



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVÍL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVÍL**

TEMA

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL
MORTERO HIDRÁULICO Y PROTOTIPO CON ADICIÓN DE
VIRUTA DE LA MADERA**

TUTOR

MAE. ING. ALEX BOLÍVAR SALVATIERRA ESPINOZA

AUTORES

ITURRALDE VALAREZO ALDO FERNANDO

ROCAFUERTE BAJAÑA ALEXIS NEPTALI

GUAYAQUIL

2019

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Estudio del comportamiento mecánico del mortero hidráulico y prototipo con adición de viruta de la madera	
AUTOR/ES: Iturralde Valarezo Aldo Fernando Rocafuerte Bajaña Alexis Neptali	REVISORES O TUTORES: Mae. Ing. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil
FACULTAD: Ingeniería, Industria y Construcción	CARRERA: Ingeniería Civil
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2019	N. DE PAGS: 76
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción	
PALABRAS CLAVE: Construcción de Viviendas, Materiales de Construcción, Madera, Cemento.	
RESUMEN: <p>El presente trabajo es un estudio de “mortero hidráulico donde se utilizó la viruta de madera en sustitución del árido fino por porcentajes parciales”, donde se buscó evaluar el comportamiento mecánico del prototipo de hormigón diseñado, también se busca la dosificación correcta para que cumpla los diseños de parámetros establecidos por el MTOP en los morteros, el tipo de investigación que se usó para este proyecto fue una investigación analítica, la cual nos permitió analizar los datos de manera experimental en el prototipo de mortero diseñado, debido al incremento y desarrollo de las ciudades y pueblos de manera sustancial, el hombre mejorando su calidad de vida en compromiso de ofrecer y llevar desarrollo, se vincula en el avance de los procesos constructivos y</p>	

<p>mejora de los materiales de construcción que permitan soluciones sustanciales y amigables al ecosistema que habita, las pruebas de roturas en el diseño del mortero con adición de viruta de madera dieron como resultado para un porcentaje de 0.5% en sustitución del agregado fino el mejor desempeño a compresión ya que los diseños mientras se aumentó el porcentaje de viruta de madera bajo la resistencia a la compresión del mortero, debido a que la relación agua cemento también se vio afectada por la viruta por lo que el árido en mención absorbió la mayor cantidad de agua en la preparación del amasado, El tipo de vivienda también tiene un paso bien marcado a lo largo de la historia de la humanidad, el cual siempre se ve en constante evolución, llevándonos a mejorar la calidad de la materia prima que se utiliza en la construcción, para obtener un resultado satisfactorio</p>		
N. DE REGISTRO	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:
Iturralde Valarezo Aldo Fernando	099-814-1519	aldoferitu@gmail.com
Rocafuerte Bajaña Alexis Neptali	099-641-3188	arocaftr@gmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	<p>Mae. Ing. Alex Bolívar Salvatierra Espinoza</p> <p>Decano de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción</p> <p>Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241</p> <p>E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS TERMINADA 190819 urkund.docx (D54903438)
Submitted: 8/20/2019 5:14:00 AM
Submitted By: aldo_nando_99@hotmail.com
Significance: 1 %

Sources included in the report:

<http://rosangelica097.blogspot.com/2015/11/capitulo-9-morteros.html>
0a208b52-a363-4f1e-8c54-d4f77e8a538a
f357bc76-ead4-4df4-806e-f3dfb378c777

Instances where selected sources appear:

3

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Aldo Nando", written over the number "3".

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados ALDO FERNANDO ITURRALDE VALAREZO y ALEXIS NEPTALI ROCAFUERTE BAJAÑA declaramos bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, Estudio del comportamiento mecánico del mortero hidráulico y prototipo con adición de viruta de la madera, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autores

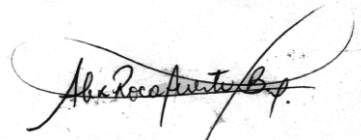
Firma:



ALDO FERNANDO ITURRALDE VALAREZO

C.I. 0923389951

Firma:



ALEXIS NEPTALI ROCAFUERTE BAJAÑA

C.I. 0924061518

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Estudio del comportamiento mecánico del mortero hidráulico y prototipo con adición de viruta de la madera, designado 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: Estudio del comportamiento mecánico del mortero hidráulico y prototipo con adición de viruta de la madera, presentado por los estudiantes ALDO FERNANDO ITURRALDE VALAREZO y ALEXIS NEPTALI ROCAFUERTE BAJAÑA como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL encontrándose apto para su sustentación.

Firma: 

Mae. Ing. ALEX BOLÍVAR SALVATIERRA ESPINOZA

C.C. 0913059531

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme guiado por el camino del bien y permitirme gozar de uno de mis triunfos más grandes.

En segundo lugar, quiero agradecer a mis padres José Fernando Iturralde Cabrera y Emilia Elizabeth Valarezo Pérez por siempre haberme dado la fuerza, el apoyo y siempre a pesar de mis errores saberme corregir con sus grandes consejos y amor incondicional; por nunca haber dado su brazo a torcer y ayudarme a convertir en la persona que soy ahora.

A mis hermanos Fernando Iturralde y Nicolás Iturralde y a toda mi familia por compartir su vida, cariño, experiencias y amistad ayudándome siempre a ser una mejor persona.

A mis Padrinos Rafael Rendón Guerrero y Yesenia Iturralde Cabrera por todos sus consejos, cariño, ayuda y palabras sabias que me han brindado en todo momento, estando conmigo en las buenas y en especial en las malas, nunca dejándome solo y siempre con la sabiduría de la experiencia.

A Carolina Vareles y Lourdes Roballo; dos personas que llegaron a mi vida sin querer y fueron una gran ayuda espiritual mostrándome que Dios siempre está presente, dándome palabras de enseñanza para mi vida.

A mis amigos Jamid Caicedo, Diego Cotto, David Illescas, Alexis Rocafuerte, Gerardo Espinoza y Erick Díaz por haber compartido esta aventura juntos, siempre apoyándonos incondicionalmente.

Por último y no menos importante a los queridos docentes en especial a los Ingenieros Alex Salvatierra, July Herrera, Max Almeida y a la Arquitecta Isabel Murillo, profesionales que día a día nos enseñaron a partir de la catedra de todos sus conocimientos y más importantes valores humanos que nos hacen crecer tanto personal como espiritualmente.

ALDO FERNANDO ITURRALDE VALAREZO

AGRADECIMIENTO

Mis palabras y acciones de agradecimiento van dirigidos a Dios, por haberme permitido cumplir con satisfacción una meta más en mi vida
Por darme paciencia y sabiduría en cada una de las etapas a lo largo de este proyecto.

Agradezco a mis padres por ser ese apoyo físico, que me ayudaron a visualizar y luchar por cada objetivo que he plasmado en mi vida, día a día con sus ejemplos ayudaron a cristalizar lo que hoy es un hecho de felicidad tanto para ellos como para mí, también tengo palabras de inmensa gratitud a mis familiares, amigos y compañeros que directa o indirectamente colaboraron con consejos y ejemplos para cumplir esta meta.

Agradezco a la universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, por darme formación profesional, y a cada uno de mis profesores y Decanos que tuve durante este proceso y que fueron participes con cada enseñanza y objetivos profesionales que formaron en mí, con la finalidad de retribuir mi aprendizaje, en el progreso de la sociedad a la cual pertenezco, Agradezco a mi tutor al Ing. Alex Salvatierra por ser ese guía en este último paso de carrera universitaria, El cual con paciencia y dedicación ayudó a forjar esta meta satisfactoriamente.

A mis grandes amigos de carrera Diego Cotto, Aldo Iturralde, Erick Díaz por ser ese grupo humano que estuvo en toda situación y experiencia que se vivió a lo largo de la carrera mis sinceros agradecimientos siempre estarán con ellos.

ALEXIS NEPTALI ROCAFUERTE BAJAÑA

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios porque en todo momento me ha brindado el bienestar físico y espiritual que necesito, y por la fortaleza y seguridad que me da para poder realizar una de mis metas.

A mis padres, José Fernando Iturralde Cabrera y Emilia Elizabeth Valarezo Pérez por el apoyo constante e incondicional que me han brindado en todo momento, y por la buena formación que me han dado desde mi nacimiento para llegar a ser una gran profesional del cual se puedan sentir orgullosos.

ALDO FERNANDO ITURRALDE VALAREZO

DEDICATORIA

Este proyecto de tesis lo dedico a DIOS, ya que sin él no hubiera podido cumplir esta meta propuesta, todo el esfuerzo y sacrificio fue sostenido en honor y verdad a sus enseñanzas el respeto a los demás, la sabiduría otorgada en hacer lo correcto, son solo unos cuantos motivos por el cual dedicar este proyecto en su totalidad a quien fue guía día a día.

A mis padres Neptali Rocafuerte y Maribel Bajaña a mí abuelita Carmen Chávez por ser ese apoyo incondicional en todo momento que supieron guiarme corregirme y encaminarme con palabra y ejemplo, en la obtención de cada meta de cada sueño, esto también tiene una dedicación especial a todos mis hermanos, pero una muy particular a mi hermana Elizabeth Rocafuerte por estar ahí durante toda mi carrera en cada paso que di durante este proceso.

También tengo palabras de agradecimiento profundo y especial dedicación a dos personitas tan dulce que con sus sonrisas y cariño limpiaron el camino gris y me ayudaron a visualizar el objetivo Jeremy & Julieth.

En memoria a

Jefferson Guillermo Quijije Bajaña & Cristian Ramón Quijije Bajaña

Los amigos son los hermanos que uno escoge.

30/09/2010 Q.E.P.D

ALEXIS NEPTALI ROCAFUERTE BAJAÑA

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARATULA.....	i
REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA	ix
DEDICATORIA	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ABREVIATURA	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.	3
1.3. Formulación del Problema.	3
1.4. Sistematización del Problema.....	3
1.5. Objetivo General.	3
1.6. Objetivos Específicos.	4
1.7. Justificación de la Investigación.....	4
1.8. Delimitación o alcance de la Investigación.	4
1.9. Hipótesis.....	5
1.10. Línea de investigación de la institución / facultad.	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	6
2.1. Marco Teórico.	6
2.2. Marco Conceptual.	22
2.3. Marco Legal.....	23
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
3.1. Metodología.....	33

3.2.	Tipo de Investigación.	33
3.3.	Enfoque.....	33
3.4.	Técnicas e instrumentos.	33
3.4.1.	Técnicas.	33
3.4.2.	Instrumentos.....	33
3.5.	Resultado de análisis.	36
CAPÍTULO IV INFORME FINAL		38
4.1.	Fundamentos de la propuesta.	38
4.2.	Descripción de la propuesta.....	38
BIBLIOGRAFÍA.....		51

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
Tabla 1 Composición típica de los cementos Portland.....	19
Tabla 2 Módulo de finura de la arena.....	21
Tabla 3 Tipos de ensayos de almacenamiento de cemento.....	26
Tabla 4 Porcentajes de impurezas permitidas en el agua.....	28
Tabla 5 Sustancias permisibles contenidas en agua para mezcla de mortero.....	28
Tabla 6 Tipos de Morteros.....	30
Tabla 7 Porcentaje de pasante del agregado fino.....	32
CAPÍTULO IV INFORME FINAL.....	38
Tabla 8 Porcentaje de pasante del agregado fino viruta.....	39
Tabla 9 Datos Proporcionados.....	43
Tabla 10 Resultados Diseño Mortero Simple $f'c=120\text{kg/cm}^2$	44
Tabla 11 Resultados Diseño Mortero agregando 0,5% de viruta de madera.....	45
Tabla 12 Resultados Diseño Mortero agregando 0,8% de viruta de madera.....	45
Tabla 13 Resultados Diseño Mortero agregando 1,5% de viruta de madera.....	46
Tabla 14 Resultados Diseño Mortero agregando 2,5% de viruta de madera.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
CAPÍTULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
Figura 1 Ubicación del Proyecto.....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
Figura 2 Escala de Mohs.....	9
Figura 3 La Cal.....	9
Figura 4 Grafica de Índice de crecimiento de fraguado.....	10
Figura 5 Cono de Abrams.....	11
Figura 6 Fabricación de cemento Portland.....	16
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
Figura 7 Tamices Analíticos.....	34
Figura 8 Taras.....	34
Figura 9 Balanza.....	35
Figura 10 Horno de laboratorio.....	35
Figura 11 Moldes para ensayo.....	36
Figura 12 Prensa Hidráulica.....	36
CAPÍTULO IV INFORME FINAL.....	38
Figura 13 Granulometría de la viruta de madera.....	39
Figura 14 Peso de la viruta de madera.....	40
Figura 15 Agregados de la muestra.....	40
Figura 16 Muestra vertida en moldes cúbicos.....	41
Figura 17 Mezcla de prototipo con viruta.....	42
Figura 18 Probetas a ensayar.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1 Toma de muestras.....	66
Anexo 2 Granulometría.....	68
Anexo 3 Pesado de muestras.....	69
Anexo 4 Realización del prototipo.....	70
Anexo 5 Rotura de Prototipo.....	71

ABREVIATURA

MF. – Modulo de finura.

PH. – Potencial de hidrogenoides.

Na₂ – So₄. – Sulfato de Sodio.

CIRSOC. – Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las obras públicas.

A/C. – Relación agua cemento.

Cao. - Óxido de calcio.

Si O₂. – Óxido de Silicio.

Al₂ O₃.- Óxido de Aluminio.

Fe₂ O₃. – Óxido de Fierro.

C₃S. – Silicato tricálcico.

C₂S. – Silicato di cálcico.

C₃A. – Aluminato tricálcico.

C₄AF. – Ferrito aluminato tetracálcico.

MOP. – Ministerio de obras Públicas.

AASHTO. – American Association of State Highway and Transportation officials.

SUCS. – Sistema Unificado de Clasificación de suelos.

INEN. – Instituto Ecuatoriano de Normalización.

CPC. – Cemento Portland Compuesto.

MTOP. – Ministerio de Transporte y Obra Públicas

INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo las ciudades y pueblos están creciendo de manera sustancial, por lo cual el hombre mejorando su calidad de vida en compromiso de ofrecer y llevar desarrollo a las ciudades y regiones donde habita, por lo cual se vincula en el avance de los procesos constructivos y mejora de los materiales de construcción.

El tipo de vivienda también tiene un paso bien marcado a lo largo de la historia de la humanidad, el cual siempre se ve en constante evolución, llevándonos a mejorar la calidad de la materia prima que se utiliza en la construcción, para obtener un resultado satisfactorio

El uso del mortero como material en la construcción, se remonta a civilizaciones y tiempos muy antiguos en la que se puede considerar ciertos tipos de morteros y sus usos en la construcción indican que los usos de morteros se dan con el comienzo de la historia del hombre,

En el Ecuador se encuentran en operación plantas productoras destinadas a la industria maderera las cuales generan miles de toneladas de residuos, debido a que los métodos más comunes para el ejercicio de esta actividad es el aserrado y cepillado de la madera; el mismo que produce estos desperdicios los cuales mantiene un indebido proceso de desalojo y eliminación el cual produce grandes impactos ambientales.

Con el fin de mitigar estos daños al ecosistema se debe de usar este desperdicio residual de la madera como algún elemento de utilidad; dando a entender que por su composición sería un elemento idóneo en la integración de polímeros en un mortero; encontrando en esta relación de elementos un abanico abierto a nuevas características que podrían beneficiar de maneras distintas a la sociedad actual.

En el primer capítulo se detalla en función a la problemática, el tema de la investigación y cuáles son los objetivos se quiere llegar a demostrar con esta, justificando el porqué de la misma; para posterior a esto en el capítulo dos detallar toda la información conceptual y legal que se necesita para desarrollar este prototipo.

Manejando todos los conceptos, enfocándose en el capítulo tres el cual define la metodología con la cual se desarrolla nuestra investigación, el método que se emplea y el procedimiento utilizado; para finalmente en el capítulo cuatro desarrollar el prototipo dando a conocer los resultados, conclusiones y recomendaciones que nacieron del mismo.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

Estudio del comportamiento mecánico del mortero hidráulico y prototipo con adición de viruta de la madera.

1.2. Planteamiento del Problema.

En el país existen un sin número de empresas que se dedican a la comercialización y trabajos en madera donde se generan miles de residuos de la materia prima (viruta) producto del aserrado y cepillado de la misma. En la mayoría de los casos no se les da el correcto desalojo a estos desechos de la madera que en gran parte son incinerados de manera irresponsable o arrojada sin control a los cuerpos hídricos; generando una grave contaminación al medio ambiente.

Debido a esto se puede concluir que la única forma de disminuir este impacto es reutilizando estos desperdicios; llevando el mismo a un enfoque de conservación de la naturaleza y de innovación a los métodos constructivos tradicionales pudiendo también encontrar en este, nuevas propiedades las cuales favorezcan al mortero tradicional como puede ser la termo-aislación.

1.3. Formulación del Problema.

¿En qué afecta el mal manejo del desperdicio de la madera al medio ambiente?

1.4. Sistematización del Problema.

¿Cuál sería el beneficio de reemplazar el agregado fino en un mortero hidráulico?

¿Qué beneficios se puede obtener al aplicar virutas de madera en el mortero hidráulico?

¿Cuál sería la humedad óptima en el desperdicio de la madera para utilizarla como adición en el mortero hidráulico?

1.5. Objetivo General.

Estudiar el comportamiento mecánico del mortero hidráulico mediante ensayos de laboratorio con adición de viruta de la madera, para la elaboración de un prototipo.

1.6. Objetivos Específicos.

- Analizar el comportamiento mecánico del prototipo de mortero hidráulico adicionando viruta de madera.
- Diseñar el mortero hidráulico con adición de viruta de madera.
- Determinar la resistencia del mortero con adición de viruta de madera.

1.7. Justificación de la Investigación.

El ambiente es uno de los temas más relevantes en la actualidad, tratado siempre de conservar el mismo dando nuevas alternativas de poder reciclar y reutilizar cualquier desperdicio de material de algún proceso de fabricación; siendo los morteros hidráulicos uno de los elementos más empleados en la construcción y también unos de los más contaminantes en el ambiente por la cantidad de polvo que genera en su proceso de fabricación, se toma este como método de estudio en sustitución de uno de sus agregados finos; por lo tanto en el empleo de las virutas de la madera en el mortero hidráulico se aplican métodos de reutilización de desperdicios de materias primas, previniendo de tal manera el mal manejo de dichos residuos, reduciendo el impacto ambiental, generando nuevas aplicaciones a un material antes considerado como desperdicio y desarrollando nuevas opciones de agregados para morteros.

1.8. Delimitación o alcance de la Investigación.

- Campo:** Educación Superior. Tercer Nivel de grado.
- Área:** Ingeniería Civil.
- Aspecto:** Investigación Experimental.
- Tema:** Estudio del comportamiento mecánico del mortero hidráulico y prototipo con adición de viruta de la madera.
- Delimitación espacial:** Ubicación Urbana, Av. 1A y 3ra Herradura 1A NE, Ciudadela Samanes 6 manzana 945 Villa 17, Parroquia Tarqui, Guayaquil – Guayas
- Delimitación temporal:** 6 meses



Figura 1. Ubicación del proyecto
Fuente: (Google earth, 2019)

El trabajo de investigación se basa en elaborar un prototipo de mortero hidráulico, añadiendo virutas de madera, cuyo empleo será únicamente constructivo, utilizando como acabado en paredes expuestas en edificaciones.

1.9. Hipótesis.

Si se añade virutas de madera resultados del desperdicio del uso de la misma, en el mortero de diseño hidráulico por pequeños porcentajes, se podría aumentar la impermeabilidad del mismo.

1.10. Línea de investigación de la institución / facultad.

Línea de Investigación		
ULVR	FIIC	Sublínea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Materiales de Construcción	Materiales innovadores en la construcción

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico.

2.1.1. Antecedentes.

2.1.1.1. Morteros.

Sobre los morteros prehistóricos se hacen referencia a comienzo de la historia del hombre, la materia prima para la elaboración de estos morteros era la cal apagada que se la usaba como una especie de recubrimiento en las paredes tipo “enyesado” donde se han encontrado restos de civilizaciones que usaban un mortero con compuesto de cal para sus pisos, donde la cal y el yeso eran los materiales que más se usaban para los morteros, en cuanto a los morteros egipcios El yeso es su principal componente encontrado en este tipo de mortero, el cual se usó en la pirámide de Keops, donde se le dio una gran importancia tanto en su preparación como en la aplicación de los mismos.

Pero fueron los romanos los que afianzaron el uso de morteros a base de cal y yeso en sus construcciones donde se los ha logrado evidenciar en obras tan relevantes de esta civilización, como lo son sus acueductos, panteones y el coliseo, la forma que lo emplearon fueron por capas, evidencia encontrada en el acueducto de Cesarea, estos morteros soportaban los climas más adversos y tenían una gran durabilidad y resistencia. (Álvarez Galino , Martín Pérez, & García Casado, 1995)

- **Proceso de fabricación del yeso para morteros:**

Extracción de la roca. - el yeso se lo extrae por medios mecánicos, y en muchas ocasiones también se utiliza el uso de dinamita para facilitar su extracción.

Trituración. - una vez extraído se procede a la trituración para luego ser llevado a los molinos para continuar con su proceso.

Molienda. - el yeso en esta etapa es reducido en partículas finas.

Cocción. - se lo realizan en grandes hornos donde se deshidrata con facilidad a temperaturas entre los 175°C. El yeso tiene un peso específico por debajo del peso específico del cemento, el uso del yeso en las construcciones es muy variado ya que

puede ser de uso decorativo o como ligante en morteros o como paneles prefabricados (Gómez Domínguez, 2000)

- **Características de los morteros en estado endurecido**

Durabilidad. Es la vida útil del mortero para lo cual fue diseñado desde su momento de aplicación, la cual debe mantener hasta cumplir su ciclo de prestación.

Compacidad. En los morteros es muy importante ya que evita tener la mayor cantidad de poros, mediante la unión de todos sus agregados.

Peso específico. Van desde los 1,75 hasta los 2,25 t/m³ en los morteros.

Permeabilidad. Es la que se produce cuando hay micro poros en su masa, producida por la pérdida de agua indebida en los morteros en su etapa de amasado.

Deformabilidad. Son las causadas por giros o desplazamientos en los materiales la cual puede producir alteraciones en sus dimensiones. En cuanto a sus características mecánicas se tiene su resistencia a la compresión, las cuales varían según los morteros, la compresión es una de las características más importante cuando supera la etapa de plasticidad, ya en su etapa de mortero endurecido.

- **Dosificación en morteros:**

Para la elaboración de un buen mortero es necesario dosificar sus agregados, lo cual nos va a permitir un buen uso en la puesta del mortero en obra, donde el agua cumple un papel muy importante ya que este va a permitir ser el conglomerante entre sus materiales y se pueda obtener una pasta homogénea y trabajable

Morteros de yeso:

50 % de agua cuando se usa yeso negro, entre 60% y 70% cuando en la pasta se usa yeso blanco.

850 kg de yeso y 600 ltr de agua por m³ en morteros cuando se usa yeso negro.

810 kg de yeso y 650 ltr de agua por m³ en morteros cuando se usa yeso blanco.

Morteros de cemento:

Para mampostería 1:4

Para revocados 1:2

Para juntas y grietas 1:1

Para el uso de los morteros se recomienda usar el mortero después del amasado y no cuando este empiece su etapa de fraguado, tampoco se recomienda verter más agua cuando este empiece su fraguado ya que esto hace que pierda sus propiedades y muy en especial la resistencia de los mismos.

Sus aplicaciones son variadas tanto en mampostería, revocadas como material de agarre también se los puede usar para la pega de piezas ornamentales, para hacer resanes e juntas se los puede emplear mediante la preparación de una mezcla muy fluida conocida como lechada en juntas o fisuras no mayores a los 5 mm (Crespo Escobar, Materiales de Construcción para edificación y obra civil, 2013).

2.1.2. Mortero.

El mortero es un compuesto de conglomerantes inorgánicos, agregados finos y agua, y posibles aditivos que sirven para aparejar elementos de construcción tales como ladrillos, piedras, bloques de hormigón, etc. Además, se usa para rellenar los espacios que quedan entre los bloques y para el revestimiento de paredes. Los conglomerantes más comunes en la actualidad son los de cemento aunque históricamente han sido la cal, la tierra y el yeso los más utilizados. También pueden tener la inclusión de algunos aditivos según su uso que se le vaya a dar. (Alejandre Sánchez, 2002)

La selección de los materiales también cumple parte importante para la obtención de un buen mortero, los áridos de aristas angulosas facilitan la adherencia al cemento lo que permite tener mayor resistencia en los morteros, estos no deben tener impurezas, si el árido es muy fino se necesita subir la dosificación de cemento lo que aumenta la retracción en los morteros (Trujillo Cebrián, Pastas, morteros, adhesivos y hormigones, 2013)

- **Tipos de mortero.**

Los morteros más usados en la construcción son:

El mortero de yeso. - el fraguado rápido en este mortero es una de las principales características sin embargo tiene una baja resistencia.

En la escala de Mohs se puede apreciar el grado de dureza del yeso y también la de otros minerales ubicados según su dureza.

MINERALS

Escala de Mohs

Dureza	Mineral	Prueba
1	Talco	Friable bajo la uña
2	Yeso	Rayado por la uña
3	Calcita	Rayado por una pieza de moneda
4	Fluorita	Se puede fácilmente rayar con un cuchillo
5	Apatito	Rayado con un cuchillo
6	Ortosa	Rayado con una lima
7	Cuarzo	Raya un cristal
8	Topacio	Rayado por herramientas con tungsteno
9	Corindón	Rayado por el carburo de silicio
10	Diamante	Rayado por otro diamante

Figura 2. Escala de Mohs

Fuente: Colegio Carmelitas Biología 1° ESO B (2017)

El mortero de cal.- este prototipo de mortero es muy resistente y flexible donde sus agregados son la cal la arena y el agua, y por su trabajabilidad es de fácil aplicación, aunque es de menor impermeabilidad que el mortero de cemento, pero por su gran retención a la humedad son ideales para trabajos donde se necesite que tarde en fraguar.

La Cal



- La Cal proviene de la piedra caliza (CaCO_3) al igual que el cemento
- Características Principales:
 - Propiedades Aglomerantes
 - Alta Finura
 - Alta Alcalinidad ($\text{pH} \approx 12$).
- Usos en la Construcción: Se utiliza en la elaboración de morteros, como un complemento ideal del cemento.

Figura 3. La Cal

Fuente: (Soprocál, 2015)

El mortero de cemento. - constituido por cemento arena y agua es uno de los morteros de mayor uso debido a su alta resistencia a la compresión y es un mortero de alta impermeabilidad.

El mortero de cola. - se lo usa generalmente para fijar elementos, existen morteros de alta adherencia a los cuales se les incorpora resina como aditivo, se los usa para pega de Porcelanato, cerámicas, la pasta contiene cemento gris o blanco aditivos y áridos de grano grueso. (Trujillo Cebrián, Pastas, morteros adhesivos y hormigones, 2013)

- **Características de los morteros.**

Las propiedades mecánicas de cada uno de sus componentes son los que determinan sus características, y los cuales se forman básicamente de cal, cemento, arena y agua, a los que también se les puede incorporar otros agregados para mejorar sus propiedades, por ejemplo, velocidad de fraguado, plasticidad y resistencia en climas que pueden ser adversos o agresivos.

Fraguado del mortero. - cuando el hormigón va perdiendo su plasticidad por efectos de las reacciones químicas del agua al entrar en contacto con el cemento, empieza el proceso de fraguado del mortero, procesos que se pueden acelerar o reducir según las conveniencias de los trabajos que se realizan mediante el empleo de aditivos.

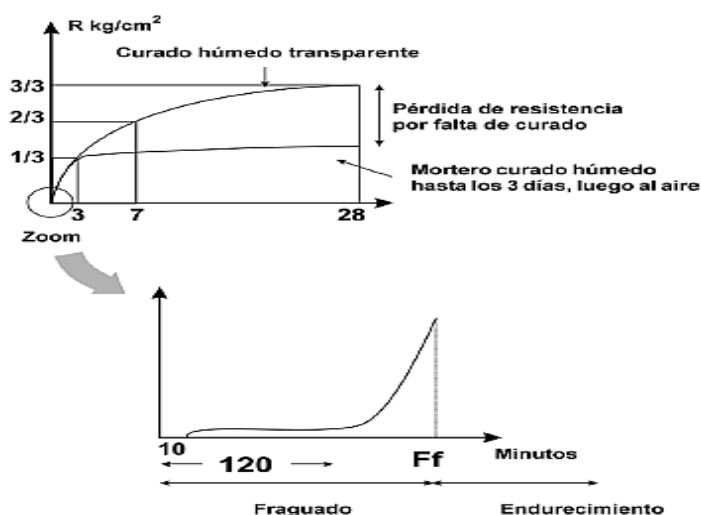


Figura 4. Grafica de Índice de crecimiento de fraguado.
Fuente: (Construmatica, 2019)

Plasticidad del mortero. - es la etapa en la que comúnmente se dice que un mortero es trabajable, el cual se puede hacer uso de la aplicación del mortero en obra y es fundamental para obtener los resultados necesarios que brinden satisfactoriamente tanto en calidad como en rendimientos en su etapa de ejecución.

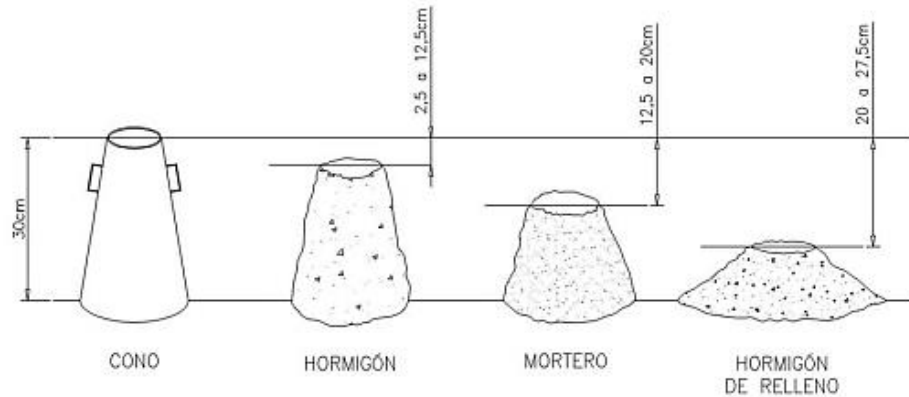


Figura 5. Cono de Abrams
Fuente: (Construmatica, 2019)

- **Propiedades y ensayos en los morteros.**

A los morteros se les realizan diferentes tipos de ensayos en su estado fresco y en su estado endurecido para de esta forma determinar si pueden cumplir con las exigencias al uso en cualquier condición climática que este expuesto.

Ensayos en morteros frescos:

Ensayo granulométrico. - Para la norma UNE EN 1015-2 fundamenta en la tamización de los áridos y según el porcentaje retenido en cada tamiz se detalla la curva granulométrica.

Densidad. - Se la determina en el vaso de cilíndrico de aerómetro norma UNE EN 1015-6, el vaso se llena hasta la mitad y se le da 10 golpes para compactarlos, luego se completa el vaso y se realiza el procedimiento anterior.

Agua de amasado y consistencia. - Se la prescribe por norma UNE EN 1015-3, se rellena un cilindro que esta normalizado tanto su diámetro y altura, y se lo ubica en la mesa de sacudidas se esperan 15 segundos después de desmoldar, y se procede a dar una sacudida por segundo donde se obtiene el diámetro de escurrimiento de la masa el cual fija la consistencia del mortero.

Cantidad de aire ocluido. - En este ensayo se somete a presión un litro de mortero mediante un aireador el cual permite conocer la caída de presión según norma UNE EN 1015-7.

Ensayos en morteros endurecidos:

Retracción. - En este ensayo se mide con un pie de rey en milímetro, para obtener la depreciación de volumen de mortero entre las probetas y el fraguado final del molde.

Módulo de elasticidad. - Nos permite conocer las deformaciones por las que pasa un material en su módulo estático UNE EN 14580 y dinámico UNE EN 14150.

Resistencia mecánica. - Según UNE EN 1015-11 se realizan roturas de probetas prismáticas tanto para flexo tracción y compresión.

Resistencia a la carbonatación. - Bajo la norma UNE EN 13295 se puede establecer la resistencia a la carbonatación de un mortero, al que se le aplica fenolftaleína, al entrar en contacto la muestra y el químico este reaccionara si el PH de la muestra es menor a 8, el cual determinara que no está carbonatada, y de esta forma se conoce la profundidad de carbonatación por la que paso en el ensayo.

Densidad aparente, relativa y cálculo del índice de porosidad. - Para este ensayo las muestras se desaguan para conocer su peso seco, luego se pasa por hundimiento en agua destilada para conocer el peso por saturación, cuando los poros estén rellenos al pasar por el agua destilada se comprueba la porosidad del mismo.

Permeabilidad, desorción y absorción. - Según UNE EN 1015-19 se determina la permeabilidad de un mortero, y para la desorción y absorción capilar UNE EN 1015-18 también se las puede calcular inyectando mercurio en los poros para determinar las densidades a partir de la densidad del mercurio.

Heladicidad. - Se utiliza sulfato sódico para este ensayo (Na_2SO_4), cuando estas penetran y cristalicen los poros de la muestra nos permitirá conocer la resistencia a las heladas en los morteros según UNE EN 1015-18.

Adherencia. - Según UNE EN 1015-12 las probetas son sometidas a tracción con un tester, luego de ser colocadas en un soporte rugoso para determinar su adherencia al soporte.

- **Composición de los morteros**

Un mortero está compuesto básicamente por uno o más aglomerantes, agregados finos, agua y de manera opcional aditivos para mejorar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del mortero. A continuación, se desglosan dichos componentes:

Agua. - es uno de los componentes fundamentales en la elaboración de los morteros, y juega un papel principal en la reacción química que genera el endurecimiento del mortero. Esta se utiliza en las diversas etapas en la elaboración de los morteros, empezando por el lavado de los agregados, el mezclado y la etapa final de curado.

Es el agua el componente que se puede adquirir de manera más fácil y el más económico, para la elaboración de los morteros, y la dosificación de este es tan importante como la de los aglomerantes o los agregados. La cantidad de agua aplicada va a determinar la consistencia, plasticidad, maleabilidad, resistencia final, asentamiento, y permeabilidad.

Pureza del agua. - Es de vital importancia que el agua utilizada para la elaboración de los morteros sea de la más alta calidad, ya que juega un papel determinante en la resistencia del mortero. Si el agua poseyera algún contaminante químico, esto podría desencadenar una reacción que comprometería la resistencia de la mezcla, también pueden interferir en la hidratación del aglomerante, modificar el tiempo de fraguado, pueden aparecer manchas, entre otros.

Los contaminantes que pueden estar presentes en el agua pueden estar en estado de suspensión o disueltas, los cuales podrían ser: cloruros, sales ferrosas, sales inorgánicas, carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, ácidos, aceites, materia orgánica, y sedimentos.

Muchas veces se pueden usar aguas que no son aptas para el consumo humano, pero que cumplen las condiciones para ser usadas como agua para mezclas. La aptitud de las aguas para su uso en mezclas de mortero se puede establecer por medio de la norma IRAM 1601 (Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1986), considerando nocivas para la mezcla aquellas que posean un alto contenido de los contaminantes antes mencionados.

Si existe alguna duda sobre la calidad y pureza del agua destinada a la elaboración de mezclas, es necesario realizar pruebas de laboratorio y así determinar si es apta. Se puede sospechar de la calidad del agua si posee espuma, si es gaseosa, si posee un olor, o color particular, o si posee impurezas.

El agua que se utilice en el lavado de los agregados tampoco debe contener impurezas que puedan afectar la mezcla para morteros.

Finalmente, el agua de contacto debe ser considerada como factor determinante en la integridad del mortero, es necesario que se tomen las previsiones en el diseño, principalmente en zonas costeras.

Agua de mezclado. - El agua de mezclado es la que se requiere para elaborar el mortero que, en conjunto con la humedad contenida del agregado, tiene la función de:

- Reaccionar con el aglomerante al producirse la hidratación de este.
- Servir como lubricante entre los componentes de la mezcla para una mejor maleabilidad.
- Ocupar el espacio necesario en la mezcla para la hidratación del producto y aumento de volumen.

Agua de curado. - la pureza del agua de mezclado también se establece a partir de la norma IRAM 1601, y debe ser de tan alta calidad como el agua de mezclado, esto debido a que los morteros en la corta edad de fraguado son considerablemente permeables. Las sustancias contenidas en el agua de curado también pueden producir manchas o decoloraciones en la superficie del mortero.

La temperatura del agua en esta etapa también es un factor de alta importancia, ya que, si la diferencia de temperatura entre la superficie del mortero y el agua es mucha, pudiesen producirse fisuras debido a la contracción o dilatación brusca de la superficie.

Agua de contacto. - Si el mortero va a estar en contacto permanente o intermitente con agua, es importante analizar su composición y pureza, ya que pone en riesgo la integridad y durabilidad de este. De igual forma se debe tomar en cuenta el nivel freático, ya que el agua contenido en el subsuelo puede poseer agentes que puedan afectar al mortero.

Por medio del reglamento CIRSOC 201-2005 (Centro de Investigación de los Reglamentos Nacionales de Seguridad para las Obras Civiles, 2005), se establece el nivel de agresividad del ataque por agentes presentes en el agua, pudiendo ser moderado, fuerte o muy fuerte.

Se debe evitar o prever el contacto con los siguientes tipos de agua:

- Agua selenitosa (H_2O+SO_4Ca)
- Agua magnésica (H_2O+SO_4Mg)
- Aguas de mar (alto contenido en sales)
- Aguas residuales (puede contener diversos contaminantes)

Agua de Lavado. - El agua utilizada para lavar agregados como para equipos para la elaboración de morteros, no debe contener residuos que produzcan capas o revestimientos en estos elementos, y que posteriormente se transfieran al mortero.

2.1.3. El cemento portland

El cemento portland es un material producto de la fusión química a altas temperaturas de materiales calcáreos y arcillosos, también recibe el nombre de cemento hidráulico. Desde su descubrimiento el cemento portland se ha constituido en el material de construcción por excelencia, Su uso es casi indispensable en la construcción del cual se aprovechan al máximo sus propiedades físicas y mecánicas. (Sanchez De Guzman, Tecnología del Concreto y el Mortero, 1986)

- **Fabricación del cemento portland**

Minerales calcáreos entre ellos la caliza, alúmina y sílice se los encuentra con facilidad en la naturaleza, la composición de loa calizas tiene un alto porcentaje de carbonato de calcio y se pueden utilizar cualquier tipo de caliza con la particularidad de que sus cantidades de magnesio e impurezas sean bajas, y es a partir de estos minerales que se realiza la fabricación del cemento portland, (Sanchez De Guzman, Tecnología del Concreto y el Mortero, 1986)

Proceso de Fabricación del Cemento



Figura 6. Fabricación de cemento Portland
Fuente: Revista Vial (2013)

- **Características en mortero fresco:**

Consistencia. - Es la que define la trabajabilidad de un mortero a la cual también se la denomina plasticidad y depende mucho de la relación agua/cemento que contenga la mezcla, la cual varía según sea la granulometría del mismo, la consistencia de un mortero se la determina mediante el ensayo en la mesa de sacudidas según la norma.

Tiempo de trabajabilidad. - Este es el tiempo estimado en que la consistencia de un mortero le permite trabajar o ser vertido sin ninguna complicación, para lo cual no se tenga la necesidad de añadir agua a la mezcla o algún otro aditivo que permita su utilización de manera eficiente con el fin de retardar el endurecimiento del mortero.

Densidad. - La densidad de un mortero depende de los agregados y también de la cantidad de aire que este pueda tener, y esta densidad en los morteros frescos se determina según la norma europea UNE-EN 1015-6.

Adherencia. - Esta es la capacidad que tiene un mortero en adherirse a otro elemento, y que le permite absorber esfuerzos, esta propiedad en los morteros frescos

varía según la dosificación del conglomerante en relación a la cantidad de los agregados finos.

Capacidad de retención de agua.- La de retención de agua en los áridos finos que contenga la mezcla le permite tener una mejor trabajabilidad, y la capacidad de fraguar de forma adecuada según la plasticidad de la pasta, la cual determina el endurecimiento del mismo como se define en la norma Europea UNE-EN 1347, también es importante humedecer los elementos sobre el cual será vertido el mortero para que de esta forma cuando entre en contacto con los mismo no absorban la cantidad de agua retenida por el mortero.

Características del mortero Endurecido:

Resistencia a la Compresión. - Para las normas establecidas UNE-EN 1015-11, la resistencia a la compresión de un mortero está delimitada por su edad el cual alcanza su máxima resistencia a los 28 días y sus unidades son N/mm², esta es una de las principales características del mortero, y que debe cumplir para los diferentes esfuerzos que es sometido dependiendo del uso que se le dé.

Retracción. - Esta es la contracción por la que pasa un mortero al perder volumen en el proceso de fraguado, esta retracción se debe cuando se empieza a perder el agua retenida para la hidratación del mismo.

Retracción Plástica. - es la que se produce por la deshidratación del mortero en su etapa de fraguado, en la que el mortero no puede transmitir las tensiones por la acelerada evaporación de agua en la mezcla, la que produce fisuras en la superficie del mismo.

Retracción hidráulica o de secado. - es la que se produce por la evaporación de agua en los morteros, este tipo de contracción se da cuando el mortero ha concluido su proceso de fraguado, y puede generar un cambio de volumen la cual da origen a tensiones en zonas que no tienen que producirse deformaciones.

Retracción Térmica. - la retracción térmica se produce cuando hay variaciones de temperatura en la mezcla durante el proceso de fraguado, cuando en la mezcla del mortero el conglomerante se encuentra en poca cantidad, es decir morteros pobres, se dan incremento de temperatura con relación a un mortero con mayor cantidad de cemento.

Absorción de agua. - Cuando los morteros se encuentran expuestos a climas lluviosos puede ser una gran desventaja para que cumpla en su totalidad los parámetros de diseño, un mortero permeable ocasiona daños en el interior de las edificaciones debido a las filtraciones, por lo tanto, los agregados deben tener una adecuada retención de agua para que permite su trabajabilidad, un mortero denso reducirá el paso del agua por capilaridad.

Comportamiento Térmico. - Es una particularidad de los morteros muy importante, la cual permite el paso de calor desde el exterior al interior de las edificaciones y obedece a la densidad y porosidad que tengan los morteros y la dosificación de los agregados en la mezcla.

- **Composición química del cemento portland**

Como se ha mencionado los componentes principales del cemento portland lo constituye los silicatos y los aluminatos de calcio, estos compuestos se forman por la asociación química de diferentes óxidos como el óxido de calcio (CaO), que se representa químicamente en forma abreviada por la letra C, la sílice (Si O₂), que se representa por S, la alúmina (Al₂ O₃) que se representa por A y el óxido de fierro (Fe₂ O₃) representado por F. los compuestos principales resultado del proceso de fusión química en el horno son cuatro, sus nombres, formulas químicas abreviadas y abreviaciones comunes se citan a continuación:

Silicato tricálcico	3CaO- SiO ₂	C3S
Silicato di cálcico	2CaO- SiO ₂	C2S
Aluminato tricálcico	3CaO- Al ₂ O ₃	C3A
Alumino ferrito tetra cálcico	4CaO-Al ₂ O ₃ -Fe ₂ O ₃	C4AF

Tabla 1

Composición típica del cemento Portland

Tipo de cemento	Compuesto en %			
	C3S	C2S	C3A	C4AF
I. Normal	50	24	11	8
II. Moderado	42	33	5	13
III. Resistencia Rápida	60	13	9	8
IV. Bajo calor	26	50	5	12
V. Resistencia a Sulfatos	40	40	4	9

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

- **Uso de los diferentes cementos portland**

Cemento Portland I.- Se lo conoce como el cemento normal de uso común. Se emplea en todas aquellas obras para los cuales no se desea una protección especial, o las condiciones de trabajo de la obra no involucran climáticas severas ni el contacto con sustancias perjudiciales como los sulfatos.

Cemento Tipo II.- Se conoce como cemento Portland de moderado calor de hidratación y de moderada resistencia a los sulfatos, esto se explica por la disminución del silicato tricálcico y del aluminato tricálcico con respecto al cemento normal. Se emplea en estructuras moderadamente masivas como grandes columnas o muros de concreto muy anchos.

Cemento Tipo III.- Se conoce como de resistencia rápida, este tipo de cemento se usa cuando hay la necesidad de descimbrar rápido con el objeto de acelerar otros trabajos y poner en servicio la obra lo más pronto posible.

Cemento Tipo IV.- también conocido de bajo calor de hidratación desarrolla su resistencia más lentamente que el cemento normal debido a los bajos contenidos de silicato tricálcico, el calor que desarrolla durante la etapa de fraguado es mucho menor que la del cemento normal. Se lo emplea en la construcción de estructuras masivas como las presas de concreto, donde se requiere controlar el calor de hidratación a un mínimo con el objeto de evitar el agrietamiento.

Cemento Tipo V.- resistente a los sulfatos se emplea en todo tipo de construcciones que estarán expuestas al ataque severo de sulfatos en solución o que se construirán en ambientes industriales agresivos.

2.1.4. Arena.

Es un conjunto de partículas provenientes de la desintegración natural de las rocas, también se puede obtener este árido por medio de la trituración y su tamaño es equivalente o inferior a 5 mm. (Cassinello Pérez, 1996)

- **Tipos de arena.**

Para la elaboración de un buen mortero es preferible usar áridos de tipo sílice ya sean de ríos o canteras, pero también existen otros tipos de áridos como los que se citan a continuación.

Arena de mina. - tienen altos contenidos de arcilla por lo que no es muy común en la utilización para morteros o concretos sin que antes se puedan limpiar del exceso de arcilla.

Arena de mar.- no se las usa en la preparación de morteros por su contenido de salinidad, ya que ocasiona corrosión en las estructuras de acero.

Arenas calizas. - estas arenas necesitan una mayor cantidad de agua para usarlas en la elaboración de morteros y su calidad es de manera muy variable.

Tabla 2

Módulo de finura de la arena

TAMIZ	0,16	0,32	0,64	1,25	2,50	5	10	20	40	80	Σ
Retención parcial (gr)	100	100	200	400	600	0	0	0	0	0	1400
Retención parcial (%)	7	7	14	29	43	0	0	0	0	0	100
Retención total	100	93	86	72	43	0	0	0	0	0	394
Índice de Paso	0	7	14	28	57	100	100	100	100	100	---

Módulo de finura = 3,94

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)**2.1.5. Viruta de madera.**

La viruta de madera es una lámina delgada que se desprende de la madera cuando pasa por el proceso de cepillado, la viruta de madera tiene una forma rizada y muy delgada.

- **Propiedades de la madera.**

Dentro de su composición la madera está conformada por fibras de celulosas la cual le proporciona su rigidez y dureza y según sea su orientación, tamaño y contenido de humedad de esta fibra se pueden determinar las propiedades de la misma, la madera es un aislante térmico y eléctrico contiene una buena conducción del sonido, su textura depende mucho del tamaño de sus poros a mayor densidad la madera tiende a ser más resistente.

El uso del desperdicio de madera es variado y tiene una gran acogida no solo por la industria de la construcción, sino también por otras industrias que ven el beneficio en la utilización de la viruta o del serrín de la misma en los diferentes productos que se pueden obtener a partir de ella.

2.2.Marco Conceptual.

Mortero. - Mezcla de diversos materiales, como cal o cemento, arena y agua, que se usa en la construcción para fijar ladrillos y cubrir paredes.

Cemento. - Material de construcción compuesto de una sustancia en polvo derivado de la piedra caliza, que mezclada con agua u otra sustancia, forma una pasta blanda que se endurece en contacto con el agua o el aire; se emplea para tapar o rellenar huecos y como componente aglutinante en bloques de hormigón y en argamasas.

Resistencia. - La resistencia es entendida como la acción o capacidad de aguantar, tolerar u oponerse. Sin embargo, su definición queda sujeta a la disciplina en la cual sea aplicada.

Compresión. - El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen del cuerpo, y a un acortamiento del cuerpo en determinada dirección

Adherencia. - es un concepto que hace mención a la aglutinación o el pegamiento físico de distintos elementos.

Rotura - separación de un cuerpo en trozos, de forma más o menos violenta.

Trabajabilidad. - Las dos principales características que debe cumplir el diseño de un concreto normal es la resistencia (ya sea a la compresión simple o a la flexión) y la trabajabilidad, que se entiende como el esfuerzo requerido para transportar, colocar, compactar y darle acabado al concreto en estado fresco.

Densidad. - Relación entre la masa y el volumen de una sustancia, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen igual de otra sustancia tomada como patrón.

Retracción. - La retracción la disminución del volumen del concreto durante el proceso de fraguado del mismo, y se produce por la pérdida de agua

Absorción. - El término absorción indica la acción de absorber. No obstante, se emplea principalmente para referirse a la retención de una sustancia por las moléculas que posee otra bien sea en estado líquido o gaseoso

Fraguado.- El fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón (o mortero de cemento), producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos

Elasticidad. - Propiedad de un cuerpo sólido para recuperar su forma cuando cesa la fuerza que la altere

Permeabilidad. - es la capacidad que tiene un material de permitirle a un fluido que lo atraviese sin alterar su estructura interna.

Módulo de finura. - también es conocido como modulo granulométrico donde se suman los porcentajes retenidos acumulados y luego se dividen para 100

Yeso. - es un mineral que contiene sulfato de calcio es de color blanco se lo utiliza como producto industrial y material de construcción.

Cal.- es un polvo seco e incoloro que da como resultado al tratamiento del óxido de calcio su uso es variado y están presente en la producción de pinturas, yesos, cementos, morteros etc.

Aglomerantes. - son materiales de origen pétreos cuya reacción química al contacto con agua hace que se formen una pasta que luego en su etapa de fraguado o secado alcanzan una resistencia mecánica.

Viruta de madera. - es un material residual producto del corte o cepillado de la madera-

Tamiz. - es un utensilio tipo cedazo que sirve para separar materiales de diferentes grosores.

Granulometría. - se le da este nombre a la clasificación y graduación de un material de origen sedimentario.

2.3. Marco Legal.

2.3.1. Aspectos Legales.

La Constitución de la República del Ecuador (2008), reconoce en su artículo 14 el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

El artículo 72 de la Constitución establece que la naturaleza tiene derecho a la restauración, y que en los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos

los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el Estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas. (Asamblea Nacional Constituyente, 2008)

En el mismo contexto de los “derechos de la naturaleza” incorporados en la Constitución de la República, el artículo 73 señala que el Estado aplicará medidas de precaución o restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de las especies, la destrucción de los ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

2.3.2. Normas

2.3.2.1. Ministerio de obras pública (MOP)

- **Sección 802. Cemento portland**

802-1. Cemento Portland.

802-1.01. Objetivos. - Esta especificación tiene como objeto determinar las características y requisitos que debe cumplir el cemento Portland.

802. a Cemento portland

Las normas establecidas por el MOP bajo los lineamientos del INEN regirán para todos los procesos constructivos y cuando se requiere alguna especificación no contemplada en esta norma se deberá considerar los requerimientos del AASHTO M 85 “PORTLAND CEMENT”, con sus modificaciones: a), b) y c).

802-1.02. Alcance y limitaciones. - Esta especificación se aplica a todos los Tipos de cemento Portland indicados en el numeral 802-1.04. Correspondientes a la norma INEN 152.

802-1.03. Definiciones específicas. - Cemento Portland es el producto que se obtiene de la pulverización del Clinker, el cual está constituido esencialmente por silicatos de calcio hidratado, adicionado con agua o sulfato de calcio o los dos materiales, en proporciones tales que cumplan los requisitos químicos relativos a las cantidades máximas de anhídrido sulfúrico y pérdidas por calcinación.

802-1.04. Tipos de cemento. - El cemento Portland se clasifica en 5 Tipos que, de acuerdo con la norma INEN 152, son los siguientes:

TIPO I Cemento de uso general, al que no se exigen propiedades especiales.

TIPO II Para uso en construcciones de hormigón expuestas a la acción moderada de sulfatos o cuando se requiere de moderado calor de hidratación.

TIPO III Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia inicial.

TIPO IV Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere bajo calor de hidratación.

TIPO V Para usarse en construcciones de hormigón, cuando se requiere de alta resistencia a la acción de los sulfatos.

Los cementos de los Tipo IV y V no se hallan comúnmente en el mercado, por lo que su fabricación será sobre pedido, con la debida anticipación.

Los cementos Tipo I, II y III pueden utilizarse con incorporadores de aire, de acuerdo a lo previsto en la Sección 805 de estas especificaciones.

Sí en los planos o documentos contractuales no se indicare el Tipo de cemento a usarse en una obra, se entenderá que debe emplearse el cemento Portland del Tipo I.

En cualquier estructura o pavimento se utilizará un solo Tipo de cemento, si de otro modo no se indica en los planos.

802-1.05. Requisitos. - El cemento Portland debe cumplir con los requisitos químicos y físicos establecidos en las Tablas 2.1, 3.1 y 3.2 de la norma INEN 152, de acuerdo al Tipo del cual se trate.

A criterio del fabricante, pueden utilizarse aditivos durante el proceso de fabricación del cemento, siempre que tales materiales, en las cantidades utilizadas, hayan demostrado que cumplen con los requisitos especificados en la norma INEN 1504.

El cemento deberá almacenarse en un depósito adecuado que lo proteja de la intemperie, para reducir a un mínimo su hidratación durante el almacenamiento y de tal manera que permita un fácil acceso para la inspección e identificación adecuadas.

El cemento se podrá entregar envasado en sacos o a granel. Si se entrega ensacado, cada saco tendrá una masa neta de 50 kg., y se acepta hasta una diferencia del 1% de ésta.

Si la entrega es a granel, el proveedor certificará la cantidad entregada, mediante balanzas calibradas periódicamente por el INEN.

En lo referente a rotulado, todos los sacos deben llevar impreso con letras legibles e indelebles las siguientes indicaciones:

- a) Nombre del cemento “CEMENTO PORTLAND”
- b) Tipo de cemento.
- c) Contenido neto en kilogramos, “50 kg.”
- d) Marca de fábrica.
- e) Razón social de la empresa fabricante.

Cuando el cemento se despache al granel, deberá incluirse una guía de transporte con las indicaciones mencionadas.

802-1.06. Ensayos y Tolerancias. - *Todos* los ensayos y tolerancias referentes a los requisitos químicos y físicos que deben cumplir los 5 Tipos de cemento Portland, se basarán en las normas INEN correspondientes, de acuerdo a lo que indica la norma INEN 152

El cemento Portland que permanezca almacenado al granel más de 6 meses o almacenado en sacos por más de 3 meses, será nuevamente muestreado y ensayado y deberá cumplir los requisitos previstos, antes de ser usado.

La comprobación del cemento se referirá a:

Tabla 3

Tipos de ensayos de almacenamiento de cemento

TIPO DE ENSAYO	ENSAYO INEN
Análisis químico	INEN 152
Finura	INEN 196, 197
Tiempo de fraguado	INEN 158, 159
Consistencia normal	INEN 157
Resistencia a la compresión	INEN 488
Resistencia a la flexión	INEN 198
Resistencia a la tracción	AASHTO T-132

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2000)

Si los resultados de las pruebas efectuadas no satisfacen los requisitos especificados, el cemento será rechazado.

Cuando se disponga de varios tipos de cemento, éstos deberán almacenarse por separado y se los identificará convenientemente, para evitar que sean mezclados.

Los sacos de cemento que contengan terrones de cemento aglutinado o que hayan fraguado parcialmente por cualquier causa serán rechazados. El uso del cemento proveniente de sacos rechazados no será permitido.

El Contratista tiene la obligación de proveer los medios adecuados para almacenar el cemento en un depósito de amplia capacidad y de fácil acceso para el Fiscalizador. Este depósito deberá ser seco, abrigado y protegido de la humedad.

Los cementos se muestrearán y ensayarán de acuerdo a los métodos descritos en las normas INEN correspondientes y podrán ser muestreados en la fábrica o en el lugar de trabajo. A opción del Fiscalizador, se podrá aceptar el cemento en base a certificados de cumplimiento que satisfagan los requerimientos de la subsección 103-3 de las presentes especificaciones.

El cemento podrá ser utilizado en la obra, una vez que se hayan realizado los ensayos y pruebas correspondientes y el Fiscalizador haya autorizado por escrito su empleo.

El Contratista llevará un registro preciso de las entregas de cemento y de su uso en la obra. Copias de estos registros se entregarán al Fiscalizador.

- **Sección 804. Agua para hormigones y morteros**

- **804-1.Generalidades.**

- **804-1.01.Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir el agua que se emplea en la construcción de hormigones y morteros.

- **804-1.02. Alcance y limitaciones.-** Esta especificación se aplica para el agua que se va a emplear en cualquier tipo de construcción y que se mezclará con cemento Portland en el proceso.

- **804-2 .Requisitos.-** El agua que se emplea en hormigones y morteros deberá ser aprobada por el Fiscalizador; será limpia, libre de impurezas, y carecerá de aceites, álcalis, ácidos, sales, azúcar y materia orgánica.

El agua potable será considerada satisfactoria para emplearla en la fabricación de morteros y hormigones.

804-3. Ensayos y Tolerancias.- El agua para la fabricación de morteros y hormigones podrá contener como máximo las siguientes impurezas en porcentajes, que se presentan en la Tabla 804-3.1.

Tabla 4

Porcentajes de impurezas permitidas en el agua

Tabla 804-3.1.

IMPUREZAS	%
Acidez y alcalinidad calculadas en términos de carbonato de calcio.	0,05
Sólidos orgánicos total.	0,05
Sólidos inorgánicos total.	0,05

Fuente: (Ministerio de Obras Publicas, 2000)

804. a Agua

El agua para mezcla de hormigones y morteros, no debe tener sustancias nocivas tales como:

Tabla 5

Sustancias permisibles contenidas en agua para mezcla de mortero

DETERMINACION	LIMITACION
PH	Mayor o igual a 5
Sustancias disueltas	Menor o igual 15 gr./ litro
Sulfatos	Menor o igual 1 gr./ litro
Sustancias orgánicas solubles en éter	Menor o igual 15 gr./ litro
ión cloro	Menor o igual 6 gr./litro
Hidratos de carbono	No deben contener

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2000)

Es más perjudicial para el hormigón utilizar aguas no adecuadas para su curado que su amasado.

Si el Fiscalizador lo solicita, se someterá el agua a un ensayo de comparación con agua destilada.

La comparación se realizará mediante ensayos de durabilidad, tiempo de fraguado y resistencia del mortero según las normas INEN correspondientes.

Cualquier indicio de falta de durabilidad, cambio en el tiempo de fraguado en más de 30 minutos, o reducción de más del 10% en la resistencia del mortero, será causa suficiente para el rechazo del agua sometida a comparación.

- **Sección 809. Morteros**

- 809-1. Generalidades**

- 809-1.01.Objetivos.-** La presente especificación tiene por objeto la determinación de los requisitos que debe cumplir el mortero de cemento Portland en las obras viales.

- 809-1.02.Alcance y Limitaciones.-** Esta especificación no es aplicable al mortero requerido en la construcción de edificaciones, enlucidos, etc., lo cual, si se requiere, deberá constar en las Especificaciones Particulares.

- 809-1.03.Definiciones Específicas.-** No se necesita de definiciones particulares, salvo las ya señaladas en el Capítulo 100 de estas Especificaciones.

- 809-1.04.Tipos de Morteros y Dosificaciones.-** De acuerdo al propósito, el mortero se clasifica en los siguientes tipos, indicados en la Tabla 809-1.1.

Tabla 6

Tipos de Morteros

Tabla 809-1.1.

Tipo	Uso	Cemento	Arena	Resistencia
A	Mampostería Soportante, Revoques, etc.	1	4	100 Kg/cm ²
B	Mampostería no soportante	1	6	25 Kg/cm ²
C	Juntas de Tubería	1	2	

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2000)

En la tabla anterior, la resistencia se refiere a la de un cubo de mortero de 2” de arista, probado a los 28 días, moldeado de acuerdo a lo dispuesto en la Norma ASSHTO T-106

El Fiscalizador podrá ordenar la adición de cal hidratada al mortero, lo cual constará en la respectiva orden de cambio, al igual que la dosificación exigida.

809-1.05. Cementantes.- El cemento para morteros cumplirá lo establecido en la Sección 802 de estas Especificaciones.

La cal hidratada, si se solicita, cumplirá lo indicado en la Norma ASTM C-207 para cales Tipo “N”, y lo aplicable de la subsección 815-2.02 de estas Especificaciones.

809-2. Agregado para mortero.

809-2.01. Descripción.- El agregado por usarse en la fabricación del mortero será arena limpia, de preferencia procedente de depósitos naturales, libre de arcilla u otro material friable, materia orgánica y cualquier otro material inadecuado o perjudicial.

El agregado puede también provenir de trituración de tamaños mayores, o emplearse mezclas de arena natural y material triturado, siempre y cuando se cumplan los requisitos aquí establecidos.

No se deben emplear agregados gruesos en la fabricación de morteros, y debe rechazarse todo material que no cumpla los requisitos de granulometría establecidos en esta Especificación, salvo que se tenga obras masivas, con juntas de espesores mayores a 15 mm., en cuyo caso, es deseable emplear agregados con mayor cantidad de material comprendido entre los tamices N°. 4 y 16.

809-2.02. Requisitos.- Los agregados deberán cumplir lo establecido en la Norma AASHTO M-45, y lo que sea aplicable de la subsección 803-3 de estas Especificaciones.

Las propiedades del agregado fino deberán determinarse en ensayos de laboratorio, y se verificará la resistencia de la pasta obtenida, antes de autorizar su empleo en obra; se modificará inclusive la dosificación establecida en esta Especificación.

Si el depósito fuere irregular, o se emplearen agregados de diferentes procedencias, se rechazarán los materiales que presenten variaciones mayores al 20% de los valores empleados para el proporcionamiento, salvo que los ensayos de laboratorio indiquen que con el material se obtendrán resultados adecuados, o se hayan realizado correcciones a la dosificación empleada.

809-2.03. Ensayos y Tolerancias.- El agregado empleado en la construcción del mortero tendrá una densidad mayor o igual a 2.4 gr/cm³ y no presentará una pérdida de peso mayor al 10% en el ensayo de durabilidad, Norma INEN 863, luego de 5 ciclos de inmersión y lavado con sulfato de sodio.

El material no presentará un porcentaje de terrones de arcilla o partículas friables mayores al 1%, determinado en el ensayo correspondiente, según el método establecido en la Norma AASHTO T-112. Tampoco podrá contener partículas livianas, con densidades menores que 2.0 gr/cm³, según el procedimiento regulado en la Norma AASHTO T-113.

El agregado para morteros deberá tener una gradación tal que cumpla lo señalado en la Tabla 809-2.1.

Tabla 7

Porcentaje de pasante del agregado fino

Tabla 809-2.1.

Tamiz	Abertura	Porcentaje que pasa
Nº4	4.750 mm.	100
Nº8	2.360 mm.	95 a 100
Nº100	0.150 mm.	0 a 25
Nº200	0.075 mm.	0 a 10

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 2000)

El módulo de finura del agregado fino estará comprendido entre 1.6 a 2.5, y la relación agua cemento establecida de acuerdo al procedimiento determinado en la sección 20 de la Norma AASHTO M-150, no será mayor a 0.65.

El agregado no presentará materia orgánica y se rechazará cualquier material que en el ensayo de impurezas, Norma ASSHTO T-21, dé como resultado un color más oscuro que el estándar establecido en dicha norma, salvo que se pruebe satisfactoriamente que esa coloración proviene de carbón mineral, lignito o partículas discretas similares.

En caso de duda, se verificará la calidad de la arena empleando el método establecido para el ensayo: Efecto de Impurezas Orgánicas en la Resistencia, Norma AASHTO T-71, y se rechazará todo material que en dicho ensayo presente resistencias menores al 95%.

809-2.04. Agua para Mortero.- El agua empleada en la fabricación de morteros deberá cumplir lo establecido en la Sección 804 de estas Especificaciones.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Metodología.

La metodología utilizada es de tipo cualitativo ya que es una investigación basada en el análisis subjetivo e individual, esto la hace una investigación interpretativa, referida a lo particular.

3.2. Tipo de Investigación.

La investigación empleada es de tipo analítica, ya que se compone fundamentalmente en el establecer la equiparación de variables entre distintos diseños, en donde se valida o anula la hipótesis.

Para esto se ha realizado los ensayos de compresión simple en dados de prueba con la inclusión de viruta de madera en porcentajes de 0.5%, 0.8%, 1.5% y 2.5% en sustitución de la arena.

3.3. Enfoque.

El enfoque de la investigación es de carácter cualitativo, puesto a que se ha comprobado los resultados mediante ensayos de laboratorio de suelos en el que se analiza las muestras con el remplazo en porcentaje del árido fino en la elaboración de un mortero hidráulico. Las comparaciones observadas se realizaron a los 7 y 28 días de haber realizado las muestras a ensayar.

3.4. Técnicas e instrumentos.

3.4.1. Técnicas.

Ensayo de laboratorio para la elaboración de muestras usando cemento portland y agregando en porcentajes de 0.5%, 0.8%, 1.5% y 2.5% la viruta de madera en reemplazo del árido fino, con el objetivo de observar su la resistencia a los 7 y 28 días de haber empezado el proceso de las muestras.

3.4.2. Instrumentos.

Para la realización de las muestras y el ensayo de compresión simple, se utilizaron los siguientes instrumentos:

Tamices analíticos.- Estos se emplearon en el control de la granulometría de la viruta de la madera, utilizando los tamices del número 10, 30, 100 y 200.



Figura 7. Tamices Analíticos
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Taras.- estos recipientes metálicos los cuales no son afectados por la exposición al calor, fueron empleados para contener las muestras.



Figura 8. Taras
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Balanza.- se utilizó una balanza digital con 0.1% de sensibilidad. Con la cual se comparaban los pesos de los agregados en estados húmedos y secos.



Figura 9. Balanza
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Fuente de calor.- Horno de laboratorio con el cual se mantuvo la muestra en una temperatura de 110° en su proceso de secado.



Figura 10. Horno de laboratorio
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Moldes de dados para muestras.- se emplearon los moldes de dados para muestras de morteros pertenecientes al laboratorio de suelos de la facultad de Ingeniería, Industria y construcción de la universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.



Figura 11. Moldes para ensayo
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Prensa Hidráulica.- esta se utilizó para la rotura de las muestras y su posterior análisis de resistencia.



Figura 12. Prensa Hidráulica
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

3.5.Resultado de análisis.

Resistencia a la compresión simple

La resistencia a la compresión simple es la prueba más común de desempeño que se emplea para la valoración general de los morteros y hormigones. Esta prueba se mide a partir de la carga de ruptura, tanto desde el punto de vista de durabilidad,

como de la capacidad de resistencia mecánica dividida por el área de la sección que resiste a la carga.

La prueba se realizó con una prensa eléctrica con una capacidad de 120 toneladas. Las pruebas se ejecutaron a los 7 y 28 días después de su elaboración, para esto se tuvieron que elaborar 15 muestras para la edad de 7 días y 15 para la edad de 28 días.

CAPÍTULO IV

INFORME FINAL

4.1. Fundamentos de la propuesta.

En los fundamentos de la propuesta se plantea lo siguiente:

- Presentar un cuadro de resumen de los ensayos realizados a la arena
- Presentar un cuadro de resumen de los cálculos obtenidos para las proporciones del mortero.

4.2. Descripción de la propuesta.

Para la elaboración de los datos de mortero de prueba, se utilizó Cemento Portland tipo GU. Este cemento corresponde a la clasificación de CPC (Cemento Portland Compuesto),

Los materiales áridos como se les conoce también, considerados en el diseño de la elaboración del hormigón hidráulico de una relación agua/cemento = 0,58 para esta prueba.

El agregado fino proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas. La granulometría va del diámetro que pasa la malla No. 4 y se retiene en la malla No. 100.

4.2.1. Viruta de Madera

Obtenida la viruta de Madera proveniente del aserradero San Marcos ubicado en la ciudad de Milagro Provincia del Guayas; se realizó la prueba de granulometría, en la cual se utilizaron las mallas de número 10, 30, 100, 200. La viruta que se requirió para la generación de las probetas fue la que se retiene en la malla 200 y que pasa por la malla 100, con la finalidad de que tenga el tamaño significativo de lo que es una arena de tamaño fino.



Figura 13. Granulometría de la Viruta de Madera
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Tabla 8

Porcentaje de pasante del agregado fino de la viruta

Malla	% retenido
10	10%
30	10%
100	30%
200	35%
Fondo	15%

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

4.2.2. Agua de mezclado

Se utilizó agua potable de la red local la cual no presento ningún color, olor o sabor fuera de lo habitual

4.2.3. Dosificación de la Viruta de Madera

Los porcentajes de ensayo son del 0,5%, 0,8%, 1,5% y 2,5% del peso del agregado fino, derivado del derivando de un diseño de resistencia a 120kg/cm² el cual es recomendado por el MTOP. Se ha diseñado cinco distintas mezclas, cuatro mezclas con los porcentajes del prototipo y una basándonos en el diseño recomendado en el diseño de mortero hidráulico la cual va servir de parámetro de comparación.

4.2.4. Elaboración de las probetas de ensayo

Para la ejecución de las probetas de ensayo se utilizaron moldes cúbicos de láminas rígidas, con dimensiones de 5cm por lado y 5cm de altura, con limpieza total con el objetivo de quitar los residuos para evitar la contaminación del mortero. Se aplicó una lámina de desmoldante en el interior del molde, para un retiro más rápido de las probetas, para evitar la adherencia entre la lámina y el mortero.

4.2.5. Elaboración de la mezcla y colado de las probetas

La elaboración de la muestra se realizó a pulso con herramientas menores debido a que es una muestra en pequeñas proporciones.

Se inició con el pesaje de los materiales empleados conforme al diseño establecido, donde luego se inicia introduciendo el cemento, el agregado fino con viruta de madera según el porcentaje determinado para el estudio y el resto del agua; teniendo en cuenta que por cada incorporación se realizaba un mezclado homogéneo y por una prolongación aproximada de 10 minutos para tener una incorporación total de los agregados



Figura 14. Peso de la viruta de madera
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)



Figura 15. Agregados de la muestra.
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

4.2.6. Vertido de las probetas

Una vez formada la mezcla se inició con el llenado de los moldes según los parámetros asignados para cada una. Los pasos son los siguientes:

- 1.-Colocar el molde sobre una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.

2.- Verter el mortero en el interior del molde, moviendo el cucharón alrededor del borde del molde para asegurar la distribución uniforme del mortero.

3.- Llenar el molde de forma tal que estos lleguen a su altura máxima realizando unos pequeños golpes a los costados para el correcto fluido de la muestra.

4.- Retirar el exceso de mortero dejando el exterior de los moldes limpios.



Figura 16. Muestra vertida en moldes cúbicos.
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

4.2.7. Curado de las probetas

El curado consiste en el mantenimiento de contenidos de humedad y de temperaturas satisfactorios en el mortero durante un periodo determinado seguidamente después de la colocación y acabado, con la intención que se desarrollen las propiedades requeridas. Al mezclar cemento Portland con agua, se da la reacción química llamada hidratación. El grado hasta el cual esta hidratación se llegue a completar, tiene su influencia en la resistencia, la durabilidad y en la densidad del mortero elaborado.

Los objetivos de este proceso son:

- 1.- Prevenir la pérdida de humedad del hormigón.
- 2.- Mantener una temperatura favorable en el hormigón durante un período establecido.

Una vez coladas las probetas se dejaron transcurrir 24 horas para poder desmoldarlas, y que de forma inmediata se colocaron a un tanque lleno de agua, para

iniciar el proceso de curado por inmersión. Las probetas permanecieron en inmersión en posición vertical.

4.2.8. Ensayo realizado para la obtención del mortero hidráulico con arena y viruta de madera.

La prueba consistió en la elaboración del mortero con una resistencia de f_c 120 Kg/cm², manteniendo las mismas proporciones de los pesos para este diseño, solo la arena tuvo modificación, ya que se le agregó viruta de madera pero manteniendo el mismo peso del diseño original, las proporciones colocadas fueron de 0.5%, 0.8%, 1.5% y 2.5%, este porcentaje fue quitado de la arena y completado con la viruta. Se programó los trabajos de laboratorio, en base a las NORMAS del MTOP.



Figura 17. Mezcla de prototipo con Viruta
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)



Figura 18. Probetas a ensayar.
Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

4.2.9. Cálculos para el diseño del mortero

Tabla 9

Datos Proporcionados

Datos proporcionados	Cemento	Agua	Agregado fino
DENSIDAD G (Kg/cm ³)	2,85	1	2,608
PESO UNITARIO DEL AGREGADO (Kg/cm ³)	1,32		1,424
M.f.			2,49
% Absorción			3,3

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Datos para el mortero

RESISTENCIA A COMPRESION

REQUERIDA Kg/cm²

120

RESISTENCIA A COMPRESION A

CONSIDERAR Kg/cm²

162

Relación a/c

0,58

CANTIDAD DE CEMENTO Kg/m³

475

Cálculos para el mortero

Cantidad de agua

275,5 Kg/m³

Volumen absoluto del agregado

557,83 Cm³/m³

Volumen absoluto del material

1454,83 Kg/m³

Proporciones iniciales

A/c

0,58

Peso seco del agregado

3,06

Proporciones del mortero

Agua

0,58

Cemento

1

Arena

3,06

Cantidad a utilizar por cada 50kg de cemento

Agua	29 Kg
Cemento	50 Kg
Agregado fino	153,14 Kg

Cantidad a utilizar para cada cubo (para ensayo de resistencia)

Agua	0,034 Kg
Cemento	0,058 Kg
Agregado fino	0,178 Kg

4.2.10. Resultados de la resistencia a la compresión del mortero**Tabla 10**Resultados Diseño Mortero Simple $f'c=120\text{Kg/cm}^2$

ELEMENTOS	$f'c$ Kg/cm ²	EDAD	FECHA	FECHA	AREA cm ²	CARGA KN	RESIST. Kg/cm ²	% comp.
			DE TOMA	DE ROTURA				
Mortero	120	7	03/12/2018	10/12/2018	25	21	85,68	
		7	03/12/2018	10/12/2018	25	22	89,76	72,31%
		7	03/12/2018	10/12/2018	25	20,8	84,86	
	120	32	03/12/2018	04/01/2019	25	31,4	128,11	
		32	03/12/2018	04/01/2019	25	33,4	136,27	108,01%
		32	03/12/2018	04/01/2019	25	30,5	124,44	

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Tabla 11

Resultados Diseño Mortero agregando 0,5% de viruta de madera

ELEMENTOS	f'c Kg/cm2	EDAD	FECHA	FECHA	AREA cm2	CARGA KN	RESIST. Kg/cm2	% comp.
			DE TOMA	DE ROTURA				
Mortero con 0,5 % de viruta	120	7	03/12/2018	10/12/2018	25	19,2	78,34	63,69%
		7	03/12/2018	10/12/2018	25	18,8	76,7	
	120	7	03/12/2018	10/12/2018	25	18,2	74,26	96,90%
		32	03/12/2018	04/01/2019	25	28,2	115,06	
		32	03/12/2018	04/01/2019	25	28,4	115,87	
		32	03/12/2018	04/01/2019	25	28,9	117,91	

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)**Tabla 12**

Resultados Diseño Mortero agregando 0,8% de viruta de madera

ELENENTOS	f'c Kg/cm2	EDAD	FECHA	FECHA	AREA cm2	CARGA KN	RESIST. Kg/cm2	% comp.
			DE TOMA	DE ROTURA				
Mortero con 0,8 % de viruta	120	7	05/12/2018	12/12/2018	25	18,2	74,26	60,86%
		7	05/12/2018	12/12/2018	25	17,9	73,03	
	120	7	05/12/2018	12/12/2018	25	17,6	71,81	87,61%
		30	05/12/2018	04/01/2019	25	25,1	102,41	
		30	05/12/2018	04/01/2019	25	26,3	107,3	
		30	05/12/2018	04/01/2019	25	25,9	105,67	

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

Tabla 13

Resultados Diseño Mortero agregando 1,5% de viruta de madera

ELENENTOS	f'c Kg/cm2	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA KN	RESIST. Kg/cm2	% comp.
Mortero con 1,5 % de viruta	120	7	05/12/2018	12/12/2018	25	15,3	62,42	
		7	05/12/2018	12/12/2018	25	16,1	65,69	53,49%
	120	7	05/12/2018	12/12/2018	25	15,8	64,46	
		30	05/12/2018	04/01/2019	25	23,4	95,47	
		30	05/12/2018	04/01/2019	25	23,6	96,29	79,22%
		30	05/12/2018	04/01/2019	25	22,9	93,43	

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)**Tabla 14**

Resultados Diseño Mortero agregando 2,5% de viruta de madera

ELENENTOS	f'c Kg/cm2	EDAD	FECHA DE TOMA	FECHA DE ROTURA	AREA cm2	CARGA KN	RESIST. Kg/cm2	% comp.
Mortero con 2,5 % de viruta	120	7	07/12/2018	14/12/2018	25	14,3	58,34	
		7	07/12/2018	14/12/2018	25	14,6	59,57	48,51%
	120	7	07/12/2018	14/12/2018	25	13,9	56,71	
		28	07/12/2018	04/01/2019	25	20,2	82,42	
		28	07/12/2018	04/01/2019	25	19,5	79,56	66,98%
		28	07/12/2018	04/01/2019	25	19,4	79,15	

Fuente: Iturralde Aldo, Rocafuerte Alexis (2019)

CONCLUSIONES

Para el prototipo de mortero con adición de viruta de madera en sustitución porcentual en el agregado fino, con el propósito que cumpla los parámetros de diseños para los morteros según lo establecido por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP), la dosificación para el diseño del mortero realizado a la combinación de la arena con viruta de madera para ver con qué porcentaje cumple con las especificaciones respectivas, se puede decir que es recomendable la utilización de la viruta de madera en la elaboración de morteros ya que está dentro de los parámetros que da las normas establecidas en el MTOP, como son el módulo de finura que tiene que estar comprendido entre 1.6 a 2.5 y la resistencia para mortero que es de $f'c$ 100 Kg/cm².

El análisis de resistencia para este diseño de mortero se realizó con una resistencia igual a un $f'c$ 120 Kg/cm² ya que al combinar el agregado fino con la viruta de madera la resistencia a la compresión en el prototipo establecido va a tener variación, así mismo la relación agua cemento no debe exceder a 0.65, ya que al utilizar un agregado de origen orgánico como lo es la viruta de madera el cual tiene la característica propia de retención de agua se debe de utilizar la sustitución en porcentajes pequeños, en el cuadro de resistencia a la compresión realizado se observa que cumple con lo solicitada para el diseño del mortero.

Por los resultados obtenidos al realizar los ensayos respectivos para el diseño del mortero, se puede dar a conclusión que para el mortero hidráulico y prototipo con adición de viruta de la madera, su agregado fino combinado con la viruta de madera cumple para ser utilizado en mortero con los porcentajes de 0.5 y 0.8, ya que estos cumplen con la resistencia que deben tener los morteros recomendados en las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTOP) en el capítulo 809 morteros en la tabla 809- 1.1

Para obtener esta resistencia recomendable en el diseño de este prototipo de mortero se realizó pruebas con diversos porcentajes para agregar la viruta de madera respectivamente su dosificación para cada diseño con el objetivo que cumpla con la

resistencia solicitada, estas resistencias se las presenta en el cuadro respectivo adjuntado.

El deterioro del mortero con el tiempo producto de la combinación del agregado fino con la viruta de madera, para la elaboración del siguiente prototipo queda a criterios de los estudiantes y su tutor ya que su proceso de degradación del mortero debido a la adición de la viruta de madera como agregado es un proceso a largo tiempo, las conclusiones de esta Investigación obtenidas para las siguientes valoraciones de las características mecánicas en el diseño del mortero con adición de viruta, determina que las resistencias a la compresión disminuyen considerablemente al subir los porcentajes de sustitución del agregado fino.

RECOMENDACIONES

La viruta de madera no debe ser utilizada en la elaboración de morteros como sustituto del agregado fino ya que los resultados obtenidos mediante ensayos de laboratorios fueron desfavorables, y el uso de la viruta como porcentaje sustituto del agregado fino fue despreciable para que el mortero tenga la resistencia mínima necesaria establecido por el Ministerio de Transporte Obras Públicas (MTOP)

No es factible el uso de la viruta de madera en el diseño de morteros ya que la madera tiene presencia de sustancias inhibidoras, que frenan el fraguado natural del mortero, y su comportamiento mecánico no fue el esperado debido a la incompatibilidad de la madera con el cemento.

Para futuros estudios se recomienda usar el uso de polímeros con la finalidad de que recubra la viruta de madera para obtener resultados mejorados en la resistencia a compresión con en el uso de los mismos en morteros.

GLOSARIO

Viruta de madera: residuo de la madera que tiene forma espiral producto del aserrado de la misma.

Compresión: es la resultante de las tensiones o presiones que se generan de un elemento solido deformable.

Mortero: es una mezcla producto de varios materiales entre ellos la cal cemento arena y agua.

Curado: es el proceso de controlar y mantener el contenido de humedad satisfactorio y buena temperatura en los morteros.

Comportamiento mecánico: es la conducta que presentan las propiedades de los materiales al ser sometidas a fuerzas mecánicas externas que tienden a alterar su capacidad de equilibrio.

Resistencia a la tracción: máximo esfuerzo que un cuerpo puede soportar antes de romperse.

Densidad: relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, o entre la masa de una sustancia y la masa de un volumen.

BIBLIOGRAFÍA

- Alecoy, T. (2011). *Las culturas exitosas forjan prosperidad económica desde la concepción del individuo*. Santiago de Chile: Tirso José Alecoy.
- Alejandro Sánchez, F. (2002). *Historia, caracterización y restauración de morteros*. Sevilla: Universidad de Sevilla secretariado de publicaciones.
- Álvarez Galino, J., Martín Pérez, A., & García Casado, P. (1995). *Historia De Los Morteros*. Navarra: De Los Oficios.
- Asamblea Nacional. (2010). *COPCI*. Quito: Editora Nacional.
- Asamblea Nacional Constituyente. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Quito: Editora Nacional.
- Barbazán, C., & Sendra, J. (2012). *Apoyo domiciliario y alimentación familiar: El asistente como eje central en la gestión y mantenimiento del hogar del dependiente*. Vigo: Ideaspropias Editorial.
- Barradas, M. (2014). *Seguimiento de Egresados: Una excelente estrategia para garantizar una educación de calidad*. Bloomington: Palibrio.
- Bastos, A. (2010). *Implantación de Productos y servicios*. Madrid: Ideaspropias.
- Bohigues, I. (2014). *Ámbito sociolingüístico*. Madrid: Paraninfo.
- Borunda, R., Cepeda, J., Salas, F., & Medrano, V. (2013). *Desarrollo y Competitividad de los Sectores Económicos en México*. México, D.F.: Centro de Investigaciones Sociales.
- Cassinello Pérez, F. (1996). *Construcción Hormigonera*. Madrid: Reverte.
- Christensen, C. (2014). *Guía del Innovador para crecer: Cómo aplicar la innovación disruptiva*. Madrid: Grupo Planeta Spain.
- Congreso Nacional. (2004). *Ley Forestal y de Conservación de Áreas naturales y vida silvestre*. Quito: Editora Nacional.
- Crespo Escobar, S. (s.f.).
- Crespo Escobar, S. (2013). *Materiales de Construcción para edificación y obra civil*. Alicante: Club Universitario.
- Cruelles, J. (2012). *Productividad e Incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*. Barcelona: Marcombo.

- Cruz, L., & Cruz, V. (17 de Abril de 2010). *Repositorio Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Escuela Politécnica Nacional:
<https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQFjABahUKEwjvOy4IJPIAhWFF5AKHUAYBFA&url=http%3A%2F%2Fbibdigital.epn.edu.ec%2Fbitstream%2F15000%2F388%2F1%2FCD-0795.pdf&usg=AFQjCNHr5JIvEUFu2GkrhscjbJ-tStFQQA&sig2=a>
- El Telégrafo. (26 de Mayo de 2012). \$180 millones venden al año los artesanos de muebles. *El Telégrafo*, pág. 9.
- Fernández, R. (2010). *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. Alicante: ECU.
- Fernández, R. (2010). *La productividad y el riesgo psicosocial o derivado de la organización del trabajo*. Alicante : ECU.
- Fernández, R. (2011). *La dimensión económica del desarrollo sostenible*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Gan, F., & Gaspar, B. (2007). *Manual de Recursos Humanos: 10 programas para la gestión y el desarrollo del Factor Humano en las organizaciones actuales*. Barcelona: Editorial UOC .
- Gómez Domínguez, J. (2000). *Materiales de Construcción*. Monterrey: ITESM, Departamento de Ingeniería civil.
- Google Maps. (8 de Abril de 2015). *Google*. Obtenido de Google:
<https://maps.google.com.ec>
- Griffin, R. (2011). *Administración*. Boston: Cengage Learning.
- Guerrero, R. (2014). *Técnicas elementales de servicio*. Madrid: Paraninfo.
- Haden, J. (2008). *El diccionario completo de términos de bienes raíces explicados en forma simple: lo que los inversores inteligentes necesitan saber*. Florida: Atlantic Publishing Group .
- Iglesias, M. (2011). *Elaboración de soluciones constructivas y preparación de muebles*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deportes.
- INEC. (12 de Diciembre de 2011). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico:
http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=90&

- INEC. (28 de Julio de 2015). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*. Obtenido de Ecuador en cifras: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf
- Joachimsthaler, E. (2008). *Ver lo evidente: Cómo definir y ejecutar la futura estrategia de crecimiento en su empresa*. Barcelona: Ediciones Deusto .
- Krugman, P., & Wells, R. (2007). *Macroeconomía: Introducción a la economía; Versión española traducida por Gotzone Pérez Apilanez; revisada por José Ramón de Espínola*. Barcelona: Reverté.
- Leiceaga, C., Carrillo, F., & Hernández, Á. (2012). *Economía 1º Bachillerato*. San Sebastián: Editorial Donostiarra.
- Llamas, C. (2009). *MARKETING Y GESTIÓN DE LA CALIDAD TURÍSTICA*. Madrid: Liber Factory .
- Longenecker, J., Petty, W., Palich, L., & Hoy, F. (2012). *Administración de Pequeñas Empresas: Lanzamiento y Crecimiento de iniciativas de emprendimiento*. México, D.F.: Cengage Learning.
- Lopez, J. (2013). *+Productividad*. Bloomington: Palibrio.
- Macías, G., & Parada, L. (2013). *Mujeres, su participación económica en la sociedad*. Guadalajara: Universidad de Guadalajara.
- Martínez, I. (2005). *La comunicación en el punto de venta: estrategias de comunicación en el comercio real y online* . Madrid: Esic .
- Merino, E. (2014). El Cambio de la Matriz Productiva. *Buen Viaje*, 10.
- Miranda, A., Zambrano, M., & Yaguana, J. (26 de Julio de 2009). *Dspace Espol*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Espol: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10675/1/D-39734.pdf>
- Montero, C. (2005). *Estrategias Para Facilitar la Inserción Laboral a Personas Con Discapacidad*. San José: EUNED.
- Mora, J. (Jorge Mora). *Los libros, aporte bibliográfico, las bellas artes e investigaciones históricas*. Nariño: Pasto.
- Morales, R. (2013). *MF1330_1: Limpieza doméstica*. Málaga: INNOVA.
- Nutsch, W. (2000). *Tecnología de la madera y del mueble*. Barcelona: Reverté.
- OCDE. (2014). *Colombia: La implementación del buen gobierno*. Paris: OECD Publishing.

- OIT. (2008). *Calificaciones para la mejora de la productividad el crecimiento del empleo y el desarrollo* . Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo .
- Olavarria, M. (2005). *Pobreza, crecimiento económico y políticas sociales*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Peralta, N. (24 de Septiembre de 2010). *Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Repositorio Universidad Andina Simón Bolívar:
<http://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/2695/1/T0878-MT-Peralta-Industria%20maderera.pdf>
- Perdigones, J. (2011). *MF0996_1: Limpieza del mobiliario interior*. Málaga: INNOVA.
- Perdomo, O. (2012). *¡Abre tu negocio... y vivirás en abundancia!* Bloomington: Palibrio.
- Puig-Durán, J. (2011). *Certificación y modelos de calidad en hostelería y restauración*. Madrid: Diaz de Santos.
- Quimbiulco, C. (3 de Marzo de 2012). *Dspace Universidad Central del Ecuador*. Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de Dspace Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/903/1/T-UCE-0003-51.pdf>
- Repullo, J. (2006). *Sistemas y servicios sanitarios: Manuales de Dirección Médica y Gestión Clínica*. Madrid: Ediciones Días de Santos.
- Risco, L. (2013). *Economía de la empresa: Prueba de acceso a la Universidad para mayores de 25 años*. Bloomington: Palibrio.
- Rodríguez, R. (2014). *Técnicas de tapizado de mobiliario: TCPF0209. Operaciones auxiliares de tapizado de mobiliario y mural* . Madrid: IC Editorial .
- Ruano, C., & Sánchez, M. (2014). *UF0083: Diseño de Productos y servicios turísticos locales*. Málaga: IC Editorial.
- Sanchez De Guzman, D. (1986). *Tecnología del Concreto y el Mortero*. Santa Fe de Bogota: Pontificia Universidad Javeriana.
- Sanchez De Guzman, D. (1986). *Tecnología del Concreto y el Mortero*. Santa Fe de Bogota: Pontificia Universidad Javeriana.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2012). *Transformación de la Matriz Productiva: Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano*. Quito : SENPLADES .

Sescovich, S. (2009). *La gestión de personas: un instrumento para humanizar el trabajo*. Madrid: Libros en Red.

Soto, E., Valenzuela, P., & Vergara, H. (2003). *Evaluación del impacto de la capacitación en la productividad*. Santiago de Chile : FUNDES.

Trujillo Cebrián, J. (2013). *Pastas, morteros adhesivos y hormigones*. Málaga: IC EDITORIAL.

Trujillo Cebrián, J. (2013). *Pastas, morteros, adhesivos y hormigones*. Málaga: IC EDITORIAL.

Valle, A. (1991). *Productividad: Las visiones neoclásica y marxista*. México, D.F. : UNAM.

ANEXOS

Anexo 1. Toma de Muestras



Anexo 2. Granulometría.



Anexo 3. Pesado de Muestras.



Anexo 4. Realización del prototipo.



Anexo 5. Rotura de Prototipo.

