



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**DISEÑO DE MORTEROS DE BAJA DENSIDAD UTILIZANDO  
ARENA VOLCANICA, FIBRA DE POLIPROPILENO, VERMICULITA  
PARA RECUBRIMIENTO DE PAREDES EN EDIFICACIONES.**

**TUTOR**

**Mgs. JAIME ALFONSO AMON VALLE**

**AUTOR**

**EDDY ANDRE BALLADARES MARURI**

**GUAYAQUIL**

**2022**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Agencia Nacional de Educación Superior, Ciencia,  
Tecnología e Innovación

## REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Diseño de morteros de baja densidad utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita para recubrimiento de paredes en edificaciones

**AUTOR/ES:**

Balladares Maruri Eddy  
Andre

**REVISORES O TUTORES:**

Mgs. Amon Valle Jaime Alfonso

**INSTITUCIÓN:**

Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:**

Ingeniero Civil

**FACULTAD:**

Ingeniería, Industria y  
Construcción

**CARRERA:**

Ingeniería Civil

**FECHA DE  
PUBLICACIÓN:**

2022

**N. DE PAGS:**

104

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, Arena, Pared, Edificio

<b>RESUMEN:</b>		
<p>Los morteros se han utilizado desde la construcción antigua hasta la actualidad; sin embargo, la forma de utilizarlos y fabricarlos se ha ido reconstruyendo con el tiempo. La investigación identificó el problema del uso y la proporción incorrectos de la arena volcánica, las fibras de polipropileno y la vermiculita para conseguir un producto final deseable, ya que estos procesos no son tan conocidos y se detallan adecuadamente para conseguir materiales de la composición correcta; si estos materiales se utilizan de forma ineficaz pueden provocar el deterioro y el agrietamiento de las paredes con el paso del tiempo. El objetivo de este estudio era proporcionar una solución en forma de aditivos para mejorar los morteros; estos materiales hacen que el hormigón sea más resistente, evitan la segregación y la delaminación del hormigón, mejoran la durabilidad y minimizan la fisuración del hormigón. Se realizaron varias formulaciones y pruebas para determinar los resultados de la dosificación y los resultados mostraron que la viabilidad de su uso era positiva.</p>		
<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Balladares Maruri Eddy Andre	<b>Teléfono:</b> 0942096009	<b>E-mail:</b> eddyballadaresmaruri@gmail.com

<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	Ing. Andrade Laborde Milton Gabriel (Decano) <b>Teléfono:</b> (04) 2596500 <b>Ext.</b> 210
	<b>E-mail:</b> mandradel@ulvr.edu.ec  Ing. Valle Benitez Alexis Wladimir (Director de Carrera)  <b>Teléfono:</b> 0986487016  <b>E-mail:</b> avalleb@ulvr.edu.ec

# CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO

## CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO BALLADARES MARURI EDDY ANDRE

### INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Laica Vicente  
Rocafuerte de Guayaquil

Trabajo del estudiante

3%

2

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

2%

3

[www.scielo.org.mx](http://www.scielo.org.mx)

Fuente de Internet

1%

4

[es.scribd.com](http://es.scribd.com)

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

6

[www.bibliotecasdelecuador.com](http://www.bibliotecasdelecuador.com)

Fuente de Internet

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo



Ing. Jaime Amón Valle, M.Sc.

Profesor Tutor

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES**

El(Los) estudiante(s) egresado(s) EDDY ANDRE BALLADARES MARURI, declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, Diseño de morteros de baja densidad utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita para recubrimiento de paredes en edificaciones, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor



Firma:

EDDY ANDRE BALLADARES MARURI  
C.I. 0942096009

## **CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Diseño de morteros de baja densidad utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita para recubrimiento de paredes en edificaciones, 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 de morteros de baja densidad utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita para recubrimiento de paredes en edificaciones, presentado por el estudiante EDDY ANDRE BALLADARES MARURI como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, reading "Jaime Alfonso V.", enclosed in a blue oval.

JAIME ALFONSO AMON VALLE

C.C. 0923001085

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Mgs. Jaime Alfonso Amon Valle, mi tutor de tesis por la guía y por el apoyo en este tiempo.



## **DEDICATORIA**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por bendecirme y llegar a este día. También A mi Abuelita Eva Salazar Arreaga, por siempre inculcarme el amor al estudio y ser mi brazo de apoyo en todo momento. A mi esposa Daniela García por estar junto a mí y ayudarme a salir adelante y especialmente dedico este logro a mi hijo Elías Balladares por ser mi razón y motivo de existir

## Índice de Contenido

<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS</b>	
<b>PATRIMONIALES.....</b>	<b>V</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>VI</b>
Índice de Tablas.....	XV
Índice de Ilustraciones .....	XV
Resumen.....	XVII
Abstract.....	XIX
Introduccion.....	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
<b>TEMA .....</b>	<b>3</b>
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivo de la investigación. ....	4
1.2.1. Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos .....	4
1.3. Justificación de la investigación .....	5
1.4. Línea de investigación. ....	6
Capitulo II.....	7
2. Marco teórico.....	7
2.1. Evolución de los morteros .....	9

2.2. Empleo de mortero de arcilla.....	9
2.3. Características de los morteros .....	10
2.3.1. Propiedades estados plástico.....	11
2.4. Propiedades en estado endurecido.....	13
2.5. Componentes del Mortero. ....	16
2.5.1. Conglomerantes .....	16
2.6. Agregados o áridos .....	18
2.7. Definir la dosificación para una mezcla de mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.....	19
2.7.1. Que es un mortero.....	19
2.7.2. Mortero de Cemento.....	20
2.7.3. Mortero de Cal.....	20
2.7.4. Mortero de Yeso.....	20
2.8. Definir la dosificación para una mezcla de mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.....	21
2.8.1. Dosificación para una mezcla de mortero añadiendo arena volcánica.....	21
2.8.2. Arena volcánica en remplazo de cemento.....	23
2.8.3. Dosificación para una mezcla de mortero añadiendo fibra de polipropileno.....	24
2.8.4. Creación de las fibras de polipropileno.....	25

2.8.5. Contenido de fibras en concreto .....	27
2.8.6. Concreto en estado endurecido agregando polipropileno, módulo de estabilidad y relación Poisson.....	28
2.8.8. Campos de aplicación. ....	28
2.9. Resistencia, adherencia del mortero añadiendo fibra de polipropileno. ....	29
2.9.1. Resistencia a tensión por flexión .....	29
2.9.2. Resistencia a tensión por compresión diametral .....	30
2.9.3. Resistencia al impacto.....	31
2.9.4. Adherencia del polipropileno.....	32
2.10. Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.....	32
2.10.1. Sub-contenido. ....	33
2.10.2. Componentes de la arena volcánica .....	35
2.10.3. PUZOLANAS.....	36
2.11. Mortero con fibras de polipropileno y arena volcánica .....	38
2.11.1. Estudios realizados sobre el mortero de arena volcánica y polipropileno.....	39
2.11.2. Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo arena volcánica .....	39
2.11.3. Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el	

mortero añadiendo polipropileno.....	40
2.11.4. Ventajas y desventajas de un mortero con polipropileno.....	41
2.11.5. Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo vermiculita.....	42
2.11.6. Ventajas y desventajas de la perlita .....	42
2.11.7. Dosificaciones del mortero añadiendo vermiculita.....	43
Marco conceptual.....	45
Hidratación.....	45
Humedad.....	45
Trabajabilidad .....	45
Evaporación .....	45
Resistencia a rotura .....	45
Consistencia.....	46
Construcción .....	46
Elemento a compresión.....	46
Marco Legal.....	46
CAPITULO III.....	49
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	49
3.1. Metodología .....	49
3.2. Características del método deductivo .....	49

3.3. Hipótesis .....	50
3.4. Tipo de investigación.....	50
3.5. Enfoque.....	50
3.6. Técnicas de la investigación. ....	51
3.7. Instrumento .....	51
3.8. Población y muestra.....	52
3.9. Análisis y Resultados.....	52
CAPITULO IV .....	53
PROPUESTA.....	53
4.1. DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	53
4.2. RESULTADOS .....	57
4.2.1. Gravedad específica.....	59
4.2.3. Muestra de arena Volcánica.....	65
4.2.4. Muestra de Vermiculita .....	65
4.2.5. Muestra de polipropileno.....	66
4.2.6. Tamizador.....	66
4.2.7. Tamizado de aditivos .....	67
4.2.8. Moldes para morteros .....	67
4.2.8. Proceso de elaboración de morteros en los moldes .....	68
4.2.9. Morteros elaborados .....	68

4.2.10. Pipeta 5x5. ....	69
4.2.11. Implementación de la pipeta 5x5 con vermiculita .....	69
4.2.12. Cono de Abrahams.....	70
4.2.13. Muestra elaborada.....	70
Informe Final .....	71
CONCLUSIONES .....	73
RECOMENDACIONES.....	74
BIBLIOGRAFIA .....	75

## Índice de Tablas

Tabla 1 Clasificación de Agregado o Áridos.....	19
Tabla 2 Dosificación de mortero.....	22
Tabla 3 Características de la muestra de mortero con una resistencia de $f_c$ 125 kg/cm.....	53
Tabla 4 Características de la muestra de mortero con una resistencia de $f_c$ 100 kg/cm.....	54
Tabla 5 Características de la muestra de mortero con una resistencia de $f_c$ 115 kg/cm.....	56
Tabla 6 Resultado de la muestra de mortero con una resistencia de $f_c$ 125 kg/cm.....	58
Tabla 7 Resultado de la muestra de mortero con una resistencia de $f_c$ 100 kg/cm.....	58
Tabla 8 Resultado de la muestra de mortero con una resistencia de $f_c$ 115 kg/cm.....	59

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 Ilustración 1 Fluidez Recomendada del Mortero. Tomado de Balladares, (2018).....	12
Ilustración 2 Requisitos de la composición química del agua. Tomado de Donis, (Donis, 2015).....	18
Ilustración 3 Propiedades del concreto con o sin Fibras. Tomado de Morales, (2017). .....	27
Ilustración 4 Comparación en mezclas con grava y sin grava. Tomado de Morales, (2017).....	28
Ilustración 5 Mezclas de morteros. Tomados de Parrales, (2016).....	30



Ilustración 6 Mezclas con gravas comparativa. Tomado de Parrales, (2016).	31
Ilustración 7 Mezclas agregando arena. Tomado de Hughes, (2020).	32
Ilustración 8 Pulzonas Naturales. Tomado de Morante, (2016).	38
Ilustración 9 Tamizado. Tomado de Palma, (2019).	44
Ilustración 10 Tamizado, (2019).	44
Ilustración 11 Tamizado. Tomado de Parrales, (2016).	45
Ilustración 12 1Gravedad Especifica y Absorción-ASTM C 128/INEN 858. Elaborado por Balladares, (2022).	60
Ilustración 13 Peso Unitario Agregado. Elaborado por Balladares, (2022).	61
Ilustración 14 Muestra 1-Clasificación de suelos-SUCS/ASTM D-2487. nElaborado por Balladares, (2022)	62
Ilustración 15 Muestra 1- Análisis por tamizado de agregados finos-ASTM C 136. Elaborado por Balladares, (2022).	63
Ilustración 16 Curva granulométrica. Elaborado por Balladares, (2022).	63
Ilustración 17 Muestra 2- Análisis por tamizado de agregados finos-ASTM C 136. Elaborado por Balladares, (2022).	64
Ilustración 18 Curva granulométrica. Elaborado por Balladares, (2022).	64
Ilustración 19 Arena Volcánica. Elaborado por Balladares, (2022).	65
Ilustración 20 Muestra de Vermiculita. Elaborado por Balladares, (2022)	65
Ilustración 21 Muestra de Polipropileno. Elaborado por Balladares, (2022).	66
Ilustración 22 Tamizador. Elaborado por Balladares, (2022).	66
Ilustración 23 Tamizado de Aditivos. Elaborado por Balladares, (2022).	67
Ilustración 24 Moldes para morteros. Elaborado por Balladares, (2022).	67
Ilustración 25 Elaboración de morteros. Elaborado por Balladares, (2022)	68
Ilustración 26 Morteros elaborados. Elaborado por Balladares, (2022)..	68
Ilustración 27 Pipeta. Elaborado por Balladares, (2022).	69
Ilustración 28 Pipeta con Vermiculita. Elaborado por Balladares, (2022).	69
Ilustración 29 Cono de Abrahams. Elaborado por Balladares, (2022).	70

## **Resumen.**

Los morteros se han utilizado desde la construcción antigua hasta la actualidad; sin embargo, la forma de utilizarlos y fabricarlos se ha ido reconstruyendo con el tiempo. La investigación identificó el problema del uso y la proporción incorrectos de la arena volcánica, las fibras de polipropileno y la vermiculita para conseguir un producto final deseable, ya que estos procesos no son tan conocidos y se detallan adecuadamente para conseguir materiales de la composición correcta; si estos materiales se utilizan de forma ineficaz pueden provocar el deterioro y el agrietamiento de las paredes con el paso del tiempo. El objetivo de este estudio era proporcionar una solución en forma de aditivos para mejorar los morteros; estos materiales hacen que el hormigón sea más resistente, evitan la segregación y la delaminación del hormigón, mejoran la durabilidad y minimizan la fisuración del hormigón. Se realizaron varias formulaciones y pruebas para determinar los resultados de la dosificación y los resultados mostraron que la viabilidad de su uso era positiva.

## **ABSTRACT**

Mortars have been used from ancient construction to the present day; however, the way they are used and manufactured has been reconstructed over time. The research identified the problem of incorrect use and proportioning of volcanic sand, polypropylene fibers and vermiculite to achieve a desirable end product, as these processes are not as well known and properly detailed to achieve materials of the correct composition; if these materials are used ineffectively they can lead to deterioration and cracking of walls over time. The objective of this study was to provide a solution in the form of admixtures to improve mortars; these materials make concrete stronger, prevent concrete segregation and delamination, improve durability and minimize concrete cracking. Several formulations and tests were carried out to determine the dosage results and the results showed that the feasibility of their use was positive.

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se desarrolló para poder implementar materiales que otorguen resistencia, durabilidad además de propiedades beneficiosas a los morteros para el revestimiento de paredes, ya que debemos de tener en cuenta que hay que mejorar y evolucionar las construcciones otorgándoles diferentes tipos de aditivos que mejorarían su elaboración. De estos materiales que estudiamos se encuentra la arena volcánica, este material otorga propiedades inflamables ya que utilizándolo como recubrimiento de paredes nos proporciona propiedades inflamables ya que la arena volcánica al provenir de temperaturas extremadamente altas se convierte en un material resistente y practico además de aislante este material es muy práctico ya que es un buen aditivo para los morteros. Además, las fibras de polipropileno los nuevos procesos de construcción están revolucionando las técnicas tradicionales de producción de mortero al incorporar diferentes tipos de fibras para formar un material de construcción compuesto con propiedades superiores a las que tendría cada material por separado. Un mortero reforzado es una matriz formada por un mortero tradicional y fibras de polipropileno colocadas de forma dispersa y en dirección aleatoria. La vermiculita, es un material ligero, resistente que se puede someter a grandes temperaturas ya que su formación se da a base de altos grados de calor, esto logra que sus propiedades sea un elemento adecuado ya que al igual que la arena volcánica otorga resistencia al fuego y altas temperaturas además que permite porosidad en la mezcla y así se logre más retención de oxígeno en la misma. En el capítulo 2 se detalla el material bibliográfico en el que se sustenta el proyecto y se detallan indicaciones del mismo, en el capítulo 3 se presenta la metodología que se utilizara en la investigación y como se llevara a cabo,

en el capítulo 4 es el análisis de resultado, esto quiere decir que se detallara como resultado el planteamiento del estudio además de las observaciones y procesos con sus respectivas conclusiones finales de la metodología que se aplicó.

## CAPÍTULO I

### TEMA.

Diseño de morteros de baja densidad utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita para recubrimiento de paredes en edificaciones.

#### 1.1. Planteamiento del problema.

Los morteros son elementos de recubrimiento compuestos por agregado fino como es la arena, cemento agua sirve en el área de la construcción para recubrimientos de contra pisos, paredes, columnas, vigas en la parte estructural de una edificación, para recubrir la parte superior de la losa y la parte inferior considerada como tumbado

El mortero en las edificaciones dependiendo de su dosificación tendrá una resistencia, adherencia, durabilidad con un peso establecido de acuerdo a la densidad de sus componentes, nuestro proyecto de titulación consiste en adicionar arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita para recubrimiento en paredes de edificaciones con el fin de mejorar la resistencia, adherencia, durabilidad

Utilizar materiales innovadores para que mejoren los sistemas tradicionales de construcción en cuanto a recubrimiento de paredes se ofertan en el área, determinando que estos nuevos materiales brinden mejores características constructivas o similares a las ya establecidas y a su vez entregue un avance en la tecnología de los futuros morteros a crear por nuevos investigadores.

Si consideramos los tres elementos propuestos en nuestra investigación como son arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita va dirigida a dos materiales que contaminan el medio como es la arena volcánica y la fibra de polipropileno al sacarla

del medio nos ahorraríamos el acarreo y disminución de la contaminación ayudando al medio

Se probará por medio de ensayos de laboratorio el desempeño de estos tres materiales en la mezcla del mortero midiendo los resultados en forma cuantitativa

Se pretende obtener valores que nos indiquen su desempeño desde el punto de vista constructivo, como lo son, la resistencia a la compresión, la adherencia y la absorción del nuevo diseño de mortero a base de arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.

Formulación del problema.

¿Cuál sería la influencia de la arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita en el mortero?

## **1.2. Objetivo de la investigación.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Analizar el desempeño de la arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita en la elaboración de mortero

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

Definir la dosificación para una mezcla de mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.

Determinar la resistencia. Adherencia del mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.

Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.

### **1.3. Justificación de la investigación**

Diseño de morteros de baja densidad utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita para recubrimiento de paredes en edificaciones

En la justificación teórico esta investigación se enfoca en la elaboración de mortero alivianado utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita considerando y comparando las características constructivas del mortero convencional en enlucidos, que permita darle soporte a esta investigación y a futuras investigaciones en esta temática.

En la justificación práctica de este proyecto, se emplearán técnicas de laboratorio de ingeniería como lo son ensayos de resistencias a la compresión para así analizar los resultados obtenidos de las muestras durante la elaboración del nuevo mortero. Con ello se pretende obtener valores que nos indiquen su comportamiento , como lo son, la resistencia a la compresión, la adherencia y la absorción del nuevo diseño de mortero utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita, esta investigación brindara información numérica en cuanto a las dosificaciones exactas para obtener una mezcla de mortero que brinde una característica constructiva similares a las del mortero tradicional, dichas dosificaciones podrán ser usadas por los profesionales de la ingeniería y maestros albañiles en las construcciones que se llevan a cabo en Guayaquil,

En la investigación metodológica será deductiva de tipo exploratoria con enfoque cuantitativo al desarrollarse nuestra investigación en el laboratorio por medio de los diseños de mortero, ensayos de resistencia a la compresión, adherencia se medirán los



resultados del comportamiento de los tres materiales como son arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita como agregados en la elaboración de morteros

Delimitación de la investigación.

**Campo:** Educación Superior. Pregrado

**Área:** Ingeniería Civil

**Aspecto:** Investigación experimental

**Tema:** Diseño de morteros de baja densidad utilizando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita para recubrimiento de paredes en edificaciones

**Delimitación Espacial:** Ciudad Guayaquil, Duran - Provincia del Guayas, Ecuador.

**Delimitación Temporal:** 6 meses.

**Líneas de investigación:** Materiales de construcción.

**Sub línea de investigación:** Materiales innovadores en la construcción.

Hipótesis.

El mortero adicionando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita obtendrá mejor resistencia y adherencia que el mortero convencional.

#### **1.4. Línea de investigación.**

Territorio, materiales, y métodos constructivos innovadores.

## Capítulo II

En este capítulo trataremos acerca de la historia y evolución del mortero, así mismo de sus características, propiedades y dosificaciones de la misma.

### 2. Marco teórico

Según Luis Xavier Vargas Gordillo (2017) autor peruano de la tesis titulada “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del mortero tradicional y el mortero no convencional en muretes de albañilería” para alcanzar el título de ingeniero civil en la Universidad Nacional de Ingeniería, en Lima. El propósito de esta investigación fue analizar el comportamiento del mortero convencional y no convencional en pilas y muretes de albañilería, dando a conocer que los morteros poliméricos no llegan a las resistencias requeridas en cuanto a la compresión en pilas y compresión en muretes, pero con respecto a la resistencia a flexión los morteros poliméricos superan a los tradicionales. Aportando a esta investigación fundamentales aspectos teóricos y metodológicos de la variable características constructivas del mortero convencional en enlucidos.

Según Reyes Castañeda - Crithian Henry (2018), autores de nacionalidad peruana, de la tesis nombrada “Estudio comparativo del mortero de adherencia convencional y el mortero embolsado para la elaboración de muros de albañilería, Lima-2018” previo a obtener el título profesional de ingenieros civiles en la Universidad César Vallejo. Facultad de Ingeniería en Lima. La tesis mencionada se enfoca en analizar el comportamiento físico y mecánico de los muretes de albañilería por lo que tuvo como objetivo elaborar el mortero y comparar su resistencia en compresión axial, compresión diagonal y en adherencia entre ladrillo y mortero. Aportando a nuestra investigación

aspectos teóricos en nuestra variable características constructivas del mortero convencional en enlucidos.

**Según Castro (2016)** en su tesis titulada “las fibras de vidrio, acero y polipropileno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento de la universidad técnica de Ambato Para el desarrollo de esta investigación” en la primera etapa del proyecto se realizaron ensayos de laboratorio para el cemento y el agregado fino, con el objetivo de analizar las características mecánicas de los materiales que constituyen el mortero. Posteriormente se estableció las cantidades de cada dosificación en función a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio y la resistencia mínima a la compresión a los 28 días según lo determinado en la Sección 7 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, NEC 2015. A partir de estas dosificaciones se elaboraron muestras de mortero con 0,5% y 1,0% de fibra en relación a la suma del peso del cemento y arena que componen el mortero, con lo que se determinó experimentalmente la resistencia real del mortero según lo establecido en la Norma ASTM C109, resistencia de prismas de mampostería según lo dispuesto en la Sección 7 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción 2015 y resistencia de adherencia tomando como referencia lo establecido en la Norma ASTM C952. Finalmente se optó el tipo de fibra y porcentaje de fibra que conjuntamente con el mortero de cemento tradicional presentaron mejores resistencias en los distintos ensayos, con la finalidad de sugerir como un material de construcción compuesto a ser utilizado en las diferentes obras de ingeniería civil.

Según Baquero (2018) en la tesis titulada Uso de arena volcánica en la elaboración de mortero premezclado para revestimiento de paredes de la Universidad laica Vicente

Rocafuerte Los morteros han sido utilizados desde las construcciones babilónicas hasta la actualidad; sin embargo, su uso y la forma de fabricación se han ido reconstruyendo en el transcurso del tiempo.

Con una investigación se determinó el problema de que el mal uso y dosificación de la arena volcánica en la fabricación de morteros está generando como resultado un material no deseado, ya que, los procesos que realizan no son los apropiados para obtener un material que contengan los componentes correctos; si se siguen utilizando esos materiales deficientes, puede causar deterioros y grietas en las paredes con el tiempo.

El enfoque de esta investigación, se basa en brindar la solución del uso de la arena volcánica para el mejoramiento de los morteros, existen otros materiales que vuelven más resistentes al hormigón, previniendo la segregación y de laminación del concreto, mejorando la durabilidad y minimizando las grietas que se forman en el concreto. Para determinar el resultado de dosificación de la arena se efectuaron varias fórmulas y pruebas, en el cual arrojaron resultados positivos de viabilidad para efectuar su uso.

## **2.1. Evolución de los morteros.**

Históricamente pueden diferenciarse varias fases en la fabricación de Mampostería con distintas clases de morteros, así:

Las primeras construcciones de Mampostería fabricadas con piedra y mortero de barro.

## **2.2. Empleo de mortero de arcilla.**

Invencción de la cal apagada formado a partir de cal viva para la fabricación de pañetes. (Guzman, 2017)

El empleo de los morteros como material de unión en tres piezas o ladrillos para garantizar la estabilidad de las estructuras se convirtió, con el paso del tiempo, en prácticas más habituales. El conglomerante más usado fue la cal aérea, esta última fue la razón por la cual su innovación como mortero de cal hidráulico o mortero puzolánico, esta invención ya se venía ejerciendo por los griegos pues ellos usaban este desarrollo en todo tipo de construcciones, tanto como para asegurar las juntas o fijaciones de piezas en mamposterías. (HUGO, 2018).

Morteros de cal y arena usado en mamposterías poco antes de la aparición de los cementos portland a mediados del siglo XIX; fueron morteros convencionales de baja trabajabilidad, pero de magnífica resistencia a compresión y de fraguado rápido. (Guzman, 2017).

Mortero modernizado de mampostería elaborado con cal, arena y cemento Portland beneficiado de las propiedades de cada uno de esos componentes. (Guzman, 2017)

Al igual que lo acontecido en la civilización romana, a estos materiales hidráulicos se debe, en gran parte, el auge de la arquitectura e ingenierías actuales, caracterizadas por grandes obras y por soluciones técnicas arriesgadas, lo cual no se debe olvidar. Actualmente se fabrican morteros hidráulicos de cal aérea con aditivos puzolánicos tales como polvo de ladrillos, polvo de cerámica de alta temperatura de combustión pulverizada. No obstante, cuando se necesita un fraguado hidráulico la práctica es utilizar cal hidráulica o cementos mezclados o no con cal aérea.

### **2.3. Características de los morteros.**

De acuerdo con la norma ASTM C270-19, los morteros se clasifican, bien por sus propiedades, o por sus proporciones. Todas las especificaciones deben hacerse por

una sola categoría de las indicaciones, pero no por ambas (son excluyentes). (ASTM INTERNACIONAL , 2019)

Los morteros pueden ser analizados en 2 etapas que presentan las propiedades ya sea en estado plástico o endurecido.

### **2.3.1. Propiedades estados plástico.**

Cuando un mortero se halla en estado fresco o manipulable, esta muestra ciertas características que fija su comportamiento y ayudará a determinar cómo será sus propiedades en estado endurecido.

**Trabajabilidad:** es una medida que determina la facilidad de manipulación de la mezcla, es decir, la soltura para dejarse manejar. La trabajabilidad es la relación con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca, de la manera que se presente en estado plástico; dependerá de la proporción arena y cemento y de la forma, textura y módulo de finura de la arena. (Guzman, 2017)

Para determinar la manejabilidad del mortero se procede a realizar el ensayo de fluidez descrito en la norma ASTM C 230, en la presente norma se muestra una tabla recomendada para los tipos de fluidez de los morteros en diversos tipos de estructuras y condiciones de colocación (Balladares, 2018).

CONSISTENCIA	FLUIDEZ %	CONDICIÓN DE COLOCACIÓN	EJEMPLO DE TIPOS DE ESTRUCTURA	EJEMPLO DE SISTEMA DE COLOCACIÓN
Dura (seca)	80 – 100	Secciones sujetas a vibración	Reparaciones, recubrimiento de túneles, galerías, pantallas de cimentación, pisos	Proyección neumática, con vibradores de formaleta
Media (plástica)	100 – 120	Sin vibración	Pega de mampostería, baldosines, pañetes y revestimientos	Manual con palas y palustres
Fluida (húmeda)	120 – 150	Sin vibración	Pañetes, rellenos de mampostería estructural, morteros autonivelantes para pisos	Manual, bombeo, inyección

*Ilustración 1: Fluidéz Recomendada del Mortero. Tomado de Balladares, (2018).*

**Retención de agua:** propiedad del mortero en estado fluido que permite mantener su plasticidad cuando queda en contacto en un área sobre la que va a ser vertida, ejemplo un bloque.

Para aumentar la retención de agua se puede agregar cal, o aumentar el contenido de finos en la arena, o emplear adictivos plastificante o incorporadores de aire. (Guzman, 2017).

La retención de agua influye mucho en la velocidad del endurecimiento y en la resistencia final, pues un mortero que no retenga agua no permite la hidratación del cemento en el proceso de fraguado. (Guzman, 2017).

**Velocidad de endurecimiento:** El tiempo de endurecimiento o fraguado inicial y final de la mezcla deben estar entre un margen adecuado. Normalmente se aceptan valores entre 2 y 24 horas, respectivamente. No obstante, este se encuentra sujetos a

diversos factores tales como la condición del clima o la composición de la mezcla lo que puede ser controlado con el uso de aditivos. (Guzman, 2017)

#### **2.4. Propiedades en estado endurecido.**

**Retracción:** Principalmente la rotación es ocasionada por las reacciones químicas de hidratación de las pastas, sobre todo en pastas puras con una alta relación agua cemento. El agregado arregla el problema en fracción, principalmente si es de textura rugosa, ya que forma un esqueleto que evita las alteraciones de volumen y el peligro de agrietamiento. En sectores calurosos y de muchos vientos, el agua de amasado tiende a evaporarse provocando tensiones internas en el mortero, que se expresan en la aparición de pequeñas grietas. Esto también puede ocurrir cuando la superficie donde es aplicada la mezcla es de una alta capacidad de absorción, teóricamente la retracción es proporcional al espesor de la capa de mortero. Se recomienda el uso de cementos de baja retracción al secado (puzolánicos o con adición inerte) y arenas de buena granulometría con pocos finos. (Guzman, 2017).

**Adherencia:** Habitualmente la adherencia es la capacidad que tienen los morteros de absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie que une el mortero con las diferentes tipas de estructuras. Es de suma importancia, ya que gracias a esta propiedad el mortero puede resistir al pandeo, cargas transversales y excéntricas, ofreciendo resistencia a la estructura.

Un mortero con baja capacidad de retención de agua y morteros de alta resistencia se adhieren solo en partes por lo que su adherencia es pobre. Para alcanzar una buena adherencia en las mamposterías es necesario que la superficie del bloque sea tan rugosa



como sea posible para permitir la unión mecánica del mortero y además debe tener un nivel de absorción adecuado y acorde con la mezcla de mortero. Los morteros plásticos, de buena adherencia, buena capacidad de retención de agua y que no requieran de superficies húmedas para colocación, son los más adaptables y de mayor utilización en mampostería ya que permiten una excelente unión entre piezas. (Guzman, 2017).

**Resistencia a la compresión:** Los morteros aplicados en obra deben actuar como ligadura resistente. Es requerido una alta resistencia a la compresión cuando el mortero deba resistir altas cargas y sucesivas. Siendo este un indicativo de las resistencias a tensión de tracción y tensión de corte.

Fundamentalmente se aplican 2 leyes para la resistencia de un mortero compuesto del mismo compuesto del mismo cemento con diferentes proporciones y tamaños de agregados, la primer ley dice que: “con un mismo agregado, el mortero más resistente e impermeable es aquel que tiene mayor porcentaje de cemento en un volumen dado de mortero; y la segunda: “con el mismo porcentaje de cemento en un volumen de mortero, el más resistente y generalmente más impermeable es aquél que tenga la mayor densidad, o sea aquél que en una unidad de volumen contenga el mayor porcentaje de materiales sólidos. (Guzman, 2017).

En la primera ley se tiene claro el concepto que se indica, pero para la segunda ley se requiere de un análisis mucho más extenso. Los valores de un cemento de primera clase sin impurezas son totalmente reconocidos. No obstante, la propiedad de un mortero hidráulico, como durabilidad, permeabilidad y porosidad, no dependen únicamente de la calidad del cemento sino también de la composición granular del

mortero, o sea las dimensiones y posiciones referentes de los diferentes elementos que lo componen. (Guzman, 2017).

**Durabilidad:** De la misma forma que en el concreto, la durabilidad del mortero es la resistencia a los agentes externos tales como las bajas temperaturas, la penetración de agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin dañar sus condiciones físicas-químicas con el tiempo. Comúnmente, se cree que los morteros de alta resistencia a la compresión tienen buena durabilidad; sin embargo, el uso de agentes inclusores de aire es de particular importancia en ambientes húmedos, ambientes marinos y en general en condiciones de ambientes agresivos. (Guzman, 2017).

**Permeabilidad:** Esta característica consiste en dejar filtrar aire o agua. Los morteros trabajables y uniformes pueden hacer que la mampostería sea más resistente a la permeabilidad de agua. Cuando un mortero no es trabajable, los albañiles deben golpear suavemente las piezas de mampostería para colocarlas en su sitio. El resultado de esto es que la junta de mortero no es tan buena, y se pueden producir grietas que favorezcan alguna filtración. (Donis, 2015).

**Eflorescencia:** La eflorescencia es una patología causada por el movimiento de agua de adentro hacia afuera de la pared y la cristalización de las sales solubles. Se conoce que todas los materiales de mampostería contienen sales solubles en agua que, al contacto con ella, se cristalizan, la cal hace al mortero menos permeable y así evita la eflorescencia. (Donis, 2015)

**Apariencia:** El aspecto que generalmente es olvidado del mortero que cobra mayor importancia en mampostería de bloque a la vista. En este caso, la plasticidad de la

mezcla, la selección y la dosificación adecuada de sus componentes, son de vital importancia en la colocación y el acabado de las superficies. (Donis, 2015)

## **2.5. Componentes del Mortero.**

El mortero es un producto final de la transformación de una mezcla de materias primas, la materia prima tiene una gran importancia en los procesos de fabricación, pues sus características dependen, en parte, la calidad del producto resultante. Los compuestos básicos del mortero son: conglomerantes, agregados, agua y posibles adictivos. (HUGO, 2018).

### **2.5.1. Conglomerantes.**

Componente que es capaz de unir fragmentos de otras sustancias y dar cohesión al conjunto por transformación química en su masa (fraguado), produciendo nuevos compuestos. Este se puede conseguir partir de materiales naturales bajo tratamiento térmico (cocción en horno o caldera). (MATERIALES I, 2018).

Según la capacidad de fraguado en distintos medios:

**Aéreos:** Fragua y endurecen únicamente en ambientes secos. Primordialmente yeso y cal área.

**Hidráulicos:** Estos son los que muestran excelentes capacidades de fraguado y endurecido en un ambiente húmedo. Este grupo lo conforman principalmente la cal hidráulica y el cemento.

Según su naturaleza:

**Yesos:** En las construcciones se emplea el yeso obtenido de piedra de yeso cocida a temperatura de 110-120 grados, y después pasa por un proceso de molienda.

**Cal:** proviene del óxido de calcio (CaO), producto resultante de la separación provocada por el calor de la roca caliza. Procesadas con una temperatura de 900°C. Se clasifica en tres grandes grupos.

**Cal viva:** Piedra caliza completamente pura.

**Cal grasa:** Piedra caliza con contenido entre 1-5 % de arcilla, la cal que produce al calcinarse se le denomina cal grasa.

**Cal hidráulica:** Esta contiene un mayor contenido de arcilla.

**Cementos naturales:** Material pulverizado natural o artificial que contiene: óxido de calcio, sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, obtenidas mediante proceso de calcinado a una temperatura de 1280°C y 1350°C, la masa homogénea obtenida a esta temperatura se denomina clínquer. La misma que después de un proceso de triturado, se convierte en un elemento esencial para la producción del cemento.

**Cemento portland:** Este tipo de componente se obtiene a través de la pulverización del Clinker Portland empleando uno o más elementos de sulfato de calcio. Se puede incorporar diferentes productos siempre y cuando este no afecte las características del cemento resultante, como opción los productos que sean adicionados deben estar pulverizados con el Clinker

**Agua:** El agua líquida que está presente en la elaboración de los morteros y/o concretos, mezclas, en el lavado de agregados, curado y hidratación del concreto; este debe ser limpio sin impurezas como aceites, álcalis, sales y ningún otro tipo de componente que pueda ser perjudicial, según el caso para el que se utilice. El uso del agua para elaboración de los morteros se clasifica en:

**Agua de amasado:** este es el componente que el cemento tiene la propiedad hidráulica ya que debido a esto se produce el fraguado y endurecido, esto se debe a que cuando el cemento entra en contacto con el agua se produce una reacción química, de tal manera el agua es el componente que al estar dentro de un mortero y/o concreto ayuda a que sus partículas se hidraten y que produzcan propiedades aglutinantes.

**Agua Curado:** Es el suministro para hidratar eficientemente el cemento, ayudando al proceso de reacción del cemento debido al rápido fraguado. Este se ve influido por las condiciones como la humedad y la temperatura.

Se presenta en la siguiente figura los requisitos de la composición química del agua.

USO	CONTENIDO ORGÁNICO Y CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
Agua para elaborar concreto y mezclas	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	300 ppm
	Cloruros Convertidos a (NaCl) MAX	300 ppm
	Materia orgánica (oxígeno consumido en medio ácido)	10 ppm
	Sólidos totales en solución	1500 ppm
	Sólidos totales en suspensión	2000 ppm
	Turbidez máxima	1500 ppm
	PH no menor a	7
Agua para curado de concreto y lavado de agregados	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	1500 ppm
	Cloruros convertidos a (NaCl) MAX	2000 ppm
Agua usada para riego	Sulfatos convertidos a (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	400 ppm
	Cloruros convertidos a (NaCl) MAX	500 ppm
Agua usada en compactación	Debe ser incolora, no debe contener sólidos orgánicos en suspensión visibles y no debe usarse agua estancada	

*Ilustración 2 Requisitos de la composición química del agua. Tomado de Donis, (Donis, 2015).*

## 2.6. Agregados o áridos.

Agregados finos o áridos, es todo aquel material que al poseer una resistencia propia suficiente (resistencia de grano), no altera ni influye las propiedades y características del mortero y asegura una adherencia suficiente con la pasta endurecida de cemento. Comúnmente, la mayoría son materiales inertes, es pocas palabras que no afecta el desarrollo con las componentes del mortero, fundamentalmente con el cemento; existen algunos fragmentos más finos que presentan una eficiencia en sus propiedades hidráulicas, contribuyendo con el aumento de la resistencia mecánica propiedad del mortero.

Existen elementos perjudiciales que reaccionan afectando la estructura interna del mortero y su durabilidad; por ejemplo, aquellos que presentan compuestos sulfurados, los que contienen partículas más finas o aquellas que se encuentran en descomposición.

*Tabla 1*  
*Clasificación de Agregado o Áridos.*

<b>GRAVAS O ÁRIDOS GRUESO</b>	Granos de diámetro superior a 5 mm.	Usado para la elaboración de hormigón
<b>ARENA O ÁRIDOS FINOS</b>	Granos de diámetro inferior a 5 mm	Usado para la elaboración de morteros.

*Tomado de Tecnología de suelos, (2018).*

Nota: se expresan los valores según la granulometría para el distinto tipo de aplicación.

## **2.7. Definir la dosificación para una mezcla de mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.**

### **2.7.1. Que es un mortero.**

En primer lugar debemos de conocer cuál es la definición o en que se basa un mortero, un mortero es, una concentración de aglutinantes los cuales con una previa mezcla de materiales inorgánicos, elementos finos y la agregación del agua además de frecuentes aditivos que se agregan como un método de igualar materiales que utilizamos en la construcción tales como bloques, ladrillos, piedras y un sin número de métodos u objetos que podemos utilizar, estos se utilizan para dosificar los espacios que se encuentran entre los bloques y consecuentemente revestimiento de paredes, también tomamos en cuenta los que son mas utilizados como de cemento, en la antigüedad de cal, la tierra y el yeso los más utilizado.

#### **2.7.2. Mortero de Cemento.**

Este es un material que se obtiene de una mezcla previamente realizada, los materiales que se utilizan son, arena. Cemento y agua que tienen la facilidad de conglomerarse y convertirse en uno solo, estos los podemos utilizar para compactar elementos que utilizamos para la construcción como los ladrillos, y una gran lista de elementos arquitectónicos, es de lo más utilizado hoy en día.

#### **2.7.3. Mortero de Cal.**

Al igual que los morteros de cemento su mezcla se compone de agua y arena la única diferencia es que su componente activo sería la cal.

#### **2.7.4. Mortero de Yeso.**

Podríamos decir que el mortero de Yeso es el que consta de arena, agua y su componente activo yeso, a diferencia de los otros ya mencionados, no es tan resistente pero la gran ventaja es que endurece rápido, se utiliza a menudo para fijar elementos

que tiene que ver con la obra pero no es aconsejable que se emplee para levantar edificaciones.

## **2.8. Definir la dosificación para una mezcla de mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.**

### **2.8.1. Dosificación para una mezcla de mortero añadiendo arena volcánica.**

Este material ha sido empleado desde hace mucho tiempo atrás, construcciones arcaicas y de tiempos remotos utilizaron este tipo de materiales para las edificaciones de su vivienda, consecuentemente a los años anteriores su estructura y su fabricación se han ido adaptando y evolucionando conforme pasen los años. Se ha determinado que ciertas desventajas que podemos recalcar en este tipo de morteros es el uso que la dan y su dosificación, en este caso de arena volcánica y por hace una mala práctica se recolecta un material que no llena las expectativas por los procesos que se llevan a cabo no resulta su fabricación ya que al contener elementos que no sirven en su diseño o estructura tienden a ceder a deterioros o grietas, Los morteros han sido utilizados desde las construcciones babilónicas hasta la actualidad, se planea dar un enfoque como solución a que no suceda este tipo de problemas debemos basarnos en brindar un adecuado uso y la buena estructura de la arena volcánica, debemos prevenir la segregación y todo lo consecuente al deterioro, llevando un buen estándar de calidad y aminorando perjuicios que puedan verse involucrados a este tipo de materiales de construcción, para esto se debieron efectuar diversas fórmulas, ya que debemos determinar los materiales que serían los adecuados (Bolaños , 2022).



*Tabla 2*  
*Dosificación de mortero*

Tipo de Mortero	Materiales por m3		
	Arena volcánica (kg)	Ripio (m3)	Agua (L)
1.2	610	0,97	250
1.3	454	1,1	250
1.4	364	1,16	240
1.5	302	1,2	240
1.6	261	1,2	235

*Tomado de Bolaños, (2022).*

Se determinó que esta sería la dosificación, se agregó el ripio ya que da rigidez a la mezcla y prohíbe que se agriete además debemos de determinar el porcentaje que utilizaremos para que no exista un excedente y en qué tipo de construcciones la aplicaremos.

También se puede usar para crear ladrillos, es un ladrillo que da la posibilidad de construir edificaciones resistentes y funcionales, ya que se sustituye el cemento por arena volcánica fina en la mezcla para la elaboración del mortero que previamente será ladrillo se está evaluando este tipo de materiales para ser utilizados en construcciones de viviendas, existen diferentes tipos de uso para la arena volcánica ya que siguen siendo razones para evaluaciones científicas que forman parte de diversos proyectos en afluente sobre construcciones o arquitectura, Los científicos se encuentran en la

creación de proyectos de diversos usos para la arena volcánica, tratan de implementar un mortero cuyo uso sea barato, ecológico y sobre todo este en mente de las nuevas generaciones en el ámbito de construcción.

### **2.8.2. Arena volcánica en remplazo de cemento.**

Se están realizando diferentes tipos de métodos para sustituir el cemento por arena volcánica ya que es un método más ecológico y económico.

Para poder llevar a cabo este análisis se deben realizar un estudio previo a las muestras ya que necesitamos saber las propiedades de cada una, sus pro y contras, esto será un factor clave a determinar lo que necesitaremos para realizar dichas investigaciones, necesitamos saber las propiedades que tendría en la construcción para que sea segura y rentable.

La arena volcánica es de muy poco grosor aproximadamente, 10 micrones, por otro lado se puede decir que tiene casi las mismas características del cemento en comparación con las partículas y su tamaño, podríamos combinar la arena volcánica con agua, ripio y agua para crear mezclas de unión entre materiales de construcción, la misma labor que hace el cemento, podríamos utilizarlo ya que parcialmente cuentan con el mismo método de reacción además la arena volcánica podría estar en todas las reacciones químicas que amerite la construcción, se podría usar para crear estructuras sin ningún problema.

Se podría utilizar la arena volcánica en mezclas de sustitución al cemento en un 60% de las edificaciones si estos métodos se llegan a dar y las investigaciones se encuentran encaminadas a éxitos, Se podrían dar casos en que se mediría la resistencia de la arena volcánica posea porosidad de esa manera funcionaria su mezcla para la construcción de ladrillos en condiciones normales.

Además podremos reducir el impacto ambiental ya que en la elaboración del cemento se necesita mucha energía, ya que se ven involucradas el método por altas temperaturas y además es un largo proceso que consta con muchas etapas, al igual, que es el segundo material con uso constante en el globo, y el desgaste mundial es mucho mayor ya que su impacto ambiental es muy perceptible, podemos detallar que el 5% de emisiones de carbono que afecta el ambiente sale a partir de la creación de este material.

Consecuentemente se realizaron estudios y un grupo de científicos Investigaron para llegar a una conclusión la cual era saber que sucedía si se cambiaba el cemento cambiando en porcentajes los elementos que se emplean para la fabricación del concreto por arena volcánica. (Anderson, 2017)

Se pudo destacar que al sustituir el cemento que se usa usualmente por arena volcánica fina, se reduce significativamente la energía que se utiliza para llevar a cabo la fabricación del concreto, se detalla que al momento de disminuir la energía que se emplea al no necesitar someter la arena a altas temperaturas ya que la naturaleza se encarga de llevar a cabo ese proceso se obtiene menos impacto ambiental en su fabricación.

Se podría agregar el elemento 100% en su estado natural para realizar un reciento de al menos 26 edificaciones con un 16% menos de energía ya que emplearíamos la arena volcánica. Según los cálculos de los investigadores, añadir este material 100% natural, permite utilizar un 16% menos de energía para construir un vecindario con 26 edificios de concretos hechos con un 50% por ciento de ceniza volcánica (Buyukozturk, 2019).

### **2.8.3. Dosificación para una mezcla de mortero añadiendo fibra de polipropileno.**

A continuación estudiaremos lo que podría causar añadir fibras de polipropileno ya sea en estado seco o rígido, tenemos que tomar en cuenta el tamaño del polipropileno ya que este sería un factor clave en el estudio que tengamos a partir de esta muestra, se podría detallar que los finos podrían incorporarse en la arena además del contenido que tenga fibras, se podrían realizar mezclas de concreto como testigo para la implementación del proyecto, consecuentemente se detectaría el revenimiento, porosidad, en su estado unitario, y las grietas que se podrían visualizar por el agregado plástico, tomaremos en cuenta como se vería en estado endurecido ya que debemos fijarnos si existen agrietamientos por causa del material empleado, si llegase a existir alguna resistencia al momento de comprimir el material, si posee algún tipo de tenacidad, además del tipo de elasticidad y también el más importante método de Poisson, factores que debemos tomar en cuenta son si se llega a tener algún tipo de resistencia al impacto o la contracción por el secado.

La existencia de cualquier tipo de fibras que llegue a existir en el concreto que aun n se ha secado, transforma la mezcla además de la reducción de grietas si tomamos en cuenta que existe contracciones plasticas, al momento de secarse, aumenta su durabilidad y resiste favorablemente al impacto y es menor que lleguen a existir grietas por contracciones de secado, y hemos dado a entender que las otras propiedades no presenta cambios o al menos no son perceptibles a simple vista.

#### **2.8.4. Creación de las fibras de polipropileno.**

Estas se elaboran con polipropileno, En resumen, las fibras se basan en ser adecuadas para la resistencia a la tensión ya que al ser de este material tiene este tipo

de características, consecuentemente, este tipo de fibras tienden a tener dos características, que son las de alto módulo de elasticidad y las de bajo modulo.

Podemos recalcar las ventajas al implementar la adición de fibras en la construcción las cuales se detallan como agregarse en estado endurecido, aumento de la resistencia, y su soporte al impacto.

Por otro lado, el cemento que aún se encuentra fresco tiende a poseer un control a la contracción plástica, consecuentemente, las fisuras que aparecen en la mezcla no son comunes ya que recubren esta parte del elemento que utilizamos alargando la vida útil ya que ofrece resistencia a la fatiga.

Podremos recalcar que en años anteriores se han efectuado diversas investigaciones para tener una idea de las propiedad del concreto que se le agrega fibras de polipropileno, se detalla que varían las proporciones ya que se utiliza entre el 0.1% al 10% de este material, pese que ciertos resultados finales podrían ser irrelevantes en relación con este material en el término de resistencia a comprimir y flexibilidad del concreto, diversas investigaciones detallan que la existencia de fibras tienden a ser negativas en comparación con la resistencia a la flexibilidad, por otro lado, si el compuesto de fibra es alto, estudios detallan resultados alentadores al usar el polipropileno en base a la tenacidad y aumento a la resistencia de compresión, en total de 25%, al usar un porcentaje equivalente al 5%de polipropileno.

Su implementación asegurado con fibras ha dado bases para la experimentación y a la aplicación a pequeñas proporciones como por ejemplo el uso de este material en plantas prefabricadas y en campo que incluye la adecuación de un sin números de metros cúbicos alrededor del mundo, ya que actualmente se le proporciona fibras de

polipropileno al concreto, para alargar su vida útil y por lo tanto se requiere una oferta y demanda de este material en temas de construcción, hoy en día en la elaboración del arte de construir se incorpora fibras a la base del concreto en proporciones reducidas a menudo en porcentajes de 2%, consecuentemente lo más usado es de 0.1% y 0.8%.

### 2.8.5. Contenido de fibras en concreto

El contenido de fibras aumenta a medida que se utiliza más concreto ya que, se detalla que en mezclas de 5kg de fibras por m<sup>3</sup> de concreto (M4-M8), en la superficie de altura de las mezclas reduce consecuentemente las proporciones de fibras siguen en aumento, como un porcentaje aceptable(100 ± 25 mm); para poder llevar acabo la estructura de la mezcla se le implemento aditivo supe fluidificante, en tanto que a la mezcla M8 no existió ni se corrigió el revenimiento dado ya que tiende a compactar fácilmente, podemos destacar que La masa unitaria no refleja cambios significativos llegando a visualizar porcentaje de 2274 y 2244, estas tienen relación con para las mezclas M1 a M4 y M5 a M8, que no varían en un 0.5% (Morales, 2017).

Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar			
Mezcla	Revenimiento cm	Masa unitaria kg/m <sup>3</sup>	Aire atrapado %
M1 (0 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	12.0	2281	2.0
M2 (1 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	9.9	2271	2.4
M3 (3 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	8.7	2260	2.2
M4 (5 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	9.8*	2266	2.2
Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada			
M5 (0 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	10.0	2238	3.4
M6 (1 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	10.7	2249	2.8
M7 (3 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	9.2	2257	2.5
M8 (5 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	7.1	2234	2.8

*Ilustración 3 Propiedades del concreto con o sin Fibras. Tomado de Morales, (2017).*

### 2.8.6. Concreto en estado endurecido agregando polipropileno, módulo de estabilidad y relación Poisson.

Se presenta la resistencia a la compresión, el módulo de elasticidad, al igual que la relación Poisson la deformación unitaria máxima y la relación  $E/\sqrt{f_c}$ , que se obtienen de testigos de variadas mezclas, Cabe recalcar que estos métodos dan a entender tres elementos investigados. Con correspondencia de los factores que revelaron no se divisa ningún cambio en la rigidez del concreto en el cual se agregaron fibras, esto nos muestra que podemos obtener concentraciones iguales al concreto o de similares características con o sin fibras de polipropileno, su deformación extrema se observó en similar para ambos resultados (Morales, 2017).

Identificación	Resistencia a compresión, $f_c$ , kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad, E, kg/cm <sup>2</sup>	Relación de Poisson, $\mu$	Deformación unitaria máxima. $\epsilon_c$	$E_c/\sqrt{f_c}$
<b>Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar</b>					
M1	366	241 986	0.26	0.0026	12 649
M2	346	233 255	0.22	0.0027	12 540
M3	334	248 975	0.21	0.0023	13 623
M4	365	247 108	0.24	0.0027	12 934
<b>Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada</b>					
M5	350	235 347	0.20	0.0029	12 435
M6	352	227 437	0.21	0.0030	11 918
M7	336	236 212	0.26	0.0025	12 615
M8	334	218 428	0.23	0.0033	11 827

*Ilustración 4 Comparación en mezclas con grava y sin grava. Tomado de Morales, (2017).*

### 2.8.8. Campos de aplicación.

Este material tiende a tener un gran agarre en las superficies donde se llegue aplicar el producto, además de una muy buena gestión para el aguante a cambios climáticos, también golpes accidentales o manipulaciones, se ha demostrado que una vez se

encuentra en estado sólido tiene más resistencia que muchos materiales de construcción.

Por esa razón se encuentra en un estado maleable y se puede incorporar a diferentes tipos de edificaciones, así mismo, el mortero de vermiculita se puede agregar a estructuras metálicas o de madera, al igual que de hormigón y fundición, también como un recubrimiento en chapas y sus respectivos forjados (Crespo, 2018).

Se podría decir que se emplea de igual forma como un recubrimiento en las paredes protegiéndolas de cualquier tipo de daño, como una base contra los incendios consecuentemente en recubrimientos de madera.

Se convierte de suma importancia trazar que, como tiene una mayor adherencia con la parte o estructura que se quiera cuidar, deben de seguir instrucciones para que no exista ningún tipo de error.

Determinar la resistencia, adherencia del mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.

Resistencia, adherencia del mortero añadiendo arena volcánica.

## **2.9. Resistencia, adherencia del mortero añadiendo fibra de polipropileno.**

### **2.9.1. Resistencia a tensión por flexión**

En el siguiente resultado podremos visualizar los resultados que se obtuvieron al someter las vigas de concreto que se agregaron fibras de polipropileno al porcentaje de flexión que podría llegar a tener, que se implementaron en los concretos con grava de 19.0 mm de proporción y arena sin lavar, en este caso para los concretos de 9.5 mm de envergadura y arena lavada, podemos detallar que los concretos con gravas de 19.0 mm aumento el porcentaje entre un 12% en comparación con la resistencia que tienen



las vigas a la tensión por flexión, en los concretos que poseían fibras en su estructura (Thompson, 2017).

Consecuentemente no se emplean en los concretos con gravas de 9.5 mm de tamaño máximo en la que se recalcó una reducción de al menos de 21% de la resistencia a tensión por flexión. No obstante lo anterior, al igual los concretos que poseían fibras en sus estructuras y se puede destacar una resistencia máxima de tensión que se encuentra elevada a  $(^{2.56}\sqrt{f_c})$  y por otra parte lo que se detallaba era  $(1.80\sqrt{f_c}$  a  $2.20\sqrt{f_c})$  La resistencia de cada uno con fibras en su masa (M6 a M8) demostraron tener menor resistencia sin fibras, Consecuentemente, es imposible comparar este método en incorporación de fibras de polipropileno en la resistencia a la tensión, puesto que en unos casos aumente y en otra decrece (Parrales, 2016).

Identificación	Resistencia a compresión, $f_c$ , kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a flexión, $f_r$ , kg/cm <sup>2</sup>	$f_r/f_c$ , %	$f_r/\sqrt{f_c}$
<b>Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar</b>				
M1 (0 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	366	35	9.6	1.83
M2 (1 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	346	39	11.3	2.10
M3 (3 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	334	39	11.7	2.13
M4 (5 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	365	40	11.0	2.10
<b>Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada</b>				
M5 (0 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	350	48	13.7	2.56
M6 (1 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	352	35	9.9	1.89
M7 (3 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	336	41	12.2	2.22
M8 (5 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	334	43	12.9	2.34

*Ilustración 5 Mezclas de morteros. Tomados de Parrales, (2016).*

## **2.9.2. Resistencia a tensión por compresión diametral**

Tenemos que basarnos en los estudios previos que detallan este medio ya que se recalcan estos fallos como resultados de los testigos investigados, consecuentemente la agregación de la fibra en la mezcla del concreto a la posible falla, por otro lado lo que resiste la tensión por flexión en la investigación detallaron que hallaron irrelevantes

incrementos y reducciones, que no son superiores a un 9%, en la resistencia a tensión de los concretos que incluyen fibras en los porcentajes aquí estudiados, en relación con la de los concretos sin fibras (Parrales, 2016).

Identificación	Resistencia a compresión, $f_c$ , kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a tensión, $f_t$ , kg/cm <sup>2</sup>	$f_t/f_c$ %	$f_t/\sqrt{f_c}$
<b>Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar</b>				
M1 (0 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	366	29	7.9	1.52
M2 (1 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	346	30	8.7	1.61
M3 (3 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	334	29	8.7	1.59
M4 (5 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	365	32	8.8	1.67
<b>Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada</b>				
M5 (0 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	350	34	9.6	1.80
M6 (1 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	352	31	8.7	1.63
M7 (3 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	336	30	9.1	1.66
M8 (5 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	334	33	9.9	1.80

*Ilustración 6 Mezclas con gravas comparativas. Tomado de Parrales, (2016).*

### 2.9.3. Resistencia al impacto.

En la presente agregamos los resultados, de la investigación en términos de resistencia al impacto, ya que debemos delimitar la causa de producción de agrietamiento en un respectivo grado de posible ruptura, queda demostrado que al incorporar fibra de polipropileno tiene un porcentaje favorable para la construcción ya que es una capa que permite absorber el golpe un número mayor de veces, de igual forma, si el uso de fibras fue superiores a 3kg/m<sup>3</sup> de concreto. Pero, podríamos analizar que la capacidad para la resistencia de los concretos al permitirse aguantar impactos es un poco mayor a la fabricación de 9.5 mm de tamaño máximo y arena lavada (Hughes, 2020).

Identificación	Primera grieta (C. con fibra/C. sin fibra)	Grieta última (C. con fibra/C. sin fibra)
<b>Mezclas con gravas de 19.0 mm y arena sin lavar</b>		
M1 (0 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	347 (1.00)	350 (1.00)
M2 (1 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	225 (0.65)	255 (0.73)
M3 (3 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	446 (1.28)	490 (1.40)
M4 (5 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	693 (2.00)	764 (2.18)
<b>Mezclas con gravas de 9.5 mm y arena lavada</b>		
M5 (0 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	553 (1.00)	555 (1.00)
M6 (1 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	639 (1.15)	667 (1.20)
M7 (3 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	706 (1.28)	776 (1.40)
M8 (5 kg de fibra/m <sup>3</sup> )	815 (1.47)	969 (1.75)

*Ilustración 7 Mezclas agregando arena. Tomado de Hughes, (2020).*

#### **2.9.4. Adherencia del polipropileno.**

Existiendo concreto reforzado con polipropileno, tiene a desquebrajarse por falta de adherencia, o por desprendimiento de fibra de tal manera que estas variables tienen mucho que ver en la viabilidad de la absorción de energía, de tal forma que una fibra que tiene mucha resistencia a tracción y no mejoraría que el elemento puede absorber dicha energía si no es igual a la adherencia, señalando que la adherencia es el conocido como aglomeramiento que es, más determinante que la resistencia a tracción de la fibra, siempre que esta supere un determinado mínimo.

#### **2.10. Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita.**

Los primeros morteros estaban hechos de arcilla y marga. Debido a la falta de piedra y a la abundancia de arcilla, los edificios babilónicos se construían con ladrillos quemados con cal o mortero. Según el arqueólogo francés Roman Ghirshman, la evidencia más antigua del uso humano de una forma de mortero se encuentra en

Mehrgarh, Baluchistán, Pakistán, construido con ladrillos secados al sol en 6500 a.C, los antiguos sitios de la civilización Harappan del tercer milenio a.C. fueron contruidos con ladrillos quemados y mortero de yeso.

El mortero de yeso, también conocido como yeso de París, se utilizó en la construcción de las pirámides egipcias y de muchos otros edificios antiguos, las pirámides egipcias y muchos otros edificios antiguos.

Se compone de yeso y requiere una temperatura de cocción más baja, lo que facilita su fabricación en comparación con el mortero de cal. Por lo tanto, es más fácil de fabricar que el mortero de cal y fragua más rápidamente, lo que probablemente sea la razón por la que se utilizaba como mortero típico para los edificios antiguos con arcos y bóvedas de ladrillo. Bóvedas de ladrillo. En condiciones de humedad, el mortero de yeso no es tan duradero como otros morteros. Condiciones de humedad.

En las primeras pirámides egipcias construidas durante el antiguo imperio, los bloques de piedra caliza estaban hechos de barro y arcilla, o de un mortero de arcilla y arena unidas. En las pirámides egipcias posteriores, el mortero era de yeso o cal. El mortero de yeso es esencialmente una mezcla de yeso y arena y es bastante blando.

#### **2.10.1. Sub-contenido.**

En el subcontinente indio se han observado diferentes tipos de cemento en yacimientos de la civilización del Valle del Indo, como el asentamiento de la ciudad de Mohenjo-Daro, que data de antes del 2600 a.C.

Data de antes del 2600 a.C. El cemento de yeso gris claro, que contiene arena, arcilla, trazas de carbonato cálcico y una elevada proporción de cal, se utilizaba para la construcción de pozos, desagües y el exterior de edificios importantes. Los morteros

bituminosos también se utilizaron con menos frecuencia, incluso en los grandes baños.

Mohenjo-daro.

Históricamente, la construcción con hormigón y mortero apareció tarde en Grecia. La excavación del acueducto de Megara reveló un depósito cubierto con mortero puzolánico de 12 mm de espesor. La historia de este acueducto se remonta al. 500 a.C. El mortero de zeolita es un mortero a base de cal, pero está hecho con un aditivo de ceniza volcánica que hace que se endurezca en el agua, de ahí el nombre de cemento hidráulico. Los griegos obtenían las cenizas volcánicas de las islas griegas de Thira y Nisyros, o de la colonia griega de Dicaearchia (Pozzuoli), cerca de Nápoles (Italia). Más tarde, los romanos mejoraron los usos y métodos de fabricación de lo que se conoció como cemento y mortero de Potsdam. Más tarde, los romanos utilizaron un mortero que no contenía tierra de diatomeas, utilizando arcilla triturada e introduciendo óxido de aluminio y sílice en la mezcla. Este mortero no era tan fuerte como el puzolánico, pero al ser más denso, resistía mejor la penetración del agua.

En la antigua China no existía el mortero hidráulico, probablemente debido a la falta de cenizas volcánicas. Falta de ceniza volcánica. Alrededor del año 500 d.C., la sopa de arroz glutinoso se mezclaba con cal apagada para formar un mortero compuesto inorgánico-orgánico a base de arroz glutinoso, que se mezclaba con cal apagada para formar un mortero compuesto inorgánico-orgánico a base de arroz glutinoso que era más resistente e impermeable que el mortero de cal.

Uno se pregunta cómo la técnica de fabricación de mortero y cemento hidráulico, perfeccionada y ampliamente utilizada por griegos y romanos, se perdió durante casi dos mil años, durante casi dos mil años. En la Edad Media, cuando se construyeron las

catedrales góticas, el único ingrediente activo utilizado en el mortero era la cal. Como el mortero de cal endurecido podía degradarse en contacto con el agua, podía deteriorarse, y muchas estructuras sufrieron los efectos de la lluvia y el viento a lo largo de los siglos.

### **2.10.2. Componentes de la arena volcánica.**

Las arenas volcánicas están compuestas principalmente por minerales de aluminosilicato o zeolitas. El primer yacimiento de zeolita se descubrió en Jordania en 1987 en las tobas volcánicas cuaternarias del volcán Jabal Al Aritayn, en el noreste del país.

Tobas volcánicas cuaternarias del volcán Jabal Al Aritayn en el noreste de Jordania. En 1996 se descubrieron seis yacimientos de zeolita en afloramientos de toba volcánica en Jordania. Afloramientos de toba volcánica en el noreste de Jordania. Según las estimaciones del gobierno estadounidense, los datos de la Agencia de Recursos Naturales indican que Jordania tiene reservas de más de 2.000 millones de toneladas de toba.

Las ventajas de la toba volcánica son su estructura altamente porosa, su gran superficie y su baja densidad. Está disponible en diferentes tipos, tamaños y colores y puede reducir el peso del hormigón. Al igual que con otros materiales de zeolita, como el humo de sílice y las cenizas volantes, la sustitución por zeolita puede mejorar la resistencia del hormigón mediante la reacción de la zeolita con el  $\text{Ca(OH)}_2$ , puede evitar la segregación y la delaminación del hormigón fresco, facilitar el proceso de bombeo, reducir la permeabilidad del hormigón endurecido, mejorar la durabilidad del hormigón (especialmente la resistencia a la reacción del  $\text{Ca(OH)}_2$ ), mejorar la

resistencia del hormigón y reducir la permeabilidad del hormigón endurecido. (especialmente la resistencia a la reacción álcali-agregado), aumentar la resistencia del hormigón y minimizar las fisuras y minimizar las fisuras en el hormigón.

Varios estudios recientes han investigado la posibilidad de utilizar la toba volcánica como agregado ligero, piedra de construcción y mortero en el cemento y el hormigón. El Bureau of Reclamation del Departamento del Interior de los Estados Unidos ha estudiado las propiedades físicas y químicas de varios tipos de agregados ligeros, entre ellos la toba volcánica (escoria y piedra pómez). Los resultados verificaron la viabilidad de la utilización de estos áridos para producir hormigón ligero. También utilizaron escoria y escoria expandida para producir hormigón ligero con una resistencia a la compresión moderada, una trabajabilidad variable y un peso ligero muy satisfactorio de de 90 a 110 libras por pie cúbico.

La adición de 9%, 14% y 15% en peso de toba volcánica al cuerpo de ladrillos de pared estándar indica que puede utilizarse con éxito en la producción de ladrillos de pared. Puede utilizarse con éxito para producir ladrillos de pared y las propiedades alcalinas, la viscosidad, la absorción de agua y la resistencia a la compresión de las muestras se vieron ligeramente afectadas por la adición de toba volcánica. El uso de toba volcánica y otros materiales permitió formar un material compuesto para los bloques (Ceballos, 2017).

### **2.10.3. PUZOLANAS.**

Las puzolanas son materiales sin propiedades hidráulicas pero compuestos de sílice y alúmina, lo que les confiere la capacidad de aglutinar hidróxido de calcio a temperatura ambiente, incluso en presencia de una elevada humedad. A temperatura

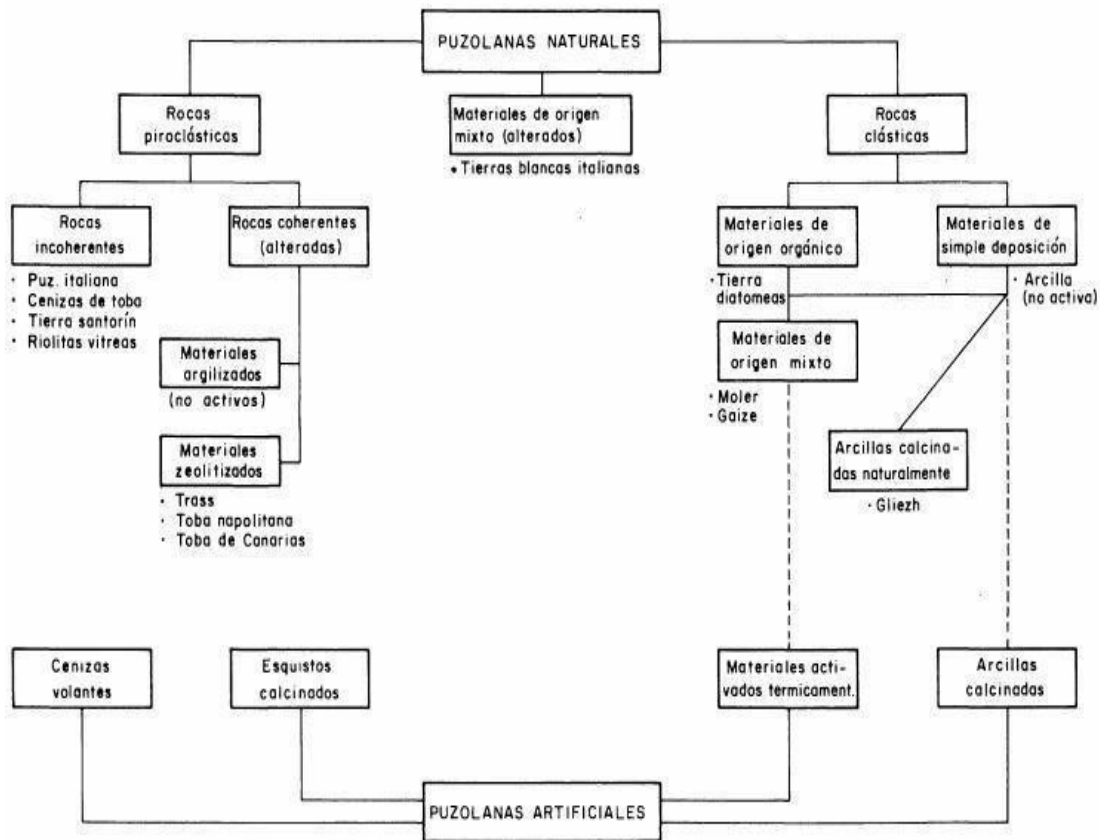
ambiente, en presencia de un alto contenido de humedad, en granos muy finos. En una representación de granos muy finos, se forma una composición química hidráulicamente estable. Estabilización hidráulica.

Es a través de la presencia de hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  y agua que se produce la reacción zeolítica, una característica única de este tipo de material. La palabra "puzolana" procede del nombre de la ciudad de Pozzuoli, cerca de Nápoles (Italia).

Originalmente utilizado para referirse a los materiales específicamente derivados de las tobas volcánicas de la región, el término se generalizó posteriormente a materiales de diferente origen y composición pero que se comportan de la misma manera cuando se mezclan con cemento o cal, y con cemento o cal y agua.

Las cenizas volantes pueden dividirse en cenizas volantes naturales, que no requieren ninguna modificación química para ser utilizadas, y cenizas volantes artificiales, que requieren una modificación estructural o química porque el material no tiene las propiedades de las cenizas volantes o ha sido utilizado previamente como cenizas volantes. Estructuralmente o químicamente, porque los materiales no tienen las propiedades de las zeolitas o son inicialmente muy débiles. Muy débil en principio. Esta clasificación se puede observar en el siguiente cuadro (Morante, 2016).





*Ilustración 8 Pulzonas Naturales. Tomado de Morante, (2016).*

### 2.11. Mortero con fibras de polipropileno y arena volcánica.

El constante aumento de tecnologías en las industrias de construcción, se basa en crear nuevas técnicas y diseños con el constante desarrollo de los materiales que se emplean, esto corresponde a las necesidades que las personas necesitan, este tipo de elementos se podrían convertir en un futuro en una nueva opción para poder reforzar los morteros.

Estos se han visto en la necesidad de evolucionar, en los recientes tiempos se han desarrollado estudios o para poder verificar la veracidad de dicho material al ponerlo

en práctica, se debe obtener mezclas homogéneas ya que necesitamos tener en cuenta que debe tener una buena textura para poder llevar a cabo el mortero.

La adición de fibras de polipropileno a la arena volcánica para el mortero se encuentra aún en exhaustivas investigaciones de esta manera se determinará si es viable, lo bueno de este material es que es un gran aislante térmico y ligero ya que esto impide los agrietamientos, es un material inflamable ya que por la arena volcánica hace que se de este fenómeno.

#### **2.11.1. Estudios realizados sobre el mortero de arena volcánica y polipropileno.**

Se ha realizado un estudio para determinar las características que brinda el mortero reforzado con arena volcánica y polipropileno que sirven como aditamentos que refuerzan el mortero, se utilizó fibras de 2 longitudes las cuales son de 12 y 22 mm respectivamente además del 0,1%, 0,3% y 0,5% en su envergadura se reflejó un aumento de las resistencias del mismo de 0,55 hasta 5,72% aproximadamente, posterior al estudio se determinó que el polipropileno da un aumento de resistencia y la arena volcánica hace que las paredes sean inflamables (Cortez, 2019).

#### **2.11.2. Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo arena volcánica.**

Las resistencias alcanzadas usando arena volcánica, tomando en cuenta que tenemos un tiempo determinado para poder conocer resultados y así usar la arena volcánica como complemento del cemento, se llegaría a usar un 10% a un 15% se aminora la resistencia un 2.90% y un 7.01%, consecuentemente en un 20% de uno de este material, se incrementa la resistencia en un 2,70%.

Se demuestra que, en los días posteriores a la prueba, se sigue incrementados la resistencia, es decir, mientras más días de secado proporcionamos a la mezcla es mayor su resistencia, y a mayor concentración de la arena volcánica en la mezcla mas es su durabilidad las.

### **2.11.3. Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo polipropileno.**

EL tipo de material con el que el polipropileno se fabrica y se utilizan en su totalidad para incluirlas en el mortero, sin ningún problema pueden soportar el medio que las rodea en especialidad alcalino del concreto, estas se incorporan al mortero en el proceso de mezcla, convencionalmente se guardan en envases de bolsas amigables con el medio ambiente que se añaden a la mezcla en un lugar determinado para poder seguir con el proceso de la fabricación del mortero con fibras, o consecuentemente se vacían en una maquina que sirve para el mezclado de materiales de construcción, cabe recalcar que se idealiza la primera opción ya que podemos controlar el consumo y podemos realizar un previo mezclado acorde a como lo necesitemos en dosificaciones más aceradas, esto nos puede validar una buena mezcla que nos valide el tipo de obra que necesitemos realizar (Espinoza, 2019).

Se llevó a cabo una investigación en la cual se sometió al mortero y a las fibras de polipropileno a revolverse en noventa litros de agua, en primer lugar dosificamos la arena, des pues agregamos la grava además del agua, esto paso a la etapa de mezcla por un minuto, pasado este minuto se añadió el cemento con agua en cantidades tolerables al que se realizó una mezcla por tres minutos más, consecuentemente de un estado inerte por oros tres minutos, que llevaron a dos más de mezclado, para poder

terminar con el fraguado que supuestamente pudiera existir en la mezcla en la que estamos trabajando, las fibras se incorporaron terminando este proceso de previo mezclado añadiendo todos los materiales previstos y posteriormente haciendo la mezcla que llevo alrededor de 2 minutos, además se añadió el aditivo y se mezcló por otros 2 minutos, El mezclado, Las fibras se añadieron al final del tiempo de mezclado descrito anteriormente, mezclando los materiales incluidos durante otros dos minutos. Con esto pudimos constatar que la mezcla quedo más uniforme, y al maneto de llevarla a la práctica no se desquebrajo, es más mostró una rigidez y una adherencia envidiable para otros materiales, ya que la investigación resulto todo un éxito y cabe recalcar que existe una gran importancia en llevar a estos materiales en su respectivo proceso ya que de no ser así se podría arruinar su estructura o no tendríamos los resultados esperados (Naranjo, 2019).

#### **2.11.4. Ventajas y desventajas de un mortero con polipropileno.**

Una de las ventajas que podemos recalcar es que el polipropileno es inoloro, es decir no va emitir olores tóxicos que dificulten el buen vivir en el lugar que se vaya dirigida la mezcla con este material, ya que no posee propiedades que dificulten el buen olfato o la respiración de las personas que vayan a convivir con este material, al igual que tiene un color blanco o transparente esto quiere decir que no interferirá en el color del mortero ya que podría ser una desventaja si cambiaría su visualidad con colores fuertes o encendidos, se podría realizar cualquier tipo de obra y se le podría incorporar algún tipo de coloración ya sea previo o posteriormente a la mezcla, su densidad es muy baja ya que esta es de 0.89 y 0.91 gr/cm<sup>3</sup> esta sería otra ventaja ya que es menos densa que el cemento el cual cuenta con 2,90 g/cm<sup>3</sup> esto quiere decir que se va a mezclar a la

perfección ya que a menos densidad el que predominaría sería el mortero mezclado, consta con una buena resistencia a la abrasión, con esto constatamos que el mortero con fibras de polipropileno puede llegar a ser muy resistente ya que este material podría salvar a la mezcla de agrietarse o desquebrajarse.

Una desventaja es que el polipropileno tiene un punto de ebullición relativamente bajo ya que es de 160°C esto quiere decir que no es resistente a los incendios, es decir no brinda una protección ante el fuego y su punto de fusión es de 173°C (Rocha, 2017).

#### **2.11.5. Contrastar el comportamiento del mortero convencional con el mortero añadiendo vermiculita.**

La vermiculita nos permite que el mortero sea un material más denso sin ganar peso, relativamente hablando, ya que este material consta con poco peso aparente, es decir, que no aportaría propiedad que hagan que la mezcla sea más pesada al momento de incorporaciones la vermiculita, consecuentemente podríamos decir que su uso sería una muy buena opción ya que es un material resistente al fuego, serviría para cubrir y proteger el lugar donde se vierta o se coloque la mezcla de un posible incendio, al igual que es un buen aislante, este material se aplica una vez la mezcla este realizada, la vermiculita se tritura previamente y se somete a calor a unos 1200 °C, y expande su tamaño pero sin ganar peso.

Esto quiere decir que presenta una buena tolerancia al calor ya que no se desquebrajaría ni cedería ante altas temperaturas ya que al caracterizarse como un material volcánico no presente puntos de ebullición

#### **2.11.6. Ventajas y desventajas de la perlita.**

Una de las mayores ventajas es que es ligera y limpia, ya que al someterse a altas temperaturas no deja espacio al desarrollo de bacterias ni ácaros en su composición química, cuenta con un elevado aislamiento térmico y al igual un notable aislamiento acústico, esto serviría para revestir paredes de concreto implementando vermiculita al llegar a tener privacidad donde se añada, esto hace que sea una buena opción para recubrimientos, otra ventaja es que no es insoluble en el agua es decir se podría mezclar con relativa tranquilidad sin necesidad de que estamos pendientes a posible desmoronamientos ni resquebrajamiento por exceso de líquidos, las ventajas son casi nulas pero cabe recalcar que una desventaja sería que no es muy implementada ni muy conocida en el ámbito arquitectónico (Cruz, 2017).

#### **2.11.7. Dosificaciones del mortero añadiendo vermiculita.**

- Vermiculita 1, tamaño de partícula entre 0,5-2 mm, densidad entre 100-120 kg/m<sup>3</sup>
- Vermiculita 2, tamaño de partícula 0,5-3 mm, densidad 85-105 kg/m<sup>3</sup>
- Vermiculita 3, tamaño de partícula entre 1-4 mm, densidad entre 85-100 kg/m<sup>3</sup>
- Vermiculita 4, tamaño de partícula entre 2-6 mm, densidad entre 70-80 kg/m<sup>3</sup>

Vermiculita de grano grueso (VH). El porcentaje de granos que no pasaron el tamiz 4 fue del 30% y el porcentaje de granos que pasaron el tamiz 0,125 fue del 1% (Palma, 2019).

<b>Tamiz</b> (ISO 565)	<b>VH</b> (% que pasa)	<b>VH</b> (% retenido)	<b>VH</b> (% retenido- acumulado)
<b>31,5</b>	100,00	0,00	0,00
<b>16</b>	100,00	0,00	0,00
<b>8</b>	100,00	0,00	0,00
<b>4</b>	68,83	31,17	31,17
<b>2</b>	22,30	46,53	77,70
<b>1</b>	11,17	11,13	88,83
<b>0,5</b>	6,66	4,50	93,34
<b>0,25</b>	3,75	2,91	96,25
<b>0,125</b>	1,15	2,60	98,85
<b>&lt;0,125</b>	0,00	1,15	-

*Ilustración 9 Tamizado. Tomado de Palma, (2019).*

Vermiculita de grano medio (VG). Comprobamos que la proporción de granos que no pasaron el tamiz n° 2 fue del 22%, mientras que la proporción que pasó el tamiz n° 0,125 fue del 1%.

<b>Tamiz</b> (ISO 565)	<b>VH</b> (% que pasa)	<b>VH</b> (% retenido)	<b>VH</b> (% retenido- acumulado)
<b>31,5</b>	100,00	0,00	0,00
<b>16</b>	100,00	0,00	0,00
<b>8</b>	100,00	0,00	0,00
<b>4</b>	100,00	0,00	0,00
<b>2</b>	77,66	22,34	22,34
<b>1</b>	19,39	58,27	80,61
<b>0,5</b>	9,98	9,41	90,02
<b>0,25</b>	4,10	5,88	95,90
<b>0,125</b>	1,28	2,82	98,72
<b>&lt;0,125</b>	0,00	1,28	-

*Ilustración 10 Tamizado, Tomado de Palma, (2019).*

Vermiculita de grano fino (VL). Comprobamos que la proporción de granos que no pasaron el tamiz n° 1 fue del 17%, mientras que la proporción que pasó el tamiz n° 0,125 fue del 7,7%.

Tamiz (ISO 565)	VH (% que pasa)	VH (% retenido)	VH (% retenido- acumulado)
31,5	100,00	0,00	0,00
16	100,00	0,00	0,00
8	100,00	0,00	0,00
4	100,00	0,00	0,00
2	100,00	0,00	0,00
1	82,61	17,39	17,39
0,5	41,27	41,34	58,73
0,25	19,77	21,49	80,23
0,125	7,73	12,04	92,27
<0,125	0,00	7,73	-

*Ilustración 11 Tamizado. Tomado de Parrales, (2016).*

## **Marco conceptual**

### **Hidratación**

Es cuando se incluye agua en cualquier elemento que este sin agua como por ejemplo para la realización de una mezcla, incluyendo el nivel de agua adecuado.

### **Humedad**

Es el aumento del nivel de agua que tiene la mezcla y en el caso que no esté medida correctamente provocara una elevada humedad.

### **Trabajabilidad**

Es cuando la mezcla se puede moldear en varias maneras determinando que los elementos o agregados han sido los correctos y las proporciones son óptimas.

### **Evaporación**

La evaporación es conocida como el cambio del agua de estado líquido a gaseoso a través de un sistema en que las altas temperaturas hacen que la cantidad de agua existente en el suelo se disipe por medio de la evaporación.

### **Resistencia a rotura**

Es la compresión o tracción de cizalladura que resiste un material sin romperse,



conocida como carga unitaria de rotura.

### **Consistencia**

Es una cualidad que se conoce como resistencia, solides, espesor, confiable, certero y perdurable, dependiendo del material o inmaterial en el que se aplique este término.

### **Construcción**

Es la unión de partes o elementos formando una estructura material o inmaterial para alguna finalidad.

### **Elemento a compresión**

Herramienta sometida a una fuerza de compresión longitudinal.

### **Marco Legal.**

Se detallará la norma INEN 2551 la cual establece los requisitos de los materiales de mezcla seca en bolsa para hormigón y mortero. Esta norma se aplica a la producción, las propiedades, el ensacado y los ensayos de las mezclas secas y los materiales ensacados utilizados en la fabricación de hormigón y mortero. Clasificación de los hormigones y morteros revestidos de la cual se toma los siguientes puntos de la normativa.

**3.1.1** Hormigón de alta resistencia inicial. Un producto de construcción y reparación fabricado a partir de una combinación de materiales secos y embolsados, que se utiliza cuando se requiere un desarrollo de la resistencia más rápido de lo normal, por ejemplo, cuando se requiere un desmoldeo temprano.

**3.1.1** Hormigón de resistencia ordinaria. Producto para la construcción y el mantenimiento general, compuesto por una combinación de materiales secos, en bolsas, para aplicaciones de más de 50 mm de espesor.

**5.1.1 Materiales:** Los materiales empleados tales como aditivos en los productos secos mezclados, ensacados para hormigón y mortero deben cumplir con los siguientes requisitos, según sea el caso.

- a) Áridos. Deben cumplir con la NTE INEN 872 o norma ASTM C 144 o norma ASTM C 330.
- b) Aditivos incorporadores de aire. Deben cumplir con la norma ASTM C 260.
- c) Cemento compuesto. Debe cumplir con la NTE INEN 490 o con la NTE INEN 2380.
- d) Aditivos químicos. Deben cumplir con la norma ASTM C 494.
- e) Ceniza volante. Debe cumplir con la norma ASTM C 618.
- f) Escoria granulada de altos hornos. Debe cumplir con la norma ASTM C 989.
- g) Cal hidratada. Debe cumplir con los requisitos para el Tipo S o Tipo SA de la NTE INEN 247.
- h) Látex y polímero modificado en polvo. Debe cumplir con la norma ASTM C 1 438, (ver nota 1).
- i) Cemento para mampostería. Debe cumplir con la NTE INEN 1806.
- j) Cemento para mortero. Debe cumplir con la norma ASTM C 1 329.
- k) Cemento portland. Debe cumplir con los requisitos para el Tipo I, IA, II, IIA, III o IIIA, de la NTE INEN 152.
- l) Humo de sílice. Debe cumplir con la norma ASTM C 1 240.

**7.1.2.1** Después de la mezcla, prueba de asentamiento de acuerdo con la NTE INEN 1578. Si la prueba de asentamiento de la mezcla muestra que se necesita agua adicional, devuelva rápidamente la muestra de prueba de asentamiento a la mezcladora, añada el agua adicional y vuelva a mezclar durante 2 minutos. Vuelve a probar la caída. Si el

asentamiento no está entre 50 mm y 75 mm, deseche la mezcla.

## CAPITULO III

En este capítulo trataremos sobre el tipo de método, técnica y enfoque, así mismo la población y muestra que utilizamos para poder obtener los resultados.

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Metodología.

Una investigación es un proceso que se lleva a cabo mediante la aplicación de un método científico, nuestro trabajo será el método inductivo y deductivo.

**Método deductivo.** - El método deductivo es un tipo de razonamiento usado para aplicar leyes o teorías a casos singulares. Es el método utilizado en las ciencias formales, como la lógica y la matemática. Además, el razonamiento deductivo es clave en la aplicación de leyes a fenómenos particulares que se estudian en la ciencia (Arrieta, 2019).

Es una forma jerárquica de razonamiento, ya que se parte de generalizaciones, que poco a poco se aplican a casos particulares. Esto hace al método deductivo muy útil para producir conocimiento de conocimientos anteriores. También es práctico cuando es imposible o muy difícil observar las causas de un fenómeno, pero sí aquellas consecuencias que produce (Arrieta, 2019).

#### 3.2. Características del método deductivo

Sigue la dirección de arriba hacia abajo, de lo general a lo particular.

Es el método utilizado en las ciencias formales.

Se basa en la teoría para predecir fenómenos observables por medio de **3.3.**

### **3.3. Hipótesis.**

La conclusión está contenida en las premisas.

Si las premisas son válidas y verdaderas, la conclusión también lo es.

Sus conclusiones deben llevar a consecuencias lógicas y rigurosas.

Por sí mismo no produce nuevo conocimiento (Arrieta, 2019).

La investigación va a ser deductiva porque se seguirá un análisis de la elaboración de cada ensayo y se recopilará los cálculos realizados, hasta obtener la dosificación de la mezcla adecuada del mortero con los materiales arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita, para obtener los resultados según los objetivos planteados.

### **3.4. Tipo de investigación.**

Los autores Hernández, Fernández y Baptista deducen que es una investigación experimental debido a que tiene dos sentidos una general y otra particular; por el termino general se refiere a “elegir o llevar a cabo una acción” para luego analizar las consecuencias. Así, nos referimos a “experimentar”, a comparar el mortero tradicional con el mortero adicionando arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita

### **3.5. Enfoque**

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado

contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. (Fernandez, 2016).

En esta investigación el enfoque es cuantitativo, podemos determinar la resistencia del mortero con adición de arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita

### **3.6. Técnicas de la investigación.**

Las técnicas de investigación son procesos e instrumentos que se utilizan al iniciar el estudio de un fenómeno determinado. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de esta forma se logra el principal objetivo de toda investigación, que es adquirir nuevos conocimientos. La elección de la técnica de investigación más adecuada depende del problema que se desea resolver y de los objetivos planteados, motivo por el cual esta elección resulta ser un punto fundamental en todos los procesos investigativos. (lifeder, 2020).

Con la arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita adicionándolo en el mortero se realizarán los estudios.

Las técnicas que se van a utilizar en esta investigación son:

Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C109M-16)

Análisis de dosificaciones (ASTM C270)

Ensayo de Densidad Especifica y absorción. (ASTM C128/ASTM C188)

Adherencia del mortero (D7234 - 19)

Ensayo de Fluidez (ASTM C1437)

### **3.7. Instrumento**

Los instrumentos usados en el proyecto fueron:

Prensa hidráulica (VersaTester 30-M)

Equipos usados en el laboratorio

### **3.8. Población y muestra**

Se elaborarán 9 cilindros con porcentajes diferentes de arena volcánica, fibra de polipropileno, vermiculita con el fin de obtener muestra y poder analizar los ensayos requeridos para la bajar la densidad del mortero

### **3.9. Análisis y Resultados.**

Una vez realizados los respectivos ensayos de laboratorio se realizan los respectivos cálculos para alcanzar la dosificación óptima esperada para un mortero tipo N según la norma ASTM C270 para morteros de laboratorio.

Según la ingeniera (GUTIERREZ) en su libro “El concreto y otros materiales para la construcción” detalla los pasos a seguir para un diseño de mezclas de morteros.

## CAPITULO IV.

Nos enfocaremos en encontrar un diseño de mortero óptimo con los ensayos correspondientes rigiéndonos en base a la normativa.

### PROPUESTA

#### 4.1. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

La cantidad de mezcla de mortero a diseñar con agregados de arena volcánica, las características y proporciones de los componentes son las siguientes. Los cálculos y el diseño de los morteros se basaron en las normas del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (M.T.O.P.) y en los valores establecidos en el Libro Técnico del Hormigón.

La siguiente tabla resume los cálculos de diseño para la preparación de cada tipo de mortero probado.

**Tabla 3**

Características de la muestra de mortero con una resistencia de  $f'c$  125 kg/cm

<b>Datos proporcionados</b>	Cement o	Agua	Agregado fino
Densidad G (Kg/cm <sup>3</sup> )	2,85	1	2,26
Peso unitario del agregado (Kg/cm <sup>3</sup> )	1,32		1,528
M.F.			1,75
% absorción			3,6
<b>Datos para el mortero</b>			
Resistencia a compresión Kg/cm <sup>2</sup>	125		
Relación a/c	0,65		
Cantidad de cemento Kg/m <sup>3</sup>	500		
<b>Cálculos para el mortero</b>			



Cantidad de agua	325	Kg/m <sub>3</sub>
Volumen absoluto del agregado	560,96	cm <sup>3</sup> /m <sub>3</sub>
Volumen absoluto del material	1267,78	Kg/m <sub>3</sub>
<b>Proporciones iniciales</b>		
A/c	0,65	
Peso seco del agregado	2,54	
<b>Proporciones del mortero</b>		
Agua	0,65	
Cemento	1	
Arena	2,54	
<b>Cantidad a utilizar por cada 50kg de cemento</b>		
Agua	32,5	Kg
Cemento	50	Kg
Agregado fino	126,78	Kg
<b>Cantidad a utilizar para cada cubo (resistencia f'c 125 kg/cm<sup>2</sup>)</b>		
Agua	0,0 49	Kg
Cemento	0,0 75	Kg
Agregado fino	0,1 91	Kg

*Elaborado por Balladares, (2022)*

#### **Tabla 4**

Características de la muestra de mortero con una resistencia de f'c 100 kg/cm<sup>2</sup>.

<b>Datos proporcionados</b>	Cemento	Agua	Agregado fino
-----------------------------	---------	------	---------------

Densidad G (Kg/cm <sup>3</sup> )	2,85	1	2,26
Peso unitario del agregado (Kg/cm <sup>3</sup> )	1,32		1,528
M.f.			1,75
% Absorción			3,6
<b>Datos para el mortero</b>			
Resistencia a compresión Kg/cm <sup>2</sup>	100		
Relación a/c	0,72		
Cantidad de cemento Kg/m <sup>3</sup>	450		
<b>Cálculos para el mortero</b>			
Cantidad de agua	324	Kg/m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del agregado	562,32	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del material	1270,83	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>Proporciones iniciales</b>			
A/c	0,72		
Peso seco del agregado	2,82		
<b>Proporciones del mortero</b>			
Agua	0,72		
Cemento	1		
Arena	2,82		
<b>Cantidad a utilizar por cada 50kg de cemento</b>			
Agua	36	Kg	
Cemento	50	Kg	
Agregado fino	141,20	Kg	
<b>Cantidad a utilizar para cada cubo (para ensayo de resistencia)</b>			
Agua	0,049	Kg	

Cemento	0,068	Kg
Agregado fino	0,191	Kg

*Elaborado por Balladares, (2022)*

### **Tabla 5**

Características de la muestra de mortero con una resistencia de  $f_c$  115 kg/cm<sup>2</sup>.

<b>Datos proporcionados</b>	Cemento	Agua	Agregado fino
Densidad G (Kg/cm <sup>3</sup> )	2,85	1	2,26
Peso unitario del agregado (Kg/cm <sup>3</sup> )	1,32		1,528
M.f.			1,75
% Absorción			3,6
<b>Datos para el mortero</b>			
Resistencia a compresión Kg/cm <sup>2</sup>	115		
Relación a/c	0,68		
Cantidad de cemento Kg/m <sup>3</sup>	480		
<b>Cálculos para el mortero</b>			
Cantidad de agua	326,4	Kg/m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del agregado	559,07	Cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Volumen absoluto del material	1263,51	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>Proporciones iniciales</b>			
A/c	0,68		
Peso seco del agregado	2,63		
<b>Proporciones del mortero</b>			

Agua	0,68	
Cemento	1	
Arena	2,63	
<b>Cantidad a utilizar por cada 50kg de cemento</b>		
Agua	34	Kg
Cemento	50	Kg
Agregado fino	131,62	Kg
<b>Cantidad a utilizar para cada cubo (para ensayo de resistencia)</b>		
Agua	0,049	Kg
Cemento	0,073	Kg
Agregado fino	0,191	Kg

*Elaborado por Balladares, (2022).*

#### **4.2. RESULTADOS.**

Se presentan los resultados de los ensayos de compresión para cada mortero f'c 125 kg/cm<sup>2</sup>, f'c 100 kg/cm<sup>2</sup> y f'c 115 kg/cm<sup>2</sup>.

En primer lugar, se diseñó un mortero con una resistencia a la compresión, de este podemos recalcar que es un mortero eficiente ya que sus propiedades lo hacen resistente además de inflamable y ligero, esto aporta propiedades las cuales las hacen mucho más eficaz esto comprende un estimado de f'c 125 kg/cm<sup>2</sup> (Tabla 4) con el fin de obtener resultados para comparar con la normativa del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (M.T.O.P.).

**Tabla 6**Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de  $f_c$  125kg/cm<sup>2</sup>.

ELENTOS	$f_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	a	b	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA KN	RESIST. Kg/cm <sup>2</sup>	Percent. comp.
<b>mortero con arena volcanica</b>	125	7	22-12-17	29-12-17	5,00	5,00	25,00	20,1	82,01	65,06%
		7	22-12-17	29-12-17	5,00	5,00	25,00	20,2	82,42	
		7	22-12-17	29-12-17	5,00	5,00	25,00	19,5	79,56	
	125	21	22-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	26,8	109,34	87,37%
		21	22-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	26,5	108,12	
		21	22-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	27,0	110,16	
	125	28	22-12-17	19-01-18	5,00	5,00	25,00	30,8	125,66	102,92%
		28	22-12-17	19-01-18	5,00	5,00	25,00	31,5	128,52	
		28	22-12-17	19-01-18	5,00	5,00	25,00	32,3	131,78	

*Elaborado por Balladares, (2022).*

Posteriormente, se diseñaron dos morteros con resistencias de 100 kg/cm<sup>2</sup> y 115 kg/cm<sup>2</sup> para establecer una dosis óptima en el diseño del mortero ya que en la experimentación que se llevó a cabo tuvimos que realizar diferentes tipos de métodos los cuales señalaron diferentes resultados. Los resultados obtenidos para la muestra de mortero con una resistencia de  $f_c$  100 kg/cm<sup>2</sup> se presentan en la Tabla 5 y para la muestra de mortero con una resistencia de  $f_c$  115 kg/cm<sup>2</sup> se presentan.

**Tabla 7**Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de  $f_c$  100kg/cm<sup>2</sup>.

ELENTOS	$f_c$ Kg/cm <sup>2</sup>	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	a	b	AREA cm <sup>2</sup>	CARGA KN	RESIST. Kg/cm <sup>2</sup>	Percent. comp.
<b>mortero con arena volcanica</b>	100	7	15-12-17	22-12-17	5,00	5,00	25,00	14,0	57,12	56,98%
		7	15-12-17	22-12-17	5,00	5,00	25,00	14,3	58,34	
		7	15-12-17	22-12-17	5,00	5,00	25,00	13,6	55,49	
	100	21	15-12-17	05-01-18	5,00	5,00	25,00	18,8	76,70	78,20%
		21	15-12-17	05-01-18	5,00	5,00	25,00	19,3	78,74	
		21	15-12-17	05-01-18	5,00	5,00	25,00	19,4	79,15	
	100	28	15-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	23,2	94,66	94,66%
		28	15-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	22,9	93,43	
		28	15-12-17	12-01-18	5,00	5,00	25,00	23,5	95,88	

*Elaborado por Balladares, (2022).*

Se alcanzó una resistencia mínima a la compresión de 94,66 kg/cm<sup>2</sup>, satisfaciendo el 94,66% del requisito de mortero de f'c 100 kg/cm<sup>2</sup> esto con el fin de obtener más resultados y opciones para poder determinar que mortero posee mejores propiedades para la elaboración y manufactura de su propósito final ya que de esto depende el que se vaya a emplear.

**Tabla 8**

Resultados de la muestra de mortero con una resistencia de f'c 115kg/cm<sup>2</sup>.

ELENTOS	f'c Kg/cm2	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	a	b	AREA cm2	CARGA KN	RESIST. Kg/cm2	Porcent. comp.	
<b>mortero con arena volcanica</b>	115	7	18-12-17	25-12-17	5,00	5,00	25,00	17,4	70,99	60,55%	
		7	18-12-17	25-12-17	5,00	5,00	25,00	16,8	68,54		
		7	18-12-17	25-12-17	5,00	5,00	25,00	17,0	69,36		
	115	21	18-12-17	08-01-18	08-01-18	5,00	5,00	25,00	23,5	95,88	82,90%
		21	18-12-17	08-01-18	08-01-18	5,00	5,00	25,00	23,0	93,84	
		21	18-12-17	08-01-18	08-01-18	5,00	5,00	25,00	23,6	96,29	
	115	28	18-12-17	15-01-18	15-01-18	5,00	5,00	25,00	28,1	114,65	98,39%
		28	18-12-17	15-01-18	15-01-18	5,00	5,00	25,00	27,6	112,61	
		28	18-12-17	15-01-18	15-01-18	5,00	5,00	25,00	27,5	112,20	

*Elaborado por Balladares, (2022).*

Se alcanzó una resistencia mínima a la compresión de 114,65 kg/cm<sup>2</sup>, satisfaciendo el 98,39% del requisito de mortero de f'c 115 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **4.2.1. Gravedad específica.**

Previo al diseño y análisis del mortero, que era el objetivo principal del estudio, se realizaron las pruebas correspondientes a la arena volcánica para determinar su viabilidad como agregado, así como para determinar sus propiedades físicas y composición, cuyos resultados se presentan a continuación.

## GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO

### NORMA ASTM C 128

**Datos:**

A: Peso seco de la muestra en aire	60,8	g
B: Peso del picnómetro lleno con agua	158,4	g
S: Peso en estado sss de la muestra en aire (500+/-10 g)	63,0	g
C: Peso del picnómetro con muestra y agua hasta marca	192,3	g

**Densidad y absorción:**

<b>G<sub>s</sub></b> : gravedad específica seca	<b>2.089</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>G<sub>sss</sub></b> : gravedad específica en sss	<b>2.165</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>G</b> : gravedad específica aparente	<b>2.260</b>	kg/m <sup>3</sup>
<b>P<sub>o</sub></b> : porcentaje de absorción de agua	<b>3,6</b>	%

**Fórmulas:**

$$G_s = A/(B+S-C) \quad G = A/(A+B-C)$$

$$G_{sss} = S/(B+S-C) \quad P_o = (S-A)/A \times 100$$

*Ilustración 12 | Gravedad Especifica y Absorción-ASTM C 128/INEN 858. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Podemos detallar que la gravedad física y la absorción de agregado fino, es a correlación con la NORMA ASTM C 128, la cual otorga los datos de diferentes tipos de factores o elementos, además de la densidad y absorción la cual se detalla.

## PESO UNITARIO EN AGREGADO

NORMA ASTM C 29

Descripción: arena fina

V: volumen del recipiente, ver tabla	2.794	cm <sup>3</sup>
T: masa del recipiente	1.811	g
Msr: masa agregado suelto + recipiente	6.080	g
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	6.359	g
Ms: masa agregado suelto Msr - T	4.269	g
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	4.548	g
<b>Peso unitario suelto</b>	<b>1.528</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Peso unitario compactado</b>	<b>1.628</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>

Tamaño máximo nominal	Capacidad del recipiente
mm (plg)	pie <sup>3</sup> (lt)
< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
25.0 (1)	1/3 (9.3)
37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
75.0 (3)	1 (28.0)

*Ilustración 13 Peso Unitario Agregado. Elaborado por Balladares, (2022).*

En el peso unitario en agregado se mide en cm<sup>3</sup> que es la normativa e cual se mide el volumen además de gramos, y en sus pesos unitarios del suelto y compactado es en kg/m<sup>3</sup>.



ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS					
ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422					
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	Resultados
1. Contenido de agua	2.000,00	1.958,00	181,80	2,36	2
2. Límite Líquido		NO PLASTICO			NP
3. Límite Plástico		NO PLASTICO			NP
4. Granulometría			5. Resumen		
Peso Inic. Húm. = 1.818,20			% de Grava = 0		
Peso inicial seco para cálculos: 1.776,20			% de Arena = 79		
			% de Finos = 21		
			L. Líquido LL = 0		
			L. Plástico LP = 0		
			Índice Plástico IP = 0		
			% Humedad w = 2		
			6. Clasificación		
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	SUCS:	SM
3/4"	0,00	0	100	AASHTO:	A-1-b
No. 4	0,86	0	100	IG(86):	0
No. 8	6,36	0	100	IG(45):	0
No. 10					
No. 16	86,71	5	95		
No. 30	294,38	22	78		
No. 50	410,52	45	55		
No. 100	449,31	70	30		
No. 200	152,83	79	21		

*Ilustración 14 Muestra 1-Clasificación de suelos-SUCS/ASTM D-2487. Elaborado por Balladares, (2022.)*

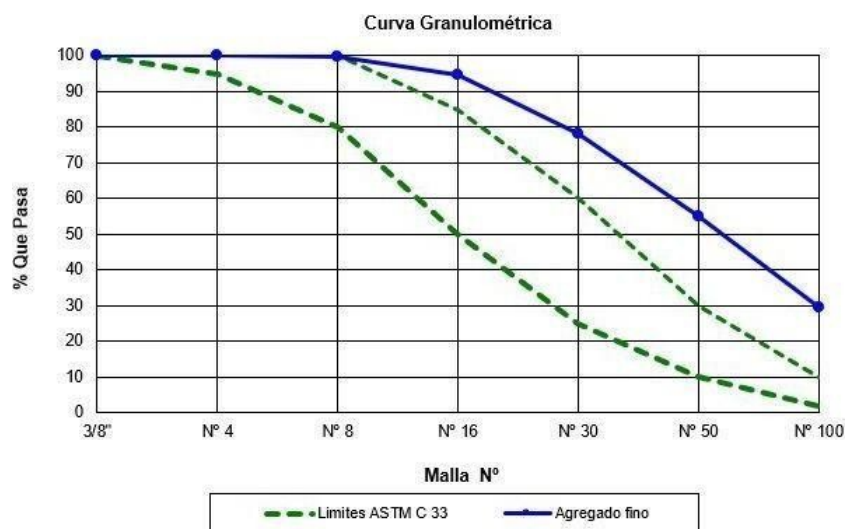
Además de los ensayos los cuales dan como resultado el contenido del mortero y su proceso de tamizado lo cual es relevante en la investigación.

ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS						
NORMA ASTM C 136						
Descripción:	Peso seco inicial (g), ver tabla:					1776.2
Tamiz	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa	
3/8"	9.5		0,0	0	100	
Nº 4	4,75	0,9	0,9	0	100	
Nº 8	2,4	6,4	7,2	0	100	
Nº 16	1,2	86,7	93,9	5	95	
Nº 30	0,6	294,4	388,3	22	78	
Nº 50	0,3	410,5	798,8	45	55	
Nº 100	0,15	449,3	1248,1	70	30	
BANDEJA		528,1	1776,2	100	0	
<b>Módulo de finura:</b>				<b>1,43</b>		
Tamaño de la muestra agregado con:			Peso mínimo (g)			
Al menos el 95% pasa 2.36 mm (tamiz No. 8)			100			
Al menos el 85% pasa 4.75 mm (tamiz No. 4) y más del 5% es retenido en 2.36 mm (tamiz No. 8)			500			

*Ilustración 15 Muestra 1- Análisis por tamizado de agregados finos-ASTM C 136.*

*Elaborado por Balladares, (2022.)*

El análisis por tamizado se mide en mililitros y se calcula en gramos lo cual es un factor fundamental para poder obtener información además de tomar en cuenta su medida en agregado fino.



*Ilustración 16 Curva granulométrica. Elaborado por Balladares, (2022.)*

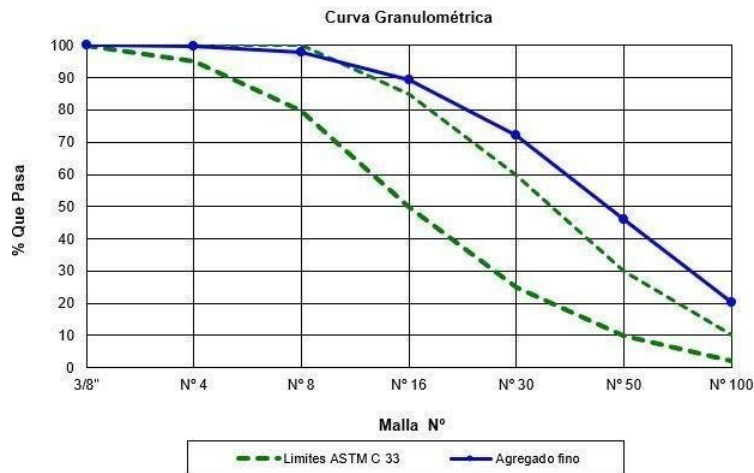
### ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS

NORMA ASTM C 136						
Descripción:		Peso seco inicial (g), ver tabla:			2119,9	
Tamiz	Abertura	Ret. Parcial	Ret. Acumulado	%	%	
Nº	(mm)	(gr)	(gr)	Retenido	Que pasa	
3/8"	9,5		0,0	0	100	
Nº 4	4,75	0,9	0,9	0	100	
Nº 8	2,4	44,0	44,9	2	98	
Nº 16	1,2	182,0	226,9	11	89	
Nº 30	0,6	365,0	591,9	28	72	
Nº 50	0,3	555,0	1146,9	54	46	
Nº 100	0,15	543,0	1689,9	80	20	
BANDEJA		430,0	2119,9	100	0	
<b>Módulo de finura:</b>				<b>1,75</b>		
Tamaño de la muestra agregado con:		Peso mínimo (g)				
Al menos el 95% pasa 2.36 mm (tamiz No. 8)		100				
Al menos el 85% pasa 4.75 mm (tamiz No. 4) y más del 5% es retenido en 2.36 mm (tamiz No. 8)		500				

*Ilustración 17 Muestra 2- Análisis por tamizado de agregados finos-ASTM C 136.*

*Elaborado por Balladares, (2022.)*

Al igual su porosidad y retenida de oxígeno en el mortero a base de estos materiales.



*Ilustración 18 Curva granulométrica. Elaborado por Balladares, (2022.)*

#### **4.2.3. Muestra de arena Volcánica.**



*Ilustración 19 Arena volcánica. Elaborado por Balladares, (2022.)*

La muestra de arena volcánica que se empleara en la elaboración del mortero.

#### **4.2.4. Muestra de Vermiculita.**



*Ilustración 20 Muestra de Vermiculita. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Muestra de Vermiculita que se va a emplear para poder elaborar el mortero.

#### **4.2.5. Muestra de polipropileno.**



*Ilustración 21 Muestra de polipropileno. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Muestra de polipropileno que se empleara para la elaboración del mortero a base de este material.

#### **4.2.6. Tamizador.**



*Ilustración 22 Tamizador. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Tamizador el cual se empleará para obtener agregado fino sin impurezas para poder elaborar el mortero.

#### 4.2.7. Tamizado de aditivos.



*Ilustración 23 Tamizado de aditivos. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Se procedió a tamizar los aditivos para poder obtener agregado fino y separar las impurezas, de este modo el mortero obtendrá una mejor calidad de elaboración.

#### 4.2.8. Moldes para morteros.



*Ilustración 24 Moldes para morteros. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Se emplearon este tipo de moldes para poder elaborar los respectivos morteros de cada aditivo.

#### 4.2.8. Proceso de elaboración de morteros en los moldes.



*Ilustración 25 Elaboración de morteros de cada aditivo.  
Elaborado por Balladares, (2022.)*

Se procedió a elaborar los morteros uno de cada aditivo, arena volcánica, polipropileno y vermiculita respectivamente.

#### 4.2.9. Morteros elaborados.



*Ilustración 26 Morteros elaborados. Elaborado por  
Balladares, (2022.)*

Morteros resultantes de los 3 aditivos empleados.

#### 4.2.10. Pipeta 5x5.



*Ilustración 27 Pipeta 5x5. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Pipeta 5x5 empleada en experimentos del proyecto.

#### 4.2.11. Implementación de la pipeta 5x5 con vermiculita.



*Ilustración 28 Pipeta 5x5 y vermiculita. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Implementación de la pipeta 5x5 con vermiculita en el proceso de elaboración del mortero.



#### 4.2.12. Cono de Abrahams.



*Ilustración 29 Cono de Abrahams. Elaborado por Balladares, (2022.)*

Se realizó la mezcla con los aditivos para poder elaborar la muestra del cono de Abrahams.

#### 4.2.13. Muestra elaborada.



*Ilustración 30 Cono de Abrahams Elaborado por Balladares, (2022.)*

El asentamiento se encontró entre 6.5 cm esto quiere decir que se encuentra dentro de la norma INEN 2551 literal 7.1.2.1 que establece que debe de encontrarse entre 5 a 7.5 cm, en caso con no contar con estas medidas la muestra debe ser descartada.

## **Informe Final.**

Conforme la tecnología incrementa, las industrias necesitan renovar la estructura de la producción para crecer. En el campo de la construcción se requiere optimizar el proceso mejorando costos y tiempo, innovando cada día las técnicas de edificación. Una alternativa es la impresión utilizar aditivos los cuales proporcionan propiedades benéficas para el mortero, estos métodos de edificación que crea elementos de construcción prediseñados, permitiendo realizar morteros para el revestimiento de paredes los cuales aportaran virtudes al mismo.

Hoy en día existen diversas investigaciones para poder elaborar morteros a base de arena volcánica, polipropileno y vermiculita los cuales son aditivos que se tiene en mente por las características que posees los cuales los hacen adecuados para la implementación de los mismos, en la construcción se necesita que los aditivos den propiedades claras y específicas las cuales aporten mejores condiciones de vida a un bajo precios, estos materiales podrían servir como aislantes térmicos o en el caso de la arena volcánica y la vermiculita nos aportaría propiedades inflamables ya que estos materiales necesitan altas temperaturas para generar una reacción térmica debido a que en su proceso de creación son sometidos a altas temperaturas sin llegar al grado de ebullición, y se forman de manera natural. Estos proyectos son a menor escala y no son puestos en práctica en grandes edificaciones ya que se siguen evaluando en proyectos pequeños para poder verificar sus reacciones a los diferentes tipos como la compresión y la viabilidad del tiempo de utilización. Se comenzó a fabricar tres tipos de mortero correspondientes a los aditivos estudiados en este proyecto, para evaluar su fabricación y respuesta al tiempo de secado y grado de compresión, podemos observar

y detallar que se fabricaron sin ningún tipo de dificultad, al comenzar a añadir los aditivos mencionados a la mezcla de mortero, para tener la idea de fabricarlos a gran escala, podemos detallar que se conoce poco sobre las propiedades de estos materiales y que esto es lo que impide su uso a gran escala. Así, en virtud de las ventajas que pueden ofrecer estos aditivos, la comunidad científica se ha interesado por el tema. Por ello, durante muchos años se han ensayado diferentes mezclas de mortero y hormigón con cemento con aditivos. Teniendo en cuenta todas estas permutaciones, este proyecto pretende formular y describir una mezcla a base de arena volcánica, fibras de polipropileno y vermiculita, aditivos que servirán para plantear mejoras a los morteros convencionales con propiedades que aumenten la trabajabilidad del mortero y eviten los problemas expuestos en el estudio. Como el mortero en sí mismo cumple con las expectativas, pero utilizando estos aditivos, superará los resultados esperados, además de tener en cuenta la norma INEN 2551, que fue validada en el momento de su desarrollo, cumpliendo así con los estándares de calidad recomendados por la norma.

## CONCLUSIONES.

El estudio evaluó la viabilidad del uso de arena volcánica para la preparación de morteros de hormigón, en el que se evaluaron las propiedades de este agregado mediante pruebas de granularidad, clasificación del suelo, gravedad específica, absorción del agregado fino y peso unitario.

Se realizaron tres pruebas de mortero para obtener la cantidad óptima de agregado de arena volcánica. La primera prueba se realizó para una resistencia del hormigón  $f_c$  125 Kg/cm<sup>2</sup>, permitiendo un error de 5 Kg/cm<sup>2</sup> y una relación agua/cemento de 0,65. La mezcla de mortero debía ajustarse a los parámetros predeterminados por el Ministerio de Transportes y Obras Públicas (M.T.O.P.), que tenían en cuenta un módulo de finura de 1,6 a 2,4 y una resistencia del mortero  $f_c$  100 Kg/cm<sup>2</sup>. Este mortero fue sometido a pruebas de resistencia a la compresión y a los 28 días el resultado más bajo fue  $f_c$  125,66 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se realizaron otros dos ensayos con una resistencia a la compresión de  $f_c$  100 Kg/cm<sup>2</sup> y una relación agua/ceniza de 0,70 y otro mortero con una resistencia a la compresión de  $f_c$  115 Kg/cm<sup>2</sup> y una relación agua/cemento de 0,68. En estas pruebas, el mortero no alcanzó el 100% de resistencia a los 28 días de edad.

La arena volcánica elegida como agregado de mortero para las muestras utilizadas en el revestimiento de la pared resultó ser un agregado adecuado en función de sus propiedades físicas.

## **RECOMENDACIONES.**

Las arenas volcánicas u otros áridos utilizados como morteros para el revestimiento de paredes deben cumplir estrictamente la norma NTE INEN 2536 (ASTM C144) y estar libres de contaminantes que puedan degradar el rendimiento del mortero.

Los morteros que utilicen arena volcánica u otros agregados como agregados para el revestimiento de muros deben cumplir con la norma ASTM C476. Estos morteros deben tener una buena consistencia y ser fáciles de trabajar.

Se recomienda realizar pruebas en las que la fuente de la arena volcánica sea diferente a la tomada en este estudio.

Además, se recomienda la realización de nuevos estudios durante y después del fraguado para garantizar el mejor uso de este mortero, que debería servir de guía para futuros estudios de ingeniería civil.

Por último, se recomienda respetar la dosificación aplicada en el diseño  $f'c$  125 kg/cm<sup>2</sup>, que fue la más óptima de este estudio, ya que la relación agua-cemento de este agregado de arena volcánica es uno de los factores más importantes en la preparación de un mortero adecuado.

## BIBLIOGRAFIA

A. Younsi, P. (07 de 12 de 2017). *Basado en el rendimiento y Diseño y Carbonatación de hormigón con alto contenido de cenizas volantes.*

ABEL, E. (2019). *Prototipo de placas decorativas basado en mortero tradicional y fibra de cáscara de maní para revestimiento de paredes interiores de viviendas.*

4: 4.

ALCONPAT. (2017). ALCONPAT. *ALCONPAT.*

Alejandro Salazar J. (2017). *Que es una puzolana.* Madrid - España: Ecoingeniería.

Anderson. (2017). Massachusetts Institute of Technology. *Kuwait.*

Arrieta, E. (21 de enero de 2019). *diferenciador.* Recuperado el 2020, de diferenciador web site: <https://www.diferenciador.com/diferencia-entre-metodo-inductivo-y-deductivo/>

(s.f.). *ASTM C-618.*

ASTM INTERNACIONAL . (2019). Especificación estándar para mortero para mampostería unitaria. *ASTM INTERNACIONAL* , 14.

ASTM INTERNACIONAL. (2017). Especificación para cenizas volantes de carbón y naturales crudos o calcinados. *ASTM INTERNACIONAL*, 9.

Aurangzcb, K. &. (2016). *Briks and urbanism in the indus vallery rise and decline*.

Geesthcht - Alemania: Periodico Americano de Arqueologia.

Bradic, V. (2016). *"Mecánica y microestructural de las propiedades de las cenizas volantes activadas con álcali*. J. Hazard Mater.

Burgos, U. d. (3 de Junio de 2016). *Residuos profesionales* . Obtenido de Residuos profesionales : <https://www.residuosprofesional.com/morteros-duraderos-sostenibles-residuos-siderurgicos/>

Buyukozturk. (2019). El porcentaje de cemento que se reemplaza por ceniza volcánica. *CEE del MIT*.

C-618, A. (s.f.).

C-618, A. (s.f.). *ASTM C-618*.

Calleja J. (25 de 07 de 2018). *Sintesis de la tecnologia del concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos*. Obtenido de <https://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>

CanalConstruccion. (12 de 02 de 2019). *CanalConstruccion*. Obtenido de <http://canalconstruccion.com/polipropileno-usos-y-caracteristicas.html>

Cazau, P. (2015). *Introduccion a la investigacion* . Buenos aires, Argentina.

Ceballos, M. (2017). Muestreo Volcanico. *Mundo Expresivo*.

CIENCIA Y TECNOLOGIA DE LA EDIFICACION. UNIVERSIDAD DE ALCALA. (2018). *MATERIALES I*. Guadalajara.

COMERCIO, E. (05 de 05 de 2018). EL COMERCIO. pág. EL COMERCIO.

COMERCIO, E. (08 de 07 de 2018). *EL COMERCIO*. Obtenido de EL COMERCIO:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>

Comité, C. (2015). *Método de prueba para la indicación eléctrica de la capacidad de resistencia de los hormigones y penetración de iones de cloruro* . ASTM International.

Construmatica. (5 de 8 de 2018). Construmatica. *Construmatica*, pág.

[https://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Morteros\\_de\\_Revestimiento](https://www.construmatica.com/construpedia/Categor%C3%ADa:Morteros_de_Revestimiento).

Cortez, C. (2019). Aditivos para el mortero. *El Constructor*.

Crespo, J. (2018). Mortero de vermiculita. *Prointex*.

Cruz. (2017). Aprovechamiento de minerales. *El Planeta*.

Cutiño, Y. (8 de mayo de 2017). *EcuRed*. Obtenido de EcuRed:

[https://www.ecured.cu/Archivo:Cant%C3%B3n\\_Jipijapa.jpg](https://www.ecured.cu/Archivo:Cant%C3%B3n_Jipijapa.jpg)

CYTED. (2016). *Desarrollo sostenible de la Industria del Polipropileno: Propiedades controladas a Medida y Optimización del Consumo Energetico y de la Degradación* . Madrid, España: Red Ibero Americana: Promocion del Desarrollo Industrial.

Definicion.co. (12 de 12 de 2017). *Definicion.co*. Obtenido de Definicion.co:

<https://www.definicion.co/materia-prima/>



Definicion.DE. (20 de 09 de 2018). *Definicion.DE*. Obtenido de Definicion.DE:

<https://definicion.de/cemento/>

Definicion.DE. (10 de 12 de 2018). *Definicion.DE*. Obtenido de Definicion.DE:

<https://definicion.de/yeso/>

DefinicionABC. (2017). *DefinicionABC*. Obtenido de DefinicionABC:

<https://www.definicionabc.com/general/mani.php>

Donis, J. M. (2015). *DISEÑO DE MORTEROS CON CEMENTOS HIDRÁULICOS LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS CON ELEMENTOS DE MAMPOSTERÍA*.

Eco-Ingenieria. (12 de 10 de 2018). *Eco-Ingenieria*. Obtenido de

<https://www.ecoingenieria.org/docs/Puzolanas.pdf>

EcuRed. (2 de 5 de 2016). EcuRed. *EcuRed*, pág.

<https://www.ecured.cu/Conglomerante>.

EL COMERCIO. (05 de 05 de 2018). *EL COMERCIO*, págs.

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>.

*EL COMERCIO*. (5 de 6 de 2018). Obtenido de EL COMERCIO:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>

*EL COMERCIO*. (7 de 5 de 2018). Obtenido de EL COMERCIO:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>

Espinoza, E. (2019). *Docificacion y tratado de construccion*. Lima, Peru: Revista Constructivo.

Fernandez, J. (12 de julio de 2016). *jorgelfdez.wordpress*. Recuperado el JUNIO de 2020, de <https://jorgelfdez.wordpress.com/2016/07/12/el-enfoque-cuantitativo/>

Forum, W. E. (25 de 10 de 2018). *World Economic Forum*. Obtenido de World Economic Forum: <https://es.weforum.org/agenda/2018/10/incrementemos-la-productividad-en-la-construccion-en-latinoamerica/>

Garcia Casado, P. (2014). Historia de los morteros. *Boletín Informativo*, págs. 52-59.

Garcidueñas, P. (13 de 01 de 2015). *EXPOK*. Obtenido de EXPOK: <https://www.expoknews.com/conoce-los-ladrillos-hechos-de-cacahuate/>

Google Images. (15 de 08 de 2018). *Google Image*. Obtenido de [https://www.google.com/search?biw=547&bih=640&tbm=isch&sa=1&ei=Ked\\_XeOvKYzh-gTi44SQAq&q=morfologia+de+la+ceniza+volante&oq=morfologia+de+la+ceniza+volante&gs\\_l=img.3...9255.19302..19538...7.0..1.376.8923.1j16j19j4...0....1...gws-wiz-img.....0i67j0.aZ8](https://www.google.com/search?biw=547&bih=640&tbm=isch&sa=1&ei=Ked_XeOvKYzh-gTi44SQAq&q=morfologia+de+la+ceniza+volante&oq=morfologia+de+la+ceniza+volante&gs_l=img.3...9255.19302..19538...7.0..1.376.8923.1j16j19j4...0....1...gws-wiz-img.....0i67j0.aZ8)

Google Maps. (20 de 09 de 2019). Obtenido de Google Maps: <https://www.google.com.ec/maps/search/termoelectricas/@-1.579717,-79.1430276,764447m/data=!3m1!1e3?hl=es>

Google Maps. (20 de 09 de 2019). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/search/termoelectricas/@-1.579717,-79.1430276,764447m/data=!3m1!1e3?hl=es>

Granada, U. d. (2014). *Morteros de Construcción* . Granada - España: Universidad Española de Granada.

GUTIERREZ, L. (s.f.). *EL CONCRETO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION*.

Guzman, D. S. (2017). TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y MORTERO. En D. S. Guzman, *TECNOLOGIA DEL CONCRETO Y MORTERO*.

H.Y.Leung. (2016). Sorptividad del hormigon autocompactante que contiene cenizas volantes y humo de sílice. *Master en Construcción* , 46.

<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/mani-apetecido-sabor.html>. (05 de 05 de 2018). EL COMERCIO. *EL COMERCIO*.

Hughes. (2020). Improving the toughness of high strength cement paste with fiber reinforcement. *Composite*.

HUGO, G. M.-O. (2018). FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES. *FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES*.

HUGO, G. M.-O. (2018). *FICHA TÉCNICA COMPARATIVA DE LA ADHERENCIA DEL MORTERO A ELEMENTOS ESTRUCTURALES MEDIANTE MÉTODOS ARTESANALES Y PRODUCTOS ADHERENTES*.

Image, G. (20 de 04 de 2019). *Google*. Obtenido de [https://www.google.com/search?tbm=isch&sa=1&ei=fAONXcXJO8qP5wK13bj4DQ&q=probeta+de+hormigon&oq=probeta+de+&gs\\_l=img.1.1.012j0i67j017.2877.3680..6161...0.0..2.1051.2719.2-1j5-1j1j1.....0...1..gws-wiz-img.....0i10i67.MTT0s7LD8dE](https://www.google.com/search?tbm=isch&sa=1&ei=fAONXcXJO8qP5wK13bj4DQ&q=probeta+de+hormigon&oq=probeta+de+&gs_l=img.1.1.012j0i67j017.2877.3680..6161...0.0..2.1051.2719.2-1j5-1j1j1.....0...1..gws-wiz-img.....0i10i67.MTT0s7LD8dE)

Images, G. (11 de 08 de 2017). *Google Images*. Obtenido de [https://www.google.com/search?q=ceniza+volante+en+el+concreto&source=lms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiW857D5djKAhUww1kKHcpgBcMQ\\_AUIEigB&biw=547&bih=626](https://www.google.com/search?q=ceniza+volante+en+el+concreto&source=lms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiW857D5djKAhUww1kKHcpgBcMQ_AUIEigB&biw=547&bih=626)

IngenieriaRural, C. (05 de 03 de 2017). *Catedra de Ingenieria Rural - Morteros*. Obtenido de [www.ingenieriarural.com](http://www.ingenieriarural.com)

Ingeniero-de-camino. (30 de 06 de 2017). *Ingeniero-de-camino*. Obtenido de Ingeniero-de-camino: <https://ingeniero-de-caminos.com/dosificacion-hormigon/>

ISSN:, I. J. (28 de 04 de 2016). *Habitat*. Obtenido de Habitat: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n4/apala.html>

J. Foster. (25 de 07 de 2017). Fuerza de union entre la escoria mezclada y la ceniza volante clase F y el hormigon geopolimero con refuerzo de acero. 25-27.

Janeth, S. I. (2018). *Elaboración de un adoquín para revestimiento de camineras, a partir del plástico PET*. Guayaquil: Stefany Izurieta Pilay Janeth.

- Kraii. (2018). Proposed test to determine the cracking potential due to drying shrinkage of concrete. *Concrete Construction*.
- Lagendijk. (2016). Polymer. H. Huang.
- lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
- Lopez Roman, M. (2017). *Espacio, Tiempo y Forma, Serie II*. Historia Antigua.
- Luis de Villanueva Domínguez, D. A. (2012). *(THE THREE AGES OF CONSTRUCTION)*. ESPAÑA: Catedrático de Construcción. E.T.S.A.M. Universidad Politécnica de Madrid.
- M.VICTORIA. (2017). BDIGITAL PORTAL DE REVISTAS UN. *MORTEROS ALIGERADOS CON CASCARILLA DE ARROZ: DISEÑO DE MEZCLAS Y EVALUACIÓN DE PROPIEDADES*, 175. Obtenido de BDIGITAL PORTAL DE REVISTAS UN.
- Moad., G. (2016). Síntesis y Caracterización del Polipropileno ramificado. En G. Moad.. Madrid - España: Ediciones Europeas.
- Morante, S. (2016). Derivados de La Arena Volcánica. *Geologia*.
- Moriconi, V. C. (2017). Influencia de las adiciones minerales en el rendimiento de hormigón agregado 100% reciclado. En V. C. Moriconi.
- Naranjo, M. (2019). Experimento en el concreto añadiendo fibras. *El constructor*.

Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe. . (17 de Febrero de 2013). *Naciones Unidas*. Obtenido de Naciones Unidas : <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-nacional-del-buen-vivir-2013-2017-de-ecuador>

Park, B. (2017). *Efecto de las fibras de poliéster sobre la resistencia a la compresión y la resistencia a la abrasión del hormigón*. Construyendo .

R. Siddique. (23 de 07 de 2017). *Avances recientes en la compresión del papel de materiales cementosos suplementarios en concreto.*, pág. 36.

Ramirez, A. A. (2017). *Materiales de reemplazo de cemento*. New York: New York, Springer.

Revista Vivienda. (2015). Propiedades mecánicas de las cenizas volantes de cemento y hormigón. *Revista Vivienda*, 36.

Rocha, S. (2017). Polipropileno y sus propiedades. *Construcciones futuristas*.

S.W.M.Supit. (2016). *Propiedades a la resistencia de la compresión y durabilidad de hormigones de alto volumen de las cenizas volantes*. Build Mater.

Salazar, J. (29 de 05 de 2016). *¿Que es una puzolana?* *Ecoingeniería*. Obtenido de [www.ecoingenieria.org](http://www.ecoingenieria.org)

Sampieri, D. R. (2015). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGrawHill.

Secretaría Nacional de Educación superior ciencia, tecnología e innovación. (06 de 04 de 2012). Reglamento de selección y adjudicación de programas y/o proyectos

de investigación científica y desarrollo tecnologico (I+D) financiados o cofinanciados por la secretaria nacional de educacion superior, ciencia, tecnologia e innovacion - codificado. *Reglamento de selección y adjudicación de programas y/o proyectos de investigación científica y desarrollo tecnologico (I+D) financiados o cofinanciados por la secretaria nacional de educacion superior, ciencia, tecnologia e innovacion - codificado*. Quito, Pichincha, Ecuador: RENÉ RAMÍREZ GALLEGOS SECRETARIO NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR,.

Sika. (2019). *Sika*.

Thompson. (2017). Mechanical properties of polypropylene fiber reinforced concrete and the effects of pozzolanic materials. *Cement & Concrete Composites*.

Ucros, E. C. (30 de ENERO de 2019). *EL ESPECTADOR*. Obtenido de EL ESPECTADOR : <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/materiales-de-construccion-hechos-con-cascara-de-huevo-y-otros-residuos-articulo-836981>

Vélez, I. G. (2016). *GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL. JIPIJAPA: INSTITUTO ESPECIAL ECUATORIANO*.

Wanich, T. S. (2015). Un modelo para predecir el tiempo dependiente de capacidad de fijacion del sistema cementoso de cenizas volantes. *Mater Structure*, 35-38.

Wikipedia. (2016). *WIKIPEDIA*. Obtenido de WIKIPEDIA: <https://es.wikipedia.org/wiki/Puzolana>

WordReference. (18 de 07 de 2018). *WordReference*. Obtenido de WordReference:

<https://www.wordreference.com/definicion/mortero>

Yo Ingeniero. (4 de 05 de 2018). *Yo Ingeniero*. Obtenido de

<https://www.yoingeniero.xyz/civil/cenizas-volantes-propiedades-tipos-mecanismos-y-usos/>