

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍAS, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE ARQUITECTURA



“ELABORACIÓN DE MORTEROS CON ADICIÓN DE POLÍMEROS (PET)”

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE ARQUITECTO

AUTOR

JOSÉ STALIN CABRERA RODRÍGUEZ

DIRECTOR

MSc. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

Cuenca / 2017

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE CUENCA
UNIDAD ACADÉMICA DE
INGENIERÍAS, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE ARQUITECTURA

**“ELABORACIÓN DE MORTEROS CON ADICIÓN DE
POLÍMEROS (PET)”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE ARQUITECTO

AUTOR

JOSÉ STALIN CABRERA RODRIGUEZ

DIRECTOR

MSc. ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

Cuenca – Ecuador
2017

DECLARACIÓN

Yo, José Stalin Cabrera Rodríguez, declaro bajo juramento que le trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

José Stalin Cabrera Rodríguez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Stalin Cabrera Rodríguez bajo mi supervisión.

Msc. Arq. Pedro Javier Angumba Aguilar

Director

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi esposa que ha sabido comprenderme y apoyarme incondicionalmente en los momentos más difíciles, de igual manera a mis hijos de los cuales quiero ser ejemplo de vida.

AGRADECIMIENTO

Mi vida está llena de etapas complejas que gracias a la fuerza que me brinda mi familia las he sabido superar, por lo tanto eternamente gracias a mi esposa e hijos por estar siempre a mi lado.

ÍNDICE

RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN	vii
OBJETIVOS	viii
OBJETIVO GENERAL	viii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	viii
PROBLEMÁTICA	ix
JUSTIFICACIÓN	xi
METODOLOGÍA	xii
ALCANCES	xiii

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN	1
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	2
1.2 ESTADO DEL ARTE	3
1.3 BASE TEÓRICA	5
1.3.1 MORTERO	5
1.3.1.1 GENERALIDADES	5
1.3.1.2 COMPONENTES (MATERIALES)	6
1.3.1.2.1 Conglomerantes inorgánicos	6
1.3.1.2.2 Agregado natural	7
1.3.1.2.3 Agregado reciclado	7
1.3.1.2.4 Agua	7
1.3.1.3 TIPO DE MORTEROS	8

1.3.1.4 CLASIFICACIÓN DE MORTEROS	9
1.3.1.4.1 Clasificación de morteros según composición	9
Morteros calcáreos.....	9
Morteros de yeso	9
Morteros de cal y cemento	9
Mortero de Cemento Portland.....	10
1.3.1.4.2 Clasificación de morteros según USO	10
Mortero de pega	10
Mortero de relleno	10
Mortero de recubrimiento	10
1.3.1.4.3 Clasificación de Morteros para Mampostería	11
Especificaciones por dosificación	11
Especificaciones por propiedades	11
1.3.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO	12
Estado Fresco.....	12
Estado Endurecido	13
1.3.1.6 NORMALIZACIÓN. ENSAYOS EN EL MORTERO	13
a.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN	13
b.- RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	14
c.- ABSORCIÓN CAPILAR	14
d.- PERMEABILIDAD	15
1.3.2 PET (POLI ENTILÉN TEREFTALATO)	15
1.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL PET	15
1.3.2.2 REFERENCIAS. PET COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.	16
1.3.2.3 EL PET Y EL AMBIENTE	17
1.3.2.4 EL RECICLADO DEL PET	18

1.3.2.4.1	Ámbito Internacional	18
1.3.2.4.2	Ámbito Local. Cuenca	19
1.3.2.4.3	Determinación de las Características de Reciclaje en la Ciudad de Cuenca	20
1.3.2.5	DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL PET	22
1.3.3	CONCLUSIONES	24

CAPÍTULO II

ELABORACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN PROTOTIPO

2.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DE DOSIFICACIÓN DE PLÁSTICO (PET)	26
2.2	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONFECCIÓN DEL MORTERO DE PEGA	27
2.2.1	CEMENTO	27
2.2.1.1	ENSAYOS REALIZADOS EN EL CEMENTO PORTLAND	27
2.2.2	AGREGADO NATURAL. ARENA	31
2.2.2.1	ENSAYOS REALIZADOS EN EL ÁRIDO FINO	31
2.2.3	AGREGADO ARTIFICIAL. PET	35
2.2.4	ADITIVOS	36
2.2.5	AGUA	36
2.3	DISEÑO DE MORTERO	37
2.3.1	DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA	37
2.3.2	DOSIFICACIÓN POR PORCENTAJES DE PET (POLIETILEN-TEREFTALATO)	37
2.3.2.1	NOMENCLATURA DE MORTEROS DE CEMENTO-ARENA, Y MORTEROS CEMENTO-ADICIONES DE PET PARA ANÁLISIS.	38
2.3.3	DOSIFICACIONES DE 10%, 15%, 20% Y 30%	39

CAPÍTULO III PROPUESTA

3.1 ENSAYOS	40
3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	40
3.1.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN	46
3.1.3 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD	49
3.1.4 ENSAYO DE ABSORCIÓN EN ESPECIMENES CÚBICAS DE ARISTA DE 50mm.	51
3.1.5 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN MORTERO PROTOTIPO	53
3.2 RESULTADOS	54
3.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS	59
Anexo N°1 Ensayo granulométrico de arena.	
Anexo N°2 Cuadros de Resultados. Ensayo de Compresión	
Anexo N°3 Cuadros de Resultados. Ensayo de Flexión	
Anexo N°4 Cuadros de Resultados. Ensayo de Absorción	
Anexo N°5 Cuadros de Resultados. Ensayo de Permeabilidad	

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1 Tipos de mortero según características de resistencia	8
Cuadro 1.2 Tipos de mortero según estado de endurecimiento.	8
Cuadro 1.3 Clasificación de los Mortero según dosificación de sus componentes y su resistencia final.	8
Cuadro 1.4 Especificación por dosificación. Requisitos.	11
Cuadro 1.5 Especificación por propiedades. Requisitos.	12
Cuadro 1. 6 Características del mortero en estado fresco.	12
Cuadro 1. 7 Características del mortero en estado endurecido.	13
Cuadro 1.8 Características del PET.	15
Cuadro 1.9 Datos técnicos del PET.	16
Cuadro 1.10 Impacto ambiental materiales de construcción.	18
Cuadro 1.11 Materiales reciclables que comercializa la Corporación ARUC.	23
Cuadro 1.12 Material reciclable PET (botellas plásticas) que comercializa la Corporación ARUC.	23
Cuadro 2.1 Ensayos realizados al cemento según normativa oficial.	27
Cuadro 2.2 Ensayos realizados al árido según normativa oficial.	31
Cuadro 2.3 Ensayo de granulometría de la arena.	34
Cuadro 2.4 Datos para la ejecución del ensayo de absorción y peso específico de la arena.	35
Cuadro 2.5 Resultados de los ensayos de absorción y peso específico de la arena.	36
Cuadro 2.6 Composición de morteros.	38
Cuadro 2.7 Nomenclatura de morteros.	39
Cuadro 2.8 Dosificación preliminar Mortero base.	39
Cuadro 2.9 Dosificación final mortero base con adición de PET.	39
Cuadro 3.1 Tolerancia admisible para la edad de ensayo de cubos.	44
Cuadro 3.2 Resumen de Resultados. Ensayo de Compresión de Morteros saturados.	45

Cuadro 3.3 Resumen de Resultados. Ensayo de Flexión de Morteros saturados.	48
Cuadro 3.4 Resumen de Resultados. Ensayo de Permeabilidad.	51
Cuadro 3.5 Resumen de Resultados. Ensayo de Absorción.	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1 Materiales Reciclados: Ecuador, volumen por año en y dólares.	21
Gráfico 1.2 Materiales Reciclados: Ecuador, análisis monetario.	22
Gráfico 2.1 Curva de Granulometría obtenida para la arena.	34
Gráfico 3.1 Compresión de Cilindros de Morteros Saturados. Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (Esfuerzo Kg f/cm ²)	46
Gráfico 3.2 Compresión de Cilindros de Morteros Saturados (Promedios). Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (Esfuerzo Kg f/cm ²)	46
Gráfico 3.3 Flexión de Vigas de Morteros. Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (Esfuerzo Kg f/cm ²)	49
Gráfico 3.4 Flexión de Vigas de Morteros Saturados. Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (Esfuerzo Kg f/cm ²)	49
Gráfico 3.5 Ensayos de Absorción de Morteros Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (%)	53
Gráfico 3.6 Ensayo de Absorción de Morteros (Promedios) Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (%).	54

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1.1 Detalle de "Opus Signimun" canalizaciones hidráulicas.	3
Imagen 1.2 Detalle de "Opus Signimun" pavimento de calles.	3

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1.1 ARUC: Asociación de recicladores urbanos de Cuenca.	20
Fotografía 1.2 Establecimiento de ARUC. Clasificación del material reciclado entre estos se encuentra el plástico PET	21
Fotografía 1.3 Proceso de pesado del PET.	23
Fotografía 1.4 Proceso de pesado y recolección manual del PET	23
Fotografía 2.1. Equipo. Mezcladora Mecánica de Pastas y Morteros.	28
Fotografía 2.2 Elaboración de pasta de cemento. Utilización de equipo.	28

Fotografía 2.3 Producto final. Pasta de cemento	28
Fotografía 2.4 Molde de pasta de cemento, elemento a ser analizado	29
Fotografía 2.5 Aparato de Vicat	29
Fotografía 2.6 Escamas de (PET) Poli Etilén Tereftalato	36
Fotografía 2.7 Dosificación volumétrica de cemento, arena y PET, desacuerdo a las dosificaciones establecidas	39
Fotografía 2.8 Dosificación volumétrica de los morteros	40
Fotografía 3.1 Preparación de los moldes para especímenes	43
Fotografía 3.2 Proceso de desencofrado a las 24 horas.	43
Fotografía 3.3 Proceso de desencofrado para su posterior curado	43
Fotografía 3.4 Curado de probetas cúbicas para posteriormente realizar los ensayos en los tiempos que se ha previsto (28 días)	43
Fotografía 3.5 Ensayo. Resistencia a la Compresión, mediciones a cada uno de los elementos a ser ensayados	44
Fotografía 3.6 Ensayo. Resistencia a la Compresión, pesaje a cada uno de los elementos a ser ensayados	45
Fotografía 3.7 Ensayo. Resistencia a la Compresión. Equipo	45
Fotografía 3.8 Ensayo. Resistencia a la Compresión	45
Fotografía 3.9 Ensayo. Resistencia a la Flexión	50

RESUMEN

La presente investigación está orientada a la utilización del plástico reciclado en la elaboración de morteros con la finalidad de ser empleados en la construcción de paredes no portantes en viviendas unifamiliares. En primera instancia se investiga sobre la generación de basura en la ciudad de Cuenca, ya que en la actualidad el relleno sanitario de Pichancay recolecta 380 toneladas de basura al día de las cuales el 22,7 % es plástico que no es reciclado, por lo que se convierte en excelente materia prima para la presente investigación.

En otro ámbito de la investigación está enfocado en el análisis de la materia prima que se utilizará en el proceso, para identificar elementos nocivos y perjudiciales que puedan afectar la producción de morteros de pega y evitar reacciones químicas nocivas principalmente con el aglomerante o cemento.

Se elaboran probetas cúbicas de 5 cm, adicionando PET triturado con 10%, 15%, 20% y 30%, en reemplazo de la arena. Posteriormente se realiza los siguientes ensayos en laboratorio: compresión, flexión, permeabilidad y absorción, para identificar su comportamiento y capacidad de uso como mortero de pega, según la norma Ecuatoriana de la Construcción.

PALABRAS CLAVE: RECICLAJE DE PLÁSTICO, ADICIONES DE PET, MORTEROS PET DE PEGA, VIVIENDAS UNIFAMILIARES

ABSTRACT

The present research is oriented to the use of recycled plastic in the elaboration of paste mortars, in order to be used in the construction of non-load-bearing walls in single-family houses. In the first instance, there is research on the generation of garbage in the city of Cuenca, since at present Pichacay's Landfill collects 380 tons of garbage per day, of which 22.7 % is plastic that is not recycled, for which becomes an excellent raw material for the present research.

Is another area of research is focused on the analysis of the raw material to be used in the process, to identify harmful and harmful elements that can affect the production of paste mortars, and avoid harmful chemical reactions mainly with the binder or cement.

5 cm cubic specimens were made by adding 10%, 15%, 20% and 30%, PET replacement (sandwiched polyethylene terephthalate) replacing the sand. Subsequently, the following tests are performed in the laboratory: compression, permeability and absorption to finally identify its behavior and ability to used as a mortar paste, according to the Ecuadorian Construction Standard.

KEY WORDS: PLASTIC RECYCLING, PET ADDITIONS, PEGA PET MORTEROD, UNYFAMILIRY HOUSES.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el mundo de la construcción involucra una gran cantidad de materiales de construcción que son de uso cotidiano en la región y país, pero lamentablemente la gran mayoría de ellos tiene altos niveles de contaminación ambiental desde su elaboración hasta su uso en obra, lo cual genera graves complicaciones en el aspecto del deterioro e incrementos de la destrucción de la capa de ozono, es decir, el calentamiento global es cada vez mayor. Esto obedece a que precisamente las materias primas utilizadas en los materiales son extraídos indiscriminadamente de la naturaleza, lo cual lleva a pensar que todos los actores involucrados dentro de los procesos constructivos deben jugar un papel importante para solucionar los índices de contaminación del planeta.

Por lo tanto, es necesario implementar proyectos de investigación para generar nuevos materiales, los mismos que deben contemplar factores como, reciclaje, ecología e innovación.

Esta investigación se centrará en desarrollar un nuevo tipo de "mortero de pega" para ser utilizado en futuros proyectos en la elaboración de paredes y enlucidos.

Por lo indicado anteriormente, el objetivo general es elaborar un mortero con polientilentereftalato (PET) triturado, el mismo que será adicionado en diferentes porcentajes con la finalidad de obtener un mortero que cumpla con las normas estipuladas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC).

Una vez obtenido el mortero óptimo se procederá a ser ensayado en un laboratorio, para comprobar su resistencia mediante diferentes tipos de ensayos: Tales como compresión, flexión, permeabilidad y absorción.

Producto de este análisis se podrá establecer sus características y potencialidades, para establecer sí el mortero obtenido puede ser o no utilizado en lugar del mortero tradicional o convencional utilizado en los sistemas constructivos contemporáneos.

OBJETIVOS

GENERAL

- Elaborar morteros de pega con adición de polímeros (PET) en diferentes porcentajes, para la elaboración de mamposterías no portantes.

ESPECÍFICOS

- Investigar sobre polímeros utilizados en la ciudad de Cuenca para ser aplicados como materia prima en la obtención del mortero de pega.
- Realizar ensayos de la materia prima para verificar su comportamiento y establecer el diseño de dosificaciones óptimas para obtener la muestra ideal.
- Elaboración del mortero de pega óptimo.

PROBLEMÁTICA

En países latinoamericanos, dentro de los procesos constructivos que vienen desarrollando desde tiempos ancestrales, se han utilizado una gran variedad de morteros diferentes, desde los más antiguos como los morteros de barro, hasta los más actuales como los morteros a base de cemento arena, los mismos que prevalecen hasta la actualidad.

El sistema constructivo imperante en la región si bien es cierto ha demostrado su excelente calidad para la elaboración de mamposterías y enlucidos, por el contrario presenta una serie de falencias que se presentan desde la elaboración misma del cemento en la fábrica cementera debido a que para su fabricación se necesita indiscutiblemente del carbonato de calcio o caliza, la misma que procede de la corteza terrestre y tiene que ser explotada de la cantera o mina generando la destrucción del medio ambiente y los diferentes ecosistemas involucrados. Otro factor que se debe tener presente es que uno de los factores que más incidido en el calentamiento global es el uso del cemento para la elaboración del hormigón armado, lo cual produce un efecto que permite irradiar el calor solar hacia la capa de ozono, incrementando en altos niveles el efecto invernadero. A esto se suma que en todo el planeta se usa el cemento a gran escala. (Angumba P. 2016)

De igual manera otro factor que está generando contaminación ambiental, es el uso de polímeros (PET), ya que en la actualidad las diferentes actividades que desarrolla el ser humano contempla el uso indiscriminado de utensilios fabricados a base de plástico, lo cual ha llevado a tener graves complicaciones en lo referente a la contaminación de la naturaleza como elemento receptor de basura, así como los océanos ya que lamentablemente es uno de los sectores más contaminados como botadero de plásticos en el mundo.

Con lo expuesto anteriormente es necesario tomar en cuenta que se vuelve indispensable generar proyectos de investigación que propicien reducir los altos niveles de contaminación. Por lo tanto el presente trabajo de Investigación de fin de Carrera está embarcado en elaborar un nuevo mortero cuyo objetivo es utilizar al plástico en reemplazo del árido fino que normalmente se utiliza en nuestro país para la elaboración de morteros. El proyecto enmarcado desde esta perspectiva contribuirá a reducir los niveles de contaminación que también se está produciendo en nuestro cantón, provincia y país.

JUSTIFICATIVO

La indiscriminada extracción de los recursos naturales están afectando dramáticamente los diferentes ecosistemas para extraer materia prima que será utilizada en la producción de los recursos y servicios de la población, generando el deterioro de la flora, fauna y la biodiversidad.

Según la AEME (Agencia Europea de Medio Ambiente) los diferentes ecosistemas se ven afectados por la contaminación ambiental, debido a los altos niveles de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que producen los centros poblados o ciudades en todo el mundo. Volviéndose necesario implementar programas y proyectos para reducir el impacto que produce tirar basura o elementos plásticos a botaderos y rellenos sanitarios.

De esta manera, una vez terminada la investigación planteada se pretende brindar un a la población un nuevo sistema constructivo que contribuya a implementar procesos de reciclaje en la ciudad o centros poblados que se vean afectados por este grave problema.

También es necesario recalcar que la comunidad puede tener un nuevo material de construcción más ecológico, menos contaminante y más amigable con el medio ambiente. Lo cual no se puede evidenciar con materiales similares que se encuentran de libre comercialización en nuestra ciudad.

Para alcanzar los objetivos general y específicos se plantea el siguiente procedimiento:

***Materia prima:** Para obtener la materia prima (PET), se buscará identificar las fuentes en fábricas, escuelas, colegios y universidades

***Análisis de la materia prima:** Será necesario identificar los tipos de reciclaje para el Polintilen-tereftalato (PET), se realizará una investigación, para determinar las potencialidades y características de este tipo de plástico.

***Procesamiento:** Proceso para elaborar el mortero óptimo:

- Se debe elaborar una dosificación y para conseguirlo, se debe establecer una dosificación adecuada de los componentes que formarán parte de la mezcla para la preparación del mortero.

-

***La dosificación tendrá los siguientes componentes:**

- El cemento como material cementante.

- El plástico en sustitución del árido fino.

- El plástico pasará por un proceso previo de trituración, a través de maquinaria apropiada, la misma que producirá una granulometría acorde al proceso investigativo.

- Para la elaboración de la *dosificación prototipo* se tomará los parámetros establecidos en la NEC.

***Proceso de moldeado de la materia prima:**

- Se requiere de probeta cubicas, o cilíndricas adecuada para el proceso.

- La mezcla producto de la dosificación será vertido en un molde metálico, de acuerdo a las exigencias de la NEC.

- Las probetas tendrán un curado y secado adecuado.

Análisis: El producto final (probetas), será analizado en laboratorio mediante ensayos a la compresión, flexión, permeabilidad y absorción, que servirá para certificar el cumplimiento del objetivo general.

METODOLOGÍA

ALCANCES

La investigación planteada proyecta realizar un mortero de pega con la finalidad de ser utilizado como elemento alternativo para la elaboración o fabricación de paredes y enlucidos, por lo tanto se prioriza exclusivamente elaborar el mortero. No se pretende realizar desde ningún punto de vista, pruebas o ensayos que conlleve fabricar mamposterías, es decir se enfocará la investigación en fabricar únicamente el mortero de pega.

El producto final de la investigación será analizado en laboratorio mediante ensayos a la compresión, flexión, permeabilidad y absorción, que servirá para certificar el cumplimiento del objetivo general.

MARCO TEÓRICO

INTRODUCCIÓN

El proyecto pretende adaptar la tecnología en la preparación del mortero de pega con adiciones de material plástico reciclado, a un producto que mejore las características y propiedades; favoreciendo al mismo tiempo al manejo medioambiental controlado en el entorno.

Una de las maneras de que el material utilizado o reciclado para su operatividad sea el de investigar aplicaciones específicas de uso y sea factible con las características de estos.

"Una de las ventajas que despliega el sector de la construcción es que, al margen de poder aprovisionar de grandes cantidades de productos, acepta una gama inmensa de calidades, lo que permite confeccionar una gama de materiales, cada uno adecuado para un uso concreto". (Dirección de Desarrollo Sostenible. Ministerio del Ambiente Colombia., 2.005)

Esta investigación específica sobre morteros y PET, estableciendo las bases: técnicas, científicas y medioambientales para la preparación de un nuevo elemento eco eficiente, realizando la elaboración de un mortero de pega con adiciones de PET reciclado.

Como antecedentes se mencionarán investigaciones sobre el tema; investigación primaria sobre morteros: normativa técnica,

CAPÍTULO 1

científica nacional y extranjera, sobre el PET, características y propiedades; las cuales ayudarán a desarrollar el proyecto y dar el enfoque así como la utilidad necesaria a los resultados encontrados.

La forma de elaboración del mortero de pega con plástico reciclado, es afín o similar al de un mortero usual, pero reemplazando un porcentaje del árido fino por diferentes porcentajes de polímero PET, reciclado y triturado.

Es necesario describir la materia prima, las características de una mezcla de mortero, el proceso de fabricación del PET y de reciclaje así como sus resultados posteriores en ensayos de laboratorio permitiendo corroborar el objetivo a alcanzar.

Además esta investigación pretende realizar una identificación de polímeros que se encuentran en los RSU (residuos sólidos urbanos) del Cantón Cuenca, para determinar sus características y potencialidades de uso como material de construcción; ya que según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo 2010 (INEC) la composición constructiva de la vivienda en el Ecuador está conformada por el 89% de paredes de ladrillo y bloque, elementos que son elaborados con materias primas producto de la extracción indiscriminada de recursos naturales, y que con esta solución de mortero puede reflejar un material de costo bajo contribuyendo de manera tecnológica a la reducción de material desechado.

1.1 RESEÑA HISTÓRICA

La elaboración y uso de los morteros adicionando materiales reciclados data casi de los propios orígenes de los morteros. Como lo enuncia Furlan, (1975). "La cal como ligante y el mortero de cal se mencionan ya en la biblia" (Quituisaca, 2017, pág. 10)

Según investigaciones realizadas, ya en el siglo X a. de J.C., la adición de materiales como el ladrillo y materiales cerámicos triturados a los morteros de cal; establecieron que estos elementos mejoraban su resistencia a los morteros con arena. En construcciones romanas aplicando material de escorias procedentes de combustibles de los hornos; obtenían similares características de resistencia. (Junco, 2012).

La utilización de morteros de cal y arena con adiciones de cascotes o restos de ladrillos cerámicos tanto en pavimentos o recubrimiento de pared: "Opus Signimun"; fue una técnica utilizada en la época romana para pavimentar calles y vías de comunicación, edificios termales y canalizaciones hidráulicas; construcciones que hasta la actualidad se mantienen, debido a su extrema resistencia, ya que en su reacción con la cal mejoran la dureza y estabilidad del mortero. (Alvarez, J., y Pérez A., y García P., 1995)



Imagen 1.1 Detalle de "Opus Signimun" canalizaciones hidráulicas



Imagen 1.2 Detalle de "Opus Signimun" pavimento de calles.

"El uso de residuos reciclados no tradicionales, empleados en la sustitución del árido de los morteros y hormigones, se inician después de la segunda guerra mundial, con el objeto de dar salida a la gran acumulación de escombros de las ciudades destruidas. A partir del año 1946, sobre todo en Inglaterra, Alemania y Rusia se trabaja en la incorporación de los escombros de los edificios, previamente tratados (reciclados), a los hormigones y en menor medida a los morteros de cemento, investigaciones que concluyen cuando se agotan o eliminan esos escombros". (Hincapié, 2003)

El aprovechamiento de los recursos y la concientización por parte de la sociedad, en las últimas décadas del siglo XX, induce realmente a investigar y al empleo de material reciclado (PET), como material alternativo a ciertas materias primas en la confección de morteros para albañilería; resultando de esta manera un sustitutivo satisfactorio y económico a largo plazo ya investigado en el presente.

1.2 ESTADO DEL ARTE

Los casos análogos son proyectos que se pueden ver y estudiar y ser analizados; el proyecto en estudio es similar al que se desarrolla; por lo que la información que en ellos se encuentra; sirve para identificar las virtudes y las deficiencias en el proyecto; permitiendo

ello, aplicar los criterios necesarios para elaborar de una forma eficiente el proyecto.

Existen diversidad de investigaciones realizadas para el uso de plástico reciclado como materia prima para elementos de construcción; la variedad de plástico reciclado, permite desarrollar estudios diferentes, dependiendo del tipo de plástico y el uso que se le proyecte dar.

Se han realizado algunas investigaciones sobre el comportamiento del hormigón cuando se le añade plástico. En algunos casos, este plástico es añadido como aditivos, de manera química, resinas o como agregado; lo cual se pretende estudiar en la presente investigación, sin embargo, es importante conocer que existen estos métodos para aplicarlos en casos análogos.

- Investigaciones previas realizadas (Ploger, 1947; Buck, 1977; Malhotra, 1977; Frondistou-Yannas, 1977) aplicadas en su mayoría, a la evaluación del hormigón elaborado con agregados reciclados, han demostrado que la sustitución o el remplazo de estos, presentan nuevas y buenas perspectivas en el campo de la construcción alternativa y sustentable.
- En Cuba, Álvarez, J., Urrutia, F., (1997), realizaron una investigación sobre morteros de albañilería con escombros de demolición, en la cual concluyeron que el material es apropiado para la producción de morteros, ya que presenta un comportamiento similar a los áridos de cantera y de yacimientos,

además de un efecto en reducción de costos y en el aspecto ecológico al permitir el empleo racional de los áridos no renovables.

- Otro estudio realizado para el caso de los hormigones con material reciclado PET (K.S.Rebeiz y A.P. Craft, 1995), es el que trabaja como hormigón de poliéster u hormigón de polímeros que lleva plástico reciclado. Aquí el material reciclado se modifica químicamente para producir resinas insaturadas de poliéster (utilizado como adhesivo o como material de reparación, lo que le caracteriza es que hace que todas las cadenas puedan unirse formando una red), y mezclado con los áridos se obtiene un material constructivo curado con diferentes propiedades térmicas, químicas y mecánicas muy elevadas y adecuadas para el hormigón resultante.

Efectuando pruebas de resistencias y durabilidad al material, se observó que el comportamiento de éste; resultó ser más resistente y más durable que el hormigón convencional de cemento portland, que fragua en horas a diferencia del hormigón convencional que necesita días. Muchas de éstas investigaciones son acerca de plásticos como aditivos para el hormigón, lo que es diferente a los áridos, ya que estos le dan otras propiedades al hormigón, distintas a las buscadas con los áridos de plástico.

- Estudios realizados a principios del siglo XXI en Perú por el Prof. Javier Nakamatsu sobre el plástico reciclado de botellas como aditivos en el hormigón, específicamente los concretos poliméricos

se usan en pequeña escala y en limitadas aplicaciones; presenta beneficio de sus propiedades físicas pero supera su elevado costo con respecto al concreto elaborado con cemento portland.

- Estudio en el que se ha utilizado material reciclado en la elaboración de morteros para mampostería; (Hamassaki, 1996), aquí se emplearon agregados procedentes de varios tipos de escombros (ladrillo de arcilla, bloques de hormigón y bloque cerámico). En la elaboración de estos morteros, los resultados mostraron que la resistencia a la compresión fue mayor que la resistencia de los morteros naturales.
- Estudios realizados en Argentina por Gaggino R. (2009) presenta el aspecto tecnológico, una nueva alternativa para cerramientos (muros) laterales para viviendas, desarrollados por CEVE, (Centro Experimental de la Vivienda Económica), la tecnología propuesta permite el rápido montaje de una vivienda económica y de simple ejecución, se trata de placas ejecutadas con materiales durables y de buena aislación térmica, por lo que además de solucionar una emergencia, constituye una solución definitiva y confortable al problema habitacional. Estos materiales son residuos plásticos industriales reciclados, que reemplazan a los agregados pétreos de un hormigón común.
- Además existen investigaciones sobre el uso de plástico reciclado para la fabricación de ladrillos para construcción de mampostería no portante. "En primer lugar se realizó la identificación de los residuos sólidos que se generan en la ciudad

de Cuenca, donde el 22,7% del total recolectado es material plástico, De la misma manera se investigan las características del plástico, Polietileno Tereftalato (PET) para descartar efectos nocivos al momento de incluirlos en la mezcla con los materiales tradicionales como son el cemento, agregado fino y agua. Se elaboraron ladrillos con dimensiones de 20x10x6cm con adición de PET al 10, 25, 40, 55, 65 y 70% en sustitución del árido fino. Luego se efectuó diversos ensayos con la finalidad de compararlos con los ladrillos de arcilla cocida de uso común en la región y analizar el material para mampostería no portante según los lineamientos establecidos por las Normas Ecuatorianas" Angumba P. (2016).

Una vez realizados los ensayos y analizada la información se obtuvo como resultado un ladrillo óptimo con 25% de adición de PET. El cual fue sometido a un análisis térmico mediante una simulación en el programa Desingbuilder, obteniendo como resultado niveles de confort término de mejor calidad en viviendas. Angumba P. (2016).

1.3 BASE TEÓRICA

1.3.1 MORTERO

1.3.1.1 GENERALIDADES

Una de las definiciones que aplica, se refiere al "mortero como un conglomerado o masa constituida por arena, conglomerante y agua, que puede contener además algún aditivo" (Diccionario de la lengua española. Real Academia Española. 22ª edición. Madrid, Editorial Espasa Calpe, 2001).

La norma CPEINEN-NEC-SE-MP 26-6 (2014) Capítulo 6: Mampostería Estructural, define al mortero como una "mezcla de conglomerantes inorgánicos, áridos, agua y en algunos casos adiciones y aditivos", dentro de los materiales en la mampostería estructural.

"Es decir un mortero es una mezcla plástica de materiales cementantes (cemento hidráulico, cal, cemento de albañilería, o una combinación de ellos) con agregado fino (arena) y agua. Al mortero también se le agregan aditivos (retenedores de humedad) y colorantes (pigmentos) cuya función será brindarle manejabilidad y apariencia a la mezcla "(Crespo, 2003).

"Dentro de las características que posee el mortero se tiene de manera general:

- La manejabilidad de la mezcla va a depender principalmente del contenido de agua.
- La retención del agua deberá ser alta para evitar el agrietamiento y pérdida de resistencia, esto se logra con el uso de la cal o aditivos.
- Los bajos contenidos de cemento permiten que la retracción del secado, es decir bajo contenido de finos y en lo posible cementos adicionados.
- En lo que respecta a la resistencia mecánica que la mezcla deberá tener; se enfoca principalmente a la resistencia a la compresión y esto dependerá de la relación

agua cemento y de la adición usada, lo cual se establece mediante el módulo de finura" (Salamanca, 2001).

1.3.1.2 COMPONENTES (MATERIALES)

El conglomerante, el árido, el agua; son los componentes de un mortero, los aditivos y adiciones son los componentes eventuales que se agregan al mortero para transformar, mejorar u obtener propiedades especiales.

A éstos componentes se le adicionan otros que sirven para mejorar algunas de sus propiedades, por ejemplo: velocidad de fraguado, plasticidad, resistencia en ambientes agresivos, etc.

Las particularidades de los morteros se determinan por las propiedades de cada uno de sus componentes.

En el proceso de ésta investigación, daremos las características adicionales del agregado reciclado (PET).

1.3.1.2.1 Conglomerante inorgánicos

"Se define a un conglomerante, como un material capaz de articular fragmentos de una o varias sustancias y dar conexión al conjunto por efecto de transformaciones químicas en su masa, que origina nuevos compuestos; ya que la función del mortero no solo es unir materiales, sino principalmente conglomerar sus propios materiales constitutivos" (Quituisaca, 2017, pág. 25).

La NTE INEN 2518, "Cementos para mampostería. Requisitos", indica que los materiales a ser utilizados como componentes en la estructura del mortero para unidades de mampostería deben

cumplir con los requisitos específicos establecidos en los numerales 6.1.1.1 a 6.1.1.4.

Dentro del numeral 6.1.1.1 establece específicamente a los materiales **cementantes**, siendo éstos: a) Portland en varios de sus tipos, b) cementos hidráulicos compuestos, c) cementos hidráulicos, d) cementos portland de escoria de altos hornos, e) cementos de mampostería y f) cementos para mortero.

De igual manera se establece los métodos de ensayos que serán realizados en el cemento portland para determinar características y propiedades del mismo.

1.3.1.2.2 Agregado natural

La NTE INEN 2536 "Áridos para uso en Morteros para Mampostería. Requisitos." 2010, establece su graduación, composición (sustancias perjudiciales, impurezas orgánicas), degradación a la acción de sulfatos, muestreo y métodos de ensayo, que serán aplicadas en la investigación.

1.3.1.2.3 Agregado reciclado

El presente estudio pretende incluir para su elaboración, un nuevo tipo de agregado como el plástico de reciclaje (Polietileno Tereftalato) **PET**, molido en una trituradora e incluido parcialmente en la mezcla.

No existe normativa nacional para la elaboración de la mezcla (adicionando materiales especiales) sustituyendo a los materiales tradicionales.

El plástico reciclado funciona como árido en la composición del mortero, por lo que se asumirá que deberá cumplir con la NTE INEN 2536 "Áridos para uso en Morteros para Mampostería. Requisitos." 2010, asumiendo que deberá cumplir los requisitos como un agregado natural.

Dentro de los objetivos que se establecieron dentro de la investigación; es el de examinar el comportamiento del mortero con agregados de gránulos de plástico reciclado PET, logrando determinar si funciona o no como elemento estructural, si se lo puede utilizar como mortero de pega en muros de cerramiento y posteriormente su impacto ambiental, económico y social.

1.3.1.2.4 Agua

La norma ASTM C1602, establece las "Especificaciones del agua de mezcla utilizada en la fabricación de concreto de cemento hidráulico" en donde establece: requisitos de composición, desempeño del agua; utilizada para el mezclado y curado de los morteros y del hormigón, desempeño del concreto con relación al agua de mezcla usada, límites químicos, métodos de ensayo y descriptores.

Por ello, es fundamental el control de adición de agua a la mezcla de mortero durante su preparación ya que al alterar la condición inicial de esta,

De manera general se asume que el agua para el amasado deberá usarse agua limpia, agua potable, libre de elementos perjudiciales tales como: ácidos, aceites, sales, materias orgánicas, alcoholes, u otras sustancias que puedan ser dañinas para el mortero o el refuerzo embebido.

1.3.1.3 TIPO DE MORTEROS

En la tipificación de morteros se toma como referencia generalizada la norma ecuatoriana, norma colombiana y ASTM; fijando a los morteros con una letra para poder diferenciar según sus propiedades y usos.

La norma ecuatoriana hace referencia a la NTE INEN 2518 "Morteros para unidades de Mampostería. Requisitos", artículo 3.1. Definiciones, determina en la tabla de dosificación de los componentes para el mortero de pega en letras a los tipos de mortero. Según la norma se aceptan 5 tipos de mortero en orden decreciente de resistencia, como son: M, S, N, O y K. (ver cuadro 1.1).

Cuadro 1.1 Tipos de mortero según características de resistencia.

Tipos de Mortero	Resistencia a la compresión			Cemento Portland	Cemento Albañilería	Cal	Agregado fino Suelto
	(Mpa)	(Kg-cm ²)	(P.S.I.)				
M	17,2	175	2500	1 1	1 -	0,25	Entre 2,25 y 3 veces la suma de cemento y cal utilizado
S	12,4	126	1800	0,5 1	1 -	0,25 a 0,5	
N	5,2	53	750	1 -	1 -	0,50 a 1,25	
O	2,4	25	350	1 -	1 -	1,25 a 2,5	
K	0,5	5	75	1	-	2,50 a 4	

Fuente y Elaboración NTE INEN 2518.

Se pueden distinguir dos tipos de morteros dependiendo del estado de endurecimiento.

Cuadro 1.2 Tipos de mortero según estado de endurecimiento.

Tipos de mortero	Características
M	Alta resistencia.
S	Mediana Resistencia.
N	Uso para mortero de pega paredes exteriores.
O	Uso para mortero de pega paredes interiores no portantes.
K	Esta clasificación ya no aparece dentro de los cuadros o tablas de tipos de morteros porque la diferencia con el tipo O es mínima y ha sido reemplazado por este en la aplicación práctica.

Fuente: NTE INEN 2518 Elaboración: Autor

En el siguiente cuadro se puede ver que los morteros se forman mediante la mezcla de dos tipos de cemento y cal, prácticas que no se las ejecuta en nuestro sistema constructivo.

Cuadro 1.3 Clasificación de los Mortero según dosificación de sus componentes y su resistencia final.

Tipos de mortero	Características
Aéreos	Son aquellos que endurecen al aire al perder agua por secado y fraguan lentamente por un proceso de carbonatación.
Hidráulicos o Acuáticos	Se endurecen bajo el agua, debido a que su composición les permite desarrollar resistencias iniciales relativamente altas.

Fuente y Elaboración: NTE INEN 2518.

1.3.1.4 CLASIFICACIÓN DE MORTEROS

1.3.1.4.1 Clasificación de morteros según composición

Teniendo en cuenta los materiales conglomerantes que los constituyen, éstos se clasifican en:

- Morteros calcáreos
- Morteros de yeso
- Morteros de cal y cemento
- Morteros de Cemento Portland.

- Morteros calcáreos

Los que interviene la cal como aglomerante, se distinguen, según el origen de ésta en aéreos e hidráulicos. Las cales aéreas más conocidas son la cal blanca y la cal gris (dolomítica); en los morteros aéreos la arena tiene como objetivo principal evitar el agrietamiento por las contracciones del mortero al ir perdiendo el agua de amasado. Se recomienda que la arena sea de partículas angulares y que esté libre de materia orgánica. La proporción de cal-arena más usada para revoque es de 1-2 y para mampostería simple de 1-3 o de 1-4. Si la proporción aumenta el mortero pierde ductilidad y trabajabilidad.

- Morteros de yeso

Se preparan con yeso hidratado con agua. El contenido de agua es variable según el grado de cocción, calidad y finura de molido del yeso. En obras corrientes se agrega el 50%, El mortero se prepara a medida que se necesita, pues comienza a fraguar a los cinco minutos y termina más o menos en un cuarto de hora.

- Morteros de cal y cemento

Son aconsejables cuando se busca gran trabajabilidad, buena retención de agua y alta resistencia (superior a la de los morteros de cal); en estos morteros se sustituye parte del cemento por cal, razón por la cual se les conoce también como Morteros de cemento rebajado. Las relaciones de mezcla más usadas varían entre 1: 2:6 y 1: 2:10 de cemento, cal y arena y el agua necesaria varía de acuerdo a la composición del mortero y a la consistencia deseada. Si el contenido de cemento es alto, el mortero será de alta resistencia y de poco tiempo entre amasado y colocación, será más o menos trabajable y tiene una contracción del 3% si el mortero es seco; en cambio si el contenido de cal es alto tendrá menor resistencia, será mayor el tiempo entre amasado y colocación, será más plástico y permeable, pero tendrá mayor retracción. Si el contenido de arena es alto, la resistencia disminuirá y será poco trabajable, pero tendrá poca retracción. Por lo anteriormente expuesto, debe buscarse una combinación adecuada a las condiciones de obra. En cada país la clasificación de los morteros obedece a propiedades específicas de resistencia a la compresión. La norma más difundida es la ASTM-270, la cual clasifica los morteros de pega por propiedades mecánicas y por dosificación. En esta norma se aceptan 5 tipos de mortero en orden decreciente de resistencia.

Morteros de Cemento Portland

El mortero de cemento se obtiene al mezclar arena, agua y cemento Portland que actúa como conglomerante.

Este mortero tiene como característica principal su alta resistencia, las condiciones de trabajabilidad son variables de acuerdo a las proporciones de cemento y al tipo de arena usada (fina y gruesa). Este mortero por lo general carece de plasticidad, su retención de agua es baja y es difícil de trabajar.

1.3.1.4.2 Clasificación de morteros según su uso

Se desarrollan en base a:

- Construcción de elementos estructurales.
- Como morteros de pega.
- Mortero de relleno en las celdas de los muros.
- Recubrimiento como pañetes (mortero de arena lavada fina y cemento), repellos o revoques (mortero de cal o cemento de cal y cemento).

- Mortero de pega

En el capítulo 10 de la NEC-11 se define al mortero de pega como la "mezcla plástica de materiales cementantes, agregados finos (arena) y agua utilizado para unir piezas de mampostería" (Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC, NEC SE DS, Capítulo 10: Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente, 2011, pág. 8).

"Definiremos al mortero de pega como la mezcla de varios componentes como cemento, arena, agua en distintas proporciones para obtener una masa moldeable que al fraguar se endurece adquiriendo después de un tiempo resistencia a

esfuerzos de compresión usado para la adherencia de las unidades de mampostería" (Saldarriaga, 2016).

"Los morteros de pega deberán cumplir con norma ASTM C207 o su similar NTE INEN 247 por tanto, para definir el campo de estudio se establece que estos morteros deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento; y, además garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante" (Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC, Capítulo 1: Cargas y Materiales, 2011 pág. 22).

Además deberán cumplir con la normativa referida a la dosificación, para ello se realizará previamente ensayos de laboratorio (resistencia mecánica: resistencia mínima a compresión a los 28 días) ya que se encuentran sometidos a las condiciones especiales del sistema constructivo.

- Morteros de relleno

La norma ASTM C476-10 "Grout para mampostería". Especificaciones, establece que los morteros de relleno (lechada) deberán tener buena consistencia y fluidez suficiente para penetrar en las celdas de inyección sin segregación, es decir controlar todas las fuentes internas de agua.

Se emplean para rellenar las celdas de los elementos en la mampostería estructural, y al igual que el mortero de pega debe tener una adecuada resistencia. "La dosificación de los componentes se basará en ensayos previos de laboratorio, se

clasifican de acuerdo con la dosificación mínima de sus componentes y con la resistencia a la compresión" (Norma Ecuatoriana de la Construcción-NEC, Capítulo 1: Cargas y Materiales, 2011 pág. 23).

- Morteros de recubrimiento

"Mezcla compuesta de uno o varios conglomerantes inorgánicos, de áridos, de agua y a veces de adiciones y/o de aditivos, para realizar revocos exteriores o enlucidos interiores" (Crespo, 2003), esto permite obtener una superficie uniforme para aplicar la pintura.

1.3.1.4.3 Clasificación de Morteros para Mampostería

Para ésta clasificación se toma la NTE INEN 2518 "Morteros para unidades de mampostería. Requisitos"; que clasifica al mortero en dos grandes grupos por:

- Especificaciones por dosificación y
- Especificaciones por propiedades.

Especificaciones por dosificación.

En el numeral 6.1.2.2 de la NTE 2518 se indica lo siguiente:

"Los morteros que estén de acuerdo con las especificaciones por dosificación deben cumplir con los requisitos del numeral 6.1.1 y los requisitos por dosificación especificados de la tabla 1" (NTE INEN 2518, 2010). (Ver Cuadro 1.4)

Cuadro 1.4 Especificación por dosificación. Requisitos

Mortero	Tipo	Dosificaciones por volumen (materiales cementantes)									Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta)
		Cemento Portland o cemento compuesto	Cemento para mortero			Cemento para mampostería			Cal hidratada o masilla de cal		
			M	S	N	M	S	N			
Cemento y cal	M	1	---	---	---	---	---	---	1/4	No menos que 2 1/4 y no más que 3 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes	
	S	1	---	---	---	---	---	Sobre 1/4 a 1/2			
	N	1	---	---	---	---	---	Sobre 1/2 a 1 1/4			
	O	1	---	---	---	---	---	Sobre 1 1/4 a 2 1/4			
Cemento para mortero	M	1	---	---	1	---	---	---	---		
	M	---	---	1	---	---	---	---	---		
	S	1/2	---	---	1	---	---	---	---		
	S	---	---	1	---	---	---	---	---		
	N	---	---	---	1	---	---	---	---		
Cemento para mampostería	O	---	---	---	1	---	---	---	---		
	M	1	---	---	---	---	1	---	---		
	M	---	---	---	---	---	1	---	---		
	S	1/2	---	---	---	---	---	1	---		
	S	---	---	---	---	---	1	---	---		
	N	---	---	---	---	---	---	1	---		
	N	---	---	---	---	---	---	---	1		
	O	---	---	---	---	---	---	---	1		

NOTA: En el mortero no deben ser combinados dos agentes incorporadores de aire

Fuente y Elaboración: NTE INEN 2518,

Especificaciones por propiedades.

Para que "los morteros que se encuentren dentro de las especificaciones por sus propiedades, se realizarán ensayos de laboratorio de acuerdo con los numerales 5.11 y 8. El mortero preparado en laboratorio debe consistir en una mezcla de material cementante, árido y agua todos deben cumplir con los numerales 6.1.1 y las propiedades del mortero preparado debe estar de acuerdo con los requisitos de la tabla 2". (NTE INEN 2518, 2010). (Ver cuadro 1.5)

Cuadro 1.5 Especificación por propiedades. Requisitos

Mortero	Tipo	Resistencia promedio a la compresión a 28 días, min. (MPA)	Retención de agua, % mín.	Contenido de aire, % máx. 8	Relación de áridos (medidos en condición húmeda, suelta)
Cemento y cal	M	17,2	75	12	No menos que 2 1/4 y no más que 3 1/2 veces los volúmenes separados de materiales cementantes
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14C	
	O	2,4	75	14C	
Cemento para mortero	M	17,2	75	12	
	S	12,4	75	12	
	N	5,2	75	14C	
	O	2,4	75	14C	
Cemento para mampostería	M	17,2	75	18	
	S	12,4	75	18	
	N	5,2	75	20 D	
	O	2,4	75	21 D	

A Únicamente Morteros preparados en laboratorio.

B Ver la nota 7

C Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser 12%

D Cuando el refuerzo estructural está embebido en un mortero de cemento con mampostería máximo de aire debe ser 18%

Fuente y Elaboración: NTE INEN 2518

1.3.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL MORTERO

Se dividen en dos grupos:

- Características de los mortero en estado fresco; es decir, morteros que lo hacen trabajable, deformable plásticamente bajo la acción de pequeños esfuerzos.

Cuadro 1.6 Características del mortero en estado fresco.

Estado	Propiedad	Consecuencias
Fresco	Manejabilidad (Fluidez)	La manejabilidad está relacionada con la consistencia de la mezcla en cuanto a blanda o seca, tal que como se encuentra en estado plástico; depende de la proporción de arena y cemento y de la forma, textura y módulo de finura de la arena. Permite deslizarla la cuchara y posicionar los mampuestos.
	Cohesión	De la cohesión depende que el mortero no se desintegre al colocarse en la hilada, afecta la adherencia a los mampuestos y su capacidad de soportarlos sin deformarse antes de endurecer.
	Retención de Agua	La retención permite la trabajabilidad. El agua no se debe perder por evaporación o absorción de los mampuestos desaparecería el estado fresco.

Fuente: NTE INEN 2518 "Morteros para unidades de mampostería. Requisitos".

Elaboración: Autor

- Características del mortero en estado endurecido cuando tiene la edad necesaria para adquirir resistencia mecánica.

Cuadro 1. 7 Características del mortero en estado endurecido.

Estado	Propiedad	Consecuencias
Endurecido	Resistencia a la compresión	Es la propiedad más indicativa del comportamiento del mortero en los cerramientos portantes construidos con mampuestos. La resistencia debe ser lo más elevada posible aunque es conveniente que sea inferior a los elementos de albañilería que va a unir.
	Módulo de Deformación	Influye en la capacidad de deformación de la pared frente a pequeñas modificaciones dimensionales.
	Retracción. Secado	Está ligada a la susceptibilidad de figuración de las juntas o revoques debido al fenómeno de la retracción.
	Adherencia	La adherencia puede entenderse debido a la penetración de la pasta de mortero en el elemento de albañilería mampuesto-sustrato, provocada por la succión capilar de absorber tensiones normales o tangenciales a la superficie de la interfase mortero /elemento de albañilería.
	Extensibilidad	Máxima deformación unitaria por tensión a la ruptura y señala la máxima elongación posible bajo la fuerza de tensión.
	Durabilidad	Capacidad de una mampostería de resistir la penetración del agua.

Fuente: NTE INEN 2518 "Morteros para unidades de mampostería. Requisitos". **Elaboración:** Autor

1.3.1.6 NORMALIZACIÓN. ENSAYOS EN EL MORTERO

Para dar cumplimiento al objetivo específico propuesto, se ha desarrollado los ensayos en laboratorio, los ensayos que serán realizados dentro de la investigación son los descritos a continuación incluyendo en este capítulo sus características más generales.

La normalización utilizada en esta investigación experimental a través de los ensayos de laboratorio que se requieren para determinar el cumplimiento de normas de los morteros, están especificados dentro de las norma NTE INEN principalmente.

En el siguiente capítulo se describirá el proceso de realización de laboratorio de los ensayos de: resistencia a la compresión y flexión, absorción capilar y permeabilidad; presentando sus respectivos resultados, análisis y conclusiones finales.

a.- RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Es la "Resistencia media a compresión de un número especificado de probetas de mortero ensayadas tras 28 días de curado" (CPE INEN-NEC-SE-MP 26-6 primera edición 2014-XX. Capítulo 6: Mampostería Estructural).

El requisito básico de las propiedades mecánicas es la resistencia a la compresión del mortero de pega. Dentro del cuadro 1.5 (Especificación por propiedades. Requisitos) se encuentra el f_c mínimo en cada tipo de mortero, según el tipo de cementante usado.

Tanto los ensayos de resistencia a compresión y de resistencia a la flexión simple, cumplen con los periodos de 7, 14 y 28 días, es decir y por consiguiente en estado endurecido.

La resistencia a la compresión de un mortero deberá actuar como elemento de unión resistente debiendo soportar las sucesivas hiladas de ladrillo o bloques; con la capacidad para soportar y transmitir cargas a que se ve sometida.

b.- RESISTENCIA A FLEXIÓN

"Ensayo que consiste en someter a una deformación plástica una probeta recta de sección plena, circular o poligonal, mediante el pliegue de ésta, sin inversión de su sentido de flexión, sobre un radio especificado al que se le aplica una presión constante" (CPE INEN-NEC-SE-MP 26-6 primera edición 2014-XX. Capítulo 6: Mampostería Estructural).

c.- ABSORCIÓN CAPILAR

"Este ensayo permite identificar el coeficiente de absorción capilar, la porosidad total y la densidad" *Suárez (2010)*.

"Los morteros que quedan expuestos directamente a la lluvia son afectados y su importancia radica en que la absorción determina la permeabilidad de un mortero que forman las juntas en la mampostería. La absorción del agua para el caso de los morteros sometidos directamente a la lluvia se determina por medio de la norma europea UNE-EN

1015-18 (Método de Ensayo de los morteros para albañilería. Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad del mortero endurecido.)" (Crespo 2003).

"En el caso de que un mortero es permeable al agua, esta transmitirá hacia el interior, originando la consiguiente aparición de humedades por filtración. Además con la succión del agua exterior se favorece el tránsito de partículas o componentes no deseables para la durabilidad del conjunto constructivo (muro o pared), como en el caso de las eflorescencias" (Suárez 2010).

"La absorción depende de la estructura capilar del material, por tanto, cuanto más compacto sea un mortero, menor será la red capilar y, en consecuencia, menor absorción presentará. La incorporación de aditivos hidrofugantes, plastificantes y aireantes también contribuye notablemente a disminuir la absorción capilar en los morteros que los incorporan" (Suárez 2010).

La absorción de agua por capilaridad es una propiedad que no está completamente definida en los morteros de albañilería. En ocasiones se confunde con la permeabilidad, cuando se determina principalmente en morteros de recubrimiento, se produce al existir una diferencia de presión dentro de los capilares, lo cual provoca que el agua ascienda por su interior. A más fino y largo el capilar la absorción será mayor.

d.- PERMEABILIDAD

"Identifica el paso del vapor a través de la estructura capilar del material en este caso al mortero, ayudando a su transpiración e imposibilitando la aparición de condensaciones en el interior"

Existe un procedimiento operativo destinado a medir la permeabilidad de agua de los morteros para revocos exteriores según la UNE-EN 1015-19. (Método de Ensayo de los morteros para albañilería. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua de los morteros.)" (Suárez 2010).

1.3.2 (PET) POLI ENTILÉN TEREFTALATO

Dentro de los objetivos específicos planteados respecto a la investigación sobre polímeros utilizados en la ciudad de Cuenca, se plantea la adquisición de la misma (plástico reciclado) en base a la disponibilidad directa de la materia prima, y de la información proporcionada por la EMAC-EP de Cuenca.

1.3.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL PET

Debido a que el material reciclado es de origen no natural, se realizará a continuación una caracterización, lo que permitirá conocer la influencia en la fabricación de los morteros, tanto en estado fresco como en endurecido.

El Poli Entilén Tereftalato conocido por sus siglas PET, es una resina derivada del Petróleo, un material sintético denominado poliéster, utilizado para la fabricación de envases de bebidas y textiles. Fue producido ya en 1941 por los científicos Whifield y Dickson, a partir de 1946 empezó a utilizarse industrialmente en el campo textil; en

1952 se empleó para envasar alimentos y a partir de 1976 fue apto para la fabricación de botellas para bebidas.

Entre las características que se establece tenemos:

Cuadro 1.8 Características del PET

Biorientación	<ul style="list-style-type: none"> Permite lograr propiedades mecánicas y de barrera con optimización de espesores
Cristalización	<ul style="list-style-type: none"> Permite lograr resistencia térmica para utilizar bandejas termoformadas en hornos a elevadas temperaturas de cocción Cristalina y transparencia, aunque admite cargas de colorantes.
Esterilización	<ul style="list-style-type: none"> El PET resiste esterilización química con óxido de etileno y radiación gamma.
Punto de Fusión	<ul style="list-style-type: none"> Buenas propiedades térmicas 252-260 °C
Alternativas ecológicas	<ul style="list-style-type: none"> Retornabilidad, Reuso de molienda Fibras, Polioles para poliuretanos, Poliésteres no saturados, Envases no alimenticios, Alcohólisis/ Metanólisis, Incineración Totalmente reciclable.
Buena resistencia a:	<ul style="list-style-type: none"> Grasas y aceites presentes en alimentos, soluciones diluidas de ácidos minerales, álcalis, sales jabones, hidrocarburos alifáticos y alcoholes. Alta resistencia al desgaste. Buena resistencia química. Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes.
Poca resistencia a:	<ul style="list-style-type: none"> Solventes halogenados, aromáticos, cetonas de bajo peso molecular y bases. Muy buena barrera a CO2, aceptable barrera a O2 y humedad
	<ul style="list-style-type: none"> Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimenticios. Alta rigidez y dureza. Altísima resistencia a los esfuerzos permanentes. Superficies barnizable. Gran indeformabilidad al calor. Muy buenas características eléctricas y dieléctricas. Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie. Propiedades ignífugas en los tipos aditiva dos. Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.

Fuente y Elaboración: Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard.

Cuadro 1.9 Datos técnicos del PET

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm ³	1,34 – 1.39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza	--	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ /°C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 - 254

Fuente y Elaboración: Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard.

1.3.2.2 REFERENCIAS. PET COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.

"La situación actual del plástico, hoy en día, es que el consumo anual de este material se ha incrementado desde aproximadamente 5 millones de toneladas en el año 1950 a casi 245 millones en el año 2006" (Plastics Europe, 2008).

"El aumento anual en esta sociedad es de aproximadamente 4%. Producimos y usamos 20 veces más plástico hoy en día que hace 50 años" (Costa 2012).

La presente investigación está encaminada a la generación de alternativas para contribuir en la disminución de las toneladas de botellas de PET que son dispuestas al relleno sanitario de Pichacay del Cantón Cuenca.

"En la actualidad las técnicas de producción de materiales para la construcción a partir de desechos con procedimientos de reciclaje que se han realizado a partir del PET; establece que han utilizado tecnologías de bajo uso energético principalmente con procedimientos mecánicos desarrollados por el Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) dependiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina. (Gaggino, R, 2008). Entre ellos tenemos:

- PET para fabricar ladrillos y placas.

"Proceso de fabricación:

- Residuos plásticos seleccionados sin necesidad de ser lavados previamente, no se utiliza botellas procedentes de la industria química o en contacto con sustancias químicas;

- Triturado de los plásticos para luego mezclarlo con cemento portland, para a continuación adicionar aditivos químicos que mejora la adherencia con el plástico. Esta mezcla se ubica en moldes como si fuese una pieza de hormigón prefabricada y se deja fraguar.

Se ha logrado con esta investigación:

Ladrillo PET liviano; desde el punto de vista medioambiental, un ladrillo PET se elabora reutilizando 20 botellas; dentro de las características que posee tenemos:

- Buen aislante térmico comparándolo en cifras; como cinco veces mayor que la de un ladrillo tradicional;
- Reducción del grosor de muros de 30 a 15 cm de espesor;
- En el aspecto económico mientras menos peso y material se utilice en la construcción obtenemos edificios más económicos" (Gaggino, R, 2008).

- Elaboración de Paneles usando Poli estireno y Papeles Plásticos de Desecho.

De manera general como en el caso anterior se ha logrado con esta investigación:

Obtener materiales de construcción livianos (paneles), con buen aislamiento térmico y resistencia mecánica; de bajo costo;

ecológico; en aspecto social, la autoconstrucción y en el aspecto de género, la integración de la mujer en el campo económico con su trabajo.

1.3.2.3 EL PET Y EL AMBIENTE

"En lo referente al aspecto ambiental, en la década pasada el PET empezó a utilizarse masivamente como resina presentado mayores capacidades para el reciclado. El principal destino de esta materia prima post-consumo es la fabricación de fibras textiles. En general el PET reciclado no se destina a nuevos envases para bebidas o alimentos en contacto permanente". *Recuperado de www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798*

El impacto ambiental implícito en este material es determinado por su ciclo de vida y las diferentes fases que lo configuran. Desde su industrialización, el material plástico PET requiere una gran inversión de energía, sin embargo en la aplicación en el campo de la construcción en base a estudios preliminares son variadas y poseen propiedades.

"El análisis de ciclo de vida es un término creado por los evaluadores ambientales para cuantificar el impacto ambiental de un material o producto desde que se extrae de la naturaleza hasta que regresa al ambiente como

desecho. En este proceso sistemático se consumen recursos naturales y se emiten desechos" (Posadas, 2011, p.16).

De acuerdo al Análisis de ciclo de vida (ACV), implementado por el programa Simápro; el siguiente cuadro detalla las afectaciones de manera general que se pueden producir al contexto natural.

Este análisis contempla al objeto: (Poliestileno-PET); el objetivo: evaluación y mejora del impacto ambiental así como el proceso: inventariar, evaluación del impacto y acciones que se tomaran.

Cuadro 1.10 Impacto ambiental materiales de construcción.

MATERIAL	EFFECTO INVERNADERO	ACIDIFICACIÓN	CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	OZONO	METALES PESADOS	ENERGÍA	RESIDUOS SÓLIDOS
CERÁMICA	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
PIEDRA	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
ACERO	++	++	+	+++	++	++	+++
ALUMINIO	+	+	++	+++	+	+	+++
PVC	++	++	+	+++	++	++	++
POLIESTIRENO	++	+	+	++	+	+	++
POLIURETANO	+	++	+	+	++	++	+++
PINO	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

+++ Impacto pequeño; ++ Impacto medio; + Impacto elevado

Fuente y Elaboración: Programa Simápro de Análisis de ciclo de vida.

Lo relevante dentro de este análisis es cuantificar en magnitudes comparativas dicho impacto para facilitar la elección.

Se analiza impactos tales como: efecto acidificación del suelo (proceso por el cual el suelo absorbe cationes de hidrógeno, reduciendo su pH), efecto invernadero, eutrofización 1 del agua (acumulación de residuos orgánicos en el litoral marino o en un

lago laguna, que causa la proliferación de ciertas algas), ozono, contaminación atmosférica, contaminación del suelo y el agua por metales pesados y pesticidas, consumo de energía y producción de residuos sólidos.

1.3.2.4 EL RECICLADO DEL PET

"El reciclado es el reproceso de los materiales, en este caso del PET, para acondicionarlos con el propósito de integrarlos nuevamente a un ciclo productivo como materia prima" (Mansilla M. 2009).

Dentro de los objetivos específicos planteados respecto a la investigación sobre polímeros utilizados en la ciudad de Cuenca para ser manejados como materia prima en la elaboración del mortero de pega; se plantea la obtención de la misma (plástico reciclado) en base a la disponibilidad e información proporcionada por la EMAC-EP.

1.3.2.4.1 ÁMBITO INTERNACIONAL

"El alto crecimiento demográfico implica exponencialmente el crecimiento de desechos plásticos. El mayor problema es el desecho plástico que no vuelve a entrar en la cadena comercial de valor de productos" (Patiño M. 2013).

"El consumo global de PET se calcula en 26 millones de toneladas al año, con un crecimiento anual de 10 % del cual tan solo el 20% es reciclado.

De estas, 20 millones son procesados por la industria textil (fibras), 4 millones son utilizados en cintas de audio y video (películas fotográficas), así como en transparencias, 2 millones en productos de empaque y moldeado (botellas y jarras).

En Brasil se producen 400.000 toneladas al año de PET, del cual, 90% se destina en la producción de botellas, de estas, solo 40% es reciclado, lo que convierte a Brasil en uno de los países en el mundo que contiene más desechos de botellas de PET sin reciclar.

Comparativamente, en Europa el reciclado de PET en 1991 fue de $1,3 \times 10^4$ toneladas, en 1993 de $2,2 \times 10^4$ toneladas, en 1995 de $3,5 \times 10^4$ toneladas, en 2008 $1,1 \times 10^6$ y en 2009 alcanzó la cifra de $1,4 \times 10^6$ toneladas.

El proceso de reciclado químico es una opción viable para este tipo de material, ya que las cantidades mundiales de PET se están elevando cada año aproximadamente 12,5% por año. De estos procesos se estima que la degradación del PET por hidrólisis en un intervalo de temperatura de 100 °C hasta 120 °C es 5.000 veces más rápido que el proceso de degradación por oxidación, y 10.000 veces más rápido que el proceso de degradación térmica" (Ramírez A., Navarro L., Conde J., 2010).

1.3.2.4.2 ÁMBITO LOCAL. CUENCA

"En la ciudad de Cuenca se viene desarrollando el Sistema de Reciclaje en Cuenca desde el año 2006, ejecutado por la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC-EP) como principal política de protección ambiental de la Alcaldía. La cobertura de recolección en el cantón Cuenca es de 92%. La Unidad de Recolección recoge, de manera diferenciada, los desechos sólidos y materiales reciclables desde los domicilios" (EMAC EP 2013).

"El proyecto Sistema de Reciclaje en Cuenca consiste en la recuperación de los residuos sólidos inorgánicos, a través de la concientización de los ciudadanos, quienes deben reciclar desde sus hogares los materiales reciclables con los propósitos de, primero optimizar la vida útil del Relleno Sanitario de Pichancay, y segundo, proveer de estos materiales a los recicladores agrupados e independientes con el fin de mejorar sus condiciones económicas. Los materiales considerados reciclables por este proyecto, son los siguientes: plásticos, papel y cartón, chatarra, artículos electrónicos, aluminios y latas.

De acuerdo a las normas vigentes, estos residuos se deben clasificar en las denominadas fundas celestes, y son recogidos por los camiones recolectores los días miércoles y jueves, en los horarios fijados por la EMAC-EP. Además, el proyecto contempla la clasificación de residuos en las fundas negras, los mismos que son considerados no reciclables" (Patiño M. 2013).

1.3.2.4.3 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE RECICLAJE EN LA CIUDAD DE CUENCA

"Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), en Ecuador el 15% de los hogares clasifican los desechos orgánicos, 17% plásticos y el 20% papel. Los resultados, también ubican a Cuenca (austro) como la urbe ecuatoriana que más recicla a escala nacional, con el 60%, Quito con el 48% y Loja con el 45% de basura recolectada" (INEC 2011).

"La Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC), arrancó con la implementación del Sistema Integral de Reciclaje de la Basura en el 2006; es importante indicar que la creación de empresas dedicadas al reciclaje permite que Cuenca maneje niveles altos en este proceso. La EMAC-EP entrega sin costo el material reciclado a cinco organizaciones reconocidas por el Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES); en coordinación con la Empresa Municipal de Aseo de Calles (EMAC), siendo estos:

- AREV: Asociación de Recicladores del Valle (16 años de antigüedad),
- ARUC: Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca (16 años de antigüedad, Parque Industrial),

- CHORRO: Asociación recicladores (2 años de antigüedad, espacio donado por EMAC, Pichacay),

- Asociación Recicladores de Pichacay (Pobladores del Valle),

- Asociación de Recicladores del Centro Histórico (tiene un centro de atención infantil nocturno formado por la EMAC y la fundación Alianza en el Desarrollo Social).

Se estima que existen 70 familias asociadas y en cuanto a los recicladores independientes existen registros de 500 recicladores no asociados" (EMAC EP y ARUC. 2014).

"La EMAC recolecta aproximadamente 12.900 toneladas por mes de basura; 1.500 toneladas de material reciclado, como papel, cartón, vidrio, latas, plásticos. Estos objetos son vendidos a fábricas que los procesan y elaboran nuevos productos" (EMAC EP y ARUC. 2014).

"Entre 2 y 3 toneladas de papel, cartón, plástico, vidrio y metal se reciclan diariamente en Cuenca, según la Empresa de Aseo de Cuenca (EMAC EP), del municipio local" (Recuperado www.elmercurio.com.ec/500884-lo-que-se-recicla-en-cuenca-a)



Fotografía 1.1 ARUC: Asociación de recicladores urbanos de Cuenca



Fotografía 1.2 Establecimiento de ARUC. Clasificación del material reciclado entre estos se encuentra el plástico PET

“Sumada esa iniciativa, en Cuenca el 80% de la población estaría reciclando; sin embargo, son datos no consolidados. La EMAC trabaja en incrementar los niveles de reciclaje

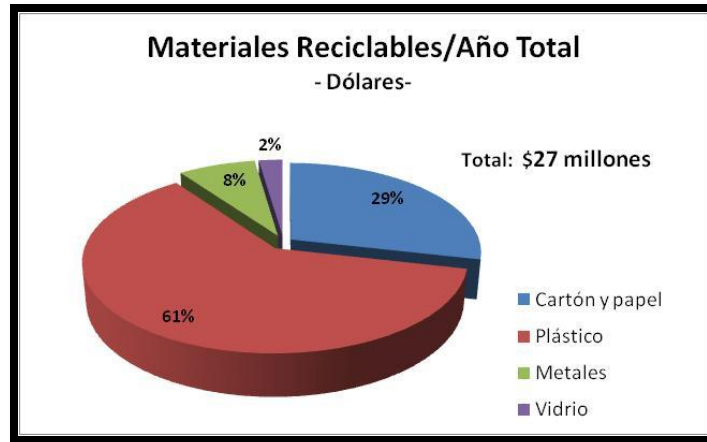
extendiendo la cobertura de la recolección a edificios multifamiliares de la ciudad. Solo en el centro histórico de Cuenca hay 400 recipientes para depositar la basura” (EMAC EP y ARUC. 2014).

Para el presente año se prevé una planta de Separación de Residuos Sólidos; por lo que la EMAC EP proyecta construir en la parroquia Santa Ana, una Planta de Separación de Residuos Sólidos con el objetivo de recuperar los desechos que pueden ser reutilizados. (Recuperado de: www.elmercurio.com.ec/500884-lo-que-se-recicla-en-cuenca-a)

En Cuenca se recolectan 380 toneladas por día con una obertura del 94% en el área urbana, se estima que la generación total de basura es de 0,603 Kg/hab./día, depositados en el relleno sanitario de Pichacay, el material reciclado es de 10 toneladas semanales, lo que representa apenas el 0.45% de la generación total de desechos.

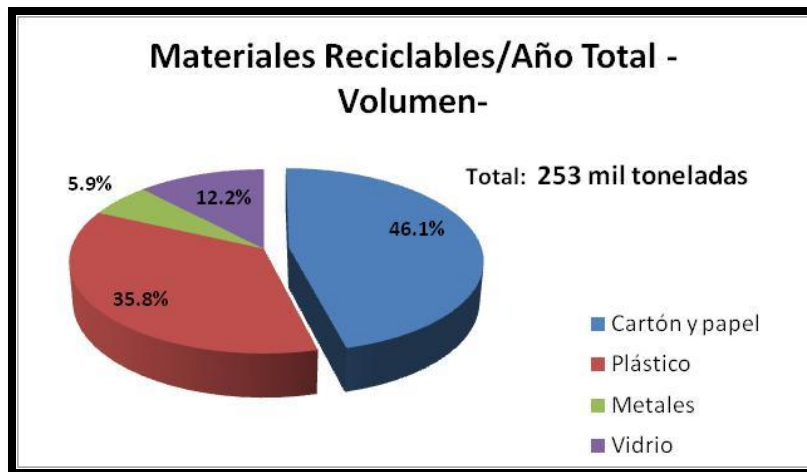
Se determina que el índice promedio de material reciclable a nivel nacional es aproximadamente un 14% que significa 253 mil toneladas.

Gráfico 1.1 Materiales Reciclados: Ecuador, volumen por año en y dólares



Fuente: "Gestores de recolección y tratamiento de los residuos sólidos, asociaciones"
Elaboración: Adv ance Consultora

Gráfico 1.2 Materiales Reciclados: Ecuador, análisis monetario



Fuente: "Gestores de recolección y tratamiento de los residuos sólidos, asociaciones"
Elaboración: Adv ance Consultora

"De acuerdo al informe emitido por la Consultora Advance (Gráfico 1.1) se observa que los procesos de reciclaje realizados anualmente generan un alto volumen de diversos materiales entre los que se puede destacar los más importantes como el cartón- papel 46,1% y plástico 35,8%, si bien es cierto el primero tiene un mayor volumen, esto se debe a la suma de dos materiales y por el contrario existe gran diferencia en lo referente a los recursos económicos que produce el plástico con 16,47 millones (Gráfico 1.2) de dólares frente 7.83 millones de dólares de los otros dos materiales" (Angumba P. 2016).

1.3.2.5 DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL PET

"De acuerdo a la EMAC, la industria cuencana recicla por su cuenta los desechos generados en la urbe; son de 200 a 300 las toneladas que las empresas de reciclaje y la industria de la ciudad, procesan para reutilizar.

El programa permitió que al mes se reciclen 800 kilogramos de basura involucrando al 2,5% de la población en la actividad.

La generación per cápita es de 0.603 kg./hab./día, la cantidad de basura recolectada es de 380 ton/día, teniendo un cobertura del 98.6% del área tanto urbana como rural" (EMAC EP y ARUC. 2014).

"A través de la corporación ARUC; la comercialización asociativa hace referencia a la compra de material reciclado por parte de la corporación a sus socios

integrantes, pagando por los mismos un mejor precio que al ser ofertados a los intermediarios. Pero también realiza la compra de dichos materiales a terceros y luego de la clasificación, se procede a la comercialización de los mismos" (Patiño M. 2013).

La corporación ARUC se dedica principalmente a la recolección de los siguientes materiales reciclables:

Cuadro 1.11 Materiales reciclables que comercializa la Corporación ARUC.

Materiales Reciclables	Precio De Compra	Precio De Venta
Cartón	0,06 KG	0.10 KG
Papel	0,14 KG	0.18 KG
Periódico	0,03 KG	0.05 KG
PET (botellas plásticas)	0,30 KG	0.50 KG
Hdpe (plástico duro)	0,10 KG	0.14 KG
Ldpe (plástico suave)	0,15 KG	0.20 KG
Chatarra y metales	0,10 KG	0.17 KG
Vidrio	0,01 KG	0.02 KG

Fuente y Elaboración: Patiño Martha. (2013) "Plan Estratégico Para la Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca para el Período 2013-2018" Universidad de Cuenca.

De esta manera la disponibilidad de material en la actualidad se ha incrementado en un 50% del valor.

Cuadro 1.12 Material reciclable PET (botellas plásticas) que comercializa la Corporación ARUC.

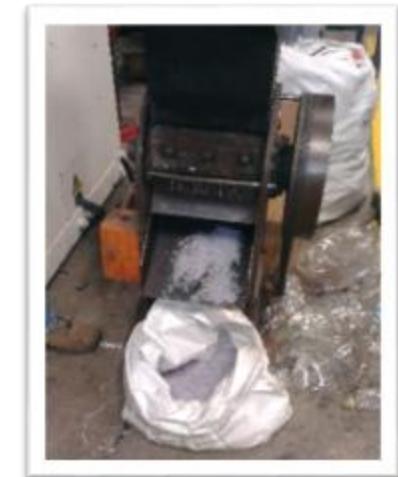
Materiales Reciclables	Precio de Compra	Precio de Venta
PET (botellas plásticas)	\$ 0,65/ KG	\$ 1.05/ KG

Fuente y Elaboración: Autor.

El material que será utilizado para la posterior investigación es proveniente de las instalaciones de la ARUC, para posteriormente se triturado en fábrica de la empresa privada.



Fotografía 1.3 Proceso de pesado del PET.



Fotografía 1.4 Proceso de pesado y recolección manual del PET

1.3.3 CONCLUSIONES

- La recopilación y posteriormente su aplicación en la fase experimental de la información técnica referida a morteros (normativa basada en la NTE INEN, y ASTM) es la base fundamental para la aplicación en esta investigación.

En cuanto a la investigación sobre el agregado artificial se concluye que:

Ámbito Tecnológico:

- La aplicación y utilización de material reciclado en el campo de la ingeniería civil va en ascenso, con nuevas investigaciones científicas aplicadas a distintos elementos constructivos, (hormigones, morteros elementos de mampostería, etc.), permitirá que cada vez se haga posible su uso a escala industrial.
- Nos permitirá elaborar unidades de construcción con características de buena aislación térmica, material liviano y de buena resistencia mecánica.
- El plástico reciclado con botellas de PET es usado como agregado artificial en las mezclas para la elaboración de ladrillos y paneles; contribuyendo de forma indirecta a disminuir el impacto

ambiental, dichas mezclas se utilizan en la construcción de elementos de obras civiles en la actualidad.

- Las herramientas y equipos que se utilizan para la fabricación de elementos constructivos no representan costos elevados en su adquisición.
- Requiere baja especialización, fácil aprendizaje, y tiene escasa incidencia sobre el medio.

Ámbito Ecológico:

- El plástico PET, es un material inerte, es decir no presenta cambios químicos, tales como la de liberar energía, absorber o almacenar agua, por lo que no se considera como material ofensivo para el hormigón.
- Conocimiento profesional de la importancia de colaborar con la descontaminación del medio ambiente.
- La tecnología constructiva se considera de bajo uso energético, simple, económico, no contaminante, reduce el consumo de recursos naturales: como tierra fértil, madera o piedra.
- No produce desechos ni contaminación.
- Se utiliza materiales locales (abundantes, renovables, disponibles, de poco peso y fácil manipulación, durables y de calidad).

Ámbito Económico:

- En programas de vivienda de interés social los costos se abaratarían en la producción de elementos constructivos.

Ámbito Social:

- Elaboración de nuevos componentes constructivos a manos de auto constructores.

ELABORACIÓN DE LA DOSIFICACIÓN PROTOTIPO

CAPÍTULO 2

2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL MORTERO DE PEGA CON ADICIÓN DE PLÁSTICO (PET).

Dando cumplimiento al objetivo propuesto sobre los ensayos de la materia prima para verificar su comportamiento para establecer el diseño de dosificaciones óptimas para obtener la muestra ideal, se describe los pasos a seguir.

- Una vez establecidos la procedencia de la materia prima natural y artificial: arena, PET; se determina los parámetros de los áridos que se emplearon en el diseño de las mezclas: muestreo, ensayos de los áridos: determinación de la materia orgánica, desgaste, peso específico, pesos volumétricos y análisis granulométrico.
- Consecuentemente se procederá con éstos al diseño de mortero: es decir diseñar las mezclas en laboratorio en función del método de diseño determinado: mortero base cemento-arena, y mortero cemento-arena-PET en diferentes porcentajes (10%,15%, 25% y 30%) establecidos para su comparación.
- Una vez realizado los morteros tanto mortero base como los morteros adicionados con PET se realizará los ensayos en estado

endurecido en las probetas confeccionadas y curadas. Cumplida la edad se procederá a los ensayos físico-mecánicos: compresión, flexión, absorción y permeabilidad.

- Finalmente se procederá a la recopilación y análisis de los resultados de los ensayos, análisis comparativo entre el mortero de pega base y morteros adicionados en diferentes porcentajes proporcionales de PET.

2.2. DESCRIPCIÓN DE MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONFECCIÓN DEL MORTERO DE PEGA

La práctica experimental que será desarrollada en laboratorio; se inicia con analizar los materiales utilizados para diseñar y elaborar en base a la norma NTE INEN 2518.

2.2.1 CEMENTO

Para la confección del mortero se ha utilizado Cemento Portland tipo IP; la cual cumple con las especificaciones que exista en el mercado. La calidad del cemento deberá estar de acuerdo con la norma ATTM C-150 (Especificación Normalizado del cemento Portland).

Para la elaboración del mortero se ha utilizado una densidad de 1.3 cm³ que por lo general es el utilizado en el medio.

2.2.1.1 ENSAYOS REALIZADOS EN EL CEMENTO PORTLAND

A continuación se detalla los ensayos realizados al cemento, aplicando la normativa requerida. (Ver cuadro 2.1).

Cuadro 2.1 Ensayos realizados al cemento según normativa oficial.

Ensayo	Norma oficial
Mezclado Mecánico de Pastas y Morteros de Consistencia Plástica	NTE INEN 156
Determinación de la Consistencia Normal, Método Vicat	NTE INEN 157
Determinación del Tiempo de Fraguado, Método Vicat	NTE INEN 157
Determinación del Tiempo de Fraguado de Pasta de Cemento Hidráulico, Método de las Agujas de Gillmore	NTE INEN 159
Determinación del Flujo en Morteros	NTE INEN 2502

Fuente: NTE INEN

Elaboración: Autor

- **MEZCLADO MECÁNICO DE PASTAS Y MORTEROS DE CONSISTENCIA PLÁSTICA**

“Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para mezclar tanto pastas como morteros de cemento hidráulico.

Procedimiento para la mezcla de morteros. Colocar la paleta y el tazón secos en la mezcladora, luego introducir el material para una amasada, colocar toda el agua de mezclado en el tazón, añadir el cemento al agua; luego arrancar la mezcladora a velocidad baja (140 rpm ± 5 rpm) por 30 segundos. Añadir la cantidad total de arena lentamente durante un período de 30 segundos, mientras se continúa con el mezclado a velocidad baja. Detener la mezcladora, cambiar a velocidad media (285 rpm ± 10 rpm) y mezclar por 30 segundos. Detener la mezcladora y dejar

el mortero descansar por 90 segundos. Durante los primeros 15 segundos de este intervalo, empujar rápidamente hacia abajo, dentro de la mezcla todo el mortero que pueda haberse adherido a los lados del tazón; luego por el resto de este intervalo cubrir el tazón con la tapa. Terminar el mezclado por 60 segundos a velocidad media ($285 \text{ rpm} \pm 10 \text{ rpm}$).

En el caso que requiera un intervalo de remezclado, todo el mortero adherido a los lados del tazón, debe ser rápidamente empujado hacia abajo dentro de la mezcla con el raspador, previo al remezclado" (NORMA NTE INEN 156).



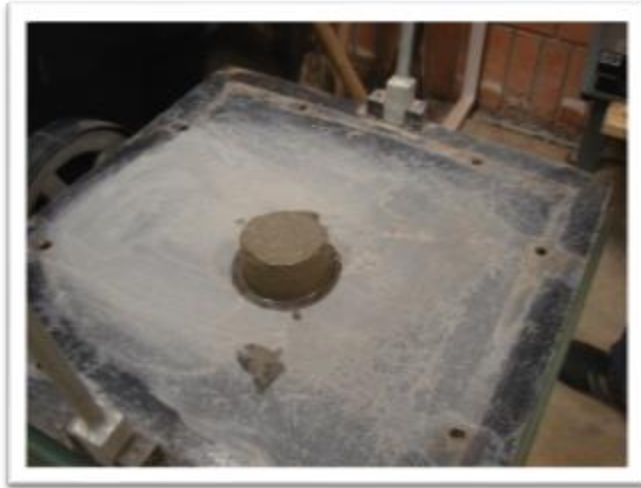
Fotografía 2.1. Equipo. Mezcladora Mecánica de Pastas y Morteros.



Fotografía 2.2. Elaboración de pasta de cemento. Utilización de equipo.



Fotografía 2.3. Producto final. Pasta de cemento



Fotografía 2.4 Molde de pasta de cemento, elemento a ser analizado.

- **DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA NORMAL, MÉTODO VICAT**

“La determinación de la consistencia normal de los cementos hidráulicos se basa en la resistencia que opone la pasta de cemento a la penetración de la varilla del aparato de Vicat en un tiempo normalizado.



Fotografía 2.5 Aparato de Vicat.

- **DETERMINACIÓN DE LA CONSISTENCIA.**

“Centrar la pasta confinada en el anillo sobre la placa, bajo la varilla B, poner el penetrador C en contacto con la superficie de la pasta y ajustar el tornillo E, luego ubicar el indicador móvil F en la marca cero de la parte superior de la escala, o tomar una lectura inicial, soltar la varilla inmediatamente aflojando el tornillo E. Todas las operaciones después de completar el mezclado y hasta soltar la varilla, no deben exceder de 30 segundos. La pasta está en su consistencia normal cuando la varilla penetra $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ bajo la superficie original de la pasta en 30 segundos después de haber sido soltada.

Realizar mezclas de prueba variando los porcentajes de agua hasta obtener la consistencia normal. Hacer cada prueba con cemento fresco" (NORMA NTE INEN 157).

- **DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO, METODO VICAT**

"La determinación de los tiempos de fraguado Vicat se realiza en pastas de cemento hidráulico de consistencia normal, preparadas de acuerdo a la NTE INEN 157 las que se mantienen en un cuarto de curado donde inicia el proceso de fraguado. Se realizan penetraciones periódicas en la pasta utilizando la aguja de Vicat de 1 mm de diámetro. El tiempo de fraguado inicial Vicat, es el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el instante en el cual la penetración medida o calculada es de 25 mm. El tiempo de fraguado final Vicat, es el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el instante en el cual la aguja no deja una impresión circular completa en la superficie de la pasta" (NORMA NTE INEN 157).

- **DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO DE PASTA DE CEMENTO HIDRÁULICO, METODO DE LAS AGUJAS DE GILLMORE**

"Mantener la temperatura ambiente, materiales secos, paleta, tazón y platos no absorbentes a $23,0^{\circ}\text{C} \pm 3,0^{\circ}\text{C}$. Mantener la temperatura del agua de mezcla a $23,0^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$. Mantener la humedad relativa del cuarto de mezcla por lo menos a 50%

La cámara de curado o cuarto húmedo debe cumplir con los requisitos de la NTE INEN 2 528.

Añadir agua al cemento que se está ensayando en la cantidad necesaria para producir una pasta de consistencia normal. Con esta pasta se moldea un espécimen y se determinan los tiempos de fraguado inicial y final por medio de las agujas de Gillmore. El tiempo de fraguado inicial es el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el momento en que la aguja inicial de Gillmore no deja una impresión circular completa en la superficie de la pasta. El tiempo de fraguado final es el tiempo transcurrido entre el contacto inicial del cemento con el agua y el momento en que la aguja final de Gillmore no deja una impresión circular completa en la superficie de la pasta" (NORMA NTE INEN 159).

- **DETERMINACIÓN DEL FLUJO EN MORTEROS**

"El método de ensayo indicado en esta norma se basa "en la medición y cálculo en porcentaje del incremento del diámetro de la base de la masa de mortero de cemento hidráulico, medido en la mesa de flujo, producido por la acción de 25 caídas en 15 segundos, a menos que se especifique de otra manera.

Limpiar y secar cuidadosamente la mesa de flujo y colocar el molde de flujo en el centro. Colocar en el molde, una capa de mortero de aproximadamente 25 mm de espesor y compactar 20 veces con el compactador. La presión de compactación

debe ser la suficiente para asegurar un llenado uniforme del molde. Llenar el molde con mortero y compactar como se especificó para la primera capa. Cortar el mortero hasta una superficie plana, nivelada con el borde del molde, mediante pasadas del enrasador o del filo de la espátula, con movimientos de vaivén a través del borde del molde. Limpiar y secar la superficie de la mesa, remover con mucho cuidado cualquier porción de agua que esté alrededor del borde del molde de flujo. Un minuto después de haber terminado la operación de llenado, levantar el molde. Inmediatamente dejar caer la mesa 25 veces en 15 segundos, a menos que se especifique lo contrario" (NORMA NTE INEN 2502).

2.2.2 AGREGADO NATURAL. ARENA

"Los agregados para el mortero de pega, debe cumplir con la norma NTE INEN 2536 (Áridos para uso en morteros para mampostería. Requisitos) y estar libre de materiales contaminantes que puedan deteriorar las propiedades del mortero" (CPE INEN-NEC-SE-MP 26-6 primera edición 2014-XX. Capítulo 6: Mampostería Estructural).

Se realizó el análisis de la arena de lecho de río, o arena fina, cuya procedencia es de la cuenca del río Jubones en la localidad de Santa Isabel.

2.2.2.1 ENSAYOS REALIZADOS EN EL ÁRIDO FINO

A continuación se detalla los ensayos realizados a la arena, aplicando la normativa requerida. (Ver cuadro 2.2).

Cuadro 2.2 Ensayos realizados al árido según normativa oficial.

Ensayo	Norma oficial
Muestreo de áridos	NTE INEN 695; ASTM D75
Reducción de muestras a tamaño de ensayo	NTE INEN 2566; ASTM C 702
Determinación del material más fino que pasa el tamiz número 200 mediante lavado	NTE INEN 697; ASTM C 117
Análisis granulométrico	NTE INEN 696; ASTM C 136
Determinación de las impurezas orgánicas en el árido fino	NTE INEN 855; ASTM C 40
Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino	NTE INEN 856; ASTM C 128
Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y porcentaje de vacíos	NTE INEN 858
Determinación de la humedad superficial en el árido fino	NTE INEN 859
Determinación del contenido total de humedad en el árido	NTE INEN 862

Fuente: NTE INEN, ASTM. **Elaboración:** Autor

- **MUESTREO DE ÁRIDOS**

Toma de muestras

“Cuando sea posible, las muestras a ser ensayadas para control de calidad deben ser tomadas del producto terminado. En la preparación de los ensayos para abrasión, las muestras del producto terminado a ser ensayadas no deben ser objeto de posterior trituración o reducción manual del tamaño de las partículas, a menos que el tamaño del producto terminado sea tal que necesite una reducción complementaria para la realización de los ensayos.

Cuando no están disponibles los equipos mecánicos, la muestra obtenida desde la pila debe estar compuesta por lo menos de tres porciones tomadas en el tercio superior, en el punto medio y en el tercio inferior del volumen de la pila. Un tablero colocado verticalmente en la pila justo por encima del punto de muestreo ayuda en la prevención de la segregación posterior. En el muestreo de la pila de árido fino, se debe remover la capa exterior, la cual puede tener alguna segregación y tomar la muestra del material que está debajo. Se pueden insertar en la pila tubos muestreadores de aproximadamente 30 milímetros de diámetro por 2 metros de longitud mínima, en lugares escogidos al azar, para extraer un mínimo de cinco porciones de material para formar la muestra.

Transportar los áridos en sacos u otros contenedores contruidos de tal forma que se evite la pérdida o contaminación de cualquier parte de la muestra o daños en el contenido de la misma, por una inadecuada manipulación durante el transporte” (NORMA NTE INEN 695; ASTM D75).

- **REDUCCIÓN DE MUESTRAS A TAMAÑO DE ENSAYO**

“Procedimiento. Colocar la muestra original de árido fino húmedo sobre una superficie firme, limpia y nivelada, donde no exista ni pérdida de material ni adición accidental de material extraño. Mezclar el material completamente, girando toda la muestra más de tres veces. Luego de la última vuelta, conformar con toda la muestra una pila cónica, depositando cada palada sobre la parte superior de la anterior. Si lo desea, aplanar la pila cónica hasta un espesor y un diámetro uniformes, presionando la punta con la pala para que cada cuarto resultante de la pila contenga la composición original del material. Obtener una muestra para cada ensayo, seleccionando por lo menos cinco porciones de material, en lugares escogidos al azar, localizados en la pila en miniatura” (NTE INEN 2566; ASTM C 702).

- **DETERMINACIÓN DEL MATERIAL MAS FINO QUE PASA EL TAMIZ NÚMERO 200 MEDIANTE LAVADO**

“Se lava una muestra de árido en la forma indicada en esta norma, utilizando agua potable o agua potable a la que se

le añade un agente dispersor, según se especifique. El agua de lavado decantada, que contiene material en suspensión y materia disuelta, se pasa a través de un tamiz de 75 μm (No. 200). Se seca el material lavado y se calcula la pérdida de masa resultante del tratamiento de lavado, como un porcentaje de la masa de la muestra original y se informa como el porcentaje de material más fino que 75 μm mediante lavado" (NORMA NTE INEN 697; ASTM C 117).

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

"Las partículas componentes de una muestra en condiciones secas y de masa conocida son separadas por tamaño a través de una serie de tamices de aberturas ordenadas en forma descendente. Las masas de las partículas mayores a las aberturas de la serie de tamices utilizados, expresado en porcentaje de la masa total, permite determinar la distribución del tamaño de partículas.

Seleccionar los tamices necesarios y adecuados que cubran los tamaños de las partículas del material a ensayarse, con el propósito de obtener la información requerida en las especificaciones. Utilizar tantos tamices adicionales como se desee o como sean necesarios para proporcionar información adicional, tal como el módulo de finura o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Ordenar los tamices en forma decreciente según el tamaño de su abertura, de arriba a abajo y colocar la muestra en el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de aparatos mecánicos durante un período suficiente, ya sea establecido por el ensayo

o también controlado por medio de la masa de la muestra de ensayo" (NTE INEN 696; ASTM C 136).

"El denominado módulo de finura, representa un tamaño promedio ponderado de la muestra de arena, pero no representa la distribución de las partículas. La norma ASTM lo incorpora en las regulaciones del agregado fino. Establece que la arena debe tener un módulo de finura no menor que 2,3 ni mayor que 3" (Toirac J., 2012).

- **DETERMINACIÓN DE LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL ÁRIDO FINO**

"A una muestra de árido fino se le agrega una solución normalizada de hidróxido de sodio, se la agita y luego de 24 horas se compara el color del líquido que sobrenada la muestra con el color de la solución normalizada o con el comparador de colores para determinar si la muestra contiene impurezas orgánicas inapropiadas" (NORMA NTE INEN 855; ASTM C 40).

A continuación se muestra la granulometría realizada en la arena; dando un módulo de finura de 2,84 el cual está dentro del rango. (Ver cuadro 2.3, anexo N° 1).

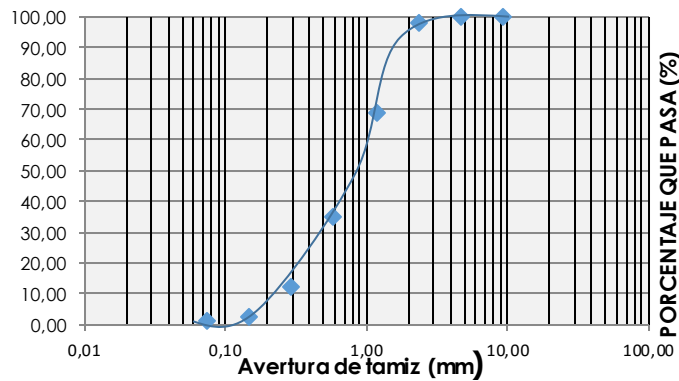
Cuadro 2.3 Ensayo de granulometría de la arena

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO. ARENA						ASTM D-422-63
TAMÍZ #.	AVERTURA	PESO RETEN.	P. RET. ACUM.	%	%	%
	mm.	g	g	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
2"	50,8					
1½"	37,50					
1"	25,00					
¾"	19,00					
½"	12,50					
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	
N.4	4,75	1,60	1,60	0,16	99,84	
N.8	2,38	15,50	17,10	1,71	98,29	
N.16	1,19	296,40	313,50	31,35	68,65	
N.30	0,59	334,30	647,80	64,78	35,22	
N.50	0,30	230,20	878,00	87,80	12,20	
N.100	0,15	99,20	977,20	97,72	2,28	
N.200	0,07	12,60	989,80	98,98	1,02	
PASA #200		10,00				
TOTAL		989,80				

Fuente Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca.
Elaboración: Autor

Pasa Tamiz N. 4
 Peso Antes del Ensayo _____
 Peso Después del Ensayo _____
 Peso Antes del Lavado 1000,00 g.
 Peso Después del Lavado 989,80 g.
 Módulo de finura. MF = 2,84

Gráfico 2.1 Curva de Granulometría obtenida para la arena.



• **DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (Gravedad Específica) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO FINO**

“Se sumerge en agua por 24 h ± 4 h, una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir una masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se coloca la muestra (o parte de esta) en un recipiente graduado y se determina el volumen de la muestra por el método gravimétrico o volumétrico; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina nuevamente su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

Describe el peso específico de la arena en concordancia con la norma de ASTM C-128 (Método de Ensayo Estándar para Densidad, Densidad Relativo y Absorción del Agregado Finos)” (NORMA NTE INEN 856; ASTM C 128)

• **DETERMINACIÓN DE LA MASA UNITARIA (Peso Volumétrico) Y PORCENTAJE DE VACIOS**

“Se coloca el árido en un molde con una capacidad adecuada, se lo compacta mediante alguno de los tres procedimientos señalados en este método de ensayo, se calcula la masa unitaria (peso volumétrico) del árido y el contenido de vacíos mediante las fórmulas indicadas en esta norma” (NORMA NTE INEN 858).

• **DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD SUPERFICIAL EN EL ÁRIDO FINO**

“En este método de ensayo se describen dos procedimientos para determinar el volumen de agua desplazado por una muestra del árido fino. En base del volumen desplazado y del valor de la gravedad específica volumétrica del árido en estado saturado superficialmente seco, se pueden establecer

las relaciones, a fin de determinar el contenido de humedad superficial en la muestra del árido" (NORMA NTE INEN 859).

• **DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO TOTAL DE HUMEDAD EN EL ÁRIDO**

"Una muestra de masa normalizada en estado natural es secada en horno hasta eliminar la humedad tanto superficial como aquella ubicada entre los poros del árido. La cantidad de agua evaporada expresada en porcentaje respecto de la masa seca es la humedad de árido" (NORMA NTE INEN 862).

Cuadro 2.4 Datos para la ejecución del Ensayo de Absorción y Peso Específico de la arena.

EJECUCIÓN DEL ENSAYO					
Nomenclatura			Unidades	Valores	
f=	Matraz		#	f1	f2
W _{ss} =	Peso del Material Superficie Saturada Seca		g	200	
W _{fsw} =	Peso del Matraz + Agua + Material a T°C		g	766,73	
T°C=	Temperatura a Grados Centígrados		°C	20	
W _{fw} =	Peso del Matraz + Agua a T°C (curva de calibración)		g	640,7	
W _s =	Peso del Material Seco		g	196,14	
γ _w 1=	Peso Específico del agua	T°C	20	g/cm³	1,00E +00
γ _w 2=	Peso Específico del agua	T°C		g/cm³	

Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca. **Elaboración:** Autor

Es importante detallar que la humedad propia del árido debe ser tomada en cuenta a la hora de agregar la cantidad agua necesaria para el mortero de pega.

Con este material podemos realizar el mortero base que servirá para luego hacer las pruebas de laboratorio.

Cuadro 2.5 Resultados de los ensayos de absorción y peso específico de la arena.

Ensayos	Calculo de las Muestras f1 y f2	Resultados de las Muestras
Peso Específico Seco:	$= \frac{W_s * \gamma_w}{W_{ss} + W_{fw} - W_{fsw}} =$	2,65 g/cm ³
Peso Específico Superficie Saturada Seca:	$= \frac{W_{ss} * \gamma_w}{W_{ss} + W_{fw} - W_{fsw}} =$	2,7 g/cm ³
Peso Específico Aparente:	$= \frac{W_s * \gamma_w}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}} =$	2,80g/cm ³
Porcentaje de Absorción de Agua:	$= \frac{W_{ss} - W_s}{W_s} * 100 =$	1,97%

Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca. **Elaboración:** Autor

2.2.3 AGREGADO ARTIFICIAL. PET

La obtención de la materia prima se obtuvo mediante proceso de reciclaje privado.

El PET utilizado para la investigación fue donado por una compañía que se encarga de triturarlo por un proceso industrializado hasta convertirlo en escamas. El tamaño aproximado de las piezas irregulares que se obtienen es de ¼'' a ½''. El material obtenido producto de la trituración tiene ciertas condiciones semejantes al árido fino, es por este criterio que en primera instancia se definió de forma empírica el tamaño adecuado de la trituración. Posteriormente, la materia prima fue sometida a un análisis granulométrico en el laboratorio de suelos de la Universidad de Cuenca.

El agregado fino deberá estar graduado entre los límites fino y grueso, tener granulometría adecuada (Norma ASTM 33).



Fotografía 2.6 Escamas de PET (Poli Entilén Tereftalato)

2.2.4 ADITIVOS

En la confección del mortero se utilizó aditivos impermeabilizantes fabricado por Sika: Sika-1, es un aditivo impermeabilizante para morteros.

Sika-1 cumple norma IRAM 1572 "Hidrófugos de masa para morteros de cemento Portland". Este producto consigue disminuir la absorción capilar del mortero, actúa como impermeabilizante integral taponando poros y capilares en morteros.

"La dosis varía de acuerdo al tipo de materiales utilizados, a las condiciones ambientales y a los requerimientos de proyecto. Lo que recomienda SIK A Ecuatoriana es una

parte de Sika con 10 partes de agua, si la arena está seca y una parte de Sika -1 con ocho partes de agua, si la arena esta mojada." (www.col.sika.com/es/repuracion-concreto/soluciones.../aditivos-para-morteros.html)

2.2.5 AGUA

"El agua como materia prima tiene relevancia en la confección del mortero, ésta debe cumplir con precisas normas de calidad, y son variables de país a país. También pueden tener alguna variación según el tipo de cemento que se quiera mezclar. El agua debe cumplir con parámetros de calidad, de acuerdo a la norma especificada, se considera que el agua de consumo humano es una buena agua para confeccionar morteros.

Dentro de las características que debe tener son:

- Limpia y fresca hasta donde sea posible,
- No deberá contener residuos de aceites, ácidos, sulfatos de magnesio, sodio y calcio (llamados álcalis blandos) sales, limo, materias orgánicas u otras sustancias dañinas.
- Excenta de arcilla, lodo y algas" (NORMA ASTM C1602).

2.3 DISEÑO DE MORTERO

2.3.1 DOSIFICACIÓN VOLUMÉTRICA

COMPOSICIÓN DE LOS MORTEROS.

“La proporción, en masa de los materiales secos para el mortero normalizado deben ser: una parte de cemento por 2,75 partes de arena normalizada graduada. Se debe utilizar una relación agua – cemento de 0,485 para todos los cementos portland y 0,460 para todos los cementos portland con incorporador de aire. La cantidad de agua de mezclado para otros cementos que no sean portland y portland con incorporador de aire, debe ser la necesaria, para que produzca una fluidez de 110 ± 5 , determinada según el punto 6.6.3 de la norma NTE INEN 488, y se debe expresar como un porcentaje de la masa de cemento” (NORMA NTE INEN 488).

Las cantidades de materiales a ser mezcladas de una vez, en una amasada de mortero para elaborar seis y nueve especímenes de ensayo:

- Molde cúbicos de 50 x 50 mm. de arista y;
- Molde para los ensayos de compresión se realizaron muestras, especímenes de 3.67 mm. de diámetro. (Ver cuadro 2.6).

Cuadro 2.6 Composición de morteros.

MATERIAL	NÚMERO DE ESPECÍMENES	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1 375	2 035
Agua, cm ³		
- Portland (a/c = 0,485)	242	359
- Portland con incorporador de aire (a/c = 0,460)	230	340
- Otros (para un flujo de 110 ± 5)	----	----

Fuente y Elaboración: NTE INEN 2518

Se elaboraron cinco (5) probetas por cada uno de los diseños de mezcla calculados, dichas probetas fueron utilizadas para realizar los diferentes ensayos; dando un total de 30 probetas con la **dosificación volumétrica de 1:2,75 como mortero base**

Por consiguiente la relación volumétrica que se utiliza es una parte de cemento y dos con setenta y cinco partes de arena, que en obra se realiza de diferentes maneras, por experiencia, medida en parihuelas o muchas veces con elementos que se toman como unidad, las carretillas de obra por ejemplo.

2.3.2 DOSIFICACIÓN POR PORCENTAJES DE PET (POLIETILEN-TEREFTALATO)

Una vez determinado el mortero base, producto del análisis efectuado, se procede a realizar la investigación para establecer mediante la dosificación de cuatro diferentes mezclas de materiales de cemento, arena, plástico PET y agua.

El objetivo central de la propuesta, es reemplazar el árido fino por el PET, es decir; a partir de la dosificación obtenida en el punto anterior.

La dosificación 1:2,75 se procede a reemplazar mediante porcentajes a la arena utilizada anteriormente por el polímero.

Las dosificaciones a tomar en cuenta avanzan progresivamente desde 10, 15, 20 y 30%; con respecto a la cantidad de arena utilizada, es decir, siempre se tomará en cuenta el incremento de PET, frente a la reducción del árido fino.

Respecto al cemento, este tendrá variación de acuerdo al incremento del PET, pero la dosificación se mantendrá en relación 1:2,75.

Para la investigación se realizaron diseños de mortero como sigue

- Mortero base
- Mortero base con aditivos
- Mortero base con PET (10%,15%,25%, 30%).
- Mortero base con PET (10%,15%,25%, 30%) y aditivos.

2.3.2.1 NOMENCLATURA DE MORTEROS DE CEMENTO-ARENA, Y MORTEROS CEMENTO-ADICIONES DE PET PARA ANÁLISIS.

Este estudio analizará las propiedades de tipos de mortero cemento-arena, como mortero base y otro con adiciones de PET y aditivos, clasificándolos como se muestra en el cuadro 2.7.

Anteriormente se definieron los diferentes tipos de mortero con adiciones de PET a ser estudiados y cuya nomenclatura para el

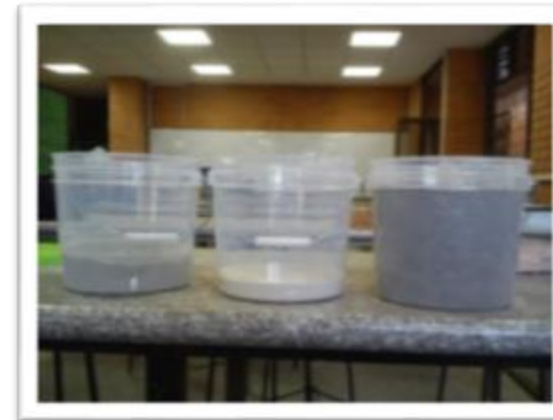
estudio se determina según su dosificación los mismos que se encuentran indicados a continuación:

Cuadro 2.7 Nomenclatura de morteros

MEZCLAS	Base	10% PET	15% PET	20% PET	30% PET	Tabla Comparativa (kgf/cm ²)
	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	
1Aa'; M1A; M2A; M3A; 4A.						
1Ab'; M1B; M2B; M3B; M4B.						
1Ac'; M1C; M2C; M3C; 4C.						
1Ad'; M1D; M2S; M3D; M4D.						
M1E; M2E; M3E; M4E.						
M1F; M2F; M3F; M4F.						
PROMEDIO						

Fuente y Elaboración: Autor

Se realiza la mezcla de los diferentes componentes para cada uno de los morteros a ser estudiados y se realizan los siguientes ensayos en estado plástico.



Fotografía 2.7 Dosificación volumétrica de cemento, arena y PET, de acuerdo a las dosificaciones establecidas.

2.3.3 DOSIFICACIONES DE 10%, 15%, 20% Y 30%

Para obtener la cantidad de materiales (volumen) que se requiere para llenar el molde en el cual se adicionara el PET, es necesario utilizar la fórmula de la densidad y volumen:

En el cuadro 2.8 se tiene una dosificación partiendo del valor total de 100 g. dividido para dos se obtiene el valor del cemento y este valor multiplicado por 0.48% da la cantidad de agua.

Cuadro 2.8 Dosificación preliminar Mortero base

Dosificación	Cemento (g.)	Arena (g.)	H2O (cm3)
1:2.75			

Fuente y Elaboración: Autor

En el cuadro 2.9 se procede a reemplazar el 10% de polímero por la cantidad de arena obtenida preliminarmente. Esto implica modificar los resultados anteriores.

Cuadro 2.9 Dosificación final mortero base con adiciones de PET

Dosificación	Cemento (g.)	Arena (g.)	H2O (cm3)	PET 10%	PET 15%	PET 25%	PET 30%
1:2,75							

Fuente y Elaboración: Autor



Fotografía 2.8 Dosificación volumétrica de los morteros adicionando PET

PROPUESTA

3.1 ENSAYOS

Se realiza muestras para los ensayos de compresión con moldes cúbicos de 50mm. de arista y moldes cilíndricos, especímenes de 3.67 mm. de diámetro.

Una vez rotas las probetas y realizados los respectivos ensayos físico-mecánicos (compresión, flexión, absorción y permeabilidad) se proceden a determinar los resultados en concordancia con la norma NTE INEN 2518. (Mortero para unidades de mampostería. Requisitos).

3.1.1 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión se determinó siguiendo un procedimiento normalizado y es la principal propiedad para evaluar la calidad de las probetas de cemento-arena, PET y agua; definida como la carga máxima, referida a la sección de una probeta sometida a compresión.

"El mortero utilizado consiste de una parte de cemento y 2,75 partes de arena, dosificados en masa. Los cementos portland o cementos portland con incorporador de aire son mezclados con relaciones agua cemento especificadas. El contenido de agua para otros cementos es el necesario para obtener una fluidez de 110 ± 5 en 25 caídas de la mesa

CAPÍTULO 3

de fluidez. Los cubos de ensayo de 50 mm son compactados por apisonado en dos capas. Los cubos son curados un día en sus moldes y luego desencofrados y sumergidos en agua saturada con cal hasta ser ensayados, mediante la aplicación de una carga progresiva de compresión, para determinar su resistencia máxima admisible.

Preparación de los moldes para especímenes

Cubrir las caras interiores del molde y placas de base no absorbentes con una capa delgada de un agente desencofrante. Aplicar aceites o grasas utilizando un paño impregnado u otro medio adecuado. Frotar las caras del molde y la placa de base con un paño si es necesario para quitar cualquier exceso del agente desencofrante y para obtener un recubrimiento fino, uniforme, en las superficies interiores. Cuando se use un lubricante en aerosol, rociar directamente sobre la superficie del molde y la placa de base desde una distancia de 150 mm a 200 mm para lograr una cobertura completa. Después de rociar, frotar las superficies con un paño si es necesario, para quitar cualquier exceso de lubricante en aerosol, el recubrimiento residual debe ser solo el suficiente para permitir que quede una clara huella dactilar después de presionar ligeramente con un dedo.

Sellar las superficies donde las mitades del molde se unen, aplicando una capa de grasa ligera tal como un petrolatum. La cantidad debe ser la suficiente para ser expulsada ligeramente cuando las dos mitades se ajusten entre sí. Retirar el exceso de grasa con un paño.

Después de colocar el molde sobre su placa de base (y ajustar, si es del tipo de abrazadera), quite cuidadosamente con un paño seco cualquier exceso de aceite o grasa del molde y la placa base a las que se debe aplicar un sellante impermeable. Como sellante, utilizar parafina, cera microcristalina, o una mezcla de tres partes de parafina por cada cinco partes de resina, en masa. Licue el sellante calentándolo entre 110 °C y 120 °C. Efectuar un sello impermeable aplicando el sellante líquido en las líneas de contacto exteriores entre el molde y su placa de base.

Preparación de las muestras de ensayo.

Una vez elaborado las probetas se procede a desencofrar a las 24 horas de su elaboración para posteriormente proceder al curado, la cual consiste en sumergir en piscinas de agua y hasta retirarlas en la edad adecuada para realizar la respectiva rotura para los ensayos. Las probetas fueron ensayadas a 28 días" (NORMA NTE INEN 488).



Fotografía 3.1 Preparación de los moldes para especímenes



Fotografía 3.3 Proceso de desencofrado para su posterior curado



Fotografía 3.2 Proceso de desencofrado a las 24 horas.



Fotografía 3.4 Curado de probetas cúbicas para posteriormente realizar los ensayos en los tiempos que se ha previsto (28 días)

Determinación de la resistencia a la compresión.

Ensayar las muestras inmediatamente después de retirarlas del gabinete húmedo, en el caso de las muestras de 24 horas de edad, o del agua de almacenamiento, en el caso de todas las otras muestras. Todas las muestras de ensayo correspondientes a determinada edad de ensayo deben ensayarse dentro de las tolerancias permisibles de tiempo que se indica en la tabla a continuación.

Cuadro 3.1 Tolerancia admisible para la edad de ensayo de cubos

Edad de ensayo	Tolerancia admisible
24 horas	± ½ hora
3 días	± 1 hora
7 días	± 3 horas
28 días	± 12 horas

Fuente y Elaboración: NTE INEN 2518

"Colocar cuidadosamente la muestra en la máquina de ensayo, bajo el centro del cabezal de apoyo superior, de manera que la carga se aplique a dos caras del cubo previamente medidas y que estaban en contacto con las superficies planas del molde. Antes del ensayo de cada cubo debe asegurarse que el cabezal apoyado en la esfera esté libre para bascular. No utilizar materiales de amortiguamiento o cojín. Llevar el cabezal asentado en una esfera hasta que haga contacto uniforme con la superficie del espécimen. Aplicar la velocidad de carga con un

incremento uniforme de velocidad entre los cabezales superior e inferior hasta alcanzar una carga sobre el espécimen entre el rango de 900 a 1.800 N/s, esta velocidad de aplicación de carga debe ser alcanzada durante la primera mitad de la carga máxima estimada y no se debe reajustar la velocidad de carga en la última mitad de la carga, especialmente mientras el cubo está rápidamente fluyendo antes de la falla. Debe registrarse la carga total máxima indicada por la máquina de ensayo.

La resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista se calcula mediante la distribución de la carga máxima de rotura de la muestra en su sección aplicada" (NORMA NTE INEN 488).



Fotografía 3.5 Ensayo. Resistencia a la Compresión, mediciones a cada uno de los elementos a ser ensayados



Fotografía 3.6 Ensayo. Resistencia a la Compresión, pesaje a cada uno de los elementos a ser ensayados



Fotografía 3.8 Ensayo. Resistencia a la Compresión
El cuadro 3.2 indica el resumen de resultados de los ensayos realizados (Ver Anexo N° 2)



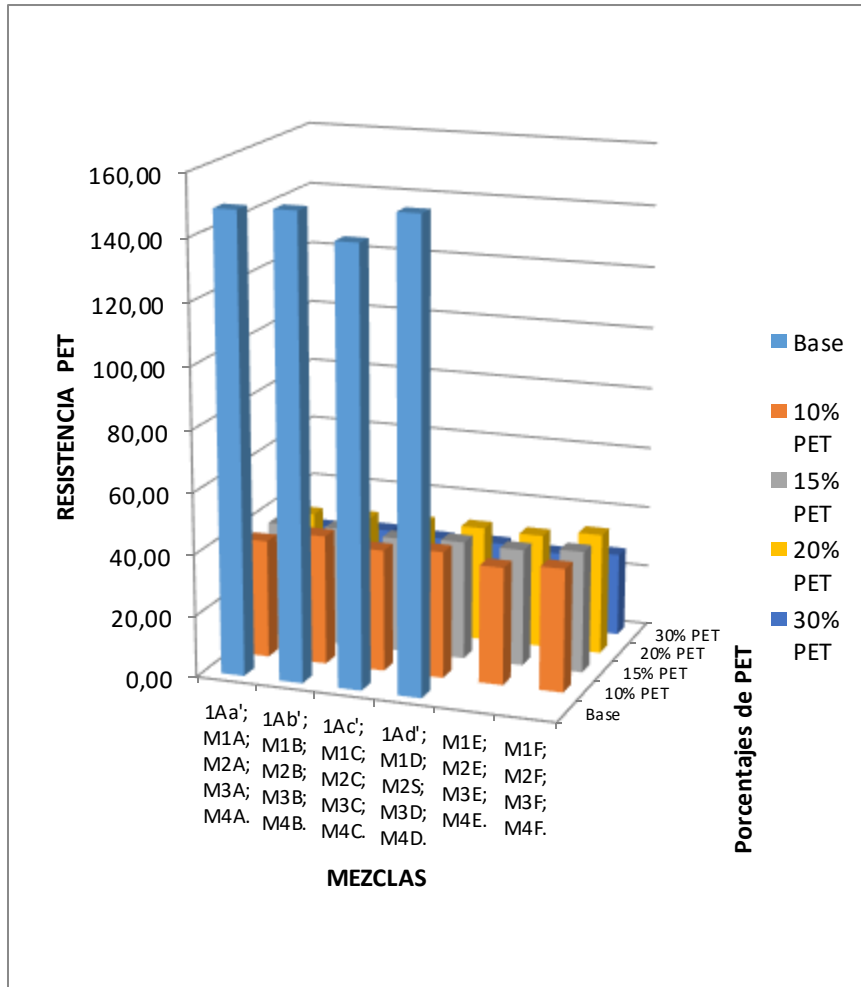
Fotografía 3.7 Ensayo. Resistencia a la Compresión. Equipo

Cuadro 3.2 Resumen de Resultados. Ensayo de Compresión de Morteros saturados.

Mezclas	Compresión a los 28 Días					Tabla Comparativa (Kgf/cm ²)
	Resistencias (PET)					
	Base Kgf/cm ²	10% PET Kgf/cm ²	15% PET Kgf/cm ²	20% PET Kgf/cm ²	30% PET Kgf/cm ²	
1Ad'; M1A; M2A; M3A; M4A.	148.41	38.38	38.19	36.25	25.96	
1Ab'; M1B; M2B; M3B; M4B.	149.45	42.07	38.66	36.89	26.98	
1Ac'; M1C; M2C; M3C; M4C.	141.04	39.51	37.53	37.15	26.15	
1Ad'; M1D; M2S; M3D; M4D.	151.16	41.12	38.57	37.55	26.55	
M1E; M2E; M3E; M4E.		38.19	38.10	37.08	25.36	
M1F; M2F; M3F; M4F.		39.99	39.61	39.42	27.01	
PROMEDIO	147.52	39.88	38.44	37.39	26.34	

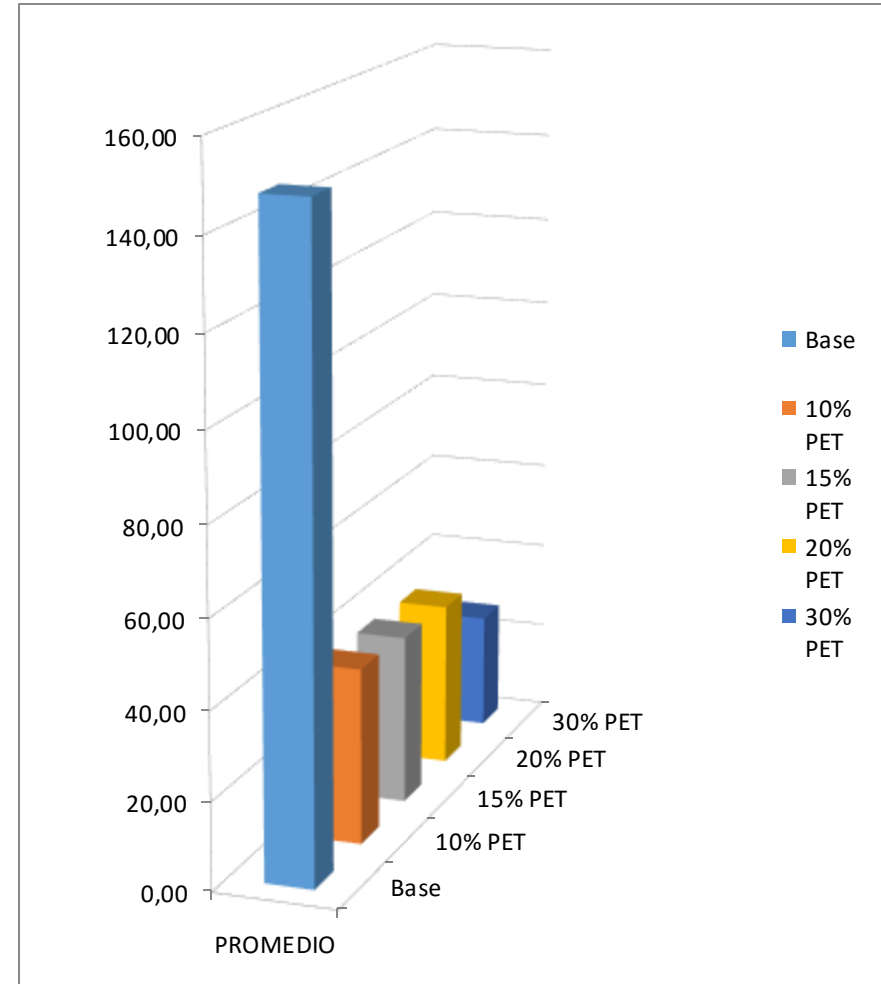
Fuente: Ensayos en Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca. 2017. **Elaboración:** Autor

Gráfico 3.1 Compresión de Cilindros de Morteros Saturados. Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (Esfuerzo Kg/cm²)



Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca.
Elaboración: Autor

Gráfico 3.2 Compresión de Cilindros de Morteros Saturados (Promedios). Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (Esfuerzo Kg/cm²)



Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca.
Elaboración: Autor

3.1.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

Las probetas fueron elaboradas con el mismo mortero con el mismo mortero de PET: mortero base, 10, 15, 20 y 30 %. La probeta tiene una dimensión de 20 cm de largo y 5 cm de lado.

Para la rotura en laboratorio la muestra se coloca en dos apoyos de 15 cm, en la prensa.

“Una viga de hormigón simple apoyada libremente en los extremos es cargada en los tercios de la luz libre hasta que ocurra la rotura del espécimen. La carga aplicada es continua, sin impacto a una velocidad constante. La resistencia a la flexión se determina por medio del módulo de rotura según las expresiones que se indican en esta norma.

Los ensayos a flexión se realizan luego de extraerlos del almacenamiento húmedo. Los especímenes con las superficies secas presentan una reducción en la resistencia a la flexión.

Cuando se utilizan especímenes moldeados, girar el espécimen de ensayo sobre un lado con respecto a su posición como fue moldeado y centrarlo en los bloques de apoyo. Cuando se utilizan especímenes cortados, colocar el espécimen de manera que la cara de tracción corresponda a la parte superior o inferior del espécimen respecto a cómo se lo cortó del material original. Centrar el sistema de carga respecto a la fuerza aplicada. Llevar los bloques de aplicación de carga, al contacto con la

superficie del espécimen en los tercios de la luz libre y aplicar una carga de entre el 3% y el 6% de la carga final estimada. Utilizando calibradores de lámina de 0,10 mm y 0,38 mm, determinar si alguna holgura entre el espécimen y los bloques de aplicación de carga o de apoyo es mayor o menor que cada uno de los calibradores en una longitud de 25 mm o más. Limar, refrentar o usar calzas de cuero en la superficie de contacto del espécimen para eliminar cualquier diferencia mayor a 0,10 mm. Las calzas de cuero deben tener un espesor uniforme de 6,4 mm, un ancho de 25 mm a 50 mm y deben extenderse a todo el ancho del espécimen. Holguras mayores de 0,38 mm deben ser eliminadas solamente por refrentado o limado. Se debe minimizar el limado de superficies laterales puesto que esto puede cambiar las características físicas de los especímenes. El refrentado se lo debe hacer de conformidad con las secciones aplicables de la norma ASTM C 617.

Aplicar carga al espécimen continuamente y sin impacto. La carga debe ser aplicada a una velocidad constante hasta el punto de rotura. Aplicar la carga a una velocidad tal que aumente constantemente el esfuerzo máximo sobre la cara de tracción entre 0,86 MPa/min y 1,21 MPa/min, hasta que se produzca la rotura. La velocidad de carga se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$r = Sbd^2/L$$

Donde:

r = velocidad de carga, en N/min,

S = velocidad del incremento del esfuerzo máximo sobre la cara de tracción, en MPa/min,

b = promedio del ancho del espécimen, según la orientación en el ensayo, en mm,

d = promedio de la altura del espécimen, según la orientación en el ensayo, en mm,

L = luz libre de la viga, en mm" (NORMA NTE INEN 2554; ASTM C78).

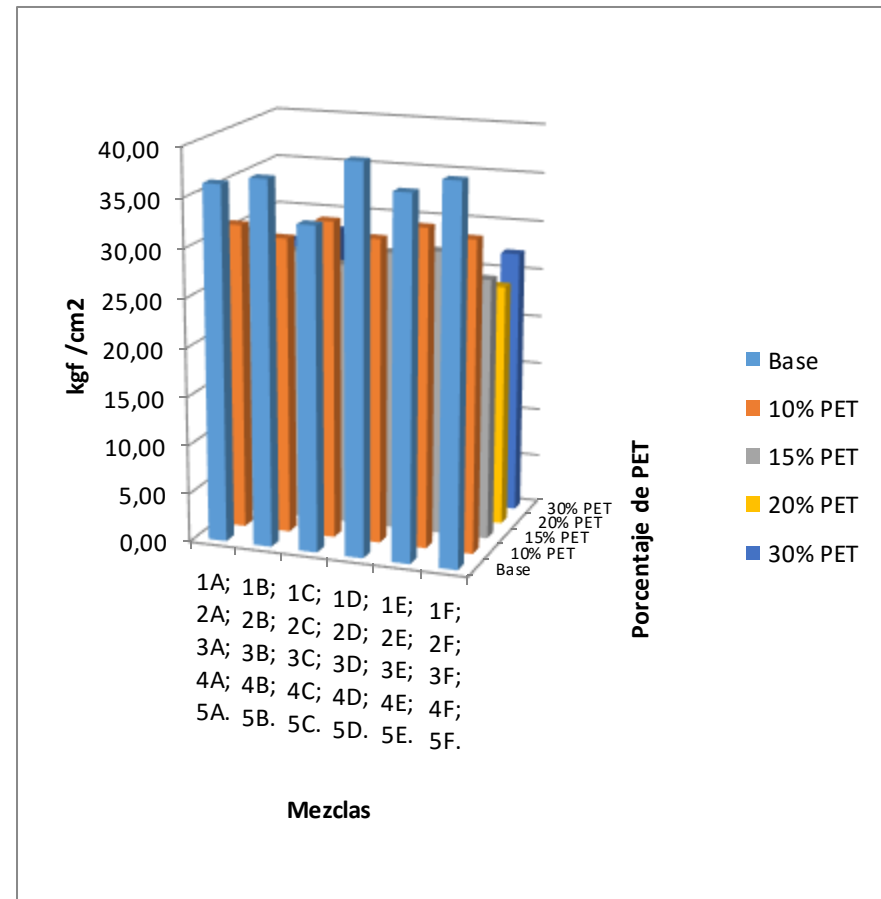
El cuadro 3.3 indica el resumen de resultados de los ensayos realizados. (Ver Anexo N° 3)

Cuadro 3.3 Resumen de Resultados. Ensayo de Flexión de Morteros saturados

Mezclas	Flexión a los 28 Días					Tabla Comparativa
	Módulo de rotura					
	Base	10% PET	15% PET	20% PET	30% PET	
	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	Kgf/cm ²	
1A; 2A; 3A; 4A; 5A.	36.28	31.29	29.62	24.74	26.79	
1B; 2B; 3B; 4B; 5B.	37.11	30.29	27.96	25.26	28.20	
1C; 2C; 3C; 4C; 5C.	32.95	32.35	26.96	25.78	24.80	
1D; 2D; 3D; 4D; 5D.	39.44	30.97	28.55	24.19	25.47	
1E; 2E; 3E; 4E; 5E.	36.78	32.45	29.07	25.30	25.63	
1F; 2F; 3F; 4F; 5F.	38.24	31.66	26.63	24.80	27.13	
PROMEDIO	36.80	31.50	28.13	25.01	26.34	

Fuente: Ensayos en Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad De Ingeniería. Universidad de Cuenca. **Elaboración:** Autor

Gráfico 3.3 Flexión de Vigas de Morteros. Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (Esfuerzo Kgf/cm²)



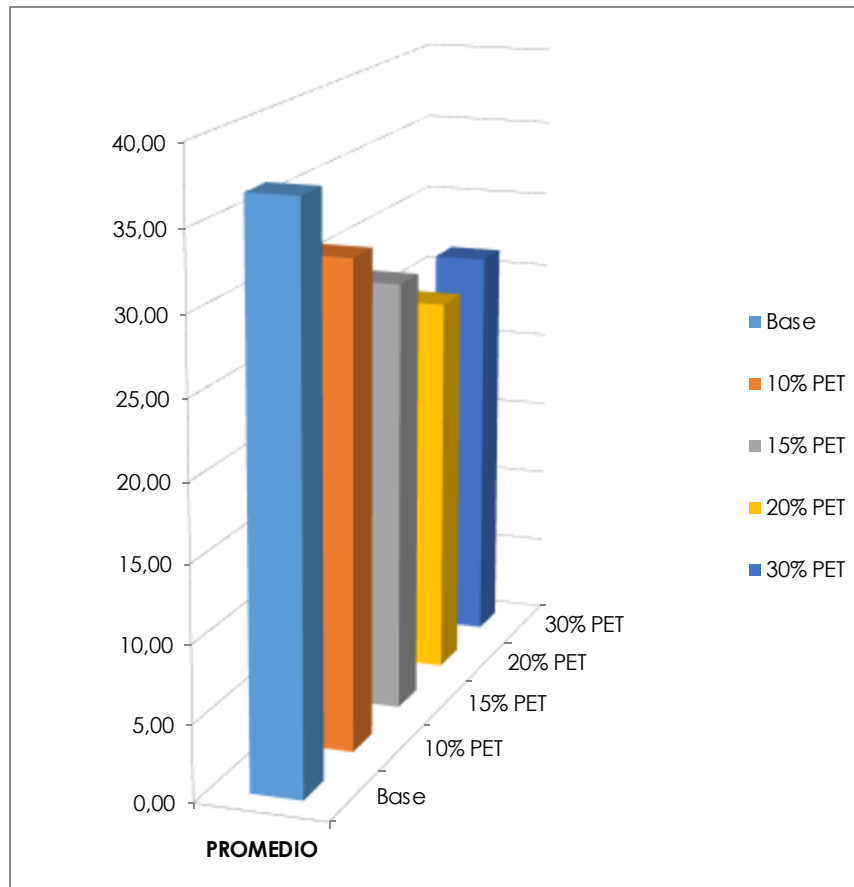
Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca. **Elaboración:** Autor

Gráfico 3.4 Flexión de Vigas de Morteros Saturados. Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (Esfuerzo Kgf/cm²)

ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y FLEXIÓN

Una vez rotas las probetas y realizados los respectivos ensayos físico-mecánicos de compresión, se proceden a determinar los resultados, determinando que:

- Lo resultados obtenidos y las gráficas muestran que el incremento del PET, disminuye la resistencia.
- En el caso de los pesos volumétricos son mejores mientras mayor PET tienen, es más liviano y débil, es decir con menor resistencia.
- Para la resistencia a la compresión no hay gran variación o ninguna, porque el impermeabilizante no actúa para la compresión, un impermeabilizante es simplemente para que no pueda traspasar humedad.
- Uno de los objetos es ver el comportamiento de la permeabilidad porque tenemos plástico adicionado con impermeabilizante para ver la variación si es que puede atravesar el agua.
- Ver la resistencia entre los materiales, el comportamiento; mientras mayor incremento de PET, se observa que resistencia a la compresión presenta como resultado que, mientras mayor cantidad de PET se adicione, va a reducir la resistencia a la compresión considerablemente.
- Otro de los objetivos es el relacionado al comportamiento de la resistencia con el peso volumétrico, mientras mayor PET vaya



Fuente: Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Cuenca.
Elaboración: Autor

incrementado, tenemos menor peso volumétrico; es decir, se hace más liviano, dando lugar a una mejor trabajabilidad.

- La resistencia a flexión se interpreta en relación a la carga aplicada, como se puede indicar que el mortero con el 20% de PET tiene el menor módulo de rotura.
- Es importante indicar que el mortero de pega tiene mejor trabajabilidad en la compresión y no en flexión.



Fotografía 3.9 Ensayo. Resistencia a Flexión

3.1.3 DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

"El ensayo determina el coeficiente de permeabilidad (K) de una muestra, entendiendo por permeabilidad, la propiedad de un material que permite el paso del agua a través de sus vacíos, bajo la acción de una carga hidrostática. No todos los materiales tienen la misma permeabilidad. El grado de

permeabilidad de un material, se mide por su coeficiente de permeabilidad, el cual se basa en la ley propuesta por Darcy en el Siglo XIX, la cual señala:

$$V = K * i$$

Donde:

V = velocidad de escurrimiento de un fluido a través del material

K = coeficiente de permeabilidad propio y característico

i = gradiente hidráulico, el cual representa la relación entre la diferencia de niveles (H) y la distancia (L) que el agua recorre Independiente de lo anterior, existen factores que influyen en la permeabilidad de un material, como por ejemplo la viscosidad del fluido (varía según la temperatura), el tamaño, continuidad de poros y grietas a través de los cuales pasa el fluido o la presencia de discontinuidades" (NORMA ASTM D2434).

Se realizaron en probetas cilíndricas, previo al ensayo de compresión.

Este ensayo se realiza en una célula triaxial o máquina triaxial, en primer lugar sacamos una muestra cilíndrica que se encuentra curado a la edad que se requiere realizar el ensayo, procedemos a poner en la célula triaxial es decir en el centro del espacio cilíndrico, adicionalmente colocamos una membrana para que no pueda introducirse el agua que esta alrededor de la muestra, solo podrá introducirse por la parte inferior y superior de la muestra mediante unas mangueras a presión.

Una vez que llenamos la célula en la parte exterior de la muestra con agua, le enviamos presión o presión de cámara, es la que impide que el agua atravesase a la muestra por sus lados laterales sino únicamente por su parte central.

Luego se realiza presiones de cola en la parte superior e inferior de la muestra

La diferencia de estas dos presiones nos da un gradiente hidráulico Datos de la muestra. Diámetro altura, área etc. Una vez que introducimos en la célula triaxial damos una carga hidráulica que es igual a los metros de columnas de agua de presión.

El gradiente hidráulico se calcula mediante una fórmula mediante la carga hidráulica dividido para la altura de la muestra.

Una vez que se haya obtenido un flujo continuo de lo que atraviesa el agua, se empieza el ensayo porque la muestra anteriormente se estaba saturando, una vez que ya empieza a traspasar el agua continuamente, se empieza a tomar en tiempos conocidos el volumen de agua que atraviesa la muestra, (ejemplo en un tiempo determinado de 1800 seg. Atraviesa la muestra 0.57 cm³); tiempo, volumen) lo que se calcula es el KT (coeficiente de permeabilidad a la temperatura del agua que se toma en el momento del ensayo), en este caso fue de 16 °C, cabe indicar que la temperatura se normaliza a K20, es decir a una temperatura de 20 °C, en el caso que quiero comparar con otro ensayo por ejemplo a 14 °C la permeabilidad, no va hacer lo mismo porque la densidad del agua, mientras menor temperatura tenga es más densa, mientras más densa sea el agua, menor volumen va a atravesar, no existe punto de comparación, por lo que al momento de comparar siempre se utiliza K20, por consiguiente como el ensayo se realizó a 16 °C se calcula el coeficiente de permeabilidad KT y se calcula a K20, este es el resultado final del ensayo, en este caso se realizó 6 datos para obtener el promedio. El cuadro 3.4 indica el resumen de resultados de los ensayos realizados. (Ver Anexo N° 4)

Cuadro 3.4 Resumen de Resultados. Ensayo de Permeabilidad.

TABLA DE RESULTADOS SIN IMPERMEABILIZANTE								
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD A 16°C								
% PET	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	KT6	KT7	KT PROMEDIO
Mortero Base	5.31E-07	5.94E-07	6.68E-07	7.53E-07				6.37E-07
10%	1.47E-06	1.47E-06	3.57E-07	1.46E-06	1.46E-06	1.46E-06	1.22E-06	1.27E-06
15%	5.56E-07	7.26E-07	5.74E-07	6.57E-07	6.59E-07	6.43E-07	5.97E-07	6.30E-07
20%	7.29E-07	6.35E-07	6.47E-07	6.39E-07	6.78E-07	6.63E-07	6.73E-07	6.66E-07
30%	2.13E-07	5.75E-08	5.99E-08	5.81E-08	5.14E-08			8.80E-08

TABLA DE RESULTADOS SIN IMPERMEABILIZANTE								
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD A 20°C								
% PET	K20	K20	K20	K20	K20	K20	K20	K20 PROMEDIO
Mortero Base	5.87E-07	6.57E-07	7.39E-07	8.33E-07				7.04E-07
10%	1.63E-06	1.62E-06	3.95E-07	1.61E-06	1.62E-06	1.61E-06	1.34E-06	1.40E-06
15%	6.15E-07	8.03E-07	6.34E-07	7.27E-07	7.28E-07	7.11E-07	6.60E-07	6.97E-07
20%	8.07E-07	7.02E-07	7.15E-07	7.06E-07	7.50E-07	7.33E-07	7.44E-07	7.37E-07
30%	2.35E-07	6.36E-08	6.62E-08	6.43E-08	5.68E-08			9.73E-08

TABLA DE RESULTADOS CON IMPERMEABILIZANTE						
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD A 16°C						
% PET	KT1	KT2	KT3	KT4	KT5	KT PROMEDIO
10%	3.54E-07	3.61E-07	3.52E-07	3.49E-07	3.56E-07	3.55E-07
15%	5.51E-07	5.42E-07	5.40E-07	5.40E-07	5.44E-07	5.43E-07
20%	7.32E-07	7.42E-07	7.61E-07	7.86E-07	7.95E-07	7.63E-07
30%	2.26E-07	2.41E-07	2.46E-07	2.50E-07	2.53E-07	2.43E-07

TABLA DE RESULTADOS CON IMPERMEABILIZANTE						
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD A 20°C						
% PET	K20	K20	K20	K20	K20	K20 PROMEDIO
10%	3.92E-07	3.99E-07	3.89E-07	3.86E-07	3.94E-07	3.92E-07
15%	6.09E-07	5.99E-07	5.97E-07	5.97E-07	6.02E-07	6.01E-07
20%	8.09E-07	8.21E-07	8.42E-07	8.69E-07	8.79E-07	8.44E-07
30%	2.49E-07	2.67E-07	2.72E-07	2.76E-07	2.80E-07	2.69E-07

Fuente: Ensayos en Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad De Ingeniería. Universidad de Cuenca. **Elaboración:** Autor

ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Este ensayo sirve para ver qué tan impermeable es el elemento. Para el caso de la investigación se realiza la comparación con el mortero base. Se tiene un mortero que con 7,04^{-0.7} y con porcentajes de PET va aumentando como es el caso del 30% que tiene 9,73^{-0.8}, quiere decir que este mortero es menos permeable o en este mortero pasa menos agua, por lo consiguiente en el mortero base pasa más agua.
- Para ser utilizado en mampostería, el mortero de pega genera permeabilidad, por lo que resulta efectivo en su aplicación.
- En el caso de la permeabilidad en enlucido, no va a penetrar el agua o si lo hace no va a penetrar como la hace lo va a ser en menor cantidad que un mortero común o convencional, por lo que en este aspecto se desempeñó de manera positiva los mortero en estudio.

3.1.4 ENSAYO DE ABSORCIÓN EN ESPECÍMENES CÚBICAS DE ARISTA DE 50 mm.

"En este tipo de ensayo se estable el criterio de la capacidad de absorber el agua de un elemento en un periodo de tiempo.

Saturación.- Sumergir en agua los especímenes para ensayo, a una temperatura entre 16°C y 27°C durante un lapso de n24 a 28 horas. Determinar la masa de los

especímenes mientras están suspendidos por un alambre de metal y totalmente sumergidos en el agua y registrar este valor como M (masa del espécimen sumergido), Retirarlos del agua y dejar que se escurra durante 60 segundos colocándolos sobre una malla retirar el agua visible mediante el contacto con una franela, determinar su masa y registrar como Ms (masa del espécimen saturado).

Secado.- Luego de la saturación secar todos los especímenes en un horno ventilado a una temperatura entre 100°C y 115°C durante al menos 24 horas, registrar la masa de los especímenes secos como Md (masa del espécimen seco al horno)

A continuación se anota el peso de esta masa saturada y se coloca 24 horas en el horno a 110 °C +/-5 °C, al siguiente día se retira la muestra y se pesa anotando el peso seco de la muestra y la diferencia de los dos nos da el peso del agua; es decir, el peso húmedo de la muestra que es la saturada menos el peso seco puesta en el horno nos va a dar el peso del agua, este peso del agua se divide para el peso seco y tenemos el porcentaje de absorción.

Cálculo del porcentaje de absorción.

$$Absorción\% = \frac{Ms - Md}{Md} \times 100$$

Donde:

Ms = masa del espécimen saturado (gm)

Md = masa del espécimen seco al horno (gm)

Para ello se somete a la muestra cúbica de arista de 50 mm., fue curado durante 28 días sumergido en el agua, luego de ello se retiró para consecutivamente ser secado con una franela la superficie de la muestra a ser pesada" (Norma NTE INEN 639 (Esta norma fue aplicado sus conceptos de absorción)).

Cuadro 3.5 Resumen de Resultados. Ensayo de Absorción.

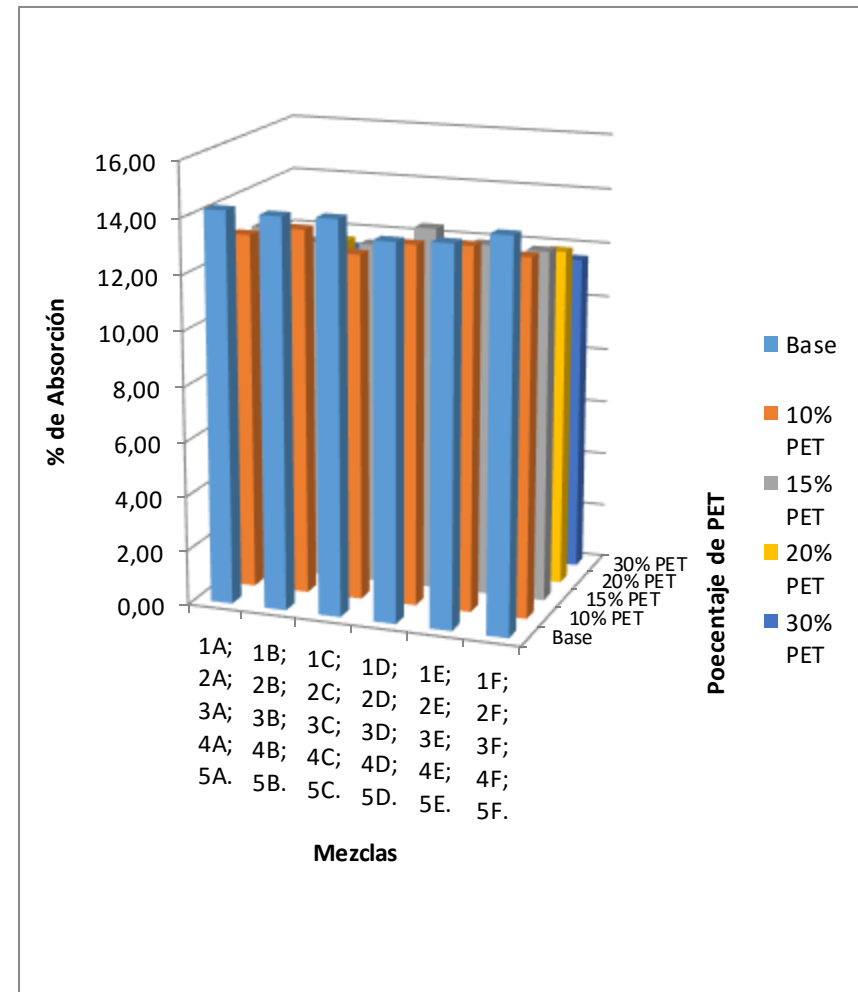
Mezclas	Porcentajes de Absorción					Tabla Comparativa (%)
	Absorción a los 28 Días					
	Base	10% PET	15% PET	20% PET	30% PET	
	%	%	%	%	%	
1A; 2A; 3A; 4A; 5A.	14,26	13,00	12,85	11,89	11,44	
1B; 2B; 3B; 4B; 5B.	14,19	13,33	12,46	12,12	11,44	
1C; 2C; 3C; 4C; 5C.	14,24	12,59	12,52	12,12	11,39	
1D; 2D; 3D; 4D; 5D.	13,60	13,09	13,26	12,03	11,22	
1E; 2E; 3E; 4E; 5E.	13,70	13,20	12,82	12,38	11,05	
1F; 2F; 3F; 4F; 5F.	14,12	12,96	12,74	12,32	11,60	
PROMEDIO	14,02	13,03	12,77	12,14	11,36	

Fuente: Ensayos en Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad De Ingeniería. Universidad de Cuenca. **Elaboración:** Autor

ANÁLISIS DE RESULTADOS

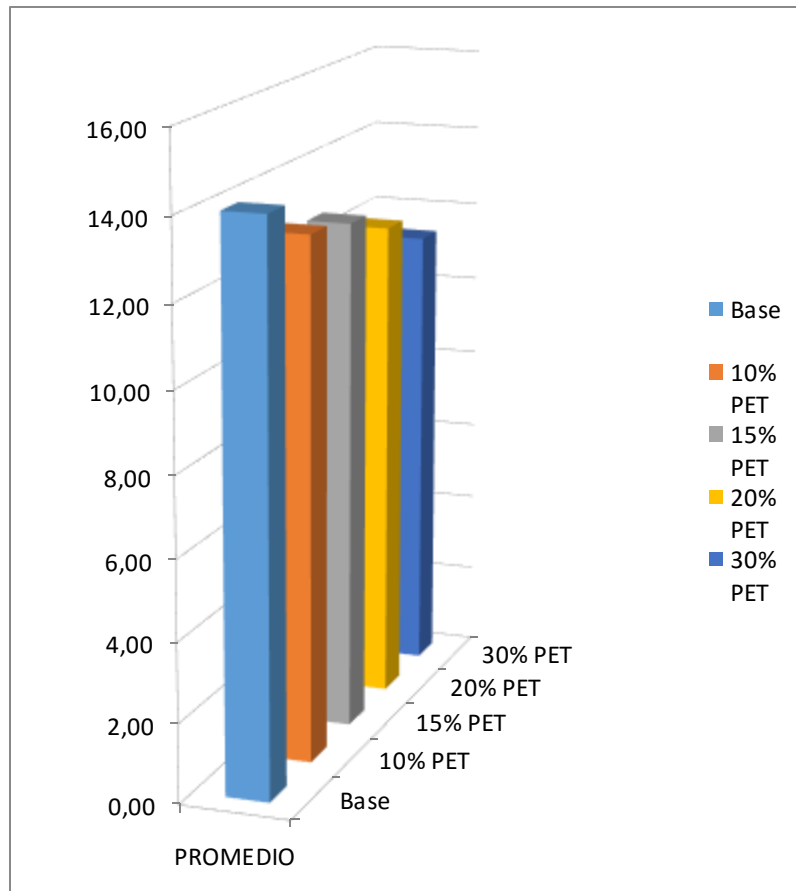
- Para ser utilizado en mampostería, el mortero de pega con el 30% de PET, tiene una capacidad de absorción de agua menor (11,36 %) en comparación con el de 10% (13,03 %). Resulta efectivo que su bajo contenido de agua incrementa la resistencia del mortero, cuanto más compacto sea un mortero, menor será la red capilar y, en consecuencia, menor absorción presentará.

Gráfico 3.5 Ensayos de Absorción de Morteros Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (%)



Fuente: Ensayos en Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad De Ingeniería. Universidad de Cuenca. **Elaboración:** Autor

Gráfico 3.6 Ensayo de Absorción de Morteros (Promedios) Gráfica de Comportamientos Comparativos a los 28 Días (%).



Fuente: Ensayos en Laboratorio de Suelos y Materiales. Facultad De Ingeniería. Universidad de Cuenca. **Elaboración:** Autor

3.1.5 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN MORTERO PROTOTIPO

En el Cuadro N° 3.3 se puede observar las resistencias obtenidas en laboratorio de los diferentes morteros con sus respectivas

dosificaciones, lo que permitirá tener una idea clara del comportamiento de la materia prima PET en cuanto a la elaboración de mortero de pega se refiere, con la finalidad de escoger la dosificación ideal para el prototipo que permitirá validar el objetivo central del presente trabajo de investigación, bajo los siguientes criterios:

- La dosificación del 10%, presenta la más alta resistencia durante el ensayo a la compresión.
- Las dosificaciones del 15 y 20%, tiene una considerable disminución en cuanto a su resistencia se refiere.
- La dosificación del 30% presentan valores inferiores a los obtenidos con la dosificación del 10%.
- A partir de la dosificación del 15%, se puede apreciar como empieza a tener una considerable disminución la resistencia de las dosificaciones del 20 y 30%.

Una vez realizado el análisis de la adición de varias dosificaciones (ver cuadro N° 3.3), se toma como dosificación final la del 20% de PET, por cuanto presenta las mejores características frente a las restantes dosificaciones.

3.2 RESULTADOS

- La investigación realizada determina que la aplicación de este mortero no es viable para elementos estructurales, pero que es viable para pegado de ladrillos o enlucidos.
- -La reutilización de un material (RSU) muy contaminante en procesos constructivos transforma al elemento en estudio en una alternativa para la construcción de mamposterías, enlucidos, material inyectable, para edificaciones y ser un material más amigable con el medio ambiente.
- -La utilización de Polientilentereftalato en la elaboración de materiales alternativos para la construcción se convierte en una alternativa importante para potenciar los procesos de reciclaje en la ciudad y otros centros urbanos del país.
- -La presente investigación se convertirá en una alternativa para la reutilización de RSU, contribuyendo con el medio ambiente; creando, materiales de construcción más amigables con el medio ambiente.
- -Durante el proceso de elaboración del mortero, se pudo evidenciar que al reemplazar el polímero por el árido fino en especial en las dosificaciones 10%, y 15 % las mezclas de los materiales se vuelve muy fácil el hacerlo, no así aquellas dosificaciones restantes, debido a que el aumento de PET genera un esponjamiento del producto provocando un incremento de los vacíos.

- -Por el contrario, el esponjamiento produce un alivianamiento significativo, lo que se podría reflejar en la considerable reducción de carga muerta.

3.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez obtenido los resultados de los diferentes ensayos, se estableció la viabilidad del PET-cemento con las siguientes conclusiones:

- -La implementación de mortero/ PET como elemento no estructural en mamposterías, garantizan mejor aislación térmica y baja pérdida de calor, por ende, mejores niveles de confort en viviendas en climas templados como en caso de la ciudad de Cuenca.
- -Al producir un material nuevo que presenta excelentes características para su uso masivo en la región, reduce los niveles de contaminación.
- La presente investigación se convertirá en el inicio de futuras investigaciones debido a su potencial como un nuevo material de construcción. Por lo tanto, se sugiere realizar nuevas investigaciones para implementar y desarrollar sistemas constructivos innovadores para la correcta utilización del mortero de pega /PET.
- -En el futuro la aplicación y adherencia como enlucidos y empastes para elementos de recubrimiento final sobre mampostería.

- -Se propone en futuras investigaciones estudiar otros elementos constructivos como paneles para paredes y cielo raso, puertas.
 - Darle uso a un material reciclable, y conocer las propiedades con las características físico-mecánicas (compresión, flexión, absorción y permeabilidad) que posee.
 - Los ensayos físico-mecánicos que se realizaron a compresión nos indican que estos redujeron su resistencia; es decir, que al ser usado el mortero a compresión este no es adecuado, porque reduce su resistencia pero gana menor peso es decir es menos denso.
 - Los morteros realizados nos dan como resultado que la permeabilidad está funcionando porque al ser plástico evita que pase el agua y al ser menos permeable permitió que sea seguro y genere menos humedad al interior de una habitación.
 - -El PET al ser un material inerte no produce emisiones tóxicas tanto para el hormigón como para los ambientes interiores y exteriores de viviendas.
 - -Para futuras investigaciones el Mortero/PET puede implementar tecnologías de producción que no contamine el medio ambiente y disminuya el consumo de recursos naturales como la arena.
- -La adición del polímero en diferentes porcentajes ha permitido tener una idea cierta sobre los efectos que ocasiona este material en la resistencia final del elemento; por lo tanto la hipótesis planteada inicialmente en el presente trabajo de investigación, "Elaboración de Morteros con adición de Polímeros (PET)" pueden ser elaborados con Polietileno-tereftalato (PET), transformándose en una alternativa de construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angumba, P., (2016). Ladrillos elaborados con Plástico Reciclado (Pet), para Mampostería no Portante (tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Cañizares, I., (2012). Diseño de mezclas de hormigón autocopactante utilizando materiales de la zona (tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Celi, M., (2013). Análisis del sistema constructivo con botellas Recicladas PET y su aplicación en el diseño de un centro de exposición y capacitación para la Planta de Reciclaje de la ciudad de Loja (tesis de grado). Universidad Técnica Particular de Loja. Loja, Ecuador.
- Costa Del Pozo Antonella. (2012;) Estudio de hormigones y morteros aligerados con agregados de plástico reciclado como árido y carga en la mezcla (tesis de maestría). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.
- González de la Cadena, J., (2016). Estudio del Mortero de Pega usado en el Cantón Cuenca. Propuesta de Mejora, Utilizando Adiciones de Cal (tesis de maestría). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.
- Junco, C., (2012). Morteros aligerados con residuos de espumas rígidas de poliuretano Obtención, caracterización y puesta en obra (tesis doctoral). Universidad de Burgos. Burgos, España
- Posadas, M., (2011). Análisis de ciclo de vida de materiales y tecnologías sustentables para la vida (tesis de grado). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, México.
- Patiño Quezada Martha Ximena. 2013. Plan Estratégico para la Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca para el Periodo 2013-2018 (tesis de grado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Quituisaca Carrillo Giovanni P. (2017). Mejoramiento de mortero de yeso a base de fibra de sisal, aplicable en mampostería de ladrillo para evitar fisuramiento. (tesis de grado). Universidad Técnica Particular de Loja, Loja, Ecuador.
- Saldarriaga Erika D. (2016). Aplicación de la Norma NTE INEN 2536:2010 en la Selección de Materiales de Construcción en Manta (tesis de maestría). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
- Gaggino, R., (2003, mayo). Nueva tecnología constructiva usando materiales reciclados para caso de emergencia habitacional. Revista INVI, vol. 18, núm. 47, Recuperado de [http// www.revistainvi.uchile.cl](http://www.revistainvi.uchile.cl)
- Gaggino, R., (2009, agosto) Ladrillos y Placas Prefabricadas con Plásticos Reciclados aptos para la Autoconstrucción. Revista INVI, vol. 23, núm. 63, pp. 137-147-163. Recuperado de [http// www.revistainvi.uchile.cl](http://www.revistainvi.uchile.cl)
- Hincapié, A. (2003). Agregado reciclado para morteros. Revista Universidad EAFIT. Vol. 39 pp76-89. Recuperado de [http// www.revista-universidad-eafit](http://www.revista-universidad-eafit)
- Van Der Rest, J. (2002). El pobre habita primero, luego construye. Conferencia dictada en el Seminario Internacional "Experiencias habitacionales en el mundo y sus aportes a la emergencia económica en el Cono Sur latinoamericano 28 al 29 de noviembre de 2002. Córdoba, Argentina.
- Bosio, G.; Ferrero A. Pipa D. y Massuh H.: Viviendas para emergencias en el Litoral. En: Revista Vivienda, N°454, Mayo del 2000, p 54-59.
- Salamanca, Correa Rodrigo., (2001) La tecnología de los morteros. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, diciembre 41-48 Bogotá, Colombia. Recuperado de [http// www.redalyc.org/ articulo.oa?id=91101107](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101107)

- Rodríguez-Mora, O. Morteros Guía General. AFAM Asociación Nacional de Fabricantes de Mortero c/ San Bernardo, 20, 1º, 28015 Madrid
- Pons, G. (2002). Para la Prevención y Alivio de Desastres. II Conferencia de Ecomateriales, 24 al 27 Septiembre de 2001, Santa Clara, Cuba.
- Diccionario de la lengua española. Real Academia Española. 22ª edición. Madrid: Espasa Calpe. 2001.
- CPE INEN-NEC-SE-MP 26-6 Primera edición 2014-xx CAPÍTULO 6: MAMPOSTERÍA ESTRUCTURAL
- Crespo S. (2009). Materiales de construcción para edificación y obra civil. Editorial Club Universitario. Recuperado de www.tirant.com/.../materiales-de-construccion-para-edificaciones-y-obra-civil-santiago.
- INEN NEC 1806 Cemento para Mortero. Requisitos. 2015
- Frondistou- Yannis Stamatia. Waste (1977) Concrete as Aggregate for a New Concrete. Journal of American Concrete Institute. Detroit Vol 74 nº 8. p, 373-376
- INEN NEC 2536 Áridos Para Uso En Morteros Para Mampostería. Requisitos. 2010
- CPE INEN-NEC-SE-MP 26-6 Primera Edición 2014-Xx Capítulo 6: Mampostería Estructural
- Suárez Ángel Ernesto. (2010). Caracterización de la Ceniza Volcánica Del Tungurahua para la Fabricación de un Aglomerante Cal- Puzolana. Tesis de grado. Universidad de Cuenca Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil.
- Revista. Fac. Ing. Universidad Central de Venezuela v.23 n.1 Caracas mar. Departamento de Ingeniería Estructural, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Alesmar Luis. 2008.
- Patiño Quezada Martha Ximena. 2013 Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Plan Estratégico para la Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca para el Periodo 2013-2018. .
- EMAC Cuenca (Empresa Municipal de Aseo de Calles) y ARUC (Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca). (2014) Estudio de la situación socio- económica de los recicladores y sus organizaciones en las ciudades de Quito, Cuenca, Guayaquil, Portoviejo, Manta y Loja (Advance Consultora)
- Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia Dirección de Desarrollo Sostenible. (2005) Política ambiental para la gestión Integral de residuos o desechos Peligrosos.
- Furlan, V.; Bisseger, P. 1975 Les mortiers anciens. Histoire et essais d'analyse scientifique. Revue suisse d'Art et d'Archéologie; 32: 1-14.
- Alvarez, J., y Perez A., y García P., (1995) Historia de los Morteros. Boletín Informativo. Materiales y técnicas. Universidad de Navarra. Recuperado de <http://www.iaph.es/revistaph/phparticle/download/>
- Guerrero Castro Cristian Camilo. Ensayos de Resistencia a Compresión, Flexión y Tensión de Morteros". Laboratorio de Materiales. Facultad de Ingeniería Civil Universidad del Cauca. Popayán (2014).
- Mansilla Pérez, Ruiz Marcos (2009) Reciclaje de botellas de PET para obtener fibra de poliéster. Revista: Ingeniería Industrial, número 27 2009 pp123 -137, Lima Perú. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428493008>
- Toirac Corral José (2012). Caracterización Granulométrica de las Plantas Productoras de Arena en la República Dominicana, su Impacto en la Calidad y costo del Hormigón. Revista Ciencia y Sociedad, vol.XXXVII, num.3 julion2012 pp.293-334 <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87024622003>
- Ramírez Aurelio, Navarro Leticia, Conde Jorge (2010). Degradación química del (Pet) Poli Entilén Tereftalato. Revista: Colombiana de Química, vol. 39 número 3 2010 pp. 321-

331, Colombia. Recuperado de [https// revistas.unal.edu.com/index.php](https://revistas.unal.edu.com/index.php)

<http://www.elecolegista.com.mx>.

<http://www.andes.info.ec/es/sociedad/cuenca-lidera-reciclaje-basura-ecuador-involucrando-60-sus-habitantes.html>.

www.col.sika.com/es/reparacion-concreto/soluciones.../aditivos-para-morteros.html

<https://prezi.com/z2ltmh4wuvza/agua-para-concreto-y-mortero>

ANEXOS

Anexo N°1 Ensayo granulométrico de la arena

Anexo N°2 Cuadros de Resultados. Ensayo de Compresión

Anexo N°3 Cuadros de Resultados. Ensayo de Flexión

Anexo N°4 Cuadros de Resultados. Ensayo de Absorción

Anexo N°5 Cuadros de Resultados. Ensayo de Permeabilidad

ANEXO N° 2

PROYECTO:	"ELABORACIÓN DE MORTEROS CON ADICIÓN DE POLÍMEROS (PET)"
SOLICITADO POR:	Stalin Cabrera Rodríguez
DIRECTOR:	MSc. Arq. Pedro Angumba A.
FECHA:	18/4/2017

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE MORTEROS SATURADOS

F. Confección	F. Ensayo	Diámetro	Altura	Peso	Área	Peso/Vol.	Carga	Esfuerzo	Nomenclatura
		cm	cm	g	cm ²	g/cm ³	Kgf	Kgf/cm ²	
Compresión Mortero Base (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.01	193.52	10.58	2.03	695.91	65.79	1A a
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.01	191.03	10.58	2.00	726.04	68.63	1Ab
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.02	193.48	10.58	2.03	726.04	68.63	1Ac
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.01	192.83	10.58	2.02	697.49	65.93	1Ad
Compresión Mortero con 10% de "PET" + Aditivo Impermeabilizante (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.26	187.45	10.58	1.91	654.66	61.89	1B
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.23	187.85	10.58	1.92	668.11	63.16	2B
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.14	184.94	10.58	1.91	642.76	60.76	3B
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.03	183.93	10.58	1.93	637.40	60.25	4B
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.31	186.39	10.58	1.89	640.38	60.54	5B
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.39	187.42	10.58	1.89	655.81	61.99	6B
Compresión Mortero con 15% de "PET" + Aditivo Impermeabilizante (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.18	178.86	10.58	1.84	394.63	37.31	1C
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.21	179.28	10.58	1.84	420.12	39.71	2C
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.17	179.81	10.58	1.85	398.35	37.66	3C
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.17	174.99	10.58	1.80	394.63	37.31	4C
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.11	178.30	10.58	1.85	389.53	36.82	5C
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.06	176.46	10.58	1.84	412.56	39.00	6C
Compresión Mortero con 20% de "PET" + Aditivo Impermeabilizante (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.26	181.72	10.58	1.86	612.71	57.92	1D
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.23	179.10	10.58	1.83	621.53	58.75	2D
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.17	179.33	10.58	1.85	644.46	60.92	3D
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.24	180.93	10.58	1.85	654.66	61.89	4D
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.31	180.96	10.58	1.84	638.93	60.40	5D
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.21	179.60	10.58	1.84	625.09	59.09	6D
Compresión Mortero con 30% de "PET" + Aditivo Impermeabilizante (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.16	170.41	10.58	1.76	534.33	50.51	1E
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.29	167.66	10.58	1.71	514.96	48.68	2E
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.26	171.05	10.58	1.75	522.63	49.41	3E
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.17	169.02	10.58	1.74	532.26	50.32	4E
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.22	170.05	10.58	1.74	548.61	51.86	5E
18/4/2017	16/5/2017	3.67	9.21	169.77	10.58	1.74	545.28	51.55	6E

ANEXO N° 3

PROYECTO:		"ELABORACIÓN DE MORTEROS CON ADICIÓN DE POLÍMEROS (PET)"							
SOLICITADO POR:		Stalin Cabrera Rodríguez							
DIRECTOR:		MSc. Arq. Pedro Angumba A.							
FECHA:		18/4/2017							
		Longitud entre Apoyos (cm)=15							
ENSAYO A LA FLEXIÓN DE MORTEROS									
F. Confección	F. Ensayo	Peso	Lado (a)	Lado (b)	Longitud	Peso/Vol.	Carga	Módulo de Rotura	Nomenclatura
		g	cm	cm	cm	g/cm ³	Kgf	Kgf/cm ²	
Flexión Mortero Base (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	1026.3	5.00	5.20	20.00	0.05	218.00	36.28	1A
18/4/2017	16/5/2017	1025.3	5.00	5.20	20.00	0.05	223.00	37.11	1B
18/4/2017	16/5/2017	1004.1	5.00	5.20	20.00	0.05	198.00	32.95	1C
18/4/2017	16/5/2017	1021.6	5.00	5.20	20.00	0.05	237.00	39.44	1D
18/4/2017	16/5/2017	1043.7	5.00	5.20	20.00	0.05	221.00	36.78	1E
18/4/2017	16/5/2017	988.2	5.00	5.10	20.00	0.05	221.00	38.24	1F
Flexión Mortero con 10% de "PET" (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	1000.4	5.00	5.20	20.00	0.05	188.00	31.29	2A
18/4/2017	16/5/2017	986.6	5.00	5.20	20.00	0.05	182.00	30.29	2B
18/4/2017	16/5/2017	952.7	5.00	5.10	20.00	0.05	187.00	32.35	2C
18/4/2017	16/5/2017	970.7	5.00	5.10	20.00	0.05	179.00	30.97	2D
18/4/2017	16/5/2017	984.4	5.00	5.20	20.00	0.05	195.00	32.45	2E
18/4/2017	16/5/2017	956.2	5.00	5.10	20.00	0.05	183.00	31.66	2F
Flexión Mortero con 15% de "PET" (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	975.9	5.00	5.20	20.00	0.05	178.00	29.62	3A
18/4/2017	16/5/2017	962.2	5.00	5.20	20.00	0.05	168.00	27.96	3B
18/4/2017	16/5/2017	952.2	5.00	5.20	20.00	0.05	162.00	26.96	3C
18/4/2017	16/5/2017	945.6	5.00	5.10	20.00	0.05	165.00	28.55	3D
18/4/2017	16/5/2017	952.0	5.00	5.10	20.00	0.05	168.00	29.07	3E
18/4/2017	16/5/2017	941.9	5.00	5.20	20.00	0.05	160.00	26.63	3F
Flexión Mortero con 20% de "PET" (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	915.1	5.00	5.10	20.00	0.05	143.00	24.74	4A
18/4/2017	16/5/2017	902.9	5.00	5.10	20.00	0.05	146.00	25.26	4B
18/4/2017	16/5/2017	902.4	5.00	5.10	20.00	0.05	149.00	25.78	4C
18/4/2017	16/5/2017	951.4	5.00	5.30	20.00	0.05	151.00	24.19	4D
18/4/2017	16/5/2017	923.3	5.00	5.20	20.00	0.05	152.00	25.30	4E
18/4/2017	16/5/2017	915.4	5.00	5.20	20.00	0.05	149.00	24.80	4F
Flexión Mortero con 30% de "PET" (28 Días)									
18/4/2017	16/5/2017	895.0	5.00	5.20	20.00	0.05	161.00	26.79	5A
18/4/2017	16/5/2017	883.9	5.00	5.10	20.00	0.05	163.00	28.20	5B
18/4/2017	16/5/2017	883.8	5.00	5.20	20.00	0.05	149.00	24.80	5C
18/4/2017	16/5/2017	886.6	5.00	5.30	20.00	0.05	159.00	25.47	5D
18/4/2017	16/5/2017	883.6	5.00	5.20	20.00	0.05	154.00	25.63	5E
18/4/2017	16/5/2017	879.7	5.00	5.20	20.00	0.05	163.00	27.13	5F

ANEXO N° 4

PROYECTO:		"ELABORACIÓN DE MORTEROS CON ADICIÓN DE POLÍMEROS (PET)"				
SOLICITADO POR:		Stalin Cabrera Rodríguez				
DIRECTOR DE TESIS:		MSc. Arq. Pedro Angumba.				
FECHA:		18/4/2017				
ENSAYO A LA ABSORCIÓN DE MORTEROS						
F. Confección	F. Ensayo	Peso Saturado	Peso Seco	Porcentaje de Humedad	Promedio de Humedad	Nomenclatura
		g	g	%	%	
Absorción Mortero Base (28 Días)						
18/4/2017	18/5/2017	203.62	178.21	14.26	14.02	1A
18/4/2017	18/5/2017	200.89	175.92	14.19		1B
18/4/2017	18/5/2017	201.83	176.67	14.24		1C
18/4/2017	18/5/2017	200.69	176.66	13.60		1D
18/4/2017	18/5/2017	201.39	177.13	13.70		1E
18/4/2017	18/5/2017	200.79	175.95	14.12		1F
Absorción Mortero con 10% de "PET" (28 Días)						
18/4/2017	18/5/2017	184.42	163.21	13.00	13.03	2A
18/4/2017	18/5/2017	185.80	163.94	13.33		2B
18/4/2017	18/5/2017	184.08	163.49	12.59		2C
18/4/2017	18/5/2017	185.14	163.71	13.09		2D
18/4/2017	18/5/2017	184.67	163.14	13.20		2E
18/4/2017	18/5/2017	185.38	164.11	12.96		2F
Absorción Mortero con 15% de "PET" (28 Días)						
18/4/2017	18/5/2017	181.80	161.10	12.85	12.77	3A
18/4/2017	18/5/2017	178.83	159.01	12.46		3B
18/4/2017	18/5/2017	182.38	162.09	12.52		3C
18/4/2017	18/5/2017	184.54	162.94	13.26		3D
18/4/2017	18/5/2017	184.16	163.24	12.82		3E
18/4/2017	18/5/2017	185.71	164.73	12.74		3F
Absorción Mortero con 20% de "PET" (28 Días)						
18/4/2017	18/5/2017	178.01	159.10	11.89	12.14	4A
18/4/2017	18/5/2017	179.63	160.21	12.12		4B
18/4/2017	18/5/2017	176.13	157.09	12.12		4C
18/4/2017	18/5/2017	180.30	160.94	12.03		4D
18/4/2017	18/5/2017	177.83	158.24	12.38		4E
18/4/2017	18/5/2017	178.84	159.23	12.32		4F
Absorción Mortero con 30% de "PET" (28 Días)						
18/4/2017	18/5/2017	168.08	150.83	11.44	11.36	5A
18/4/2017	18/5/2017	167.40	150.21	11.44		5B
18/4/2017	18/5/2017	166.36	149.35	11.39		5C
18/4/2017	18/5/2017	166.10	149.34	11.22		5D
18/4/2017	18/5/2017	164.73	148.34	11.05		5E
18/4/2017	18/5/2017	167.07	149.71	11.60		5F

ANEXO N° 5

PERMEABILIDAD DE CARGA CONSTANTE EN CÉLULA TRIAXIAL ASTM D-2434			
PORCENTAJE DE PET	Muestra	Permeabilidad Media $k_T =$	Permeabilidad Media $k_{20} =$
Mortero base	1Aa' (Sin PET y sin Impermeabilizante)	5,31E-07 cm/s	6,87E-07 cm/s
	1Ab' (Sin PET y sin Impermeabilizante)	5,94E-07 cm/s	6,57E-07 cm/s
	1Ac' (Sin PET y sin Impermeabilizante)	6,68E-07 cm/s	7,39E-07 cm/s
	1Ad' (Sin PET y sin Impermeabilizante)	7,53E-07 cm/s	8,33E-07 cm/s
con 10% de PET	M1A (Con 10% de PET y sin Impermeabilizante)	1,46E-06 cm/s	1,63E-06 cm/s
	M1E (Con 10% de PET y sin Impermeabilizante)	1,47E-06 cm/s	1,61E-06 cm/s
	M1B (Con 10% de PET y sin Impermeabilizante)	1,47E-06 cm/s	1,62E-06 cm/s
	M1F (Con 10% de PET y sin Impermeabilizante)	1,22E-06 cm/s	1,34E-06 cm/s
	M1C (Con 10% de PET y sin Impermeabilizante)	1,46E-06 cm/s	1,61E-06 cm/s
	M1D (Con 10% de PET y sin Impermeabilizante)	1,46E-06 cm/s	1,62E-06 cm/s
	M1B (Con 10% de PET y con Impermeabilizante)	3,57E-07 cm/s	3,95E-07 cm/s
	M2B (Con 10% de PET y con Impermeabilizante)	3,54E-07 cm/s	3,92E-07 cm/s
	M3B (Con 10% de PET y con Impermeabilizante)	3,61E-07 cm/s	3,99E-07 cm/s
	M4B (Con 10% de PET y con Impermeabilizante)	3,52E-07 cm/s	3,89E-07 cm/s
con 15% de PET	M5B (Con 10% de PET y con Impermeabilizante)	3,49E-07 cm/s	3,86E-07 cm/s
	M6B (Con 10% de PET y con Impermeabilizante)	3,56E-07 cm/s	3,94E-07 cm/s
	M2A (Con 15% de PET y sin Impermeabilizante)	7,26E-07 cm/s	8,03E-07 cm/s
	M2B (Con 15% de PET y sin Impermeabilizante)	5,74E-07 cm/s	6,34E-07 cm/s
	M2C (Con 15% de PET y sin Impermeabilizante)	6,57E-07 cm/s	7,27E-07 cm/s
	M2D (Con 15% de PET y sin Impermeabilizante)	6,59E-07 cm/s	7,28E-07 cm/s
	M2F (Con 15% de PET y sin Impermeabilizante)	5,97E-07 cm/s	6,60E-07 cm/s
	M2E (Con 15% de PET y sin Impermeabilizante)	6,43E-07 cm/s	7,11E-07 cm/s
	M1C (Con 15% de PET y con Impermeabilizante)	5,56E-07 cm/s	6,15E-07 cm/s
	M2C (Con 15% de PET y con Impermeabilizante)	5,51E-07 cm/s	6,09E-07 cm/s
con 20 % de PET	M3C (Con 15% de PET y con Impermeabilizante)	5,42E-07 cm/s	5,99E-07 cm/s
	M4C (Con 15% de PET y con Impermeabilizante)	5,40E-07 cm/s	5,97E-07 cm/s
	M5C (Con 15% de PET y con Impermeabilizante)	5,40E-07 cm/s	5,97E-07 cm/s
	M6C (Con 15% de PET y con Impermeabilizante)	5,44E-07 cm/s	6,02E-07 cm/s
	M3A (Con 20% de PET y sin Impermeabilizante)	6,35E-07 cm/s	7,02E-07 cm/s
	M3B (Con 20% de PET y sin Impermeabilizante)	6,47E-07 cm/s	7,15E-07 cm/s
	M3C (Con 20% de PET y sin Impermeabilizante)	6,39E-07 cm/s	7,06E-07 cm/s
	M3D (Con 20% de PET y sin Impermeabilizante)	6,78E-07 cm/s	7,50E-07 cm/s
	M3E (Con 20% de PET y sin Impermeabilizante)	6,63E-07 cm/s	7,33E-07 cm/s
	M3F (Con 20% de PET y sin Impermeabilizante)	6,73E-07 cm/s	7,44E-07 cm/s
con 30 % de PET	M1D (Con 20% de PET y con Impermeabilizante)	7,29E-07 cm/s	8,07E-07 cm/s
	M2D (Con 20% de PET y con Impermeabilizante)	7,32E-07 cm/s	8,09E-07 cm/s
	M3D (Con 20% de PET y con Impermeabilizante)	7,42E-07 cm/s	8,21E-07 cm/s
	M4D (Con 20% de PET y con Impermeabilizante)	7,61E-07 cm/s	8,42E-07 cm/s
	M5D (Con 20% de PET y con Impermeabilizante)	7,86E-07 cm/s	8,69E-07 cm/s
	M6D (Con 20% de PET y con Impermeabilizante)	7,95E-07 cm/s	8,79E-07 cm/s
	M4A (Con 30% de PET y sin Impermeabilizante)	5,75E-07 cm/s	6,36E-07 cm/s
	M4B (Con 30% de PET y sin Impermeabilizante)	5,99E-07 cm/s	6,62E-07 cm/s
	M4C (Con 30% de PET y sin Impermeabilizante)	5,81E-07 cm/s	6,43E-07 cm/s
	M4D (Con 30% de PET y sin Impermeabilizante)	5,14E-07 cm/s	5,68E-07 cm/s
M1E (Con 30% de PET y con Impermeabilizante)	2,13E-07 cm/s	2,35E-07 cm/s	
M2E (Con 30% de PET y con Impermeabilizante)	2,26E-07 cm/s	2,49E-07 cm/s	
M3E (Con 30% de PET y con Impermeabilizante)	2,41E-07 cm/s	2,67E-07 cm/s	
M4E (Con 30% de PET y con Impermeabilizante)	2,46E-07 cm/s	2,72E-07 cm/s	
M5E (Con 30% de PET y con Impermeabilizante)	2,50E-07 cm/s	2,76E-07 cm/s	
M6E (Con 30% de PET y con Impermeabilizante)	2,53E-07 cm/s	2,80E-07 cm/s	

