piedra | 50 | | 25 | | 12.5 | | 0 | |
| 2 | Arena | 30 | | 30 | | 30 | | 30 | |
| 3 | Cemento | 20 | | 20 | | 20 | | 20 | |
| 4 | Agua | 10 | | 10 | | 10 | | 10 | |
| 5 | Poliestireno SIKA | 0 | | 1.5 | | 2.25 | | 3 | |
| 6 | Plastificante | 0.25 | | 0.25 | | 0.25 | | 0.25 | |
| | | PESO (KG) | 110.25 | 86.75 | | 75 | | 63.25 | |
| | | DENSIDAD (KG/M3) | 2054 | 1533 | | 1187 | | 836 | |
| | | VOLUMEN (M3) | 0.05 m3 | 0.06 m3 | | 0.06 m3 | | 0.08 m3 | |
| VOLUMEN DE LAS FACHALETAS | 0.0012 | 45 u | 47 u | 53 u | 63 u | | | | |
| | 0.0018 | 30 u | 31 u | 35 u | 42 u | | | | |

Nota: Esta tabla representa la relación en función del material para la dosificación de cada prototipo propuesto en este trabajo de titulación.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.5. Análisis de Costos

4.5.1. Costos según cada dosificación asumiendo usar 50 kg de Grava de 3/8 de pulgada

Tabla 65

Resumen de Costos según cada dosificación asumiendo usar 50 kg de Grava de 3/8 de pulgada

| COSTOS | COSTOS | COSTOS | COSTOS |
|--------------|---------------|---------------|----------------|
| 0 % EPS (Kg) | 50 % EPS (Kg) | 75 % EPS (Kg) | 100 % EPS (Kg) |
| \$2.00 | \$1.00 | \$0.50 | \$0.00 |
| \$0.90 | \$0.90 | \$0.90 | \$0.90 |
| \$2.98 | \$2.98 | \$2.98 | \$2.98 |
| \$4.80 | \$4.80 | \$4.80 | \$4.80 |
| \$0.00 | \$3.75 | \$5.63 | \$7.50 |
| \$1.62 | \$1.62 | \$1.62 | \$1.62 |
| \$12.30 | \$15.05 | \$16.43 | \$17.80 |

Nota: Esta tabla representa los costos para cada prototipo propuesto en este trabajo de titulación.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.5.2. Número de fachaletas de 40 x 15 x 2 cms y de 60 x 15 x 2 cms con cada dosificación de EPS usando 50 kg de grava de 3/8 de pulgada.

Tabla 66

Tabla Resumen del Número de Fachaletas según cada dosificación habiendo asumido usar 50 kg de Grava de 3/8 de pulgada.

| DOSIFICACION | Volumen de Fachaleta de 0.0012 | Volumen de Fachaleta de 0.0018 |
|--------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 0% | 45 | 30.00 |
| 50% | 47 | 31.00 |
| 75% | 53 | 35.00 |
| 100% | 63 | 42.00 |

Nota: Esta tabla representa el número de fachaletas según cada dosificación por cada prototipo propuesto en este trabajo de titulación.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.5.3. Gráficas de Número de Fachaletas por cada tipo de fachaleta en base a cada dosificación de EPS.

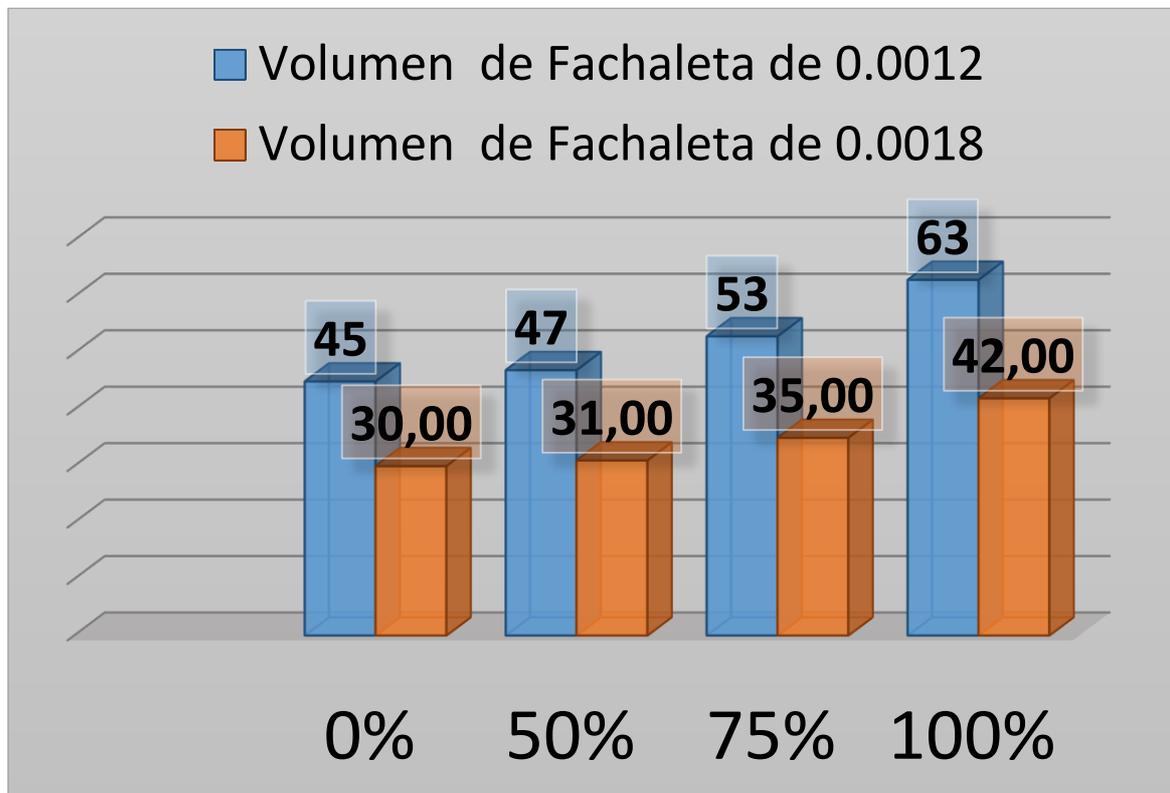


Gráfico 29 Volúmenes de dos fachaleta (40x15x2 cms) y de (60x15x2 cms)

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Es así que se concluye que para cada dosificación usando 50 kgs de Grava de 3/8 de pulgadas se tienen 45 unidades para la fachaleta de 40x15x2, 47 u con 50 % de EPS, 53 u para el 75 % de EPS y 63 u para 100 % de EPS.

Para la fachaleta de 60x15x2 se tienen 30 unidades para 0 % de EPS, 31 unidades para 50% de EPS, 35 unidades para 75 % de EPS y 42 unidades para el 100 % de EPS

4.6. Encofrado de dos propuestas de fachaletas (40 x 15 x 2 y 60 x 15 x 2 cms)

Previo a la elaboración de la dosificación del mortero que incluye poliestireno expandido se realiza la fabricación del encofrado de madera con las siguientes

dimensiones predeterminadas, es decir (vista en planta) tiene 60 centímetros de base, 15 centímetros de altura y 2 centímetros de espesor y otro encofrado que tiene 40 centímetros de base, 15 centímetros de altura y 2 centímetros de espesor.



Ilustración 26 Encofrado base de madera para verte la mezcla de mortero con poliestireno expandido de 40 x 15 x 2 cms

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 27 Encofrado base para una fachaleta de 40 cm de base x 15 cm de altura y 2 cm de espesor.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 28 Encofrado base que tiene soportes para cuando el mortero realice el correspondiente fraguado de 40 x 15 x 2 cms.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 29 Encofrado con diseño en relieves de 40 x 15 x 2 cms.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 30 Encofrado de madera con diseños en relieves para la fachaleta de 40 x 15 x 2 cms

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 31 Vista en planta del encofrado con relieve para la fachaleta de las dimensiones especificadas previamente de 40 x 15 x 2 cms.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 32 Encofrado base que tiene soportes para cuando el mortero realice el correspondiente fraguado de 60 x 15 x 2 cms.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 33 Encofrado base para una fachaleta de 60 cm de base x 15 cm de altura y 2 cm de espesor

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Cabe recalcar que las dimensiones de la fachaleta fueron escogidas como medida estándar promedio de las comparadas con las fachaletas que se comercializan en el mercado.

4.6.1. Fabricación y Preparación de la mezcla de la dosificación de 50% de EPS para las fachaletas de 40 x 15 x 2 cms y de 60 x 15 x 2 cms

Posteriormente, se realiza la mezcla de los materiales del mortero que incluye poliestireno expandido en un 50% que sustituye la grava de 3/8", tal cual se muestra en la tabla anterior con la dosificación específica calculada.

Lo más importante es tener en cuenta que la cantidad del poliestireno no se mide directamente en peso sino en volumen, es decir, se escoge un recipiente y se pesa en una balanza gramera la cantidad de grava especificada y ese mismo volumen se llena de poliestireno ya que es 50% de peso en agregado grueso y EPS.



Ilustración 34 Cantidad de Arena puesta para pesar en una balanza gramera

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 35 Cantidad pesada de arena según ña dosificación son 820 gramos de arena

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 36 Cantidad de cemento pesada en balanza gramera (549 gramos según dosificación calculada)

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 37 Mezcla de materiales debidamente el peso especificado en la dosificación (Cemento + Arena)

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 38 Se coloca la cantidad o volumen del poliestireno (EPS) que representa el 50 % del peso del agregado grueso.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 39 Grava de 3/8 " pesada en la balanza gramera con 680 gramos según la dosificación especificada.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 40 Se colocó en un recipiente todos los materiales debidamente pesados en la balanza gramera según la dosificación previamente calculada.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 41 Se pesó el componente del agua para la mezcla del mortero con poliestireno expandido. Según la dosificación calculada se pesó 270 gramos.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 42 Se mezclaron todos los materiales de la dosificación calculada

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 43 Se colocó la mezcla de todos los materiales de la dosificación

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 44 Se varilló la mezcla en el encofrado para eliminar los espacios de vacío en la mezcla y se compacte de la mejor manera y de manera uniforme

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 45 A los 28 días alcanza su resistencia a compresión simple máxima.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Posteriormente se procede según el ACI el proceso de curado a la mezcla que previamente fue colocada en el encofrado tan pronto como el mortero esté en riesgo de secarse prematuramente y cuando dicho secado deteriore el o impida el desarrollo de las propiedades requeridas.



Ilustración 46 Se realiza el curado a la fachaleta.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 47 Se procede a sumergir la fachaleta

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 48 Fachaleta de 60 x 15 x 2 centímetros en proceso de curado y prueba de sumersión

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 49 Sumersión en agua de la fachaleta

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.6.2. Ensayos en la fachaleta de 60 x 15 x 2 cms, con la dosificación del 50 % de EPS.

También se tiene que agregar que una vez la fachaleta alcance su resistencia máxima se le realizaron ensayos mediante normas establecidas como por ejemplo pruebas acústicas, térmicas, sumersión en agua, y resistencia al fuego.

4.6.2.1. Pruebas Acústicas

Esto es referenciado en las siguientes normas ASTM C423, ASTM E 90, ASTM E 477, ASTM E 492. Se lo realiza con el objetivo de verificar que la fachaleta tenga dentro de sus propiedades aislante acústico es decir bloquear el ruido exterior de forma parcial o total.

Esta prueba se realiza en un laboratorio aislado acústicamente, cuyo procedimiento es colocar la fachaleta en una caja de 3 m x 1 m x 0.96 m que posee por dentro barreras contra el ruido. Una vez colocada la fachaleta dentro se genera ruido exterior por un tiempo de 5 minutos de duración.

Mientras se genera el sonido, los sonómetros medirán las intensidades sonoras en tiempo real en diferentes ubicaciones, uno cerca de donde se origina el ruido, otro cerca de la fachaleta y otro alejado de la fuente del ruido o alejado de la fachaleta. Estos datos se mostrarán en una tabla posteriormente.

Tabla 67

Pruebas Acústicas a la Fachaleta escogida

| Tiempo en minutos | Fachaleta de 60 cms x 15 cms x 2 cms de mortero que incluye poliestireno expandido | | | | | |
|-------------------|--|---------|---------|---|--------|--------|
| | Sonómetro ubicado en la fuente del ruido | | | Sonómetro ubicado cerca de la fachaleta | | |
| | A | B | C | A | B | C |
| 1 min | 114 dBs | 110 dBs | 109 dBs | 95 dBs | 92 dBs | 89 dBs |
| 3 min | 119 dBs | 117 dBs | 115 dBs | 99 dBs | 97 dBs | 94 dBs |
| 5 min | 111 dBs | 108 dBs | 107 dBs | 94 dBs | 90 dBs | 88 dBs |

Nota: Pruebas Acústicas mediante un sonómetro a la Fachaleta de 60 cms x 15 cms x 2 cms de mortero que incluye poliestireno expandido.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14, ASTM y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 50 Calibración de Sonómetro

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.6.2.2. Pruebas Térmicas

Se realiza este ensayo debido a que se verificará la exposición del material a temperatura ambiente y luego a la inducción de calor mediante una estufa a cierta distancia bajo parámetros de la norma de la ASTM D 6341, ASTM D 648, ASTM D 1525. Se usan pirómetros para medir los datos tanto en el interior como del exterior de la caja experimental y se obtienen resultados mediante la metodología del comportamiento del calor, por lo que se busca determinar el aislamiento térmico de forma puntual en zonas donde se generan distintos valores de temperatura interna y asimismo diferentes valores de temperatura externa.

Tabla 68

Prueba Térmica bajo parámetros de la norma de la ASTM D 6341, ASTM D 648, ASTM D 1525

| Zonas | Fachaleta de 60 cms x 15 cms x 2 cms de mortero que incluye poliestireno expandido | | | | | |
|-------|--|---------|---------|---------------------|---------|---------|
| | Temperatura Interna | | | Temperatura externa | | |
| | A | B | C | A | B | C |
| 1 | 30.5 °C | 30.7 °C | 30.9 °C | 31.6 °C | 32.5 °C | 32.9 °C |
| 2 | 28.8 °C | 28.9 °C | 28.8 °C | 33.0 °C | 32.7 °C | 32.5 °C |
| 3 | 27.5 °C | 27.6 °C | 27.5 °C | 30.5 °C | 31.2 °C | 31.5 °C |

Nota: Pruebas Térmicas a la Fachaleta de 60 cms x 15 cms x 2 cms

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.6.2.3. Ensayo de resistencia al fuego

Se puede expresar que los hormigones cuando son sometidos a diferentes temperaturas en un horno, según nuestro análisis estadístico con un intervalo de confianza de 95% lo que refleja un nivel de significancia de 0.05. Hay que aclarar que hay 2 tipos de análisis, el primero se basa en calcular la resistencia al fuego de la fachaleta en un horno a altas temperaturas, y en el segundo se basa en calcular la resistencia con la prueba de fuego con llama directa.

En el tipo de prueba de resistencia al fuego indirecta en horno, se puede precisar, además, que la temperatura y la humedad se controlaron durante el curado y se concluye que en el caso de hormigones expuestos a temperaturas mayores a 500 °C se observaron mayores pérdidas porcentuales. Esto ocurre debido a que el calor al pasar dentro del espécimen y la transformación de la microestructura ocurren durante el calentamiento por lo que es más agresivo después de este rango.

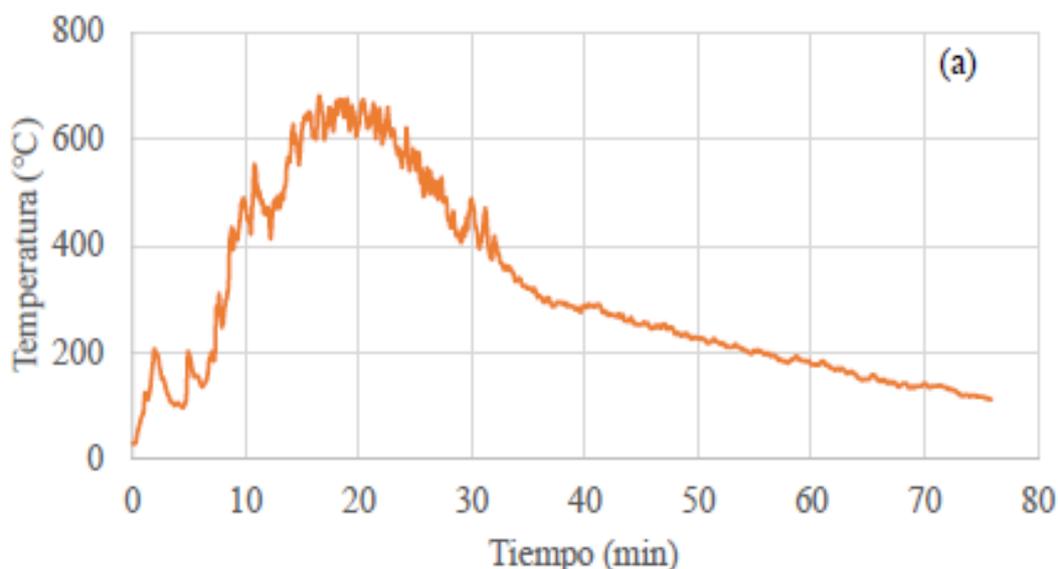


Ilustración 51 Ensayo de fuego en la parrilla alcanzó una temperatura a los 700 °C

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

En el tipo de prueba de resistencia al fuego directa se lo realizó en una parrilla y se basa en medir mediante un sensor de termopar el comportamiento real de la temperatura a lo largo del tiempo en los ensayos de llama directa o simulación de incendio. Las fases por las que pasa la muestra expuesta al fuego son en el punto de

ignición, fase de crecimiento con o sin combustión generalizada, el punto de máximo y el decaimiento debido a la falta de material combustible

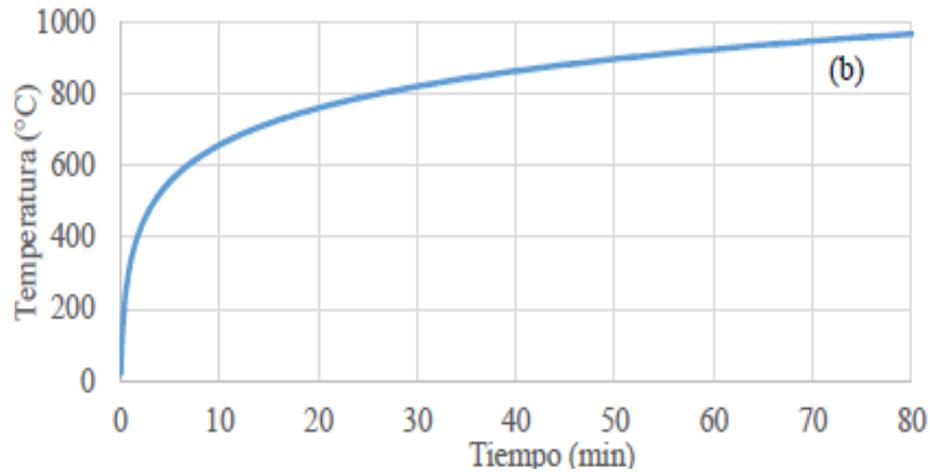


Ilustración 52 Ensayo de resistencia al fuego en horno a 500 °C.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Otra diferencia es el patrón de calentamiento de la muestra, ya que el calor se pasa por conducción a la muestra, en este caso todos lados de la fachaleta transfieren energía por igual a la muestra.

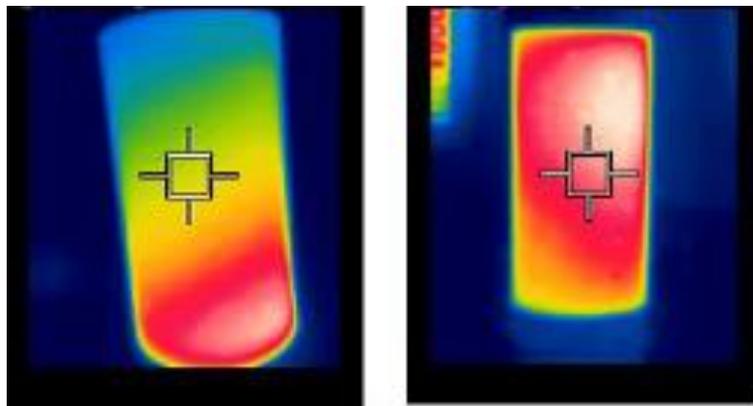


Ilustración 53 Fachaleta en fase de enfriamiento inmediatamente después de la quema en la parrilla y en el otro caso la fachaleta poco después de ser sometida a 500 °C en el horno

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

En la figura de la izquierda se observa un gradiente de temperatura bien definido en donde se muestran los puntos calientes en el fondo de la muestra donde se concentró

la carga de fuego. Mientras que en la figura de la derecha se observa el calentamiento de la fachaleta de una manera uniforme como se esperaba ya que el horno se calienta por todos lados.

Cabe recalcar que en el caso de los incendios reales tienen un frente de fuego establecido, es decir el ensayo de fuego en la parrilla es más efectivo en este caso.

Otro dato importante es que, aunque la parrilla logra temperaturas mayores a la del horno, es decir temperatura mayor a 500 ° C, se recalca que en los resultados la temperatura de la fachaleta era más alta en el horno que en la fachaleta en la parrilla y esto se debe a que la radiación del horno de energía térmica es mucho mayor.

Por último, se tiene en cuenta que los ensayos de hormigones sometidos a altas temperaturas a través del horno pueden ser reproducibles, pero no representan la realidad en un incendio.

4.6.2.4. Ensayo de sumersión al agua

Este ensayo se realiza durante 24 horas bajo los parámetros de la norma ASTM D 570.

Tabla 69

Ensayo de sumersión al agua a la fachaleta de 60x15x2 cms

| Fachaleta de 60 cms x 15 cms x 2 cms de mortero que incluye poliestireno expandido | | | | |
|--|------------------|-------------|------------------|-------------|
| N° | Antes del ensayo | | Luego del ensayo | |
| | Peso (gramos) | Humedad (%) | Peso (gramos) | Humedad (%) |
| 1 | 2339 | 0% | 2513 | 6.92% |

Nota: Diferencia del peso de la Fachaleta de 60 cms x 15 cms x 2 cms después de la sumersión en el agua en 24 horas.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

$$\text{Tiempo} = 24 \text{ horas; } \% \text{ Humedad} = (P_i - P_f / P_i) * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 2513 - 2339 / 2513 * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 174 / 2513 * 100; \% \text{ Humedad} = 0.0692 * 100; \% \text{ Humedad} = 6.92 \%$$



Ilustración 54 Fachaleta seca en balanza gramera.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 55 Se pesa la fachaleta en la balanza gramera después de realizarle prueba de sumersión en agua.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.6.3. Instalación de la Fachaleta

- El proceso de instalación es igual que cualquier revestimiento de piedra y antes de empezar hay que preocuparse que el muro o pared en donde se vaya a y la

pedra esté nivelado, de ahí se calcula la cantidad de cajas de revestimiento y se multiplica el alto por el ancho, con eso se obtiene los metros cuadrados de la superficie. Una caja aproximadamente rinde 1 m².

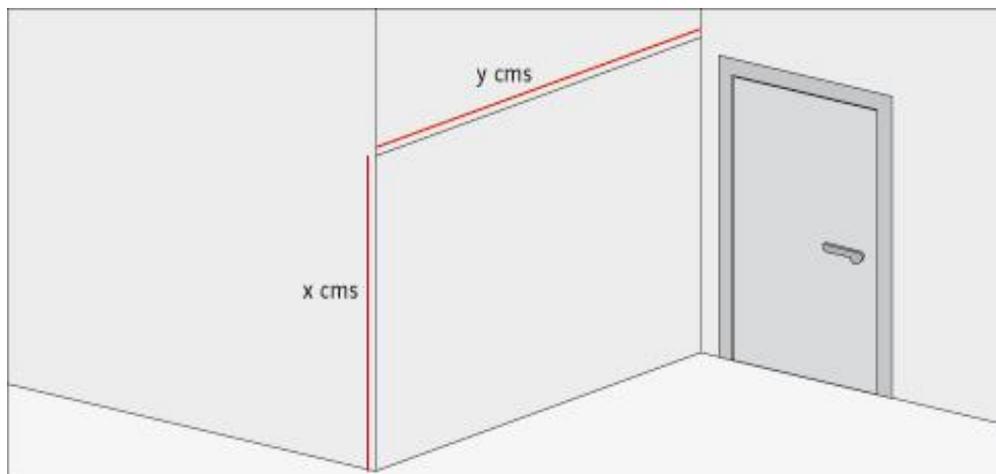


Ilustración 56 Se especifica y se limpia el área donde se van a colocar las fachaletas

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

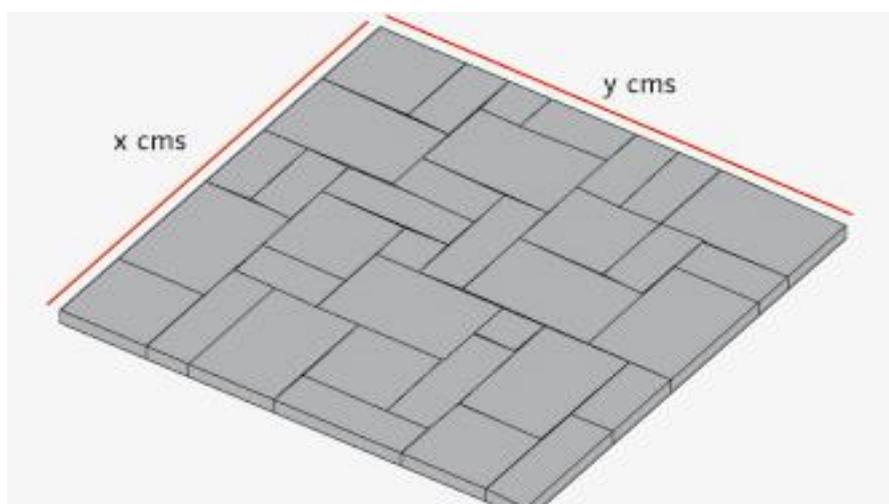


Ilustración 57 Tener referente el patrón en la fachaleta

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- Se procede a realizar el diseño, es decir se empieza a medir el total de la superficie donde se procederá a instalar el revestimiento de piedra y traspasar esa medida al suelo.
- De ahí se forma el diseño que finalmente se pondrá en el muro. ES importante hacer calzar los trozos antes de su instalación, ya que como tienen formas irregulares se necesitará de algunos cambios hasta encontrar su posición definitiva.
- Se prepara la superficie. Los muros o pared hay que picarlos para aumentar la adherencia del pegamento, al igual como se hace en la instalación de cerámicas.

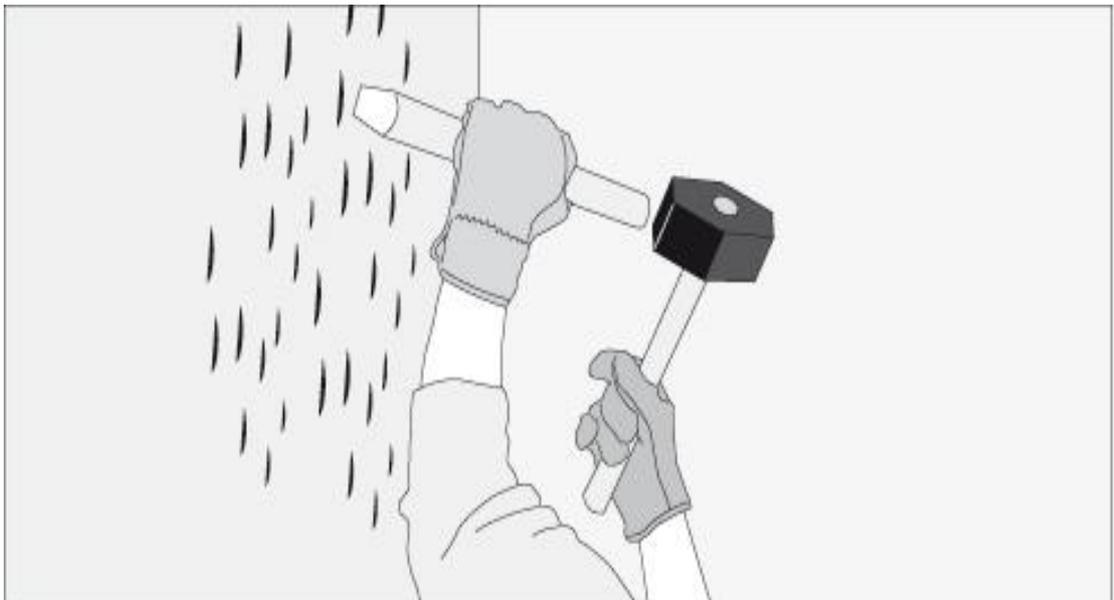


Ilustración 58 Los muros o pared hay que picarlos para aumentar la adherencia del pegamento

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- Se puede usar un pegamento de máxima adherencia para muros y pisos en exterior o interior. Además, este revestimiento se puede usar con piedra pizarra, mármoles y porcelanatos.



Ilustración 59 Mezcla del adhesivo en polvo con el agua, según las cantidades que indica el fabricante.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- Hacer mezcla del adhesivo en polvo con el agua, según las cantidades que indica el fabricante, y revolver hasta conseguir una consistencia espesa.
- Si se quiere aumentar el poder de agarre del pegamento echar a la mezcla un promotor de adherencia, según las cantidades que indica el fabricante.
- Para optimizar el pegado de la piedra se puede aplicar a la mezcla un promotor de adherencia, especial para revestimientos muy pesados o cuando los muros no se pueden picar, como las planchas de yeso cartón o madera.

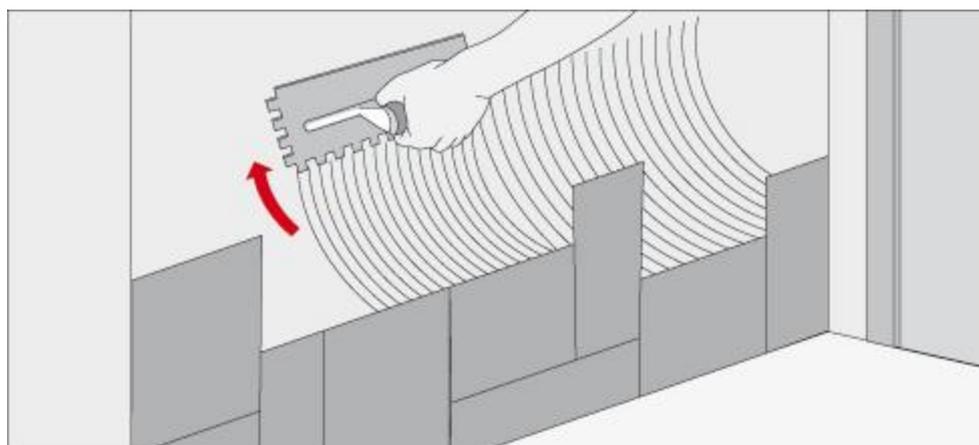


Ilustración 60 Se quiere aumentar el poder de agarre del pegamento echar a la mezcla un promotor de adherencia, según las cantidades que indica el fabricante

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- Desde el suelo aplicar con la llana dentada el adhesivo. Ir por franjas calculando que el pegamento no se seque antes de poner las piedras.

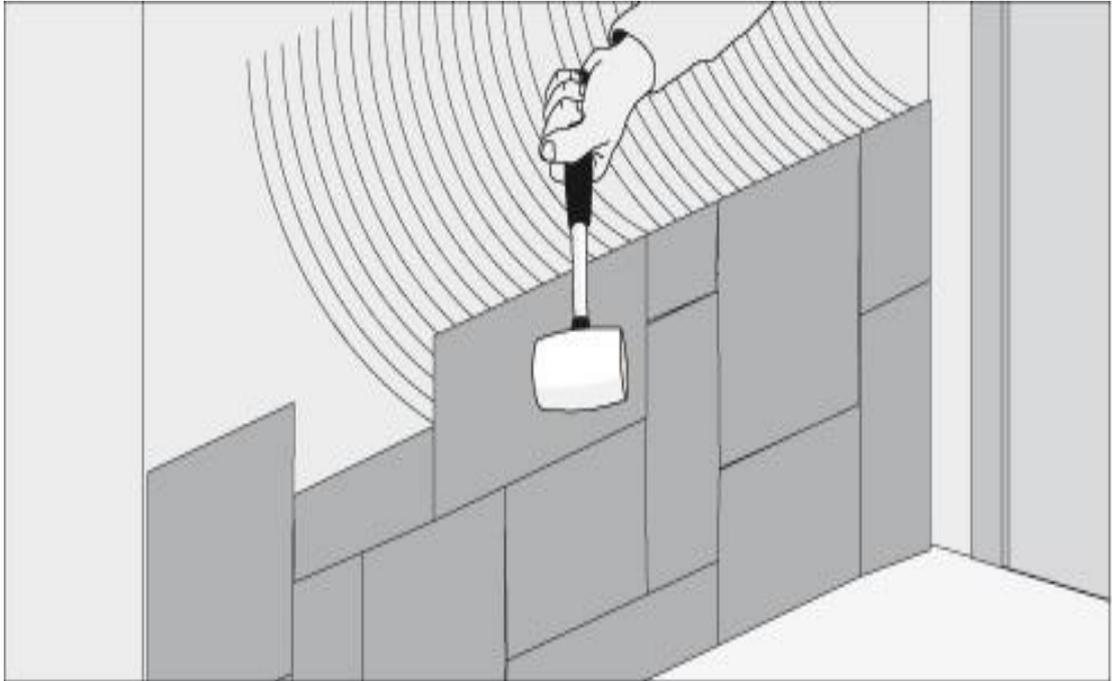


Ilustración 61 Ir por franjas calculando que el pegamento no se seque antes de poner las piedras.

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

- Comenzar desde el borde y el suelo asentando los trozos de revestimiento piedra sobre el adhesivo.
- Golpear suavemente con un combo de goma para mejorar su asentamiento.
- Para hacer cortes en el revestimiento de piedra hay que usar un esmeril angular con una hoja para concreto.
- Seguramente será necesario realizar cortes en el encuentro de escalones o bordes de los muros.

4.6.4. Comparativa de Peso en gramos de fachaleta con mortero de 50% de EPS y fachaleta comercial.



Ilustración 62 Fachaleta de mortero con poliestireno expandido

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 63 Fachaleta comercial

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Se tiene que la fachaleta con 50% de EPS pesa 2338 gramos y la fachaleta comercial pesa 3503 gramos, es decir que la fachaleta comercial es 1.5 veces más pesada que la fachaleta con 50 % de EPS

Tabla 70

Comparación entre Fachaleta prototipo y Comercial con respecto al peso en gramos

| Dimensiones de 60 x 15 x 2 cms | |
|--------------------------------|---------------------|
| Fachaleta con 50 % EPS | Fachaleta Comercial |
| 2338 gramos | 3503 gramos |

Nota: Diferencias en peso de las fachaletas.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

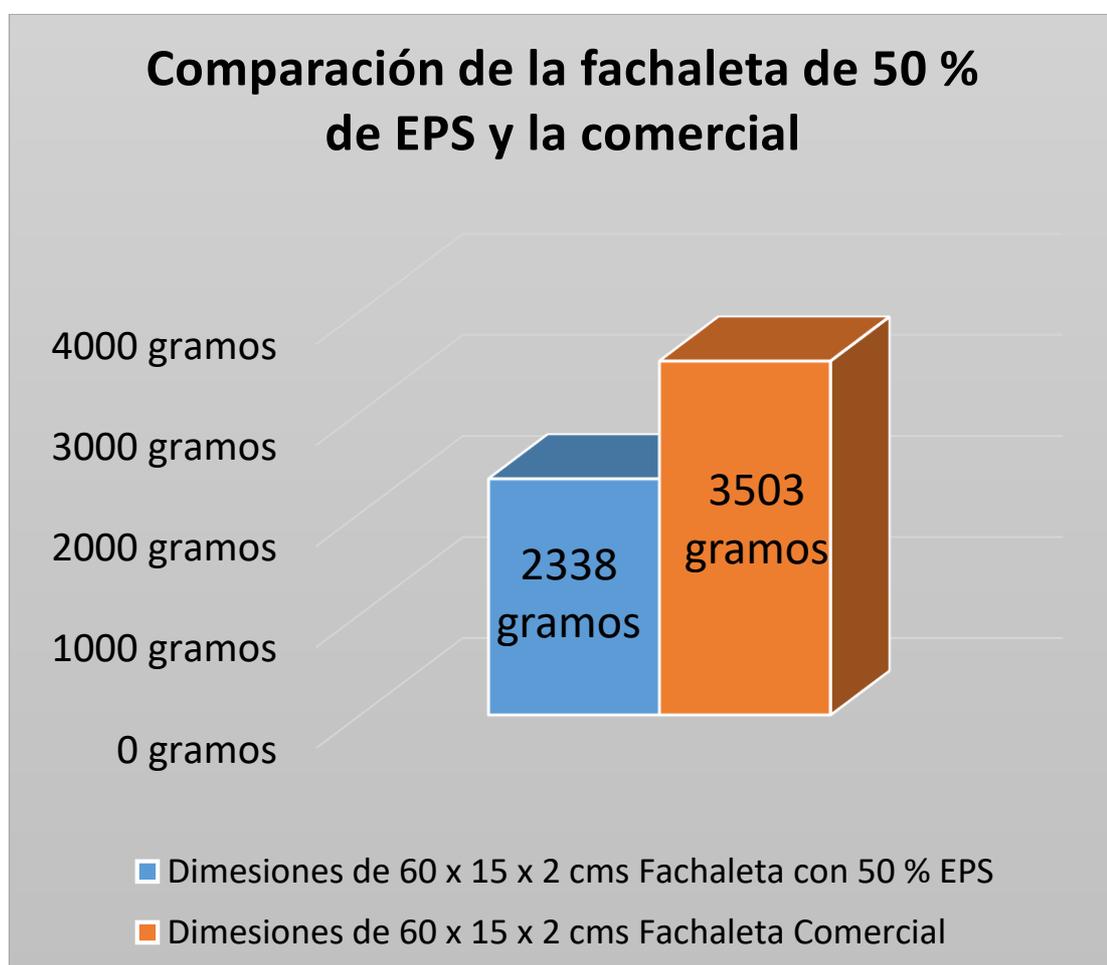


Ilustración 64 Comparación de la fachaleta de 50 % de EPS y la comercial

Fuente: Laboratorio CEINVES de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

En la gráfica se puede concluir que la fachaleta comercial pesa aproximadamente 34 % más que la fachaleta de EPS.

4.7. Comparación de costos entre la propuesta de este trabajo de titulación con la fachaleta del Mercado Nacional.

4.7.1. Fachaletas de (40 x 15 x 2) cms y de (60 x 15 x 2) cms.

Para la fachaleta de 40 x 15 x 2 cms se tiene:

Tabla 71

Costos de 1 Fachaleta

| DOSIFICACION | Volumen de Fachaleta de 0.0012 | COSTOS SEGÚN DOSIFICACIÓN | COSTO DE FACHALETA | 1 |
|--------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------|---|
| 0% | 45.00 | \$12.30 | \$0.27 | |
| 50% | 47.00 | \$15.05 | \$0.32 | |
| 75% | 53.00 | \$16.43 | \$0.31 | |
| 100% | 63.00 | \$17.80 | \$0.28 | |

Nota: Según dosificación se calcula el costo de 1 fachaleta.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

Para la fachaleta de 60 x 15 x 2 cms se tiene:

Tabla 72

Costos de 1 Fachaleta

| DOSIFICACION | Volumen de Fachaleta de 0.0018 | COSTOS SEGÚN DOSIFICACIÓN | COSTO DE FACHALETA | 1 |
|--------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------|---|
| 0% | 30.00 | \$12.30 | \$0.41 | |
| 50% | 31.00 | \$15.05 | \$0.49 | |
| 75% | 35.00 | \$16.43 | \$0.47 | |
| 100% | 42.00 | \$17.80 | \$0.42 | |

Nota: Según dosificación se calcula el costo de 1 fachaleta.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), ACI318-14 y Normas INEN

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.7.2. Fachaletas del Mercado Nacional.

Las fachaletas que se encuentran en el Mercado Nacional varían en diseño, peso y sobretodo precio.

Para poder constatar esta gran variedad se realizó una visita a varios locales comerciales para observar la diversidad en modelos, dimensiones, precios, peso, etc.

A continuación, se observará un registro fotográfico en donde se evidenció varios tipos de fachaletas o revestimientos exteriores.



Ilustración 65 Varios tipos de Fachaletas en Mega kiwi ubicado en el norte de la ciudad de Guayaquil.

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 66 Piedra Artesanal Machalilla Terracota

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 67 Piedra Artesanal Machalilla café y terracota

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

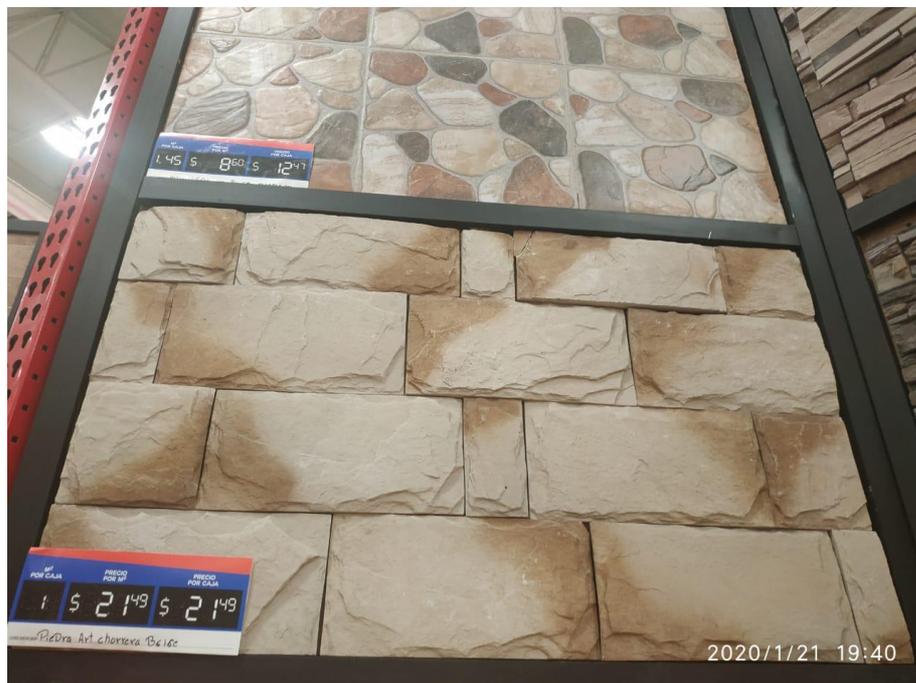


Ilustración 68 Piedra Artesanal Chorrera Beige

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

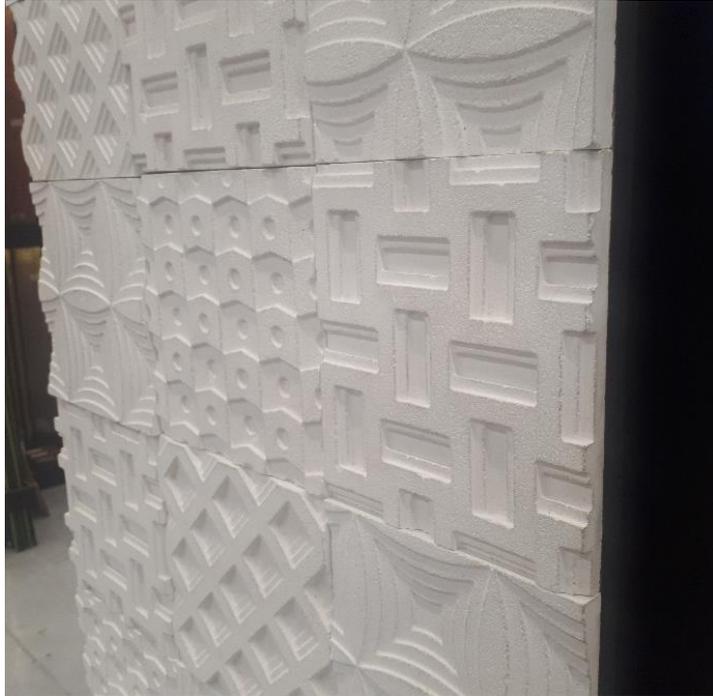


Ilustración 69 Piedra Artesanal Blanca

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 70 Piedra Artesanal Marrón

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 71 Piedra Artesanal bloques

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 72 Piedra artesanal simulación piedra rústica

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 73 Forma comercial de venta de fachaletas artesanales

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 74 Piedra Artesanal Valdivia Beige.

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 75 Piedra Artesanal Valdivia Marrón y Negro

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).



Ilustración 76 Caja de venta de Fachaleta comercial tipo Valdivia

Fuente: Comercial Kywi S.A., Corporación Favorita.

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

El detalle de todos los modelos y datos que se pudieron obtener en el mercado nacional son lo que estarán en un cuadro de los revestimientos de piedra que pudimos conseguir, es decir el tipo de modelo, la marca, superficie, el formato de las piezas y sobretodo los costos por caja y por unidad.

4.7.3. Tabla de los Revestimientos de Piedra en el Mercado Nacional

Tabla 73

Revestimientos de piedra

| REVESTIMIENTO DE PIEDRA | | | | | | |
|-------------------------------|------------|-------------------------------|--------------------------|----------------|----------------|--|
| MODELO | MARCA | SUPERFICIE (cm ²) | FORMATO DE LA PIEZA (cm) | COSTO POR CAJA | COSTO UNITARIO | |
| Tungurahua blanco | Arte Piso | 50 | 50x10x2-4.5 | \$ 11.88 | \$ 2.97 | |
| | | | 30x10x2-4.5 | | | |
| | | | 20x10x2-4.5 | | | |
| Tungurahua crema | Arte Piso | 50 | 50x10x2-4.5 | \$ 13.20 | \$ 3.30 | |
| | | | 30x10x2-4.5 | | | |
| | | | 20x10x2-4.5 | | | |
| Tungurahua Gris | Arte Piso | 60 | 50x10x2-4.5 | \$ 14.90 | \$ 2.98 | |
| | | | 30x10x2-4.5 | | | |
| | | | 20x10x2-4.5 | | | |
| Rustic | Piece | 63 | 60x15x3 | \$ 16.14 | \$ 2.69 | |
| | | | 39x26x2-4 | | | |
| Reventador Gris | Arte Piso | 70 | 26x26x2-4 | \$ 17.90 | \$ 2.98 | |
| | | | 26x13x2-4 | | | |
| | | | 13x13x2-4 | | | |
| Pizarra Gris | Piece | 63 | 60x15x3 | \$ 19.32 | \$ 2.76 | |
| Piedra Chorrera Beige | Art. Maran | 100 | 39x19x2 | \$ 21.49 | \$ 3.58 | |
| | | | 19x19x2 | | | |
| | | | 19x10x2 | | | |
| Piedra Machalilla - Terracota | Art. Maran | 72 | 15x60x2 | \$ 17.68 | \$ 2.95 | |
| | | | 15x40x2 | | | |
| | | | 15x20x2 | | | |
| Piedra Valdivia beige | Art. Maran | 60 | 10x50x2 | \$ 14.19 | \$ 2.37 | |
| | | | 30x30x2 | | | |
| | | | 10x20x2 | | | |

Nota: Diferentes tipos de revestimientos.

Fuente: Ayala (2018, p. 45)

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

4.8. Imagen referencial de la aplicación de la fachaleta con EPS como revestimiento exterior de una vivienda



Ilustración 77 Imagen referencial de la aplicación de la fachaleta con EPS como revestimiento exterior de una vivienda

Fuente: Sánchez (2020, p. 20)

Elaborado por: Yagual, C. (2020).

CONCLUSIONES

El análisis del nuevo material con el fin de seguir la constante evolución de la utilización de materiales en el campo de la arquitectura nos lleva a la investigación de productos prácticos para la construcción, con mejores prestaciones y mucho más amigables con el medio ambiente. En el presente trabajo pudimos analizar el comportamiento del elemento más utilizado por el campo de la construcción que es el hormigón y el poliestireno.

- Se determinó en la experimentación que para alcanzar altas resistencias es necesario reducir la relación agua / cemento, ya que mientras menor cantidad de agua tenga la mezcla, mayor será su resistencia a la compresión.
- El módulo de elasticidad del hormigón está relacionado directamente con la resistencia a la compresión. Si la resistencia a la compresión aumenta, también aumenta su módulo de elasticidad.
- Se determina que, en el gráfico de resistencia vs densidad, a mayor densidad (kg/m³) menor es su resistencia.
- Es importante el tamaño máximo nominal de los agregados gruesos que se utilicen en dosificaciones de Hormigones, ya que mientras menor sea su tamaño máximo nominal, el hormigón aumenta su resistencia.
- Se concluye que la dosificación óptima en donde cumple parámetros de resistencia a la compresión simple, aislamiento acústico, térmico, sumersión al agua y resistencia al fuego es la dosificación de mortero que incluye poliestireno expandido en un 50% de reemplazo de agregado grueso.
- Al reemplazar porcentajes del agregado grueso por poliestireno expandido (EPS) se puede observar según la gráfica de resistencia en kg/cm² que disminuye notablemente a los 28 días una dosificación con hormigón normal de 151 kg/cm² a una dosificación de hormigón con **50% EPS** 80 kg/cm², representando un **53% de decremento**.

- Al reemplazar porcentajes del agregado grueso por poliestireno expandido (EPS) se puede observar según la gráfica de resistencia en kg/cm² que disminuye notablemente a los 28 días una dosificación con hormigón normal de 151 kg/cm² a una dosificación de hormigón con **75% EPS** 39 kg/cm², representando un **74.17% de decremento**.
- Al reemplazar porcentajes del agregado grueso por poliestireno expandido (EPS) se puede observar según la gráfica de resistencia en kg/cm² que disminuye notablemente a los 28 días una dosificación con hormigón normal de 151 kg/cm² a una dosificación de hormigón con **100% EPS** 25 kg/cm², representando un **83.44% de decremento**.
- Realizando el análisis de costos, y en la compra de materiales con precios unitarios se tiene un gasto de \$27.91 y con un volumen de fachaleta de 0.0012 m³ se obtiene como resultado 927 piezas de fachaletas a un costo unitario de producción de \$0.22, optando así por la dosificación de hormigón normal con 50% de poliestireno expandido.
- Se puede alcanzar altas resistencias a la compresión sin la presencia de aditivo mineral. Esto encarece el costo del hormigón por la presencia excesiva de cemento portland.
- Con respecto a los ensayos de resistencia al fuego cabe recalcar que los sometidos a la parrilla es decir a carga de incendio directa en una zona específica pueden ser un análisis alternativo o complementario al análisis de hormigón sometido a temperaturas elevadas, ya que el ensayo de horno no representa con precisión las condiciones encontradas en un incendio en comportamiento real.
- Aunque el ensayo de resistencia de la fachaleta sometido al fuego directo de la parrilla alcanzó los 700 °C, se tiene que decir que las muestras ensayadas en el fuego a la parrilla tenían menos fisuras y agrietamientos que en la ensayada en el horno a 500°C

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar módulos de finura entre 2.5 a 3.5 en agregados finos, ya que, si son arenas muy finas, dificulta la compactación porque se convierte en una mezcla pegajosa.
- Es recomendable no exceder la proporción de materiales finos, ya que incrementa la pasta de la mezcla de hormigón y con ello, aumenta el agua de mezclado, y por ende decrece su resistencia.
- Para la fabricación de hormigones que puedan tener mayor resistencia y sin emplear aditivos químicos, el agregado grueso es fundamental y juega un papel muy importante, ya que mientras menor es el tamaño máximo nominal, mayor es su resistencia. Por esto, se recomienda usar agregados gruesos con un tamaño máximo nominal de ½ pulgada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alario, E. (08 de 02 de 2016). *Enrique Alario*. Obtenido de <https://enriquealario.com/diferentes-tipos-de-aislamiento-termico-exterior-sate/#lightbox/0/>
- Banchón, A. (24 de octubre de 2007). *Ventajas y Desventajas de Piedra Artificial* . Obtenido de <http://www.olnasa.com/noticia/piedra-natural-o-piedra-artificial-ventajas-y-desventajas/251>
- Boston. (14 de 04 de 2015). *Ferretería Boston*. Obtenido de <https://www.ferreteriaboston.com/blog/fachaletas-para-el-exterior/>
- Carmen, O. M. (14 de Octubre de 2004). *Elasticidad del Hormigón* . Obtenido de <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/categoryid/178/categoryname/concreto/elasticidad-del-concreto>
- Christopher, M. (17 de Junio de 2008). *Poliestireno Expandido- Propiedades* . Obtenido de <https://www.textoscientificos.com/polimeros/poliestireno-expandido>
- Definición ABC. (2017). *Definición ABC*. Recuperado el 28 de 02 de 2018, de <https://www.definicionabc.com/comunicacion/encuesta.php>
- Delgado , F., & González, T. (2017). *Análisis de paneles de poliestireno expandido Emmedue, en la mejora del proceso constructivo en viviendas unifamiliares en Pachacamac*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Delgado, C. (02 de 08 de 2016). *Homify*. Obtenido de https://www.homify.pe/libros_de_ideas/1104876/7-ideas-para-transformar-tus-exterior-con-fachaletas
- Eiros Prefabricados de Hormigón. (2017). Recuperado el 22 de 06 de 2018, de <http://www.eiros.es/catalogos/cat5/5.pdf>
- Fabian, A. (01 de FEbrero de 2011). *Propiedades mecánicas del hormigon*. Obtenido de <https://www.monografias.com/docs/propiedades-mecanicas-del-concreto-P3C83PEJMY>

- Fernandez, R. (14 de Noviembre de 2009). *Altos costes energéticos*. Obtenido de <https://arquitectura-sostenible.es/materiales-sostenibles/>
- Ferrer, J. (2010). *Metodología*. Recuperado el 22 de 03 de 2018, de <http://metodologia02.blogspot.com/p/tecnicas-de-la-investigacion.html>
- Gómez, F. (14 de Marzo de 2001). *Proceso de fabricación del hormigón* . Obtenido de <https://www.ieca.es/proceso-de-fabricacion/>
- Leimberg, A. (12 de abril de 2012). *Hormigón de Cemento Portland* . Obtenido de <http://www.umacon.com/noticia.php/es/que-es-el-hormigon-o-cemento-armado/409>
- Lituma, M., & Zhunio, B. (2015). *Influencia de las perlas de poliestireno expandido (EPS) en el peso y resistencia a la compresión del hormigón*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Maragatas, P. (18 de 04 de 2017). *Piedras Maragatas*. Obtenido de <https://piedrasmaragatas.com/blog-piedras-maragatas/revestimiento-exterior-con-piedra-natural>
- Maridueña, A. (15 de Abril de 2012). *Hormigón Alivianado* . Obtenido de <http://poliestirenos.com/d/polystyrene-poliestireno/hormigon-alivianado.html>
- Mendoza, N. (19 de Febrero de 2012). *Enseñanzas Técnicas de los materiales* . Obtenido de <http://ocw.usal.es/eduCommons/ensenanzas-tecnicas/materiales->
- Orozco, A., & Puente, A. (2016). *Evaluación de productividad en el sistema portante Hormi2 de paneles de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido mediante el uso de formaletas*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Pérez, P. (2011). *Revestimientos en exteriores* . Madrid: Edinumen .
- Plaza, A. (18 de Septiembre de 2018). *Fachaletas Naturales* . Obtenido de <https://arquitectura-sostenible.es/8-ventajas-la-piedra-natural-construccion-sostenible>

- Romero, J., & Quesada, J. (2018). *Panles para revestimiento de fachadas, fabricados en base a hormigón, con estructura de fibras sintéticas*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Sacoto, J. (2013). *Diseño del proyecto para la implementación de una fábrica productora de un ladrillo en la ciudad de Azogues*. Azogues, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Sánchez, R. y. (2 de Julio de 2017). *Autopromotores*. Recuperado el 21 de enero de 2020, de <https://www.autopromotores.com/construccion/acabados/>
- Sosa. (15 de 02 de 2015). *Secon*. Obtenido de <https://secongt.wordpress.com/2015/02/18/lo-que-necesitas-saber-sobre-fachaletas/>
- Yerovi, C. (17 de Abril de 2000). *Propiedades del EPS* . Obtenido de <https://www.chemicalsafetyfacts.org/es/poliestireno/>
- Zambrano, C. (25 de Julio de 2000). *Construcción - Hormigon* . Obtenido de <https://www.construmatica.com/construpedia/Hormig%C3%B3n>