

UNIVERSIDAD DE CUENCA

MAESTRÍA EN CONSTRUCCIONES SEGUNDA COHORTE

**“LADRILLOS ELABORADOS CON PLÁSTICO
RECICLADO (PET), PARA MAMPOSTERÍA NO
PORTANTE”.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN CONSTRUCCIONES (MSc)**

AUTOR: ARQ. PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

DIRECTOR: ING. PhD. JAIME BOJORQUE IÑEGUEZ

Cuenca, Julio 2016

RESUMEN

En el presente trabajo se investigó el uso de plástico reciclado para la fabricación de ladrillos para construcción de mampostería no portante. En primer lugar se realiza la caracterización de los residuos sólidos que se generan en la ciudad de Cuenca, donde el 22,7% del total recolectado es material plástico, que se desechan libremente sin un tratamiento previo. 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 y agua, agregado fino.

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.

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.

Palabras Clave: Ladrillos, PET, reciclaje, Mampostería, no portante.

Abstract

In this paper the characterization of solid waste generated in the city of Cuenca, where 22.7 % of the total collected is plastic, which are discarded freely without pretreatment is done. Similarly Polientilen features terephthalate (PET) are investigated to rule out adverse effects when included in the mix with traditional materials such as cement and water, fine aggregate.

Bricks were prepared with dimensions of 20x10x6cm with addition of 10 PET, 25, 40, 55, 65 and 70 % replacing the fine aggregate. Various tests in order to compare them with bricks of baked clay commonly used in the region and analyze the material for non-bearing masonry according to the guidelines established by the Reporting Standards were then performed.

Once the tests and analyzed the information obtained as a result an optimal brick with 25% addition of PET. Which it was subjected to thermal analysis using a simulation program in Desingnbuilder, resulting in levels of comfort in terms of better quality housing.

Keywords: Bricks , PET , recycling, masonry , non-bearing.

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 LINEAMIENTOS.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.5 HIPÓTESIS.....	3
1.6 METODOLOGÍA.....	3

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN.....	5
2.2 REFERENCIAS.....	6
2.2.1 ÁMBITO LOCAL. CUENCA.....	6
2.2.1.1 CALIDAD, FACTIBILIDAD Y PERTINENCIA	
2.2.1.1.1 CALIDAD	
2.2.1.1.2 FACTIBILIDAD	
2.2.1.1.3 PERTINENCIA	
2.2.2 ÁMBITO INTERNACIONAL.....	7
2.3 PLÁSTICO Y PET.....	10
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PET.....	11
2.4 EL RECICLADO DEL PET.....	12
2.5 EL PET Y EL AMBIENTE.....	12
2.6 TECNOLOGÍAS DE RECICLADO.....	13
2.6.1 CARACTERÍSTICAS DEL PET PARA RECICLAR.....	13
2.7 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE RECICLAJE EN LA CIUDAD DE CUENCA.....	14
2.7.1 DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL PET.....	14

2.8 PET COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN.....	16
2.9 CONCLUSIONES.....	17

CAPITULO 3. ELABORACIÓN DEL LADRILLO PROTOTIPO

3.1 INTRODUCCIÓN.....	18
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL LADRILLO DE PLASTICO (PET).....	20
3.2.1 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	20
3.2.1.1 AGREGADOS.....	20
3.2.1.1.1 PET (POLI-ENTILEN TEREFTALATO).....	20
3.2.1.1.2 ARENA.....	24
3.2.1.1.3 CEMENTO.....	25
3.3 DISEÑO DE MORTEROS.....	25
3.3.1 CONFECCIÓN DE MORTEROS: (cemento - arena - agua).....	25
3.4 DOSIFICACION POR PORCENTAJES DE POLIETILEN-TEREFTALATO (PET).....	33
3.4.1 10% DE ADICIÓN DE PET.....	33
3.4.2 25% DE ADICIÓN DE PET.....	35
3.4.3 40% DE ADICIÓN DE PET.....	36
3.4.4 55% DE ADICIÓN DE PET.....	38
3.4.5 65% DE ADICIÓN DE PET.....	39
3.4.6 70% DE ADICIÓN DE PET.....	40
3.5 ENSAYOS.....	43
3.5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	43
3.5.2 ANÁLISIS DE LADRILLOS MORTERO/PET.....	46
3.6 ENSAYO DE LADRILLOS MACIZOS CON ADICIÓN DE PET CON EL 25%.....	47
3.6.1 ANALISIS COMPARATIVO.....	50

3.6.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL LADRILLO PROTOTIPO:.....	50
3.7 FABRICACIÓN DE MURETES.....	54
3.8 EVALUACIÓN TERMOENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA CON MAMPOSTERÍA NO PORTANTE DE LADRILLO PET.....	50
3.8.1 INTRODUCCIÓN.....	51
3.8.2 OBJETIVO.....	50
3.8.3 METODOLOGÍA.....	50
3.8.4 CREACIÓN DE MODELO CONCEPTUAL	50
3.8.5 SIMULACIÓN ENERGÉTICA.....	52
3.8.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	53
3.9 CONCLUSIONES.....	55
ANEXOS.....	60



Pedro Javier Angumba Aguilar, autor de la tesis "LADRILLOS ELABORADOS CON PLÁSTICO RECICLADO (PET), PARA MANPOSTERÍA NO PORTANTE", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Magister. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor.

Cuenca, 14 de julio de 2016

PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

C.I: 0102407079



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Pedro Javier Angumba Aguilar, autor de la tesis "LADRILLOS ELABORADOS CON PLÁSTICO RECICLADO (PET), PARA MANPOSTERÍA NO PORTANTE", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca 14 de julio de 2016

PEDRO JAVIER ANGUMBA AGUILAR

C.I: 010240707

En un mundo nuevo y competitivo con una profunda transformación de los valores éticos y morales de la sociedad, brindo esta investigación a mis tres hijos para que les sirva de ejemplo de perseverancia y sepan que nunca es tarde para empezar. A mi esposa que junto a mí me permitió soñar y construir nuestros sueños.

DEDICATORIA

“LADRILLOS ELABORADOS CON PLÁSTICO RECICLADO (PET), PARA MAMPOSTERÍA NO PORTANTE”.

CAPÍTULO 1. LINEAMIENTOS

1.1 INTRODUCCIÓN

El término “*plástico*”, es un vocablo que la humanidad ha designado para nombrar un elemento que tiene mucha antigüedad en el desarrollo del hombre, pero es necesario indicar que esa equivocada designación se ha generalizado ya que el plástico no es nada más que un estado del material. Por lo tanto el término correcto es “polímero” y uno de los estados de este material es el plástico.

Antes de la creación del primer *polímero sintético*, en la antigüedad en Egipto, Babilonia, India, Grecia, China ya utilizaban resinas naturales, como el betún, goma y ámbar, con los que elaboraban diversos productos con aplicaciones rituales y momificaban a sus muertos [1].

Wesley Hyatt en 1860[2] patentó el celuloide, nitrato de celulosa + alcanfor + alcohol = celuloide, con aplicaciones muy amplias, en la odontología, sector textil y en el cine, a pesar de ser muy inflamable y de fácil deterioro ante los agentes atmosféricos tuvo gran éxito.

En 1907 se introducen los polímeros sintéticos y el Dr. Leo Baeckeland descubre un compuesto de fenol-formaldehído denominado “baquelita” [2], a partir de esta época hasta la actualidad la humanidad ha utilizado este material en todas sus actividades y áreas del conocimiento, a tal punto que se podría decir que el ser humano no podría vivir sin esta sustancia. Lo que ha producido altos niveles de contaminación en todo el planeta, producto de la eliminación como Residuos Solidos Urbanos (RSU).

En el ámbito de la construcción no ha sido la excepción ya que la utilización de polímeros tiene un vasto campo de aplicación, por lo tanto en el presente estudio se pretende su utilización en la

elaboración de ladrillos de polímeros reciclados, con la finalidad de elaborar paredes no portantes para viviendas.

Consecuentemente se pretende reducir los niveles de contaminación que generan los botaderos y lugares que son utilizados como disposición final de los Residuos Sólidos Urbanos.

Para el desarrollo de la investigación se plantea estructurar el presente proceso investigativo en tres capítulos, el primero contempla parámetros conceptuales como los objetivos hipótesis y metodología a seguir, el segundo capítulo establece el estado del arte que servirá como punto de partida para definir claramente el tercer capítulo en el cual se procederá a elaborar el ladrillo prototipo.

Una vez logrado el objetivo general, se presentará un producto final alternativo, capaz de brindarles a los técnicos vinculados a esta área, un material de construcción más amigable con el medio ambiente, reduciendo la sobre explotación de materias primas de canteras o minas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

IDENTIFICACIÓN

Uno de los grandes problemas que se plantea dentro de la sociedad cuencana, es el desconocimiento sobre nuevos materiales para la construcción de viviendas, esto se debe a la idiosincrasia de la sociedad cuencana, la misma que no permite la introducción de materiales alternativos, ya que concibe al hormigón, ladrillo cerámico y teja como la única solución para construcción de viviendas, pese a sus elevados costos.

En la ciudad Cuenca en los últimos años presenta niveles considerables de contaminación provocados por la indiscriminada disposición que se da a los RSU, así como la falta de una cultura de reciclaje en la localidad.

Adicionalmente los diferentes países ubicados junto al océano Pacífico, están dentro de una área sísmica de considerable riesgo, por lo que se vuelve indispensable buscar sistemas constructivos que disminuya el peligro que puedan tener los usuarios de viviendas y edificaciones en general, ya que un sismo de cierta manera no tiene mucha transcendencia si está localizado en una zona despoblada y por el contrario toma importancia cuando sucede en sectores poblados por la presencia de edificaciones y es precisamente los elementos que forman parte de una construcción la que ocasiona el fallecimiento de seres humanos. Por esta razón se pretende elaborar ladrillos más livianos para paredes de viviendas con el propósito de disminuir los índices de mortalidad provocados por un terremoto o sismo.

Por lo tanto, es necesario empezar a explorar nuevos materiales de construcción como por ejemplo ladrillos, ya que son los más utilizados en la elaboración de mampostería, los mismos que deberán cubrir las expectativas exigidas por los técnicos vinculados a la construcción, tomado en cuenta aspectos técnicos, económicos, sociales y ecológicos,

FORMULACIÓN

En países como Argentina, Perú y México los ladrillos de polímero, es un material de construcción utilizado como material alternativo [3], pero lamentablemente en el Ecuador y la ciudad de Cuenca no ha sido producido. Por lo que el presente trabajo investigativo puede ser una herramienta valiosa para los diferentes técnicos vinculados al área de la construcción.

DELIMITACIÓN

El trabajo a realizar durante la investigación estará dirigido a controlar y reducir los niveles de contaminación generados por los desechos sólidos principalmente el Polietileno tereftalato (PET) producidos en el cantón Cuenca. Por consiguiente se pretende captar considerables cantidades de PET con la finalidad de elaborar un material de construcción más amigable con el ambiente.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVOS GENERAL

- Fabricación de ladrillo con plástico reciclado, para la elaboración de muros no portantes en edificaciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar sobre los tipos de desechos plásticos, para cuantificar y analizar el comportamiento de la materia prima.
- Realizar ensayos del material y diseño de muestras.
- Elaboración del ladrillo (prototipo).

1.4 JUSTIFICACIÓN

Los diferentes ecosistemas del planeta Tierra están siendo afectados debido a la extracción de recursos renovables y no renovables como materia prima para la industrialización y producción de los diferentes bienes y servicios que la población mundial utiliza, esto ha provocado el deterioro de la corteza terrestre así como su flora y fauna. Los ecosistemas y la biodiversidad son elementos fundamentales para mantener el sistema estable ya que gracias a ellos podemos respirar, comer y beber agua. Los humedales filtran los contaminantes del agua, las plantas y árboles reducen el calentamiento global absorbiendo carbono, los microorganismos descomponen la materia orgánica y fertilizan el suelo, la biodiversidad se encarga de polinizar las flores y cultivos, provee de alimentos y medicinas. La expansión de la frontera agrícola y el crecimiento de la civilización están desembocando en un creciente porcentaje de bosques tropicales talados con fines comerciales, junto con innumerables especies. El 95% del bosque Tumbesino y bosques nublados andinos han perdido gran parte de sus extensiones y los bosque lluviosos amazónicos son devastados diariamente a un ritmo sorprendente sin contemplar la reforestación o reposición de los recursos. Un gran porcentaje de esos recursos son utilizados en la elaboración de materiales de construcción de costos muy elevados [4].

Se vuelve muy importante tener presente los datos vertidos por la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente), ya que los diferentes ecosistemas se ven afectados por la contaminación ambiental con

altos niveles de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que producen los centros poblados o ciudades en todo el mundo. Es necesario entonces implementar estrategias que amortigüen los daños ambientales provocados principalmente por la gran cantidad de polímeros vertidos a basurales, botaderos etc. Por lo tanto “el reciclaje” es una herramienta indispensable para mitigar los impactos generados por las actividad humana [4].

Esta investigación pretende realizar un análisis e identificar los diferentes tipos de polímeros que se encuentran en los RSU, 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. Así como establecer una detallada diferenciación entre los distintos tipos de reciclaje existentes para identificar el proceso adecuado a utilizarse durante la investigación.

El plástico con mejor perspectiva de uso es el Polietileno-tereftalato (PET), por lo tanto esta materia prima puede ser utilizada en la elaboración de ladrillos de plástico para mampostería o paredes divisorias no portantes [5].

El presente estudio debe realizarse debido a los altos niveles de contaminación que producen los RSU, en los centros poblados urbanos y rurales, los mismos que generan diferentes agentes contaminantes como CO₂, lixiviados, desechos orgánicos e inorgánicos y polímeros principalmente, el mismo que su descomposición puede tardar en degradarse entre 500 y 5000 años dependiendo de su tipo. Es evidente que el aporte que se pretende dar a la sociedad Cuencana es de gran valor ya que al utilizar grandes volúmenes de polímeros en procesos de reciclaje y posterior transformación como material de construcción, se puede tener ahorros energéticos y económicos en la disposición final de los RSU [6].

La construcción en la ciudad de Cuenca tiene una problemática de cultura y tradición en su sociedad, ya que tanto el ladrillo como el bloque forma parte de una representación social que simboliza “estatus”, es decir la idiosincrasia de su gente concibe la construcción

de una vivienda solo con estos dos materiales, tal es así que el 98% de las viviendas,[7] tienen paredes con estos materiales, por lo tanto se pretende brindar una solución alternativa con un nuevo material más ecológico y amigable con el ambiente, mediante la elaboración de ladrillos de polímeros (plástico).

El tema de estudio es factible, ya que en nuestra ciudad se recolectan 10 toneladas de basura reciclable por semana, lo que representa apenas el 0.45% de la generación total (350 Tn) de residuos, en lo referente al plástico como material reciclable se obtiene un 22% del total cada año con equivalente de \$ 816.000). Por tanto el plástico al ser utilizado como materia prima en la elaboración de ladrillos se podría utilizar como estrategia para incrementar los niveles de recolección y reciclado [8].

La población beneficiaria serían los 700.000 habitantes de la ciudad de Cuenca tanto en el ámbito del reciclaje, como la opción de obtener un nuevo material alternativo de construcción [9].

1.5 HIPÓTESIS

Los ladrillos de *polímero*, pueden ser elaborados con Polietileno-tereftalato (PET), transformándose en una alternativa para la construcción de mamposterías para edificaciones y ser un material más amigable con el medio ambiente.

1.6 METODOLOGÍA

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

* **Captación de la materia prima:** Con la finalidad de obtener la materia prima (PET), se buscará establecer un convenio con la Empresa Municipal de Aseo de Calles (EMAC),

* **Analizar la materia prima:** Para evaluar los diferentes tipos de reciclaje para el Polietileno-tereftalato (PET), será necesario realizar una investigación, con la finalidad de determinar con claridad los componentes de este tipo de plástico.

* **Procesamiento la materia prima:** Proceso de elaboración del prototipo:

- En primer lugar, se debe elaborar un ladrillo 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 del prototipo y su dimensionamiento se tomará los parámetros establecidos en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

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

- Se requiere de una prensa adecuada para el proceso.
- La mezcla producto de la dosificación será vertido en un molde metálico.
- La mezcla será prensada en frío, con determinada carga y tiempo que serán establecidos producto de la investigación.
- El prototipo tendrá un proceso de secado.

- **Análisis:** El producto final (ladrillo), será analizado en laboratorio (ensayo a la compresión), así como el murete (3 ladrillos unidos por un mortero de pega: cemento, arena), que también será analizado para certificar el cumplimiento del objetivo general.

CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE

2.1 INTRODUCCIÓN

Actualmente los siete mil millones de personas que habitan este planeta, requieren del 30% de sus recursos naturales (ONU. Organización de Naciones Unidas); Los mismos que son potenciales usuarios de una vivienda, generando un crecimiento y demanda exponencial de este servicio; lo que implica la exigencia de mayor cantidad de recursos naturales tanto para alimentación como para obtener un techo digno y confortable. ¿De dónde se tendrá que extraer todos los recursos necesarios para construir esas viviendas?

“El ritmo que es insostenible, no es el del crecimiento de la población mundial, sino el consumo que tenemos los habitantes y las empresas multinacionales del mundo occidental, que somos, realmente quienes estamos esquilmando los recursos del planeta” [10].

Históricamente la solución habitacional se ha convertido en un problema a escala mundial, debido a que no sólo *afecta a la sociedad en su conjunto sino también y lo más importante del proceso constructivo, al planeta Tierra*[11].La administración de los recursos que se emplean para la construcción de edificaciones en general, ha sobre pasado los límites de lo tolerable para el planeta, la extracción indiscriminada de minerales y materiales de construcción, está desembocando en graves consecuencias para los diferentes ecosistemas.

A la extracción indiscriminada de los recursos naturales, se suma la problemática de la falta de reposición de los mismos.

A esto se suma la tenencia del suelo, que siempre ha estado relacionada con la utilización del *desplazamiento* como herramienta de dominio, ya que desde épocas muy antiguas el ser humano desplazó a los animales para usar las cavernas, para de esta manera protegerse de los agentes atmosféricos. En épocas de las colonias los españoles desplazaron a los indígenas para apropiarse de los mejores territorios y asentarse en ellos, lo que desembocó posteriormente en los conocidos latifundios.

En la actualidad los grupos hegemónicos continúan con el desplazamiento y empoderamiento de grandes extensiones de

territorios lo cual amplifica el déficit habitacional, en perjuicio de los pequeños propietarios, los cuales se ven obligados a retirarse hacia áreas más lejanas de los centros urbanos para poder construir sus viviendas, pero al mismo tiempo, carecen de los servicios básicos.

Paralelamente se debe tener presente que la producción de desechos tanto líquidos como sólidos y gaseosos de las viviendas y edificios son quizá más contaminantes que la misma producción industrial, ya que estos son los que producen 48% de gases de efecto invernadero [12], debido a que las nuevas reglamentaciones de la producción industrial, exigen planes de manejo ambiental, lo que de alguna manera minimizan los efectos de los desechos industriales, más no así los de la vivienda. Por lo tanto se vuelve indispensable analizar la problemática de la recolección y disposición final de los desechos, ya que los mismos son eliminados (centros urbanos y rurales) de forma indiscriminada a la naturaleza.

En Europa las casas y los edificios emiten el 48 % de los gases de efecto invernadero, lo que supera con creces las emisiones del sector de transportes 27%, o de la industria 25%. De igual forma las edificaciones consumen el 76% de la energía producida por las plantas energéticas [13].

Se han planteado varios elementos que pueden ser objetos de análisis:

- El déficit habitacional (tenencia del suelo)
- Alto consumo de recursos naturales para la generación de vivienda y la falta de reposición de los mismos.
- Producción de gases de efecto invernadero
- Disposición final de la basura.

Se vuelve necesario comprender que la producción de vivienda se ha transformado en la actualidad no en una solución social, sino más bien en un problema ambiental. Lo cual exige a los diferentes sectores involucrados ser muy creativos y plantear estrategias que viabilicen y planteen soluciones para los efectos ocasionados [14].

La producción de basura en las viviendas es un problema cultural y social muy difícil de solucionar, debido a la gran cantidad de desperdicios generados por unidad habitacional, más aún el

problema se agrava por la falta del proceso de reciclaje de los mismos, esto se evidencia a través del siguiente análisis:

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente dice, "En torno a una tercera parte de los recursos usados se convierten en residuos y emisiones. Cada año se generan cerca de cuatro toneladas de residuos per cápita en los países miembros de la AEMA. Cada ciudadano europeo se deshace de una media de 520 kg de residuos domésticos al año, y se espera que la cifra aumente" [15].

Del total de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que en su mayoría provienen de actividades como construcción, demolición y producción, el 45% siguen utilizando los vertederos como receptores finales de esos residuos, es decir las respectivas municipalidades de la UE (Unión Europea) realizan esta actividad [15].

De igual manera la composición de RSU para la UE en 1999, estuvo conformada de la siguiente manera: "Materia orgánica 29%, papel y cartón 26%, vidrio 7%, plásticos 9%, metales 4%, varios 25% (textiles, especiales, compuestos, otros)" [16].

Estos datos en comparación con los actuales se pueden evidenciar el considerable incremento del consumo de los materiales plásticos. "El Reino Unido consume más de 5 millones de toneladas de plástico cada año; de los cuales se estima que el 19% está siendo recuperado o reciclado.

En Estados Unidos, en 2010 se generó 31 toneladas de residuos plásticos, lo cual representa 12.4% de los residuos municipales.

La producción de desechos sólidos en América Latina y el Caribe ha variado considerablemente; ya que en los últimos 30 años el promedio era de 0.2 a 0.5 kg/hab./día, en la actualidad puede llegar a 1.2 kg/hab./día.

La composición del RSU es la siguiente: Materia orgánica 30%, Plástico 14%, papel y cartón un 20%, varios 36% (vidrio, textiles, especiales, compuestos, otros) [17].

En nuestro país la situación no está muy distante a lo que sucede en otros sectores del planeta ya que los indicadores son los siguientes:

Quito: En el año 2007, el Distrito Metropolitano generó aproximadamente 1.800 toneladas diarias de basura, depositada en el relleno sanitario de El Inga, producción per cápita 0.84 kg/hab./día lo que es igual a 55 libras por mes. Composición del RSU es la siguiente: Materia orgánica 61%, Plástico 13.8%, papel y cartón un 8.6%, varios 16.6% (vidrio, textiles, especiales, compuestos, otros).

Guayaquil: En el año 2007 generó 2.440 toneladas diarias de basura (60% orgánico y 40 inorgánico), depositadas en el relleno sanitario Las Lagunas, producción per cápita 0.70 kg/hab./día. Composición del RSU es la siguiente: Plástico 14.7%, papel y cartón un 7%, varios 78.3% (vidrio, textiles, especiales, compuestos, otros).

Cuenca: Se recolectan 380 toneladas por día con una cobertura 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 [17].

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

Gráfico N°1a
Materiales Reciclados: Ecuador, volumen por año en y dólares

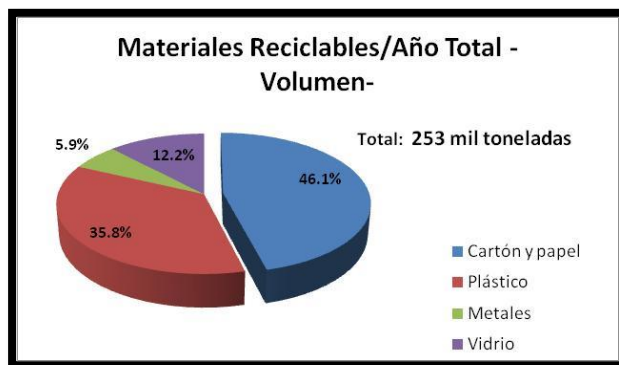


Gráfico N°1b
Materiales Reciclados: Ecuador, análisis monetario



Fuente: Gestores de recolección y tratamiento de los residuos sólidos, asociaciones
Elaboración: Advance Consultora

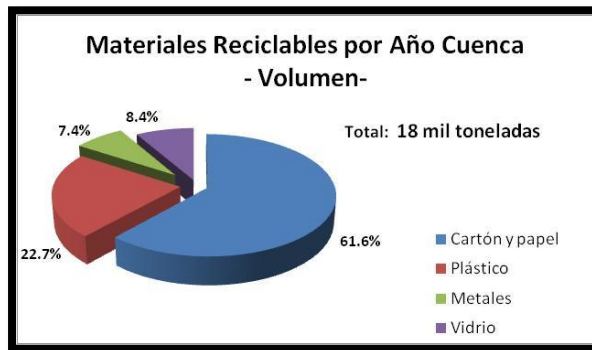
De acuerdo al informe emitido por la Consultora Advance (Gráfico N° 1a) se observa que los procesos de reciclaje realizados anualmente generan un alto volumen de diversos materiales entre los que se puede destacar los más importantes como el cartón- papel 46,1% y plástico 35,8%, si bien es cierto el 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 N° 1b) de dólares frente 7.83 millones de dólares de los otros dos materiales.

2.2 REFERENCIAS

2.2.1 ÁMBITO LOCAL. CUENCA

En Cuenca, el total de materiales susceptibles de reciclarse representa \$ 1.7millones, el 61.6 % (Ver gráfico N° 2a), corresponde a cartón-papel, sin embargo, por recursos económicos, se observa que el material más significativo en valor monetario es el plástico. (Ver gráfico N° 2b), con aproximadamente \$ 810.000 frente a \$660.00 de cartón más papel.

GráficoNº2.a
Materiales Reciclados: Volumen por año



GráficoNº2.b
Materiales Reciclados: Análisis monetario



Fuente: EMAC, ARUC
Elaboración: Advance Consultora

Por lo tanto, se debe tener presente que la generación de RSU, es un grave problema en la actualidad, el mismo que no es tratado responsablemente por las diferentes instancias estatales. Las autoridades locales y nacionales, simplemente y sin ningún concepto técnico utilizan la naturaleza como única salida para eliminar "el elemento basura", el mismo que puede ser aprovechado para reducir

la extracción indiscriminada de los recursos naturales y la falta de reposición de los mismos.

Por todos los argumentos planteados se puede deducir que el reciclaje es, si no la única, al menos una de las posibles soluciones para mantener una correcta relación entre el hombre y el medio ambiente que lo rodea.

Por lo anteriormente expuesto, es imprescindible buscar una serie de estrategias que pretendan establecer un "modelo constructivo" ya que en la actualidad ha primado un modelo basado en la rentabilidad del capital sin pensar en los medios y recursos utilizados para dichos propósitos, sin considerar las condiciones sociales, culturales y ambientales de los potenciales usuarios de una determinada vivienda. De esta manera se debe desarrollar nuevos materiales de construcción teniendo como base el modelo del SumakKawsay o Buen Vivir, acorde a la realidad local, con una activa participación de la sociedad.

El SumakKawsay establece parámetros claramente definidos en la nueva Constitución de la República, el cual establece que, recursos como el agua, el derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, deben garantizar la sostenibilidad y el buen vivir, dado en los Art. 12, 14, 15,[18], los mismos que garantizará un equilibrio armónico entre el hombre y la naturaleza.

Una alternativa será la construcción de viviendas acordes a las necesidades tanto humanas como de la naturaleza, es decir, establecer la armonía que plantea el SumakKawsay. Por lo tanto, analizar los sistemas constructivos desde esta perspectiva se vuelve indispensable para alcanzar una armonía entre estos y las tecnologías actuales, generando soluciones más viables.

2.2.1.1- CALIDAD, FACTIBILIDAD Y PERTINENCIA

2.2.1.1.1 CALIDAD

El presente trabajo de investigación se vuelve importante debido a que los diferentes gobiernos seccionales, no están ejecutando su rol histórico frente a control de los diferentes ecosistemas, ya que los niveles de contaminación en torno a los vertederos de basura son elevados, siendo necesario emprender con métodos de reciclaje a

gran escala, para evitar principalmente que el plástico sea arrojado libremente a los basurales, y se lo reutilice, generando un aporte trascendental a la sociedad y la naturaleza en su conjunto.

2.2.1.1.2 FACTIBILIDAD

La Municipalidad de la ciudad de Cuenca, en la actualidad cuenta con una gran empresa de recolección y reciclado de basura, la misma que ha ganado premios internacionales y se ha convertido en un referente a nivel nacional e internacional, debido al relleno sanitario de Pichacay, ubicado en el sector del mismo nombre, la misma que está a cargo de la EMAC (Empresa Municipal de Aseo de Calles), este factor puede ser muy relevante y de gran utilidad para la recolección, obtención y proceso de información.

Un reducido número de ciudades en nuestro país, han conseguido éxitos significativos en este campo, por el contrario, hay una gran cantidad de ciudades que no tienen ningún tipo de sistemas de recolección y reciclado de RSU, lo cual puede servir como un laboratorio muy importante para viabilizar el presente tema de investigación.

2.2.1.1.3 PERTINENCIA

Se ha demostrado que el reciclaje no solo ayuda a conservar el medio ambiente sino también puede generar recursos económicos; esto se puede evidenciar en países europeos, asiáticos y americanos, donde en los últimos años han proliferado y desarrollado en el sector público y privado empresas dedicadas exclusivamente a la recolección, tratamiento y procesamiento de residuos sólidos urbanos [19], por lo tanto se considera que el presente tema de investigación es aplicable desde todo punto de vista ya que hará una gran contribución a aquellos sectores urbanos y rurales que en la actualidad no cuentan con ningún tipo de disposición final de los residuos sólidos principalmente el plástico.

Se proyecta al final de la investigación elaborar "Ladrillos de Plástico Reciclado", para lo cual se pretende utilizar un elevado porcentaje de la producción de plásticos generados en los diferentes centros poblados de nuestra región, con la finalidad de establecer un sistema constructivo alternativo y amigable con el medio ambiente. De esto se desprende que este nuevo sistema deberá buscar un

cambio integral en la concepción de la población, para eliminar los actuales procesos constructivos de muy elevados costos.

El deterioro permanente del planeta y su medio ambiente producto de la contaminación producida por los RSU, ha provocado la experimentación y desarrollo de nuevas tecnologías de materiales de construcción más versátiles y de fácil adaptabilidad a los procesos constructivos actuales. Tales como ladrillos de plástico que son bloques elaborados a base de PET (Poli-Entilen-tereftalato) y utilizados en mampostería.

2.2.3 ÁMBITO INTERNACIONAL

En nuestro país se han iniciado procesos de investigación muy limitados sobre materiales de construcción en el ámbito del plástico como materia prima en la elaboración de ladrillos o bloques. Procesos de investigación existen en países como México Instituto de la Vivienda INVI, Argentina Asociación de la Vivienda Económica AVE y el Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba CEVE y Perú, cabe destacar que el país pionero es Argentina y los restantes países se han limitado a realizar procesos de iguales o similares características [20].

En estos países se utilizan plásticos de diferentes tipos, pero el más valorados para procesos de elaboración de materiales de construcción son principalmente el PET procedente de envases de bebidas descartables y a menor escala están el Polietileno de baja densidad LDPE, polipropileno biorientado BOPP, Policloruro de Vinilo PVC y Poliestireno expandido PS.

El país que más ha desarrollado la tecnología de reciclado de plástico para la construcción es Argentina a través del Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba (CEVE Rosana Gaggino, 2008, revista INVI N° 63, Volumen 23: pag: 137-163.), y tiene el siguiente esquema de investigación:

La materia prima utilizada es polietileno tereftalato (PET), poliestireno expandido (PS) en su gran mayoría, que se la obtiene mediante un procedimiento de reciclaje distinto a los existentes en el mundo que son el mecánico, químico y energético.

Los residuos plásticos son seleccionados, triturados (molino) y sin lavado previo son introducidos a mezclas cementicias. Se realiza una limpieza del material siempre y cuando su procedencia sea de usos muy contaminantes, en ningún caso se utilizarán embaces que hayan tenido contacto con elementos químicos o sustancias tóxicas.

La ausencia de limpieza se debe a que la materia prima queda confinada en la masa del mortero.

Para la elaboración de ladrillos se utilizó morteros, pero reemplazando áridos por plástico reciclado. La mezcla de estos materiales es vertida en máquinas para moldear ladrillos y posteriormente son compactadas manual o mecánicamente.

El curado se lo hace por aspersión o inmersión durante 28 días, y posteriormente pueden ser utilizados en obra.

Al cabo de ese tiempo las muestras son llevadas al laboratorio, los tipos de ensayos son seleccionados previamente por la Subsecretaría de Vivienda de la Nación (Argentina) con la finalidad de tramitar el Certificado de Aptitud Técnica (CAT).

Los ensayos mediante las pruebas físicas y mecánicas obtienen los siguientes resultados:

Peso específico: Las muestras producto del ensayo (ladrillos y bloques) son livianos debido al bajo peso específico de la materia

Conductividad térmica: Los ladrillos y bloques son malos conductores de calor, por tanto, tienen una excelente aislación térmica, superior a otras mamposterías tradicionales.

Resistencia mecánica: Ladrillos y bloques tienen resistencias menores a otros elementos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados en mamposterías de viviendas con estructura independiente antisísmica, según indica el estudio realizado por Rosana Gaggino, 2008, revista INVI N° 63, Volumen 23; pag: 137-163.

Absorción de Agua: Las muestras ensayadas tienen similar absorción de agua que otros elementos tradicionales.

Comportamiento a la intemperie: Las muestras ensayadas fueron Placas Fabricadas sin revoque, y expuestas durante tres años a la intemperie, sin observar deterioros y fallas en sus dimensiones.

Adicionalmente se efectuó un ensayo de envejecimiento acelerado con exposición a rayos ultravioleta y ciclos de humedad, utilizando el método del "QUV Panel" sobre probetas con PET reciclado, obteniendo una disminución del 25% de la resistencia a la compresión.

Aptitud para el clavado y aserrado:

Las placas y mampuestos son fáciles de clavar y aserrar según ensayos preliminares, por lo que pueden ser utilizados en sistemas constructivos no modulares.

Adherencia de revoques:

Las placas y mampuestos tienen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales, por su gran rugosidad superficial. Producto del ensayo de adherencia de revoques en el laboratorio del INTI, se obtuvo como resultado una Tensión de adherencia de 0,25 MPa, similar a otros materiales tradicionales de construcción.

Resistencia al fuego:

Los elementos constructivos con PET reciclado tienen buena resistencia al fuego. El resultado del ensayo lo clasifica como "Clase RE 2, es decir material de muy baja propagación de llama".

Permeabilidad al vapor de agua:

El ensayo da como resultado 0,0176 g/mhPa, valor que es similar a otros materiales de construcción.

Resistencia acústica:

Un muro de 0,15 cm. de espesor construido con ladrillos de plástico reciclado PET, revocado del lado del receptor del ruido, tiene una resistencia acústica de 46 db, superando a la de un muro de las mismas características.

Otro país que ha desarrollado procesos de fabricación de ladrillos de plástico es México, el cual tiene el siguiente procedimiento, pero no se dispone de información en cuanto a sus resultados.

Recolección de Material PET: Reducción del material (Corte manual) y pelle tizado.

Proceso de elaboración: Se lo realiza a través del análisis de los materiales a utilizarse como el aglomerante (cemento), y el plástico procedente de la trituración del PET en máquinas apropiadas, para su posterior dosificación y prensado en seco, para luego pasar a procesos de secado. Permanencia en cámara húmeda (28 días).

Tipos de Ensayo: Todo material, elemento o Sistema Constructivo no tradicional debe someterse a un proceso de validación, verificación ú homologación.

Para establecer las propiedades físicas y mecánicas del material de construcción, la muestra tiene diferentes tipos de ensayos: Peso Específico, Conductividad térmica, Resistencia mecánica, Absorción de agua, Comportamiento a la intemperie, Aptitud para el clavado y aserrado, Adherencia a revoque, Resistencia al fuego, Permeabilidad al vapor de agua y Resistencia acústica. Y para ser comercializado los ensayos son seleccionados mediante los requerimientos de la Subsecretaría de Vivienda, la cual emite el Certificado de Aptitud Técnica (CAT) México, [21].

Existen varios investigadores que plantean trabajos de alto nivel como:

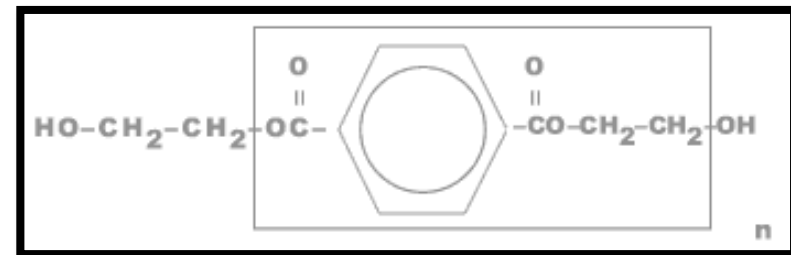
- Elementos constructivos con PET reciclado de Gaggino Rossana 2003[22].
- Desarrollo de elementos modulares utilizando materiales alternativos con aplicaciones al diseño de Adriana de la Luz Maas Díaz 2012 [23].
- Ladrillos y placas prefabricadas con plástico reciclado aptos para la autoconstrucción de Rossana Gaggino 2008[24].

En nuestro país no existe una normativa específica para materiales de construcción de plástico, es por esta razón que se revisará la normativa argentina (Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), mexicana (Normas Oficiales Mexicanas aplicables a la Construcción) y española (Norma Española de la Construcción UNE); debido a que estos países tienen normado la investigación del plástico como elemento constructivo.

2.3 PLÁSTICO Y PET

El significado de sus siglas (PET) es Polientiléntereftalato, material muy utilizado en la elaboración de recipientes de bebidas de agua, jugos, aceites, detergentes caseros etc.

Figura Nº 1
Fórmula química desarrollada del PET



Fuente y Elaboración: Neumann, E H., (1986), "Thermoplastic polyesters", Encyclopedia of Packaging Technology, ed Bakker M. John Wiley, New York

La unidad estructural dentro de la figura 1 es la unidad repetida, mientras más alto es el peso molecular (n) mejor son las propiedades, típicamente "n" estará dentro del rango de 100 a 200. Siendo un polímero, las moléculas de tereftalato del polietileno consisten en cadenas largas de unidades repetidas que sólo contienen el carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H), todos ellos elementos orgánicos.

El PET se desarrolló primero para uso de fibras sintéticas por la British CalicoPrinters en 1941[25]. Los derechos de patente se vendieron entonces a DuPont e ICI que a su vez vendieron los derechos regionales a muchas otras compañías.

Aunque originalmente se produjo para fibras, el PET empezó a ser usado como películas para empaquetar a mediados de los años sesenta, y en los inicios de los setentas, la técnica para expandir botellas orientadas biaxialmente se desarrolló comercialmente.

Las botellas hoy en día, representan el uso más significativo de resinas de PET. Hacer una botella de PET empieza desde las materias primas: etileno y paraxileno. Los derivados de estas dos sustancias

(glycol de etileno y ácido tereftálico) se hacen reaccionar para obtener la resina PET. La resina, en forma de cilindros pequeños llamados pellets, son fundidos e inyectados en un molde para hacer una preforma. La preforma, es una clase de tubo de ensayo, más corto que la futura botella, pero con las paredes más gruesas, se sopla y amolda. Durante la fase de soplo-moldura, el aire a alta presión es soplado en la preforma permitiéndole tomar la forma exacta del molde en el que fue introducido. El producto final es una botella transparente, fuerte y ligera.

Es la fuerza del material la que contribuye para hacer del PET el éxito que es. De hecho, las bebidas suaves carbonatadas pueden generar presión dentro de la botella que alcanza los 6 bar. Tan alta presión es permitida sin embargo en la botella gracias a la alineación de macro-moléculas (cristalización) ocurriendo ambos durante el proceso de hilado de la resina y el soplo-moldeado, la presión no es capaz de deformar la botella, ni de hacerla explotar [25].

A lo largo de los años, la industria asumió las preocupaciones medioambientales cada vez más, disminuyendo la cantidad de material crudo necesitado para la fabricación de botellas. En la actualidad, un recipiente de PET de 1.5 litros es manufacturado con sólo 35 gramos de material.

Otro rasgo llamativo del PET en el aspecto medioambiental se deba a que es totalmente reciclable. Fue en 1977,[25] que la primera botella fue reciclada y se convirtió en una nueva base de botella. Pronto sin embargo, la industria de fibra descubrió la "nueva" fuente de material y empezó a usarlo para hacer textiles y alfombras. Hoy, aunque la "botella para embotellar" y el proceso de reciclado está creciendo, el mercado de fibra todavía es la mayor para el PET recuperado.

Las razones principales que mantienen el éxito de los recipientes de PET son que, gracias a la estructura molecular del material, es irrompible. Lo que, es más, el empaquetamiento con PET es ligero, transparente y resellable [25].

Otra ventaja del material reside en sus propiedades físicas que permiten gran libertad en el diseño de empaques.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL PET

En el cuadro N°1 se indica las propiedades con los datos técnicos como se indica:

Cuadro N°1

Propiedades del POLIETILENO -TEREFTALATO (PET)

DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO -TEREFTALATO (PET)		
PROPIEDADES MECÁNICAS		
Peso específico	gr/ cm ³	139
Resistencia a la tracción fluencia/ rotura)	kg/cm ²	900
Resistencia a la flexión	kg/cm ²	1450
Alargamiento a la rotura	%	15
Módulo de elasticidad (tracción)	kg/cm ²	37000
Resistencia al desgaste por roce	MUY BUENA	
PROPIEDADES TÉRMICAS		
Temperatura de Fusión	°C	255
Conductividad Térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	°C	170
Temperatura de ablandamiento de Vicat	°C	175
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	mm por °C	0.00008
PROPIEDADES ELÉCTRICAS		
Absorción de humedad	%	0,25
PROPIEDADES QUÍMICAS		
Resistencia a álcalis débiles a Temperatura Ambiente	Buena	
Resistencia a ácidos débiles a Temperatura Ambiente	Buena	
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad	
Propagación de llama	Mantienen la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

Fuente; Plásticos Mecanizables. IMC 2010

Elaboración: Plásticos Mecanizables. IMC 2010.

Con estos datos técnicos se puede interpretar que el (PET) posee propiedades adecuadas para ser utilizados como agregado alternativo en la elaboración de mortero de baja densidad.

Las características más relevantes del PET son [25]:

- Cristalinidad y transparencia, aunque admite cargas de colorantes,

- Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes,

- Alta resistencia al desgaste,

- Buen coeficiente de deslizamiento,

- Buena resistencia química,

- Buenas propiedades térmicas,

- Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.

- Es compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad

- Barrera de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos y es totalmente reciclable.

Esta evidenciado que este polímero es totalmente reciclable; lo que da un valor agregado al material, por el contrario la deficiencia en el proceso es la falta de políticas gubernamentales para realizar una correcta disposición final de estos elementos.

2.4 RECICLADO Y PET

El reciclaje es la actividad de recuperar los desechos sólidos al fin de reintegrarlos al ciclo económico, reutilizándolos o aprovechándolos como materia prima para nuevos productos.

Los residuos (PET) más homogéneos son los que usualmente se aprovechan para la fabricación de los mismos productos u otros de menor valor añadido; mientras que los residuos (plásticos) más mezclados o heterogéneos, son principalmente valorizados usándolos como combustible alternativo en procesos industriales o como fuente de energía en procesos de combustión con los que se puede lograr varios beneficios económicos, ecológicos y sociales [26]:

- En muchos países, la relación entre los precios de los materiales reciclables y la mano de obra es tal que el reciclaje es económicamente rentable.

- Con el reciclaje, se pueden recuperar materiales y, por consecuencia, economizar materia prima, energía y agua necesarias para la producción de nuevos materiales y bajar la contaminación ambiental.

- El sector de reciclaje coadyuva a crear fuentes de trabajo para aquella mano de obra no calificada.

- El reciclaje permite a la industria conseguir materia prima secundaria a bajo precio y aumentar su competitividad.

- Con el reciclaje se disminuye la cantidad de los desechos que se disponen en los botaderos o rellenos sanitarios. Por consecuencia, se baja el consumo de transporte, los costos y los impactos ambientales que genera la disposición final [26].

2.5 EL PET Y EL AMBIENTE

Los recipientes son 100% reciclables, sin embargo, no sólo es su calidad de reciclabilidad que lo hace amistoso medioambientalmente, siendo el envase sumamente ligero, también ayuda a disminuir la formación de desechos de empaque al mismo tiempo que reduce la emisión de contaminantes durante su transporte. Además, dado que se requiere menos combustible durante su transporte, también ayuda a la conservación de la energía.

Estos recipientes se usan para toda clase de bebidas: como cerveza y jugos de fruta que son sensibles a la luz. De hecho, el sabor de los jugos y la cerveza pueden degradarse si la luz UV penetra las paredes del recipiente. El PET puede acomodarse a las necesidades del gusto de jugos de fruta, gracias a una barrera funcional que puede insertarse dentro de las paredes de la botella. Esto es lo que se llama "botellas de barrera" en el argot del PET [27].

Para dar nacimiento a un nuevo producto, deben coleccionarse los recipientes usados por encima de todo. Hoy día, la mayor parte de las ciudades europeas y americanas han puesto en lugar un esquema de la colección para recuperar los artículos reciclables.

El segundo paso en recuperar es enviar el material a una planta donde los materiales son separados según su naturaleza. Las botellas recuperadas entonces son perforadas, embaladas y enviadas a un reclamador. El reclamador, es una fábrica que transforma las botellas en hojuelas de PET, el material crudo es la base de los productos reciclados. La primera actividad que el reclamador tiene que hacer es desembalar los bultos. Para asegurarse que el producto final será tan puro como sea posible, las botellas desembaladas se ordenan una vez más, después se pre-lavan y las convierten en hojuelas. Las hojuelas se lavan, secan, se almacenan y se venden. Cuando las hojuelas se venden entra en acción el verdadero proceso de reciclado: se funden las hojuelas, se obtiene el material, y entonces es fabricado un nuevo producto [27].

PET (Poli Etileno Tereftalato) es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y mono-etilenglicol. Es un polímero lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termo formado.

2.6 TECNOLOGÍAS DE RECICLADO

Se estima que el consumo y el desarrollo de polímeros en la actualidad tienen un crecimiento del 4%, es así que el consumo mundial de este material ha variado desde el año de 1978 de 10 M de Tm a 60 M de Tm. Del total consumido, la mitad está en EEUU y la diferencia está en Japón y Europa. En España el consumo fue de 2 millones de Tm [27].

Existen dos tipos de reciclaje el mecánico y químico; y en cuanto se refiere a método están los denominados: primario, secundario, terciario y cuaternario.

El primario, es un procedimiento mecánico cuyo objetivo es elaborar productos semejantes a la materia inicial, pasando etapas de triturado, lavado, extrusión, granceado (aditivación necesaria) [27].

El secundario, es un procedimiento de fusión cuyo objetivo es transformar los polímeros en productos diferentes a la materia inicial

con mejores características, a este proceso se le denomina "cascada" y solo un 20% de los polímeros pueden ser procesados de esta manera.

El terciario, es un procedimiento químico o térmico (depende del polímero) cuyo objetivo es aprovechar todos los componentes del polímero para transformarlos en hidrocarburos, convirtiéndolos en polímeros nuevamente o en materia prima para la industria petroquímica [27].

El cuaternario, es un procedimiento por incineración cuyo objetivo es obtener energía y no medioambientalmente aceptable [27].

Se necesita ir hacia un desarrollo sustentable para mantener los ecosistemas del planeta en equilibrio, por lo tanto se debe pasar por procesos de concientización de la población en general, para minimizar el proceso de elaboración de los polímeros desde las materias hasta el producto final, sumando o incorporando elementos capaces de ser reciclados en su totalidad [27].

2.6.1 CARACTERÍSTICAS DEL PET PARA RECICLAR

En la década pasada, comenzó a utilizarse masivamente una nueva resina plástica, el PET. Su escaso peso en relación al del producto adquirido, aproximadamente 50 veces menos que el líquido contenido y fundamentalmente la seguridad de los usuarios, ante una eventual rotura, fueron factores determinantes para la generalización de sus usos [28].

El PET para ser reciclado necesita pasar por diferentes procesos como por ejemplo el ser clasificados por el color, empaçados y comprimidos en paquetes de 3.000 a 5.000 botellas y cada uno de ellos se los imprime una identidad electrónica para facilitar su rastreo, posteriormente el PET pasa a ser triturado, las etiquetas de papel son retiradas por aire a presión y las adheridas a las botellas con pegamento son removidas con un lavado intensivo, las tapas son eliminadas por su peso. Esta materia prima es mezclada con sosa cáustica a temperaturas elevadas. El resultado final es utilizado para elaborar nuevos productos dentro de la industria [28].

2.7 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE RECICLAJE EN LA CIUDAD DE CUENCA.

La empresa Municipal de aseo de calles fue creada en 1998 y tiene como principal función la prestación de los siguientes servicios [28]:

- Barrido y limpieza.
- Recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.
- Manejo de escombros.
- Reciclaje y producción de compost de humus.
- Administración y mantenimiento de áreas verdes.
- Manejo de la fauna silvestre.

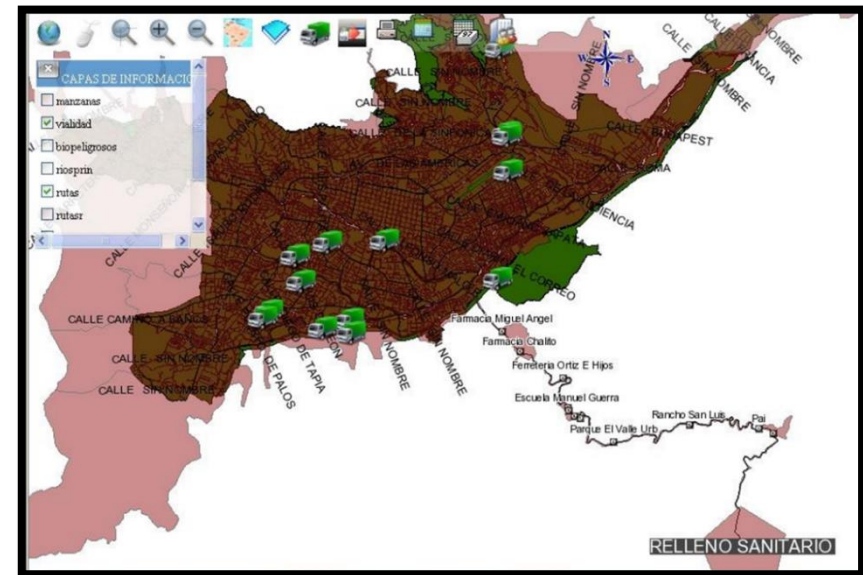
El sistema de barrido tiene una cobertura y abarca 760 km de vías con la modalidad de contratación a empresas particulares de la localidad quienes abarcan el 97 % del área indicada y el 3 % restante lo hacen a través de administración directa. El área rural contempla los 21 centros urbano-parroquiales y conjuntamente con las Juntas Parroquiales prestan este servicio. Así como la limpieza de vías de acceso a las parroquias rurales con una cobertura diaria de 40 km[28].

El sistema de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos, se lo realiza en la ciudad de Cuenca mediante carros recolectores.

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. La frecuencia de recolección se lo realiza mediante dos turnos: lunes, miércoles y viernes / martes, jueves y sábados, mediante horarios nocturnos en el centro histórico y diurnos en resto de la ciudad. Los días intermedios se realiza la recuperación de los desechos inorgánicos reciclables mediante la funda azul. Es importante recalcar que los vehículos disponen de rastreo satelital mediante GPS, para el control del sistema de recorrido en vías y tiempos utilizados [28].

En el mapa N°1 se puede apreciar la distribución del equipo camionero para la recolección de los residuos sólidos urbanos (RSU) del cantón Cuenca.

Mapa N° 1
Recorrido de la flota de carros recolectores



Fuente y Elaboración: EMAC

2.7.1 DISPONIBILIDAD DEL MATERIAL PET

La disposición final de los RSU es el "Relleno Sanitario de Pichacay", donde se acumulan todos los materiales reciclables (separadamente) como plásticos, cartón, papel, vidrio y metales. En cuanto al vidrio, los recicladores tienen cierta anuencia (resistencia) para recolectarlo debido a su peso y peligrosidad.

El sistema de reciclaje de materiales inorgánicos recolectados es entregado a la asociación de recicladores debidamente legalizados y reconocidos por el MIES (grupos vulnerables), 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 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 [28].

Cabe destacar que las dos últimas asociaciones no disponen de centros de acopio, utilizando sus viviendas para almacenar sus materiales o en su defecto los venden directamente a sus compradores.

La comercialización y venta lo realizan de forma independiente tanto a intermediarios como a empresas vinculadas que requieren de este material.

El principal problema que tienen las diferentes asociaciones es la falta de regularización de precios. Se tiene un promedio de costo entre 65 a 80 centavos de dólar el kilo de PET, pero lamentablemente ciertos grupos de recicladores los comercializan hasta en 25 centavos el kilo, el cartón está 7 y 9 centavos el kilo.

La empresa que más adquiere PET en el Ecuador es ENCADOR (Quito) para la elaboración de pantalones (jeans), mediante la reutilización a través de un hilo, adquiriendo el material a 1 dólar hasta 1,05 dólares el kilo, pero el material es debidamente clasificado, sin etiquetas y tapas, deberá estar limpio no lavado, aquellas botellas que hayan sido utilizadas para almacenar algún tipo de combustible no serán adquiridas por las diferentes empresas, por lo tanto, no reutilizadas.

Dentro de este ámbito los recicladores en nuestra localidad diferencian 2 tipos de plástico, el duro (PET) y el suave que son las fundas normales y transparentes y de color, las cuales son también recuperadas, las mismas que se peletizan (cortar y triturar) y comercializadas hacia la ciudad de Guayaquil para ser utilizadas como materia prima para la elaboración de PVC (policloruro de vinilo); el plástico duro también es triturado con una granulometría fina y gruesa para la fabricación de mangueras.

No existe en la ciudad de Cuenca, un control de ingreso en cuanto se refiere a la cantidad de plástico utilizado, pero si se tiene cierta idea de las empresas que comercializan este material como: Cresval, Coca Cola, Grupo Ortiz, Grupo Rivas, Plastiazuay, Rivoplas, Grupo Mena.

En Cuenca no existe la cultura de la reutilización del plástico reciclado, esto si existe en la ciudad de Quito y Guayaquil, donde se concentra la combinación del plástico reciclado y el plástico virgen, así como sus respectivas combinaciones entre ellas para la elaboración de nuevos productos.

El plástico virgen que ingresa a nuestro país para su posterior procesamiento proviene de diferentes países como Japón, EEUU, entre otros.

La Empresa Municipal de Aseo de Calles EMAC, tiene registros de recolección de desechos reciclables desde 2006 hasta 2013.

Cuadro N°1
Desechos de reciclaje (2007-2013)

DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (PESO TON)								
FECHA	PESO DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (2006)	PESO DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (2007)	PESO DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (2008)	PESO DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (2009)	PESO DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (2010)	PESO DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (2011)	PESO DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (2012)	PESO DESECHOS RECICLABLES RECOLECTADOS (2013)
ENERO		17,03	12,33	11,41	31,06	137,74	82,68	78,29
FEBRERO		15,68	10,10	11,79	14,06	122,86	71,20	87,55
MARZO		18,60	9,93	8,99	95,15	139,87	103,32	104,44
ABRIL		15,82	11,56	9,95	105,34	117,39	82,58	79,37
MAYO		21,92	13,50	12,91	102,4	102,64	72,94	105,33
JUNIO		17,95	11,53	12,96	121,93	151,57	48,94	102,97
JULIO		17,05	10,45	16,28	177,89	113,89	48,32	91,66
AGOSTO	30,84	13,41	9,69	8,00	128,41	104,47	45,20	103,50
SEPTIEMBRE	23,93	13,56	11,35	10,22	157,06	167,20	54,11	92,35
OCTUBRE	19,66	12,72	9,66	13,33	120,27	125,95	33,73	96,00
NOVIEMBRE	17,07	13,19	8,68	12,05	119,1	93,64	27,20	89,30
DICIEMBRE	20,32	13,72	6,19	15,56	173,72	144,98	16,94	82,50
TOTAL	111,82	190,65	124,97	143,45	1.346,4	1.522,2	687,16	1.113
PROM. MENSUAL	22,36	15,89	10,41	11,95	112,20	126,85	57,26	92,77

Fuente y Elaboración: EMAC

En el cuadro N°1 se aprecia los avances de recolección que se vienen realizando desde 10 años en el cantón, en el cual se evidencia el incremento en la captación de los desechos reciclables en los últimos periodos, lo cual demuestra que la empresa a cargo está un excelente trabajo tanto en el proceso administrativo como en la capacitación y concientización de la población en general.

2.8 PET COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Los elementos de construcción para mampuestos ya vienen dado por la tecnología tradicional; por lo general se emplean en construcción de paredes, paredes divisorias no portantes, paredes portantes; existiendo ladrillos que se los han clasificado de acuerdo a su uso según la Norma Ecuatoriana INEN 297.

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

No existe normativa nacional para la elaboración de ladrillos utilizando materiales especiales destinados a obtener una densidad reducida y sustituir a los materiales tradicionales.

Proyectos similares aplicados con nueva tecnología se desarrollada en Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE); Argentina. En la ciudad de Córdoba se aplica la autoconstrucción en la fabricación de mampuestos y placas utilizando procesos sencillos que no requiere maquinaria costosa.

Para la fabricación de elementos constructivos se utilizó un procedimiento similar al del hormigón común, pero remplazando árido por plásticos reciclados.

Las propiedades físicas y mecánicas de los elementos constructivos desarrollados fueron establecidas mediante ensayos en los laboratorios de la Universidad Nacional de Córdoba y del INTI México. La elección de estos ensayos obedece a los requerimientos que fija la Subsecretaría de Vivienda de la Nación para tramitar el Certificado de Aptitud Técnica (CAT) de elementos constructivos [29].

Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción.

- Peso específico:

Los ladrillos, bloques y placas elaborados con plásticos reciclados son livianos por el bajo peso específico de la materia prima.

- Conductividad térmica:

Los elementos constructivos obtenidos son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior a la de otros cerramientos tradicionales.

- Resistencia a la compresión

Ladrillos y bloques con plásticos reciclados tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas con estructura independiente anti-sísmica. En el caso de las placas, la resistencia es similar a la de placas fabricadas con ladrillos comunes.

- Absorción de agua:

Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales.

- Comportamiento a la intemperie:

Placas fabricadas con diferentes plásticos reciclados sin revoque fueron expuestas durante tres años a la intemperie, sin observarse en ellas alteraciones dimensionales ni deterioros. Se realizó un ensayo de envejecimiento acelerado con exposición a rayos ultravioleta y ciclos de humedad en el laboratorio del INTI de Capital Federal, utilizando el método del "QUV Panel" sobre probetas con PET reciclado, resultando que la disminución de resistencia a la compresión posterior al envejecimiento fue del orden del 25% [29].

Permeabilidad al vapor de agua:

La Permeabilidad al vapor de agua en elementos constructivos con PET reciclado es de 0,0176 g/mhkPa, similar al de otros materiales tradicionales para uso en construcción [29].

2.9 CONCLUSIONES

-El presente estudio es una alternativa válida, para destinar los residuos sólidos plásticos, que se desechan libremente pues a más de darle una utilidad práctica, contribuye al medio ambiente, con enfoque de conciencia hacia la reutilización y el reciclaje.

-La experiencia de campo al realizar la recolección de materia prima en un centro educativo de la ciudad de Cuenca, permitió comprobar satisfactoriamente el grado de aceptación social del producto a la vez que plantea una solución a la problemática ambiental.

-Según datos obtenidos de la Empresa Municipal de Aseo de calles (EMAC), del total de residuos sólidos recolectados en la ciudad de Cuenca, el 22,7% es plástico lo que representa 2,27 ton/semana siendo las industrias de bebidas las principales generadoras de botellas de plástico (PET).

-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.

-En base a la recopilación de información del estado del arte del elemento; la tecnología constructiva desarrollada del ladrillo utilizando plástico reciclado (PET); se considera apropiada, ya que no requiere grandes gastos de energía, no causa desechos ni contaminación, es climáticamente aceptable, segura frente a inclemencias de tiempo y peligros naturales, resulta socialmente aceptable, usa materiales locales (abundantes, renovables, disponibles, de poco peso y fácil manipulación, durables y de calidad), es socialmente aceptable, evita herramientas o equipos de alto costo, requiere baja especialización, fácil aprendizaje, y tiene escasa incidencia sobre el medio.

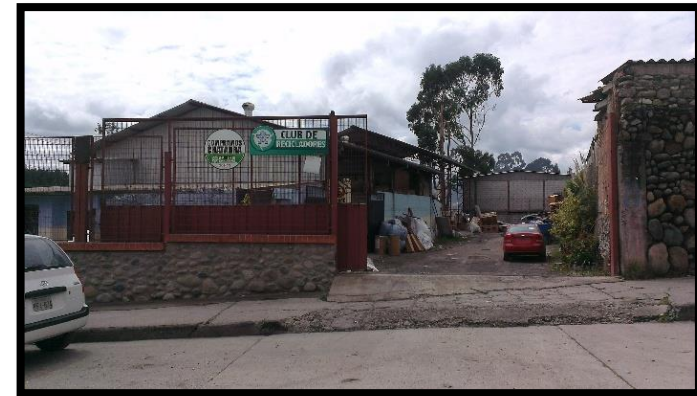
-La tecnología constructiva desarrollada es simple, económica, no contaminante, reduce el consumo de recursos naturales (como tierra fértil, madera o piedra); y además aprovecha los residuos producidos abundantemente por otras industrias (plásticos). La evaluación de la misma permite afirmar que es sustentable desde los puntos de vista ecológico, económico y social.

CAPITULO 3.ELABORACIÓN DEL LADRILLO PROTOTIPO

3.1 INTRODUCCIÓN

Para la implantación de la futura propuesta se tomó en cuenta, como punto de partida realizar encuestas, con la finalidad de tener una idea de cuál es el comportamiento de la materia prima, que para este caso es el PET. Al respecto se debe aclarar que, luego de la investigación efectuada en la Empresa Municipal de Aseo de Calles (EMAC), se estableció que la indicada empresa no realiza ningún tipo de proceso de reciclaje más, su única función es la de recolectar todas las fundas celestes de los hogares en nuestra ciudad, para posteriormente ser distribuidas a las diferentes asociaciones de recicladores que trabajan en Cuenca.

FotoNº 1
Tula: Asociación de Recicladores ARUC.



En la foto N° 1 se puede observar la ubicación de la Asociación de Recicladores ARUC, que está localizado en el Parque industrial de la ciudad, al ser la más antigua tiene una mejor organización de sus agremiados.

Por lo descrito anteriormente, se analizó varias posibilidades para la obtención de la materia prima (PET), entre ellas adquirir la misma a las diferentes asociaciones de recicladores, así como, sumarse a los procesos de reciclaje que en la actualidad realizan varias escuelas del Cantón, debido a la falta de recursos económicos de los centros educativos, los mismos se ven obligados a buscar alternativas para autofinanciarse y solventar todos los problemas que día a día se presentan en las unidades educativas de la ciudad, por lo tanto, al no tener asignaciones presupuestarias adicionales de la Dirección Provincial de Educación, se ven obligados a buscar estrategias para autofinanciarse y dar solución a sus problemas, es así que la "Unidad Educativa San Francisco", a través de todo un proceso organizativo, pueden alcanzar a recolectar grandes cantidades de PET, mediante la conformación de comisiones (Ver foto N°2), las cuales están presididas generalmente por la Vicerrectora, profesores, padres de familia y alumnos(Ver Anexo N° 1).

FotoN° 2

Tula: Comisión de reciclaje de la escuela.



Durante un tiempo establecido por la comisión, se almacena las botellas de polímero en una "tula" (Ver foto N3), que generalmente son suministradas por la empresa de cerámica Graitman, al final de ese tiempo que suele ser de 30 días, se procede a la comercialización y venta de lo almacenado, es aquí cuando se presenta un grave problema ya que se vuelve difícil vender un promedio de doscientas

libras de botellas PET, por esta razón se tomó la decisión de adquirir este producto para transformarlas en la materia prima necesaria para el presente proyecto (Ver foto N 4).

Foto N° 3

Tula: Recipiente para almacenaje de PET.



FotoN° 4

Tula: Pesaje de PET.



Para futuras investigaciones se podría plantear la industrialización del proceso, es decir, la compra del PET a todas la escuelas, con la finalidad de crear una empresa para la elaboración de Ladrillos de Plástico Reciclado que no existe en nuestra ciudad, de esta manera se potencializaría los procesos de reciclaje en la ciudad, se fortalecería la

preservación del planeta para mantener sus ecosistemas evitando la sobreexplotación de los recursos naturales y paralelamente se apoyaría económicamente a las diferentes escuelas fiscales que en su mayoría carecen de recursos económicos muy necesarios para solventar sus necesidades.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN DEL LADRILLO DE PLASTICO (PET)

Para dar cumplimiento al objetivo específico N°2 se realizó el siguiente procedimiento para el diseño y ensayos.

Al ser un estudio de tipo experimental que será desarrollada en el laboratorio, incluye el diseño de mezclas, utilizando los siguientes materiales; cemento, árido del sector y PET.

Una vez establecido de dónde procederá la materia prima PET y árido se procede a determinar los parámetros que se emplearán en la mezcla, (muestreo, ensayos del árido; determinación de materia orgánica, pesos específicos, pesos volumétricos, análisis granulométrico).

Debido que al no existir en nuestro país una normativa sobre este tipo de ladrillos de plástico, es necesario crear un modelo con el que se realizará los procesos de comparación para alcanzar estándares de calidad, es decir, crear un ladrillo con arena común de libre expendio en nuestra ciudad, ya que se debe utilizar los materiales existente en la zona, por lo tanto, a este material se analizará para obtener el módulo de finura y densidad, con el que se va a elaborar un mortero con las siguientes dosificaciones 1:2; 1:3; 1:4 [30].

La razón de porqué se toma esta dosificación se debe a que, en toda bibliografía consultada no existe una clara orientación para el establecimiento de determinada dosificación y más aún se ha estandarizado a nivel de todo proyecto de investigación este tipo de dosificaciones, con la finalidad de investigar el comportamiento de los morteros y obtener una dosificación modelo con la cual se pueda comparar en este caso con los futuros ladrillos de plástico.

Una vez establecida las dosificaciones de morteros con la cual se va a trabajar, se procederá a formar las probetas; (molde para cubos cúbicos de 5 cm, fundición de bronce 3 cavidades modelo 2810 M) para posteriormente ensayarlos en la máquina compacta y transportable, con bomba hidráulica de funcionamiento manual, diseñada especialmente para ensayos a la compresión (modelo C109NY serie N.C 109NY/AB0001 potencia 60Hz 100W)[31], del laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca.

Con los resultados que produzcan los ensayos se podrá encontrar la *dosificación óptima* con la cual se va a elaborar el *ladrillo patrón*. A esta dosificación óptima se le adicionará porcentajes proporcionales 10, 25, 40, 55, 65 y 70% de PET en sustitución de la arena del *ladrillo patrón*, el mismo que tendrá un proceso de moldeado y prensado en moldes que serán proporcionados por la empresa Hormiazuay.

Una vez elaborado, serán ensayados en la prensa para conocer sus características (resistencia a la compresión y absorción) Posteriormente se recopilará y analizará los resultados para elaborar el informe final. (Ver Anexo N°2).

3.2.1 PREPARACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

3.2.1.1 AGREGADOS

3.2.1.1.1 PET (POLI-ENTILEN TEREFTALATO)

Adicionalmente, se había planteado en el protocolo la posibilidad de realizar un convenio con la Empresa Municipal de Aseo de Calles (EMAC), con la finalidad de adquirir información y tener acceso a la materia prima que para el presente caso sería el PET producto de recolección en la ciudad. Esta posibilidad no tiene asidero actualmente, ya que, en la explicación anteriormente indicada, la empresa no tiene ningún tipo de proceso de reciclaje al interior de la misma, por lo tanto, se ha rechazado esta posibilidad, por lo que se analizó los procesos de reciclaje privado.

Una vez identificada y obtenida la materia prima se procedió a la selección y limpieza de la misma, ya que para el proceso se necesita que el PET esté libre de cualquier impureza y grasa que pueda evitar su adherencia con el mortero.

La selección estaba enfocada en la eliminación de botellas de color y se obtuvo solamente aquellas que son transparentes, con la finalidad de poder observar el grado de limpieza de las mismas (Ver foto N° 5).

FotoN°5
Tula: Clasificación del material PET.



En la foto N° 5 se puede apreciar el proceso de limpieza y retiro de etiquetas y tapas de las botellas ya que tienen otro tipo de polímero y espesor.

Para la limpieza del material se utilizó agua limpia, sin detergente o aditivo, para evitar la adición de aceite o grasas de estos elementos.

Posteriormente, se procedió a la trituración del PET y en primera instancia se pesó el material (Ver foto N° 6y 7), con la finalidad de conocer la cantidad requerida para el proceso.

FotoN° 6.

Tula: Pesaje del material PET.



En la foto N° 6 se realizó el pesaje de la materia prima en la balanza (marca; UWE modelo SEK-30K capacidad: 30kg)

Foto N° 7
Tula: Pesaje del material PET



El peso promedio obtenido por saco es de 1,6 kg, para trituración se dispuso de dos máquinas con una capacidad de trituración de dos kilos por minuto, al disponer de 100 kg, el tiempo requerido para la trituración tomo 1 hora 40 minutos (Ver foto N° 8).

Foto N° 8
Trituración del material PET.



En la foto N° 8 se aprecia el primer intento por triturar el material, pero no se pudo obtener la granulometría adecuada, por tal motivo se descartó esta máquina y se la reemplazó por la utilizada en la foto N° 9 y 10.

Con la finalidad de obtener una granulometría adecuada se optó por una segunda máquina con mayor capacidad y potencia de trituración, por lo tanto, con este proceso se puede reducir hasta un 15% del tiempo utilizado en la trituradora anterior, así como reducir el tamaño en las partículas.

La máquina utilizada en el proceso de trituración es de procedencia Norteamericana, la fábrica que la produce es Nelmor Co. Inc, modelo: G1012M1, Serie: 77-01-9899, PlasticMachinery.

Foto N° 9
Trituración del material PET.



En la foto N° 9 se aprecia el ingreso de la materia prima a la tolva para posteriormente ser triturada.

Foto N° 10
Trituración del material PET.



En la foto N° 10 está el producto terminado con la granulometría apropiada para aplicarlo al proceso.

CÁLCULO GRANULOMÉTRICO DEL PET (MÓDULO DE FINURA)

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 (ASTM 33) (Ver cuadro N°2 y anexo N°2).

Cuadro N°2

Granulometría del PET (POLI-ENTILEN TEREFALATO) utilizada para la elaboración de los ladrillos

TAMIZ #	ABERTURA	PESO RETEN.	P.RET.ACUM	%	%
	mm.	gr	gr	RETENIDO	PASA
3/8"	9.5	0.00	0.00	0.00	100
N.4	4.75	0.58	0.58	0.92	99.08
N.8	2.38	25.71	26.29	41.73	58.27
N.16	1.19	31.51	57.80	91.75	8.25
N.30	0.59	4.27	62.07	98.52	1.48
N.50	0.30	0.47	62.78	99.27	0.73
N.100	0.15	0.24	62.78	99.65	0.35
PASA #200		0.22			
TOTAL		63.00			

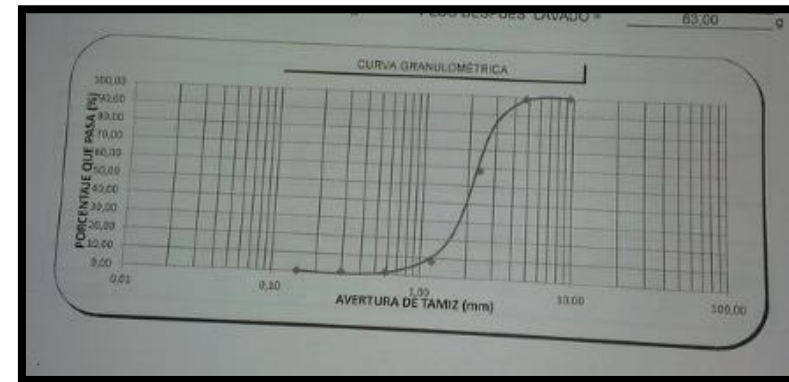
Fuente y Elaboración: Laboratorio de Geotecnia y Estructuras de la Universidad de Cuenca.

PASA TAMIZ N 4	_____		
PESO ANTES DEL ENSAYO	_____	PESO ANTES DEL LAVADO	<u>63 gr.</u>
PESO DESPUES DEL ENSAYO	_____	PESO DESPUES DEL LAVADO	<u>63gr.</u>

RESULTADOS	
Diámetro Efectivo	
D10=	1.23 mm
Coefficiente de uniformidad	
Cu=	2.01 mm
Coefficiente de curvatura	
Cc=	0.95 mm
Módulo de finura	
MF=	4.32 mm

Gráfico N° 3

Curva de Granulometria obtenida para el PET (POLI-ENTILEN TEREFALATO)



En el cuadro N° 2 y el gráfico N° 3 se observa el ensayo granulométrico del PET, que servirá para reemplazar al árido fino y de esta manera lograr alivianar el ladrillo.

3.2.1.1.2 ARENA

Árido fino (arena) procedencia: Río Jubones perteneciente a la parroquia Sta. Isabel.

La arena se la considera como agregado fino, este material debe ser inerte y libre de impurezas orgánicas para que afecten en la resistencia del mortero en el caso de este estudio de ladrillo.

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

CÁLCULO GRANULOMÉTRICO DE LA ARENA (MÓDULO DE FINURA)

En el gráfico N^o4, se indica que el agregado fino (arena) está dentro de los límites establecidos por la norma ASTM 136-06 B basado en la arena de OTTAWA [31] y (Ver cuadro N^o 3 anexo N^o3).

A continuación se muestra la granulometría realizada a la arena; dando un módulo de finura de 2,09 el cual está dentro del rango.

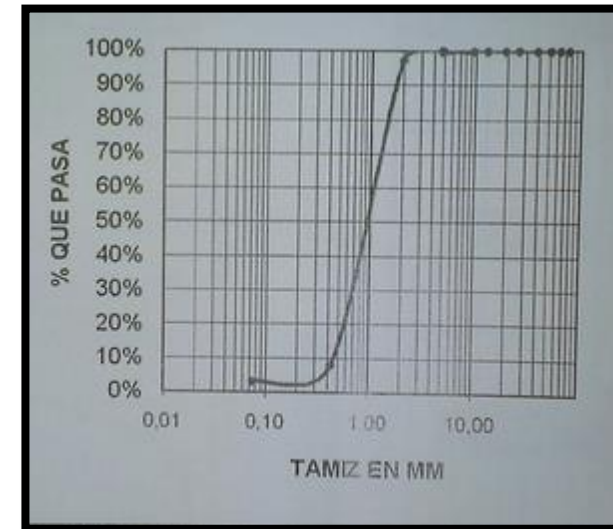
Cuadro N^o3
Granulometría de la arena utilizada para la elaboración de los ladrillos

TAMIZ #	ABERTURA	PESO RETEN.	P.RET.ACUM	%	%
	mm	gr	gr	RETENIDO	PASA
N.8	2.38	13,04	13,04	2.89	97.11
N.16	1.19	40,2	53.24	11.78	88.22
N.30	0.58	111,8	165.04	36.53	63.47
N.50	0.30	132,9	297.94	65.94	34.06
N.100	0.15	117.40	415.34	91.92	8.08
N.200	0.075	22,7	438.04	96.95	3.05
PASA #200		0.90	0.90		
TOTAL		451.83			
Módulo de finura= 2,09 mm.					

Fuente y Elaboración: Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca

Arq. Pedro Javier Angumba Aguilar

GráficoN^o 4
Curva de Granulometría obtenida para la arena



Fuente y Elaboración: Laboratorio de Geotecnia y estructuras de la Universidad de Cuenca.

En la Foto N^o 11 se puede apreciar el proceso para la obtención del porcentaje de absorción de la arena en condiciones superficialmente seca y saturada.

FotoNº11.
Ensayo granulométrico de la arena.



3.2.1.1.3CEMENTO

El cemento es el material que sirve para adherir o conglomerar las partículas de los agregados, logrando la unión de los materiales pétreos que forman una masa consistente, resistente y compacta.

El tipo de cemento más utilizado en la ciudad de Cuenca como aglomerante para la preparación del mortero es el cemento portland tipo I.

Para la elaboración del ladrillo se ha utilizado el Cemento Portland Puzolánico Tipo IP. La calidad del cemento portland deberá estar de acuerdo con la norma ASTM C150. El cemento que se utilice en la elaboración del ladrillo debe cumplir con los requisitos de la norma INEN 152 y la NTE INEN 1548[32].

El cemento Guapan es distribuido en gran parte del sur del Ecuador, con muy buenas características basadas principalmente por su finura que es de 4000 ppm, convirtiéndolo en un material muy

solicitado por la gran mayoría de los técnicos vinculados al sector de la construcción, al igual que todas las hormigoneras del sector.

3.3DISEÑO DE MORTEROS

Para la elaboración del *ladrillo patrón*, en primera instancia se procedió con el diseño de morteros tomando en cuenta que los materiales utilizados son elaborados y extraídos de la región austral de nuestro país.

3.3.1 CONFECCIÓN DE MORTEROS: (cemento - arena - agua)

Para la elaboración del mortero que servirá como base para la confección de las probetas cúbicas de 5 x 5 x 5 cm. Se utilizó, Cemento - Arena - Agua.

La arena fue sometida a dos primeros ensayos: Módulo de Finura y Ensayo de la densidad, Norma INEN 294.

Por lo tanto, se procedió a realizar el análisis granulométrico para establecer el módulo de finura que tiene como resultado 2.09 mm (Ver Anexo N° 3).

De esta forma el procedimiento utilizado para la elaboración de los morteros está basado en el tratado realizado en el libro *Materiales de mecánica de suelos instructivo para ensayo de suelos* [33] (Ver Anexo N° 4).

En el punto 2.2.1.9 (Ver Anexo N° 4) se describe la "Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico (especímenes cúbicos de 5.00 cm. por lado), con referencia DGN C61 y ASTM C 109. Adicionalmente en el punto 2.2.1.9.3 del mismo libro se trata sobre la "Arena graduada estándar", en el cual se utiliza los tamices números: 100, 50, 30 y 16 para un tamizado durante 5 minutos de una muestra de arena obtenida del Río Jubones que previamente fue secada. Al cabo de ese tiempo se procede a eliminar el material retenido en el tamiz número 16 y el pasante del tamiz número del número 100, por lo tanto, el material retenido en los tamices 100, 50 y 30 serán utilizados para establecer los porcentajes de material necesario con la finalidad de obtener una arena mejor graduada en cuanto a su granulometría se refiere.

El procedimiento para obtener la dosificación está de acuerdo con los siguientes pasos:

1.- Se calcula la cantidad de mortero que ingresara en las probetas cubicas.

2.- De la cantidad de arena necesaria se establece los porcentajes para la dosificación 1:2; 1:3 y 1:4;

3.- La cantidad de agua se la estableció en el 48% de la cantidad de cemento [33].

a. DOSIFICACIÓN 1:2

El procedimiento que se realizará a continuación será constante, por lo tanto, se repetirá en las dosificaciones 1:2; 1:3 y 1:4, es así que solo se explicará el mismo en la primera dosificación.

Como se explicó en el punto 3.3.1 se realizó el análisis granulométrico de la arena donde se obtuvieron los siguientes datos (Ver cuadro N° 4).

Cuadro N°4
Propiedades Físicas de la Arena

Peso específico de la arena	
Peso volumétrico	1,42 gr/ cm ³
Porcentaje de absorción	4,00%
Relación agua cemento a/c	0,48 kg/dm ³
Módulo de finura	2.09 mm.

Una vez realizado el análisis granulométrico y ensayo de la densidad; la arena fue tamizada a través de los siguientes tamices: 16, 30, 50 y 100. Producto de este proceso, solo se tomó en cuenta el material retenido en los tamices 30, 50 y 100; el material retenido en el # 16 y el pasante del # 100, fueron eliminados debido a que los mismo no son aptos para esta investigación ya que son extremadamente grueso y muy fino respectivamente.

De acuerdo al punto 3.3.1 se determina las cantidades de la arena y su granulometría, según granulometría normalizada:

Cuadro N°5
Arena graduada estándar

TAMIZ	% RETENIDO
# 16	0,00
# 30	2,00
# 50	72,00
# 100	98,00

En el cuadro N° 5 se tiene los porcentajes retenidos de arena, producto del proceso de tamizar la misma en la máquina respectiva, por lo tanto [33] (Ver Anexo N° 4), para obtener la dosificación adecuada se utilizará un 2% de la arena retenida en el tamiz número 30, el 72% de material retenido en el tamiz número 50 y el 98% de la arena retenida en el tamiz número 100, logrando con esto obtener una granulometría variada de la arena a utilizar en la elaboración de los morteros (Ver cuadro N° 4).

Cálculo para morteros:

Volumen = 5 x 5 x 5cm, cada uno: (12 Cubos)

$$125 \text{ cm}^3 \times 12 = 1500 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volumen} = 1500 \text{ cm}^3$$

Fórmula: $PV = P / V$ Donde: PV = Peso Volumétrico

P = Peso

V = Volumen

Despejando: $P = PV \times V$

$$P = 1.42 \text{ gr/cm}^3 \times 1500 \text{ cm}^3 = 2130 \text{ gr.}$$

P. arena = 2130 gr.

Reemplazando el peso de la arena para cada tamiz se tiene:

Cuadro N° 6
Arena graduada estándar

TAMIZ	% RETENIDO	PESO gr
# 16	0,00	0,00
# 30	2,00	24,77
# 50	72,00	891,63
# 100	98,00	1213,60
TOTAL		2130,00

En el cuadro N° 6 se puede apreciar las cantidades específicas de arena a ser utilizada por cada tamiz, obteniendo de esta manera una granulometría lo suficientemente variada del material.

FotoN° 12
Arena tamizada



En la fotografía N° 12 se realiza el tamizado de la arena en la tamizadora, utilizando los tamices indicados anteriormente por el lapso de 5 minutos según lo establece el ensayo respectivo, no existe una normativa que determine el tiempo requerido. Pero se estima según la experiencia del laboratorista que el tiempo asignado es suficiente

para que el material rebote al interior de cada tamiz, movimiento necesario para que atraviese el respectivo tamiz.

Foto N° 13.
Selección del material tamizado



En la fotografía N°13 se realiza la selección y almacenamiento de la arena, el material acumulado en cada tamiz es ubicado en recipientes diferentes, con la finalidad de utilizarlos en los porcentajes o cantidades que se especifica en cada dosificación para la elaboración de los morteros.

CORRECCIÓN POR HUMEDAD:

$$\text{Fórmula: } \%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad \text{Donde:}$$

$$\text{Donde: } \%W = \text{Porcentaje de humedad (\% 4,00 Ver cuadro N° 4)}$$

$$W_w = \text{Peso del agua}$$

$$W_s = \text{Peso de la arena}$$

$$\text{Despejando: } W_w = \frac{\%W \times W_s}{100}$$

Reemplazado:

$$W_w = \frac{\% 4,00 \times 2130 \text{ gr.}}{100} = 85,20 \text{ cm}^3 \text{ (Agua por añadir)}$$

AGUA TOTAL: $340.8 \text{ cm}^3 + 85.20 \text{ cm}^3 = 426 \text{ cm}^3$

Con los datos obtenidos durante el análisis, se procede a calcular la dosificación final para la dosificación 1:2. De igual manera se procederá para las dosificaciones: 1:3 y 1:4.

Dosificación: (peso) para 12 Morteros

Cuadro N°7
Dosificación de morteros 1 : 2

CEMENTO	ARENA	AGUA
1065	2130	596.40 cm ³
1	2	596.40 cm ³

En el cuadro N° 7 se destaca la dosificación 1: 2 para morteros, la cantidad de arena a ser utilizada es de 2130 gr, para obtener la dosificación especificada se divide la cantidad de arena para dos y así se obtiene la cantidad de cemento que para este caso sería de 1065 gr, y la cantidad de agua será el 0,48% [33] de la cantidad de cemento, por lo tanto será 511,20 cm³, más 85,20 cm³ por corrección de humedad, obteniendo un total de 596.40 cm³. El mismo razonamiento se aplicará para las dos restantes dosificaciones.

Una vez obtenida la dosificación planteada se procede a la elaboración de las probetas cúbicas.

FotoN°14
Elaboración de Probetas



En la Fotografía N° 14 se puede apreciar el proceso de elaboración de los morteros en probetas cúbicas de cobre 5 x 5 x5cm. Cabe destacar que el aporte recibido por el laboratorista Sr. Atanasio Jara fue de gran valor técnico.

Las probetas utilizadas para la elaboración de los cubos son normadas y de uso común en los diferentes laboratorios vinculadas al mundo de la construcción. Luego de haber sido limpiados adecuadamente se procedió a revestirlos de un desmoldante para alcanzar un correcto desmoldamiento de los doce cubos planteados para cada dosificación.

Cada dosificación se vertió en cuatro probeta con la finalidad de obtener doce cubos por cada una de ellas; el proceso de relleno se lo hizo por tres capas de 1.5 cm de espesor aproximadamente y cada una se compactaron con un pisón normalizado a razón de ocho golpes en un sentido y ocho golpes en otro sentido y posteriormente la superficie externa fue alisada con una paleta apropiada para el proceso (Ver foto N° 15).

FotoN° 15
Elaboración de Probetas

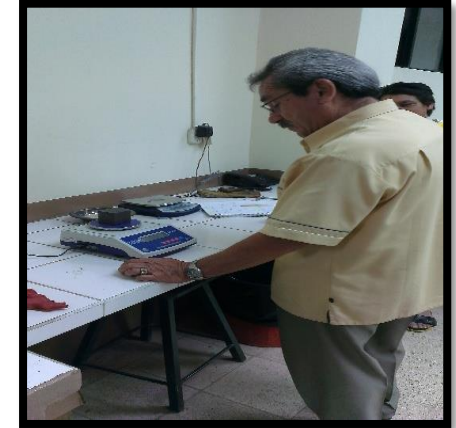
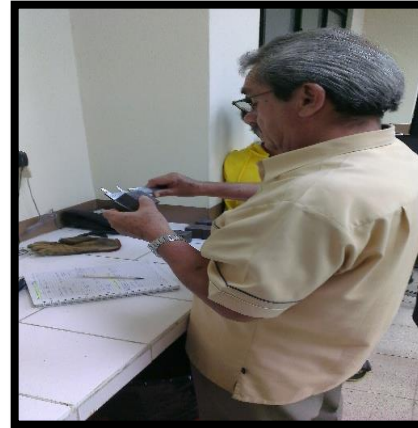


Cada dosificación fue desmoldada a las 24 horas para su posterior curado en agua(Ver foto N° 16 y 17).

FotoNº16
Desencófrado de Probetas



Foto Nº 18,19
Medida y pesado de Probetas



FotoNº 17
Curado de Probetas



FotoNº20
Rotura de Probetas



Rotura de probetas.

Una vez cumplido el tiempo determinado según la norma se procedió a realizar el ensayo a la compresión, previo a ser medidas y pesadas, para cada una de las dosificaciones (Ver cuadro resumenNº 8).

Los resultados de las diferentes dosificaciones se pueden apreciar en los cuadros Nº 8, 9 y10, donde se especifica las medidas, pesos, área, volumen, fechas de rotura por día, carga y resistencia de cada mortero.

Cuadro N°8
Cuadro Resumen. Dosificación 1:2

N°	5 x 5x 5 cm.			PESO gr	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	P. VOLUME. gr/cm ³	FECHA CONFECCIÓN días	FECHA ROTURA días	EDAD ENSAYO días	CARGA Kg.	RESISTENCIA kg/cm ²	NOMEN-CLATURA
	L.	L.	H.										
1	5,09	5,09	5,14	274,75	25,91	133,17	2,063	07-may-15	08-may-15	1	150,410	5,805	1:2
2	5,08	5,085	5,09	271,13	25,83	131,47	2,062	07-may-15	08-may-15	1	96,420	3,733	1:2
3	5,085	5,085	5,11	272,28	25,85	132,09	2,061	07-may-15	08-may-15	1	79,480	3,075	1:2
1	5,075	5,10	5,12	274,78	25,88	132,51	2,074	07-may-15	10-may-15	3	1688,360	65,238	1:2
2	5,09	5,08	5,11	273,57	25,85	132,09	2,071	07-may-15	10-may-15	3	1765,000	68,279	1:2
3	5,10	5,08	5,11	274,05	25,90	132,34	2,071	07-may-15	10-may-15	3	1583,367	61,134	1:2
1	5,08	5,09	5,10	274,77	25,85	131,83	2,084	07-may-15	14-may-15	7	2979,48	115,260	1:2
2	5,095	5,085	5,10	275,21	25,90	132,09	2,084	07-may-15	14-may-15	7	3433,46	132,566	1:2
3	5,08	5,075	5,12	274,00	25,78	131,99	2,076	07-may-15	14-may-15	7	2522,65	97,853	1:2
1	5,060	5,080	5,12	276,75	25,70	131,58	2,103	07-may-15	04-jun-15	28	6256,12	243,429	1:2
2	5,070	5,065	5,135	275,75	25,67	131,81	2,092	07-may-15	04-jun-15	28	6168,97	240,318	1:2
3	5,060	5,07	5,12	275,72	25,65	131,32	2,100	07-may-15	04-jun-15	28	6265,51	244,269	1:2

DOSIFICACIÓN 1:3

El procedimiento se realizó anteriormente y se considera constante, por lo tanto se repetirá en las dosificaciones 1:3.

Dosificación: (peso) para 12 Morteros

CEMENTO	ARENA	AGUA
710	2130	426,80 cm ³
1	3	426,80 cm ³

Rotura de probetas. (Ver cuadro resumen N°9)

Cuadro N°9
Cuadro Resumen. Dosificación 1:3

N°	5 X 5x 5 cm. L. L. H.	PESO gr	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	P. VOLUME. gr/cm ³	FECHA CONFECCIÓN días	FECHA ROTURA días	EDAD ENSAYO días	CARGA Kg.	RESISTENCIA kg/cm ²	NOMENCLATURA
1	5,10-5,09-5,13	258,06	25,95	133,12	1,939	05-may-15	06-may-15	1	161,730	6,232	1:3
2	5,09-5,09-5,08	253,82	25,90	131,57	1,929	05-may-15	06-may-15	1	116,320	4,491	1:3
3	5,08-5,09-5,08	255,84	25,85	132,31	1,934	05-may-15	06-may-15	1	150,400	5,818	1:3
1	5,085-5,10-5,095	257,67	25,93	132,11	1,950	05-may-15	10-may-15	5	709,790	27,373	1:3
2	5,08-5,09-5,10	259,30	25,85	131,83	1,967	05-may-15	10-may-15	5	458,570	17,740	1:3
3	5,09-5,09-5,08	255,74	25,90	131,57	1,944	05-may-15	10-may-15	5	686,73	26,515	1:3
1	5,075-5,10-5,075	255,37	25,88	131,34	1,944	05-may-15	12-may-15	7	751,93	29,054	1:3
2	5,075-5,09-5,12	258,37	25,830	132,24	1,954	05-may-15	12-may-15	7	888,16	34,385	1:3
3	5,08-5,085-5,085	256,95	25,830	131,34	1,956	05-may-15	12-may-15	7	820,00	31,746	1:3
1	5,07-5,09-5,07	257,14	20,80	105,45	2,439	05-may-15	02-jun-15	28	2128,26	102,320	1:3
2	5,085-5,075-5,08	263,79	25,80	131,06	2,013	05-may-15	02-jun-15	28	2738,26	106,134	1:3
3	5,065-5,07-5,10	261,20	25,67	130,91	1,995	05-may-15	02-jun-15	28	2261,63	88,104	1:3

DOSIFICACION 1:4

El procedimiento que se realizó anteriormente se considera constante, por lo tanto se repetirá en las dosificaciones 1 : 4.

Dosificación: (peso) para 12 Morteros

CEMENTO	ARENA	AGUA
532,5	2130	340,80 cm ³
1	4	340,80 cm ³

Rotura de probetas(Ver cuadro resumenN° 10)

Cuadro N° 10
Cuadro Resumen. Dosificación 1:4

N°	5 X 5x 5 cm.			PESO gr	ÁREA cm ²	VOLUMEN cm ³	P. VOLUME. gr/cm ³	FECHA CONFECCIÓN días	FECHA ROTURA días	EDAD ENSAYO días	CARGA Kg.	RESISTENCIA kg/cm ²	NOMENCLATURA
	L.	L.	H.										
1	5,08	5,09	5,09	251,30	25,85	131,57	1,910	06-may-15	07-may-15	1	141,830	5,487	1:4
2	5,085	5,10	5,10	253,10	25,93	132,24	1,914	06-may-15	07-may-15	1	14,180	0,547	1:4
3	5,085	5,095	5,95	252,80	25,90	154,11	1,640	06-may-15	07-may-15	1	70,910	2,738	1:4
1	5,08	5,10	5,095	254,64	25,90	131,96	1,930	06-may-15	10-may-15	5	232,650	8,983	1:4
2	5,75	5,10	5,10	253,12	29,32	149,53	1,693	06-may-15	10-may-15	5	215,610	7,354	1:4
3	5,08	5,09	5,10	254,34	25,85	131,83	1,929	06-may-15	10-may-15	5	1667,44	64,504	1:4
1	5,09	5,08	5,08	250,17	25,85	131,31	1,905	06-may-15	14-may-15	7	368,87	14,270	1:4
2	5,09	5,08	5,10	251,75	25,85	131,83	1,910	06-may-15	14-may-15	7	425,61	16,465	1:4
3	5,08	5,09	5,10	254,49	25,85	131,83	1,930	06-may-15	14-may-15	7	547,65	21,186	1:4
1	5,07	5,075	5,00	254,00	25,73	128,65	1,974	06-may-15	03-jun-15	28	944,89	36,723	1:4
2	5,065	5,085	5,10	255,18	25,75	131,32	1,943	06-may-15	03-jun-15	28	922,24	35,815	1:4
3	5,075	5,06	5,06	251,88	25,67	129,93	1,939	06-may-15	03-jun-15	28	834,28	32,500	1:4

Como se puede apreciar en el cuadro resumen N° 8 de la dosificación 1:2, se obtiene valores altos como: 243,42 kg/cm²; 240,31 kg/cm² y 244,26 kg/cm², en respuesta al ensayo a la compresión, por lo tanto considero que la misma dará resultados importantes para nuestro proyecto de investigación.

De esta manera la dosificación 1:2 será utilizada en el siguiente proceso para la elaboración de los ladrillos a base de PET.

3.4 DOSIFICACIÓN POR PORCENTAJES DE POLIETILEN-TEREFTALATO(PET)

Una vez establecido el mortero ideal, producto del análisis efectuado a través de varias dosificaciones, se procede a realizar la investigación para establecer el "ladrillo patrón", mediante la dosificación de cinco diferentes mezclas de materiales de cemento, arena, plástico 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, Dosificación 1:2, se procede a reemplazar mediante porcentajes a la arena utilizada anteriormente por el polímero.

Las dosificaciones a tomar en cuenta avanzan progresivamente desde 10, 25, 40, 55, 65 y 70%; 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.

Foto N° 21
Elaboración de Ladrillo (Hormiazuary)



En la Fotografía N° 21 se puede apreciar la máquina QUNFENG MACHINERY; es de fabricación china y ejerce una presión de 10000 lb/cm² por un lapso de tiempo de 5 segundos.

Esta maquinaria será la encargada de dar forma a los ladrillos de PET, la misma que es de acero de alto carbono.

Foto N° 22,
Elaboración de Ladrillo (Hormiazuary)

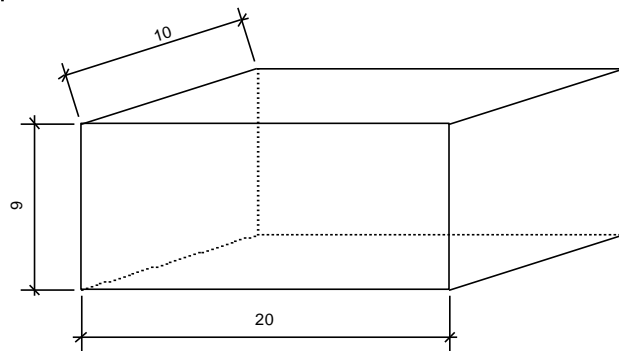


En la fotografía N° 22 se observa el desmoldado del ladrillo, es decir, se realiza el vertido de la dosificación respectiva en el molde se compacta la materia prima por cinco segundos e inmediatamente se desmolda y se da forma al mismo.

3.4.1 10% DE ADICIÓN DE PET

Para obtener la cantidad de materiales (Volumen) que se requiere para llenar el molde (Ver gráfico N° 5) en el cual se moldeará el *ladrillo patrón*, es necesario utilizar la fórmula de la densidad y volumen:

Gráfico N° 5
Dimensiones del molde



Fórmula de la densidad: $\gamma = P / V$ (Peso sobre Volumen)

Fórmula del Volumen: $V = A \times h$ (Área por altura)

$$A = 20 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}; A = 200 \text{ cm}^2$$

$$V = A \times h$$

$$V = 200 \text{ cm}^2 \times 9 \text{ cm} = 1800 \text{ cm}^3 \times 3 \text{ probetas} = 5400 \text{ cm}^3$$

$\gamma = 1.42 \text{ gr/cm}^3$ (γ : Dato obtenido en el ensayo de laboratorio de la Densidad de la arena)

Por lo tanto:

$$\gamma = P / V \text{ despejando } P = \gamma \times V$$

Se encuentra el peso P:

$$P = 1.42 \text{ gr/cm}^3 \times 5400 \text{ cm}^3 = 7668 \text{ gr}$$

Una vez obtenido el peso total de 7668 gr que es la cantidad de material que se necesita para llenar 3 molde (probetas), se procede a establecer una dosificación preliminar, partiendo siempre como valor constante la cantidad del peso total de 7668 gr el mismo que dividido para dos dará la dosificación 1 : 2, que fue la que se obtuvo como resultado en los ensayos a la compresión de las probetas cúbicas y la

cantidad de agua será 48% del cemento, por lo tanto se obtiene los siguientes valores:

a.- Dosificación preliminar:

En el cuadro N° 11 se tiene una dosificación partiendo del valor total de 7668 gr dividido para dos se obtiene el valor del cemento y este valor multiplicado por 0.48% da la cantidad de agua.

Cuadro N° 11
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)
1:2	3834	7668	1840,32

A continuación en el cuadro N° 12, se procede a reemplazar el 10% de polímero por la cantidad de arena obtenida preliminarmente. Esto implica modificar los resultados anteriores.

Cuadro N° 12
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr	H ² O cm ³	PET 10%
		(arena)	(agua)	
1:2	3450,60	6901,20	1656,28	766,80

La arena antes de ingresar al proceso de investigación fue sometida a un ensayo granulométrico y ahí se obtuvo el Porcentaje de absorción cuyo valor es igual a 4,00%, por lo tanto, se vuelve indispensable corregir el agua por añadir a la mezcla y para tal efecto se utilizará la fórmula de porcentaje de humedad:

Fórmula de porcentaje de humedad: $\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$ donde:

W_s

$\%W = 4\%$; $W_w =$ Peso del Agua; $W_s =$ Peso seco (6901,20gr)

Despejando:

$$W_w = \frac{\%W \times W_s}{100} = \frac{4}{100} \times 6901,20 \text{ gr} = 276,05 \text{ cm}^3.$$

100 100

Agua por añadir:

$$\text{AGUA TOTAL: } 1656,28 \text{ cm}^3 + 276,05 \text{ cm}^3 = 1932,33 \text{ cm}^3$$

b.- Dosificación final:

Cuadro N°13
Dosificación final

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)	PET 10%
	1:2	3450,60	6901,20	

En el cuadro N° 13, se tiene la dosificación final para la obtención del primer ladrillo de plástico, la dosificación es 1 : 2, es decir, de la cantidad de arena a utilizar dividimos para dos y obtenemos la cantidad de cemento y este valor se multiplica por el 48% y se obtiene la cantidad de agua, con la adición del 10% de PET. De igual manera se procede en las restantes dosificaciones.

c.- Cantidad de arena según la granulometría estándar

Para obtener una granulometría variada y homogénea de la arena será necesario tamizar la misma a través de los tamices N° 16, 30, 50 y 100, de tal manera que se tenga un mortero adecuado para la elaboración del *ladrillo patrón*.

La arena se tamiza en la máquina tamizadora por el lapso de 5 minutos, posteriormente se elimina la cantidad de material retenido en

el tamiz N° 16 y el pasante del tamiz N° 100, por lo tanto, solo se utilizará el material retenido en los tamices N° 30, 50, y 100.

$W_s = 6901,20 \text{ gr}$

Cuadro N°14
Distribución de arena por tamiz

TAMIZ	PORCENTAJE %	gr
#16	0	
#30	2	80.24
#50	72	2888,79
#100	98	3932,07
	total	6901,2

El procedimiento antes descrito es repetitivo para las restantes dosificaciones, por lo que se convierte en valores constantes por lo que no se repetirá el procediendo indicado.

FotoN°23

Elaboración de ladrillo con 10 % de adición de PET



En la foto N° 23 se puede apreciar el ladrillo terminado con una dosificación del 10%, es necesario recalcar que su forma, estructura y acabado presenta excelentes condiciones.

3.4.2 25% DE ADICIÓN DE PET

a.- Dosificación preliminar:

El procedimiento inicial para encontrar el volumen (V) y el peso (P) se repite por lo tanto su valor es constante:

V= se mantiene =5400 cm³ (valor constante)

De igual manera para encontrar el peso (P), se repite el procedimiento anterior:

$P = \gamma \times V = 1.42 \times 5400 = 7668 \text{ gr}$ (valor constante)

Cuadro N°15
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)
1:2	3834	7668	1840,32

A continuación se procede a reemplazar el 25% de polímero por la cantidad de arena obtenida preliminarmente. Esto implica modificar los resultados de la tabla anterior.

Cuadro N°16
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)	PET 25%
1:2	2875,5	5751	1380,24	1917

A continuación se procede a corregir la cantidad de agua:

Agua que vamos a corregir. Sabiendo que el porcentaje de absorción de la arena es de 4,00%.

$$W_w = \frac{\%W}{100} \times \frac{W_s}{100} = \frac{4}{100} \times \frac{5751 \text{ gr}}{100} = 230,04 \text{ cm}^3$$

Agua por añadir

$$\text{AGUA TOTAL: } 1380,24 \text{ cm}^3 + 230,04 \text{ cm}^3 = 1610,04 \text{ cm}^3$$

b.- Dosificación final:

Cuadro N°17
Dosificación final

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)	PET 25%
1:2	2875,5	5751	1610,04	1917

c.- Cantidad de arena según la granulometría estándar

Ws=5751 gr

Cuadro N°18
Distribución de arena por tamiz

TAMIZ	PORCENTAJE %	gr.
#16	0	
#30	2	66,87
#50	72	2407,4
#100	98	3276,73
	total	5751

Foto N° 24
Elaboración de ladrillo con 25 % de adición de PET



En la fotografía N° 24 se puede apreciar el ladrillo terminado luego de su moldeado, con una dosificación del 25%, en cuanto a su aspecto presenta un mejor acabado con respecto a la dosificación anterior incluso sus aristas están muy bien definidas, las caras del prisma son completamente lisas, uniformes y es manipulable sin peligro de rotura.

3.4.3 40% DE ADICIÓN DE PET

a.- Dosificación preliminar:

Cuadro N° 19
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)
1:2	3834	7668	1840,32

El procedimiento inicial para encontrar el volumen (V) y el peso (P) se repite por lo tanto su valor es constante:

V = se mantiene = 5400 cm³ (valor constante)

De igual manera para encontrar el peso (P), se repite el procedimiento anterior:

$P = \gamma \times V = 1.42 \times 5400 = 7668 \text{ gr}$ (valor constante)

A continuación se procede a reemplazar el 40% de polímero por la cantidad de arena obtenida preliminarmente. Esto implica modificar los resultados de la tabla anterior.

A continuación se corrige la cantidad de agua:

Agua a corregir. Sabiendo que el porcentaje de absorción de la arena es de 4,00%.

$$W_w = \frac{\%W}{100} \times \frac{W_s}{100} = \frac{4}{100} \times \frac{4600,80 \text{ gr}}{100} = 184,03 \text{ cm}^3$$

Agua por añadir:

$$\text{AGUA TOTAL: } 1104,19 \text{ cm}^3 + 184,03 \text{ cm}^3 = 1288,22 \text{ cm}^3$$

b.- Dosificación final:

Cuadro N° 20
Dosificación final

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)	PET 40%
1:2	2300,40	4600,80	1288,22	3067,20

c.- Cantidad de arena según la granulometría estándar

$W_s = 4600.8 \text{ gr.}$

Cuadro N°21
Distribución de arena por tamiz.

TAMIZ	PORCENTAJE %	gr
#16	0	
#30	2	53.50
#50	72	1925,92
#100	98	2621,39
	total	4600.81

Foto N° 25
Elaboración de ladrillo con 40 % de adición de PET



En la foto N° 25 se aprecia el ladrillo con una dosificación de 40% de PET, tiene un aspecto agradable muy similar al anterior de aristas vivas y caras muy bien definidas.

3.4.4 55% DE ADICIÓN DE PET

a. Dosificación preliminar:

Cuadro N°22
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr	H ² O cm ³
		(arena)	(agua)
1:2	3834	7668	1840,32

El procedimiento inicial para encontrar el volumen (V) y el peso (P) se repite por lo tanto su valor es constante:

$V = \text{se mantiene} = 5400 \text{ cm}^3 \text{ (valor constante)}$

De igual manera para encontrar el peso (P), se repite el procedimiento anterior:

$P = \gamma \times V = 1.42 \times 5400 = 7668 \text{ gr. (valor constante)}$

A continuación, se procede a reemplazar el 55% de polímero por la cantidad de arena obtenida preliminarmente. Esto implica modificar los resultados de la tabla anterior.

Cuadro N°23
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr	H ² O cm ³	PET 55%
		(arena)	(agua)	
1:2	1725,30	3450,60	828,14	4217,40

A continuación, se corregirá la cantidad de agua:

Agua a corregir. Sabiendo que el porcentaje de absorción de la arena es de 4,00%.

$$W_w = \frac{\%W}{100} \times \frac{W_s}{100} = \frac{4}{100} \times \frac{3450,60 \text{ gr}}{100} = 138,02 \text{ cm}^3$$

Agua por añadir:

$$\text{AGUA TOTAL: } 828,14 \text{ cm}^3 + 138,02 \text{ cm}^3 = 966,16 \text{ cm}^3$$

b.- Dosificación final:

Cuadro N°24
Dosificación final

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)	PET 55%
	1:2	1725,30	3450,60	

c.- Cantidad de arena según la granulometría estándar

$$W_s = 3450.6 \text{ gr}$$

Cuadro N°25
Distribución de arena por tamiz.

TAMIZ	PORCENTAJE %	gr
#16	0	
#30	2	40.12
#50	72	1444.44
#100	98	1966.04
	total	3450.6

Foto N° 26

Elaboración de ladrillo con 55 % de adición de PET



En la fotografía N° 26 se observa el ladrillo con una dosificación del 55%, se vuelve indispensable especificar que el elemento ya empieza a tener una apariencia desfavorable en su presentación ya que sus aristas y caras si bien están definidas, pero su textura es muy irregular, presentándose desprendimientos en reducidas cantidades de partículas de PET.

3.4.5 65% DE ADICIÓN DE PET

a.- Dosificación preliminar:

Cuadro N°26

Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)
	1:2	3834	7668

El procedimiento inicial para encontrar el volumen (V) y el peso (P) se repite por lo tanto su valor es constante:

$V = \text{se mantiene} = 5400 \text{ cm}^3$ (valor constante)

De igual manera para encontrar el peso (P), se repite el procedimiento anterior:

$P = \gamma \times V = 1.42 \times 5400 = 7668 \text{ gr.}$ (valor constante)

A continuación, se procede a reemplazar el 65% de polímero por la cantidad de arena obtenida preliminarmente. Esto implica modificar los resultados de la tabla anterior.

Cuadro N°27

Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr	H ² O cm ³	PET 65%
		(arena)	(agua)	
1:2	1341,90	2683,80	644,11	4984,20

A continuación se corrige la cantidad de agua:

Agua a corregir. Sabiendo que el porcentaje de absorción de la arena es de 4,00%.

$$W_w = \frac{\%W}{100} \times \frac{W_s}{100} = \frac{4}{100} \times \frac{2683,80 \text{ gr}}{100} = 107,35 \text{ cm}^3$$

Agua por añadir

$$\text{AGUA TOTAL: } 644,11 \text{ cm}^3 + 107,35 \text{ cm}^3 = 751,46 \text{ cm}^3$$

b.- Dosificación final:

Cuadro N°28

Dosificación final

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr	H ² O cm ³	PET 65%
		(arena)	(agua)	
1:2	1341,90	2683,80	751,46	4984,20

c.- Cantidad de arena según la granulometría estándar
 $W_s = 2683,80 \text{ gr}$

Cuadro N°29
Distribución de arena por tamiz.

TAMIZ	PORCENTAJE %	gr
#16	0	
#30	2	31,21
#50	72	1123,45
#100	98	1529,14
	total	2683,80

Foto N° 27
Elaboración de ladrillo con 65 % de adición de PET



En la fotografía N° 27 se puede apreciar al ladrillo de dosificación del 65%, el cual ya presenta desprendimientos en reducido porcentaje al igual que un mayor grado de desprendimientos de partículas de PET, sin embargo si se puede observar un elemento bastante definidos en cuanto a su forma.

3.4.6 70% DE ADICIÓN DE PET

a.- Dosificación preliminar:

Cuadro N° 30
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)
1:2	3834	7668	1840,32

El procedimiento inicial para encontrar el volumen (V) y el peso (P) se repite por lo tanto su valor es constante:

$$V = \text{se mantiene} = 5400 \text{ cm}^3 \text{ (valor constante)}$$

De igual manera para encontrar el peso (P), se repite el procedimiento anterior:

$$P = \gamma \times V = 1.42 \times 5400 = 7668 \text{ gr. (valor constante)}$$

A continuación, se procede a reemplazar el 70% de polímero por la cantidad de arena obtenida preliminarmente. Esto implica modificar los resultados de la tabla anterior.

Cuadro N° 31
Dosificación preliminar

DOSIFICACIÓN:	C gr (cemento)	A gr (arena)	H ² O cm ³ (agua)	PET 70%
1:2	1150,20	2300,40	552,10	5367,60

A continuación se corrige la cantidad de agua:

Agua a corregir. Sabiendo que el porcentaje de absorción de la arena es de 4,00%.

$$W_w = \frac{\%W \times W_s}{100} = \frac{4 \times 2300,40 \text{ gr.}}{100} = 92,01 \text{ cm}^3$$

Agua por añadir

$$\text{AGUA TOTAL: } 552,10 \text{ cm}^3 + 92,01 \text{ cm}^3 = 644,11 \text{ cm}^3$$

b.- Dosificación final:

Cuadro N°31
Dosificación final.

DOSIFICACIÓN:	C gr(cemento)	A gr	H ² O cm ³	PET 70%
		(arena)	(agua)	
1:2	1150,20	2300,40	644,11	5367,60

c.- Cantidad de arena según la granulometría estándar

Ws = 2300,40 gr

Cuadro N°32
Distribución de arena por tamiz.

TAMIZ	PORCENTAJE %	gr.
#16	0	
#30	2	26,74
#50	72	962,95
#100	98	1310,69
	total	2300,38

FotoN°28
Elaboración de ladrillo con 70 % de adición de PET



En la fotografía N° 28 se aprecia la dosificación con el 70% de PET pero es notable el deterioro que presentan los ladrillos después de su elaboración en cuanto a su forma se refiere, además se presenta un alto nivel de esponjamiento producto de la compactación recibida durante su formación.

Una vez elaborados los ladrillos en la prensa, se dio lugar al proceso de secado, en mismo que tuvo dos instancias, en la primera fueron introducidos en cámaras de secado al vapor por el lapso de 12 horas, en segunda instancia y transcurrido este tiempo fueron introducidas en piscinas de curado por 28 días (Ver foto N° 29, 30 y 31).

Foto N° 29.
Secado al Vapor (Hormiazuay)



En la foto N° 29 se observa el proceso de curado que se les da a los ladrillos luego de haber sido elaborados, el indicado proceso no se lo hizo inmediatamente, sino por el contrario se lo realizo diez horas después, el indicado tiempo se lo planifico debido a que los morteros y hormigones llegan a su fraguado final entre las 6 y 10 horas de su elaboración.

Foto N° 30
Secado al vapor



En la foto N° 30 se puede apreciar que el método de secado de los ladrillos fue realizado en una cámara de vapor de agua con una capacidad de 40 m³, que son inyectados por un caldero; la indicada cámara tiene 6 m de ancho, 30 m de longitud y 3 m de alto.

El tiempo de curado de los ladrillos en sus diferentes dosificaciones tuvo un lapso de tiempo de 12 horas.

En resumen, se puede decir que se dio inicio al proceso de elaboración de los ladrillos a las 08h30 de la mañana, el modelado se lo terminó a las 10h30, y el ingreso de los materiales a la cámara se la realizó a las 19h00.

Se debe aclarar que la elaboración no duró dos horas, mas todo lo contrario, en cada una de las dosificaciones el tiempo requerido para su moldeado al interior de la máquina duró apenas 3 minutos, no así el tiempo para la preparación de las dosificaciones que tomó aproximadamente entre 15 a 20 minutos.

En la foto N° 31 se puede ver el conjunto de ladrillos con sus diferentes dosificaciones, así como su transformación a medida que aumenta la adición de PET, ya que a mayor porcentaje de polímero el ladrillo empieza a tener menor cohesión entre sus elementos por lo tanto se observa gran debilitamiento del elemento.

Foto N° 31
Elaboración de ladrillos



Foto N° 32
Proceso de Curado (Hormiazuary)



En la fotografía N° 32, se observa de derecha a izquierda los ladrillos terminados en sus diferentes dosificaciones de 10, 25, 40, 55, 65 y 70%. Luego de su primer curado, los materiales pasan a un segundo curado por inmersión total por el lapso de 28 días. Durante este lapso de tiempo existió un seguimiento muy riguroso con la finalidad de monitorear el avance y evolución de los elementos, donde se pudo evidenciar que cada una de las muestras se comportaban de igual manera que un elemento elaborado totalmente de mortero, por lo que no existía una disgregación de los componentes y peor aún disgregación.

3.5 ENSAYOS

3.5.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Una vez transcurrido 28 días de curado por inmersión, se procede a ensayarlos para determinar entre otros parámetros su resistencia a la compresión, previo a este proceso es necesario pesar y medir todas y cada una de las muestras para tener los datos suficientes para posteriormente realizar la tabulación y cálculos, esta información será de vital importancia para el presente trabajo de investigación.

Foto N° 33
Compresión de ladrillos al 10%



En la fotografía n° 33 se observa el procedimiento de ensayo a la compresión de los ladrillos MORTERO/PET, (10%) en la prensa hidráulica.

Foto N° 34
Compresión de ladrillos al 25%



En la fotografía n° 34 se ejemplifica el procedimiento de ensayo a la compresión de los ladrillos MORTERO/, PET, (25%), en la prensa hidráulica, posterior a su pesaje y medición.

Foto N° 35
Compresión de ladrillos al 40%



En la fotografía n° 35 se presenta el procedimiento de ensayo a la compresión de los ladrillos MORTERO/, PET, (40%), en la prensa hidráulica, posterior a su pesaje y medición.

Foto N° 36
Compresión de ladrillos al 55%



En la fotografía N° 36 se aprecia el procedimiento de ensayo a la compresión de los ladrillos MORTERO/PET, (55%), en la prensa hidráulica, posterior a su pesaje y medición.

Foto N° 37
Compresión de ladrillos al 65%



En la fotografía n° 37 se determina el procedimiento de ensayo a la compresión de los ladrillos MORTERO/PET, (65%), en la prensa hidráulica, posterior a su pesaje y medición.

Es importante destacar que en la dosificación de MORTERO/PET, 70%, no se realizó el ensayo a la compresión debido a que las características que presentaban los ladrillos, como el alto grado de disgregación de los componentes (arena, cemento, PET), la forma de sus aristas no están claramente definidas, sus dimensiones son muy variables, no permiten manipulación alguna. Lo que no permitían que sean sometidos a ningún tipo de carga en la presa. Es por esta razón que no hay registro fotográfico de este material.

Terminado el ensayo se procede a la recolección, tabulación y análisis de la de la información producida en el laboratorio (Ver Cuadro N° 33).

Cuadro N° 33
Ensayo Compresión de Ladrillos (Cemento/ PET) (Ver anexo 5)

NOMENCLATURA	L cm.	L cm.	L cm.	PESO gr.	ÁREA cm.2	VOLUMEN cm.3	P. VOLUME. gr/cm ³	FECHA CONFECCIÓN días	FECHA ROTURA días	EDAD ENSAYO días	PRENSA KN	CARGA Kg.	RESISTEN.kg/cm ²
DOSIFICION 1-2 10% DE PET													
10% DE PET	20,61	10,8	6,05	2665	222,588	1346,66	1,979	28-may-15	25-jun-15	28	513,83	52431,63	235,55
10% DE PET	20,68	10,74	5,78	2376	222,1032	1283,76	1,851	28-may-15	25-jun-15	28	563,95	57545,92	259,10
10% DE PET	20,75	10,94	5,96	2475	227,005	1352,95	1,829	28-may-15	25-jun-15	28	551,99	56325,51	248,12
10% DE PET	20,64	10,72	5,8	2408,5	221,2608	1283,31	1,877	28-may-15	25-jun-15	28	548,75	55994,90	253,07
DOSIFICION 1-2 25% DE PET													
25% DE PET	20,27	10,35	5,92	2236,5	209,7945	1241,98	1,80	28-may-15	25-jun-15	28	651,43	66472,45	316,85
25% DE PET	20,34	10,36	5,9	2233,5	210,7224	1243,26	1,80	28-may-15	25-jun-15	28	601,65	61392,86	291,34
25% DE PET	20,25	10,31	5,83	2152	208,7775	1217,17	1,77	28-may-15	25-jun-15	28	572,75	58443,88	279,93
25% DE PET	20,2	10,3	5,88	2096,5	208,06	1223,39	1,71	28-may-15	25-jun-15	28	543,78	55487,76	266,69
DOSIFICION 1-2 40% DE PET													
40% DE PET	20,44	10,59	5,96	2299	216,4596	1290,10	1,78	28-may-15	25-jun-15	28	567,19	57876,53	267,378
40% DE PET	20,46	10,48	5,73	2169	214,4208	1228,63	1,77	28-may-15	25-jun-15	28	573,79	58550,00	273,061
40% DE PET	20,3	10,45	5,94	2276	212,135	1260,08	1,81	28-may-15	25-jun-15	28	541,46	55251,02	260,452
DOSIFICION 1-2 55% DE PET													
55% DE PET	20,29	10,15	5,78	1187	205,9435	1190,35	1,00	28-may-15	25-jun-15	28	61,31	6256,12	30,378
55% DE PET	20,23	10,07	5,77	1133	203,7161	1175,44	0,96	28-may-15	25-jun-15	28	32,23	3288,78	16,144
55% DE PET	20,31	10,1	6,04	1205	205,131	1238,99	0,97	28-may-15	25-jun-15	28	18,02	1838,78	8,964
55% DE PET	20,2	10,16	5,96	1157	205,232	1223,18	0,95	28-may-15	25-jun-15	28	32,56	3322,45	16,189
DOSIFICION 1-2 65 % DE PET													
65% DE PET	20,26	10,16	5,87	999	205,8416	1208,29	0,83	28-may-15	25-jun-15	28	22,08	2253,06	10,95
65% DE PET	20,47	10,24	6,15	993,5	209,6128	1289,12	0,77	28-may-15	25-jun-15	28	20,21	2062,24	9,84
65% DE PET	20,33	10,2	6,13	983	207,366	1271,15	0,77	28-may-15	25-jun-15	28	18,63	1901,02	9,17
65% DE PET	20,55	10,47	6,23	1047	215,1585	1340,44	0,78	28-may-15	25-jun-15	28	13,43	1370,41	6,37

3.5.2 ANÁLISIS DE LADRILLOS MORTERO/PET

Una vez recolectada y tabulada la información (Ver cuadro N° 33), se procede al análisis del mismo.

De acuerdo con los datos obtenidos se puede deducir que la forma, textura, medidas y peso de los ladrillos presentan excelentes condiciones, debido a que su aspecto, presentación y forma, son considerablemente mejor que los ladrillos de arcilla cocida de nuestra ciudad. Tienen aristas vivas muy bien definidas especialmente en los cuatro primeros especímenes de dosificación 10, 25, 40 y 55%, no así en los restantes de 65 y 70% que tienen oquedades o huecos. Son de textura lisa, obtenidos durante el proceso de compactación y curado al vapor, lo cual le da un valor agregado adicional a este nuevo material de construcción, principalmente porque una vez puesto en obra no sería necesario tener que realizar el clásico revoque o enlucido, que en la actualidad representa un rubro muy elevado en los costos finales de una edificación, por lo tanto, se generarían ahorros económicos, reduciendo considerablemente los presupuestos en las diferentes obras tanto públicas como privadas.

En cuanto a su peso, tiene una característica muy importante que destacar ya que el mismo es considerablemente mucho más liviano que su par constructivo (ladrillo de arcilla), porque el mismo tiene un peso promedio de 1817 gr y su par el ladrillo, tiene 3829 gr en promedio.

Si se toma en cuenta que la diferencia es de 2012 gr, se podría decir que representa una significativa reducción de carga muerta a todas las edificaciones que se construirían con este nuevo material alternativo y ecológico. Se debe destacar que para el análisis anterior se toma en cuenta los pesos de todos los ladrillos, independientemente de su dosificación y medidas, lo cual significa una variedad distinta de tamaños y pesos, pero de igual manera ocurre con los ladrillos artesanales de arcilla cocida, ya que al ser fábricas diferentes presentan serias irregularidades en cuanto a su peso y medidas. Adicionalmente, se puede destacar que los ladrillos de MORTERO/PET son de medidas diferentes que su par, pero esa diferencia representa un porcentaje muy reducido por lo que en el análisis final no tendría mayor incidencia.

Existe en nuestro medio otro material de construcción denominado BLOQUE, el mismo que puede ser de pómez u hormigón, es de gran demanda en todo el país y por lo que existe gran demanda por todos los sectores de la construcción.

Al ser un material de construcción al igual que el ladrillo de arcilla cocida, es necesario utilizarlo como elemento de comparación con el ladrillo de MORTERO/PET.

Según el cuadro N° 38 se tiene un peso promedio de 7282 gr para bloques de pómez de 15 cm de ancho; un peso de 5677,8 gr para bloques de pómez de 10 cm de ancho; un bloque de hormigón de 15 cm, de ancho tiene un peso promedio de 14150 gr; un bloque de hormigón de 10 cm pesa un promedio de 5.560 gr.

En una comparación analógica se puede ver que este ladrillo comparativamente hablando es mucho más liviano que los bloques tanto de pómez como de hormigón y adicionalmente su textura es mucho más lisa que el bloque.

En lo referente a la resistencia a la compresión (Ver cuadro N°37) de cada material, se puede decir que el ladrillo MORTERO/PET tiene un promedio de 268,03 kg/cm², el ladrillo de arcilla cocida tiene un promedio de 98,35 kg/cm² (Ver cuadro N°35); el bloque de pómez de 15 cm tiene un promedio de 22,42 kg/cm² (Ver cuadro N°37); el bloque de pómez de 10 cm tiene un promedio de 20,20 kg/cm², el bloque de hormigón de 15 cm tiene un promedio de 122,97 kg/cm²; el bloque de pómez de 10 cm tiene un promedio 183,60 kg/cm². Por lo descrito se observa que los ladrillos producto de la presente investigación son ampliamente mucho más resistentes que todos los materiales de construcción analizados, por lo tanto se puede decir que se cumple con lo expuesto en el objetivo específico respectivo de esta investigación.

3.6 ENSAYO DE LADRILLOS MACIZOS CON ADICIÓN DE PET CON EL 25%.

3.6.1 ANALISIS COMPARATIVO:

Con la finalidad de validar y obtener la dosificación óptima, se procede a realizar un análisis comparativo con los ladrillos obtenidos en investigaciones similares como la del CEVE de Argentina, por lo tanto tomaremos como punto de comparación lo estipulado en el

punto 2.2.3 (Ámbito Internacional) donde se puede apreciar que sus resultados están basados dentro de las exigencias establecidas por la Subsecretaría de Vivienda de la Nación Argentina para la obtención del Certificado de Aptitud Técnica (CAT), por tanto, al no tener acceso a la Norma IRAM (Argentina) nos vamos a remitir como parámetro de comparación a los resultados obtenidos por Rosana Gaggino:

Peso específico: Los ladrillos elaborados por el CEVE son más livianos debido al bajo peso específico, de igual manera los ladrillos resultantes de la presente investigación son de peso muy reducido que sus pares constructivos, es decir tiene bajo peso específico.

Conductividad Térmica: Los ladrillos elaborados por el CEVE malos conductores de calor y los ladrillos producto de esta investigación al ser elaborados con cemento y áridos finos también son malos conductores de calor.

Resistencia mecánica: Los ladrillos elaborados por el CEVE, según el ensayo respectivo tienen resistencias menores a otros elementos tradicionales, pero los ladrillos de esta investigación presentan resistencias considerablemente altas (Ver cuadro N° 33) con respecto a sus pares de la ciudad de Córdoba y más aún con los materiales propios de nuestra ciudad y país.

Absorción de agua: Los ladrillos elaborados por el CEVE y los ladrillos producto de esta investigación presentan o tienen similar absorción de agua que otros elementos tradicionales.

Comportamiento a la intemperie: En el CEVE no se realizaron ensayos de ladrillos solo de paneles, por lo que no existe un parámetro de comparación.

Aptitud para el clavado y aserrado: Las placas y mampuestos del CEVE son fáciles de clavar y aserrar, pero no hay registro del comportamiento de los ladrillos de PET frente a este ensayo, por el contrario los ladrillos de esta investigación al tener una masa compacta y muy resistente se vuelve muy fácil poder hincar calvos.

Adherencia de revoques: Las placas y mampuestos del CEVE tienen buena aptitud para recibir revoques con morteros convencionales, por su gran rugosidad superficial, igual comportamiento presentan los ladrillos de PET de esta investigación,

debido a su proceso de elaboración y al estar conformado por materiales pétreos y cementicios permite con facilidad la adherencia de morteros.

Una vez terminado el análisis comparativo entre los dos materiales, se puede decir que los ladrillos de PET, si tienen excelentes características para convertirse en un material alternativo en la ciudad de Cuenca y ser utilizado por todos los técnicos vinculados a la construcción.

3.6.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL LADRILLO PROTOTIPO:

En el Cuadro N° 33 se puede observar las resistencias obtenidas en laboratorio de los diferentes ladrillos con sus respectivas dosificaciones, lo que permitirá tener una idea clara del comportamiento de la materia prima PET en cuanto a la elaboración de ladrillos se refiere, con la finalidad de escoger la dosificación ideal para el prototipo que permitirá fabricar el murete y validar el objetivo central del presente trabajo de investigación, bajo los siguientes criterios:

- Las dosificaciones del 10, 25 y 40%, presentan las más altas resistencias durante el ensayo a la compresión.
- Las dosificaciones del 55 y 65%, tiene una considerable disminución en cuanto a su Resistencia se refiere, lo cual no les permite estar ni siquiera al mismo nivel de los ladrillos cerámicos de la ciudad.
- Las dosificaciones del 10 y 40% presentan valores inferiores a los obtenidos con la dosificación del 25%
- A partir de la dosificación del 40%, se puede apreciar como empieza a tener una considerable disminución la resistencia de las dosificaciones del 55 y 65%.

Una vez realizado el análisis de la adición de varias dosificaciones (ver cuadro N° 33), se toma como dosificación final la del 25% de PET, por cuanto presenta las mejores características frente a las restantes dosificaciones, por lo tanto se procede a elaborar nuevos ladrillos con la finalidad de validar su resistencia a la compresión (ver cuadro N° 34), es decir, se fabricarán solo ladrillos con el 25% de adición de PET, con el mismo proceso que tuvieron todos los anteriores, con la finalidad de elaborar los respectivos muretes.

Cuadro N° 34

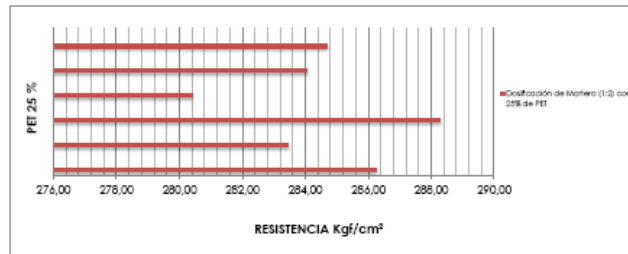
Ensayo a la compresión de ladrillos dosificación 25% (Ver anexo 6)



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	Ladrillos Elaborados con Plástico Reciclado con características Acústicas y Térmicas										
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca										
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PhD. Jaime Bojorque Ñíguez.										
SOLICITADO POR:	Arq. Pedro Angumba										
DESCRIPCIÓN:	Ensayo de Ladrillos macizos con adición de PET con el 25%										
FECHA:	09/12/2015										
ENSAYO A LA COMPRESION											
DATOS DEL ENSAYO											
Ladrillos macizos	Peso g	Lado (a) cm	Lado (b) cm	Lado (c) cm	Area cm ²	Volumen cm ³	Peso/Vol. g/cm ³	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	Promedio Kg/cm ²	Esfuerzo Mpa
Dosificación de Mortero (1:2) con 25% de PET											
1	2206,00	20,06	10,33	5,94	207,22	1230,89	1,79	59318	286,26	284,60	28,07
2	2189,00	20,31	10,28	5,96	208,79	1244,37	1,76	59184	283,47		27,80
3	2048,00	20,42	10,21	5,90	208,49	1230,08	1,66	60103	288,28		28,27
4	2301,00	20,33	10,06	5,87	204,52	1200,53	1,92	57349	280,41		27,50
5	2259,00	20,21	10,26	5,87	207,35	1217,17	1,86	58901	284,06		27,86
6	2117,00	20,19	10,33	5,89	208,56	1228,43	1,72	59374	284,68		27,92



Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)		Resistencia mínima a la flexión MPa* (Ver nota 1)	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25
hueco tipo D	6	5	4	16
hueco tipo E	4	4	3	18
hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296

NOTA: Adjunto a la grafica de resistencia y adición de PET, se encuentra la tabla de requisitos para aceptación de los ladrillos según la Norma INEN 294.

Previo a la elaboración del murete se ensayaron en la prensa seis ladrillos, los mismos que luego del respectivo proceso de secado a los 28 días se obtuvo una resistencia promedio de 284,60 kg/cm², con un peso volumétrico promedio de 1.77 gr/cm³ (Ver cuadro N° 34). El resultado del ensayo es muy aceptable desde la perspectiva de la NEC, la cual indica que para ladrillos cocidos se requiere una resistencia mínima de 30 kg/cm².

Se vuelve indispensable establecer parámetros adicionales de comparación con elementos similares y de uso masivo en nuestro medio, por lo tanto, se realiza un ensayo a la compresión de ladrillos de libre comercialización en el Cantón Cuenca, para tal efecto se adquieren 7 ladrillos de diferentes fábricas de la localidad de Racar (sector Nor-este del cantón), los mismos que luego del debido proceso en laboratorio obtuvieron los siguientes resultados:

Cuadro N° 35
Ensayo de Ladrillos a Compresión

LADRILLO	LADRILLO (*)	PESO (gr)	CARGA (kgf)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	RESISTENCIA mpa.
1	A	1826.0	12230	121	11,87
	B	2064.6	13463	133	13,04
2	A		6976	69	6,77
	B	2196.2	11978	118	11,57
3	A	1417.5	6831	67	6,57
	B	2261.2	13061	129	12,65
4	A	1477.0	5254	52	5,10
	B	2276.8	16265	161	15,79
5	A	1870.8	5875	58	5,69
	B	2015.2	6255	62	6,08
6	A	1554.1	5197	51	5,00
	B	2279.1	11636	115	11,28
7	A	1852.2	10778	106	10,40
	B	2102.6	14212	140	13,73

*Cada ladrillo de arcilla fue ensayado a la flexión por esta razón fue dividido a la mitad y estos a su vez fueron ensayado a la compresión.

Fuente y Elaboración: Valeria Bermeo, Janeth Medina, Johanna Ochoa

Cuadro N° 36:
NTE INEN 0297 (1978): Ladrillos cerámicos requisitos.

Tipo De Ladrillo	Resistencia mínima a la compresión MPa* (ver nota 1)		Resistencia mínima a la flexión MPa* (Ver nota 1)	Absorción máxima de humedad %
	Promedio de 5 unidades	Individual	Promedio de 5 unidades	Promedio de 5 unidades
macizo tipo A	25	20	4	16
macizo tipo B	16	14	3	18
macizo tipo C	8	6	2	25
hueco tipo D	6	5	4	16
hueco tipo E	4	4	3	18
hueco tipo F	3	3	2	25
Método de ensayo	INEN 294		INEN 295	INEN 296

Fuente y elaboración: INEN

En el cuadro N° 35, se observa que la resistencia alcanzada en los ladrillos de la localidad, en la mayoría de los casos es reducida con un promedio de 91,42 kg/cm², más aún no se aproxima a los ladrillos de plásticos obtenidos en el cuadro N° 34, por lo que el objetivo principal del presente trabajo de investigación se cumple con un margen muy amplio, lo cual indica que el ladrillo prototipo sería una alternativa ecológica aceptable para nuestro medio y sería recomendable para su utilización en mamposterías no portantes para viviendas unifamiliares de la región y país.

El ladrillo artesanal a pesar de su uso masivo en el austro ecuatoriano tiene inconvenientes debido principalmente a su proceso de fabricación el cual es realizado de forma manual y se ve reflejado en la considerable variación de valores obtenidos en la prueba a la compresión con un mínimo de 51 kg/cm² (Ver cuadro N° 34). Lo indicado anteriormente puede generar una falta de confianza dentro del sector vinculado a la construcción de la ciudad, lo cual es contrastado con la falta de control de las autoridades respectivas, que no cumplen su rol histórico de realizar un estricto control de los materiales de construcción utilizados en las diferentes edificaciones de la ciudad.

El problema se incrementa más aún ya que nuestra región y país se encuentra dentro de los países más propensos a sismos en el mundo, debido a su ubicación geográfica y proximidad a la zona subducción generada entre la Placa de Nazca y la placa Sudamericana, quizás esta sea la principal razón por la cual debería realizar una exhaustiva verificación de la calidad y uso de los diferentes materiales a utilizarse. La realidad constructiva en otros países como Argentina, Chile, Estados Unidos, y países europeos, es muy diferente, ya que las diferentes entidades gubernamentales si mantienen un control estricto de todos los procesos que conllevan a la excelencia en la calidad constructiva de la obra.

La gran mayoría de los países que se encuentran próximos a la falla de Nazca tienen estrictos códigos respecto al uso y aplicación de los materiales utilizados en la construcción, claro ejemplo es el código Chileno, el cual establece que solo los profesionales certificados pueden realizar o construir casas y edificios, lo cual no sucede en países como Ecuador, en el cual puede construir toda la población en general sin ningún inconveniente o problema alguno.

En el cuadro N°35 se puede apreciar que el peso promedio del ladrillo con dosificación del 25% es de 2179,62 gr frente a un peso promedio del ladrillo cerámico de la localidad de 3829,07 gr, desde el punto de vista sísmico es considerablemente útil ya que en caso de carga sísmicas y caída de las mamposterías al interior de edificaciones, el peso aplicado sobre los usuarios de esas viviendas sería considerablemente menor al aplicado por una mampostería de ladrillo cerámico, ya que la diferencia estaría bordeando los 1649,45 gr. Por lo tanto, el ladrillo de plástico tiene un valor agregado muy importante desde este punto de vista. Por otra parte también se puede considerar el gran uso que tendrían los ingenieros estructuralistas ya que les brindaría una alternativa para disminuir la carga muerta utilizada al momento de efectuar el cálculo estructural de edificaciones en general.

Es importante destacar que el peso volumétrico del ladrillo de PET (ver el cuadro N°33) presenta una reducción a medida que varía la dosificación utilizada, o la adición del polímero.

3.7.FABRICACIÓN DE MURETES

Producto de la fabricación y prueba en laboratorio de los diferentes ladrillos elaborados se tiene en promedio las siguientes medidas: longitud 20.40, ancho 10.40, espesor 5.93 (20.40x10.40x5.93 cm), por esto se determina que el murete quedaría con las siguientes medidas:

- Espesor del murete = 5.93cm
- Longitud del murete = 20.40cm
- Espesor de mortero en junta = 1.0 cm
- 3 hiladas se obtendría una altura = 30cm.

La relación alto/ancho, según la NEC-11y la NTC-3495 la cual implementa un factor de corrección, sería de 1.85 con una corrección de 1.0

Se fabricaron 20 ladrillos mezclando cemento-arena-PET, con una dosificación de mortero 1:2 y con adición de PET del 25% en sustitución de la cantidad de arena.

FotoN° 38
Elaboración de Muretes



En la fotografía N° 38 se puede apreciar los ladrillos previos a la elaboración de los muretes.

Foto N° 39
Elaboración de Muretes

En la



fotografía N° 39 se aprecia que los ladrillos antes de su utilización son humedecidos para una mayor adherencia con el mortero de pega.

Foto N° 40
Elaboración de Muretes



En la

fotografía N° 40 se observa la terminación del murete de tres hiladas utilizando el mismo mortero empleado durante la elaboración de los ladrillos, es decir dosificación 1 : 2.

Foto N° 41
Elaboración de Muretes



En la fotografía N° 41 se observa la correcta adherencia entre los ladrillos y el mortero de pega, lo cual presenta una excelente unidad constructiva del murete.

Una vez elaborados los muretes se procede a realizar el ensayo a la compresión de los mismos, en la respectiva prensa.

Foto N° 42
Ensayo de Muretes



En la fotografía N° 42 se puede observar el inicio del ensayo a la compresión de los ladrillo de MORTERO/PET

Foto N° 43
Ensayo de Muretes



En la fotografía N° 43 se aprecia la disposición del murete de tres hiladas.

Foto N° 44
Ensayo de Muretes



En la fotografía N° 44, se observa la rotura de la probeta, la misma que presenta fracturas en los tercios del murete, por incrementos de la carga asignada por la prensa.

Foto N° 45
Ensayo de Muretes



En la fotografía N° 45, se puede apreciar en la siguiente probeta una rotura similar a la anterior, es decir, su fractura se lo hace en los tercios del murete.

En el cuadro N° 37 se puede observar los resultados producto del ensayo a la compresión del murete de tres hiladas que se confeccionaron en el laboratorio de Geotecnia y Estructuras de la Facultad de Ingeniería, del cual se desprende que se fabricaron cuatro muretes cada uno compuesto de tres ladrillos (Ver Anexo N° 7).

Cuadro N° 37:
Ensayo de muretes conformado de tres hiladas



Fundada en 1867
UNIVERSIDAD DE CUENCA

LABORATORIO DE GEOTECNIA Y ESTRUCTURAS FACULTAD DE INGENIERÍA
laboratorio.suelos@ucuenca.edu.ec
Teléfono: 405-1000 Ext:2354

PROYECTO:	Elaboración de Ladrillos de Plástico con características Acústicas y Térmicas
UBICACIÓN:	Universidad de Cuenca
DIRECTOR DE TESIS:	Ing. PHd. Jaime Bojorque Iñiguez.
SOLICITADO POR:	Arq. Pedro Angumba
DESCRIPCIÓN:	Ensayo de muretes conformados de tres hiladas
FECHA:	10/12/2015
ENSAYO A LA COMPRESION	

DATOS DEL ENSAYO							
Muretes	Lado (a)	Lado (b)	Lado (c)	Area	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo
	cm	cm	cm	cm ²	Kg	Kgf/cm ²	Mpa
Dosificación de Mortero (1:2) con 25% de PET							
1	20,00	10,00	18,50	200,00	14168	70,84	6,95
2	20,00	10,00	18,50	200,00	14966	74,83	7,34
3	20,00	10,00	18,50	200,00	14924	74,62	7,32
4	20,00	10,00	18,50	200,00	14871	74,36	7,29

El promedio de las resistencias obtenidas durante el ensayo de los cuatro muretes es 7.25 Mpa, lo que representa 73,92 kg/cm², lo que le convierte al murete en un excelente material alternativo de construcción. Adicionalmente se comprueba que esta mampostería tiene un peso muy inferior a las mamposterías de materiales como el ladrillo de arcilla y bloque de uso común.

Los resultados obtenidos, permiten alcanzar el objetivo central de la investigación, así como también certificar la hipótesis planteada.

Cuadro N° 38
Obtención y procesamiento de datos, bloques y probetas

BLOQUE / PROBETA					DIMENSIONES			CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA			DENS. (g/cm ³)	PESO	HUME. (%)
					PROBETA					MÁX. (MPa)	BRUTA (kg/cm ²)	NETA (kg/cm ²)			
N°	TIPO	FÁBRICA	NOMEN.	PESO (gr)	W	H	D								
1	POMEZ	Guzmán	A P 1	7851,5	15	20,0	40	69,38	7079,90	3,68	11,80	24,58	1,29	1,29	
2			A P 2	7886,0	15	19,5	40	90,74	9259,18	4,81	15,43	30,86	1,25	1,25	28,51
3			A P 3	7890,0	15	20,0	40	84,96	8668,98	4,50	14,45	28,90	1,25	1,25	
4		Orellana	B P 1	6934,0	15	19,0	40	55,78	5692,24	2,96	9,49	17,29	1,04	1,04	33,47
5			B P 2	6579,0	15	19,0	40	42,05	4290,51	2,23	7,15	13,26	0,98	0,98	
6			B P 3	6593,5	15	18,5	40	63,40	6469,80	3,36	10,78	19,65	1,01	1,01	
7		Chica Dakar	C P 1	5542,5	10	18,2	40	59,54	6075,31	3,16	15,19	23,08	1,09	1,09	
8			C P 2	6247,0	10	19,0	40	71,58	7304,08	3,79	18,26	27,31	1,15	1,15	
9			C P 3	5874,5	10	18,2	40	70,58	7201,84	3,74	18,00	27,18	1,16	1,16	29,49
10		Hormiazuary	D P 3	5047,0	10	18,5	40	64,54	6586,12	3,42	16,47	26,34	1,04	1,04	26,89
11	HORMIGÓN	Luna Pazmiño	A H 4	14106,5	15	19,0	40	178,38	18201,73	9,45	30,34	55,16	2,16	2,16	10,07
12		Ávila Ochoa	B H 4	14192,5	15	20,0	40	542,19	55325,61	28,73	92,21	190,78	2,32	2,32	10,12
13		Hormiazuary	D H 1	11211,0	10	19,5	40	380,65	38841,43	20,17	97,10	158,54	2,22	2,22	
14			D H 2	11119,0	10	19,5	40	501,01	51123,06	26,55	127,81	208,67	2,18	2,18	11,06

Fuente y Elaboración: Alumnos de 5º ciclo de Arquitectura de la UCACUE.

3.8 EVALUACIÓN TERMOENERGÉTICA DE UNA VIVIENDA CON MAMPOSTERÍA NO PORTANTE DE LADRILLO PET.

3.8.1 INTRODUCCIÓN

Es importante aclarar que inicialmente se proyectaba realizar un estudio acústico y térmico de los ladrillos MORTERO/PET, debido a la falta de instrumentación adecuada no se pudo efectuar el estudio acústico, pero sí el estudio térmico objeto de esta investigación. Sin embargo, la facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca tiene planificado adquirir los citados equipos próximamente; lo cual contribuirá para el análisis de futuras investigaciones en el tema.

El sector de la construcción a nivel mundial consume el 40% de energía primaria, de este, el 20% es utilizado en la etapa de construcción y el 80% en la etapa operacional [34]. Ante la intensificación energética global generada en las últimas décadas, objetivos de desarrollo sustentable han sido plasmados en medidas de eficiencia energética con miras a disminuir la demanda energética en el sector de la construcción.

La aplicación de materiales ecológicos en la fase conceptual de las edificaciones no solo contribuye al sector energético, sino que, además, busca mitigar los impactos ambientales producto del progreso urbano e industrial de las ciudades. Dentro de este contexto, la presente investigación guía la utilización de materiales reciclados en procesos constructivos, presentando el comportamiento termoenergético de ladrillos con PET (PolietilenoTereftalato) dentro de una mampostería no portante.

3.8.2 OBJETIVO

Evaluar el comportamiento termoenergético de una vivienda con mampostería no portante de ladrillo PET [35], y comparar los resultados

con el comportamiento termoenergético de una vivienda de mampostería de *ladrillo común*.

Un Mampuesto de dimensiones constantes y convencionales, fabricado con cemento Pórtland, PET procedente de envases descartables triturados. Se utiliza en paredes interiores o exteriores no portantes [36].

3.8.3 METODOLOGÍA

La presente investigación ha sido desarrollada en 3 fases:

1. Creación de modelo conceptual,
2. Simulación energética, y
3. Análisis de resultados.

Las tres fases obedecen a un proceso de evaluación para edificaciones de bajo consumo energético [43], y permiten determinar el comportamiento de la vivienda con respecto a las variables estudiadas.

3.8.4 CREACIÓN DE MODELO CONCEPTUAL

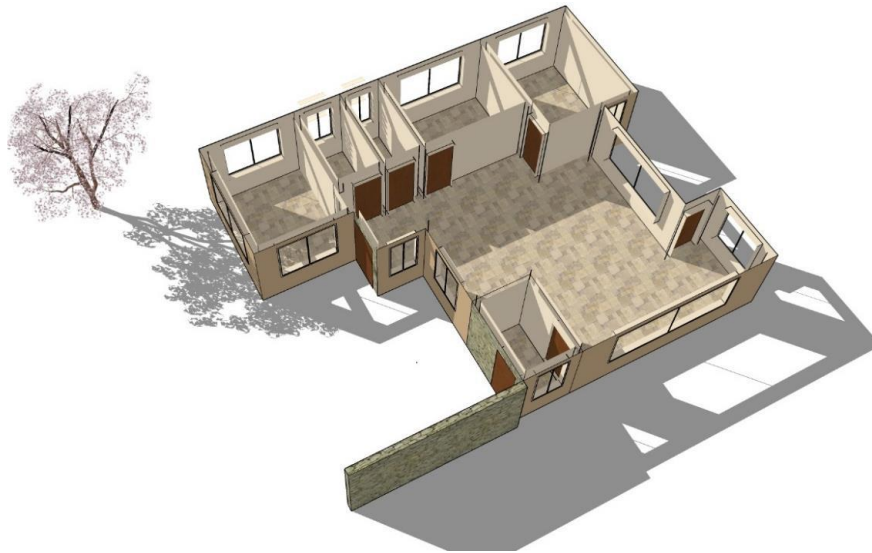
El modelo fue idealizado para una vivienda unifamiliar de una planta, ubicada en la ciudad de Cuenca, con estructura de hormigón armado, y mampostería de ladrillo. Ver figura N°2 Modelo BIM. La variable a ser evaluada corresponderá a la materialidad de las paredes exteriores e interiores, las mismas que serán comparadas en dos casos: mampostería con ladrillo común, y mampostería con ladrillo PET. Evaluación termo energética de una vivienda unifamiliar con mampostería no portante de ladrillo PET.

Para establecer la comparación es necesario definir parámetros iniciales tanto del ladrillo común, como del ladrillo PET. El cuadro N° 39 expone de manera resumida, los parámetros referentes a las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos estudiados.

Figura No. 2
Modelo Bim Para Simulación Energética



VISTA FRONTAL



VISTA EN PLANTA

VISTA LATERAL IZQUIERDA

Cuadro No. 39
Propiedades Físico- Mecánicas de Ladrillos.

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	LADRILLO COMÚN	LADRILLO PET
Dimensiones	27cm x13 cm x 8cm	20 cm x 10 cm x 6 cm
Coefficiente de Conductividad	0,81 W/m-k	0,15 W/m-k
Calor específico	840 J-kg-k	1200 J-kg-k
Densidad	1578 kg/m ³	1150 kg/m ³
Resistencia a la compresión	34 kg/cm ²	20 kg/cm ²
Porcentaje de absorción de agua	21,60%	19,10%
Resistencia acústica (revocado ambos lados)	50 db	41 db

Fuente [37] y [38] Elaboración. Autor

Una vez identificadas las características físicas y mecánicas de cada material, se procede a calcular, entre otros valores, el valor de transmitancia térmica (valor U) de la sección de pared a ser evaluada.

Dichos valores fueron calculados a través del software DesignBuilder, una herramienta de simulación energética que permite evaluar el comportamiento termoenergético de las edificaciones, la misma que será utilizada además para la simulación energética del modelo BIM descrito en el literal 3.8.4. El cuadro N° 40 expone los valores obtenidos.

Cuadro No. 40
Propiedades Físico- Mecánicas de Pared

CARACTERÍSTICA TÉCNICA	SECCIÓN DE PARED CON LADRILLO COMÚN	SECCIÓN DE PARED CON LADRILLO PET
Recubrimiento exterior	mortero cemento - arena e = 25mm	mortero cemento - arena e = 25mm
Recubrimiento interior	mortero cemento - arena e = 25mm	mortero cemento - arena e = 25mm
Sección	Ladrillo 130 mm	Ladrillo 100 mm
	Superficie Exterior	Superficie Exterior
	Enlucido 25mm	Enlucido 25mm
	Enlucido 25mm	Enlucido 25mm
	Superficie Interior	Superficie Interior
Límite superior de resistencia	0,386 m ² -k/w	0,872 m ² -k/w
Límite inferior de resistencia	0,386 m ² -k/w	0,872 m ² -k/w
Valor U de superficie a superficie	4,624 W/m ² -k	1,424 W/m ² -k
Valor R	0,386 m ² -k/w	0,872 m ² -k/w
Valor U	2,589 m ² -k/w	1,146 m ² -k/w

Fuente: DesignBuilder Software Ltd. Elaboración: Arq. Pedro Angumba A.

3.8.5 SIMULACIÓN ENERGÉTICA

El modelo BIM (literal 3.8.4) es importado al programa DesignBuilder, donde una vez introducidas las variables de materialidad y condiciones de habitabilidad, es posible evaluar el comportamiento termoenergético de los casos de estudio.

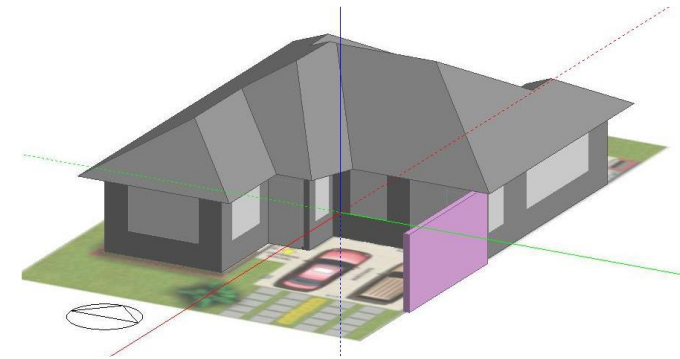
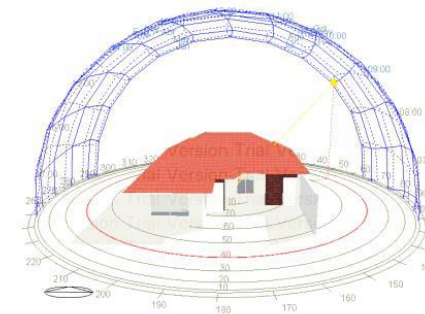


Figura N°3
Modelo Bim Visualizado En Desingbuilder



La simulación utiliza un fichero climático de la ciudad de Cuenca (IWEC). Este, considera octubre como el mes más cálido, con temperatura promedio de 16,60 C °; y agosto, el mes más frío, con una temperatura exterior promedio de 12,88 C °. Se asume como rango de confort térmico para la ciudad de Cuenca temperaturas entre 16 y 27 C ° (Ver anexo N° 8) [39]. La figura No. 4expone los datos del fichero climático utilizado, representado en valores promedio mensuales.

Figura N°4
Fichero Climático De La Ciudad De Cuenca

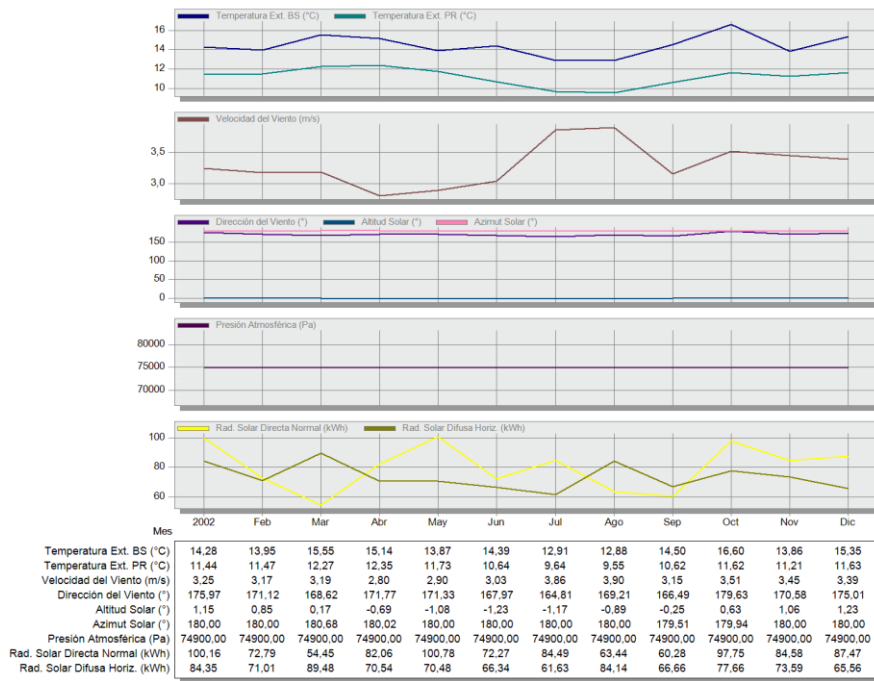
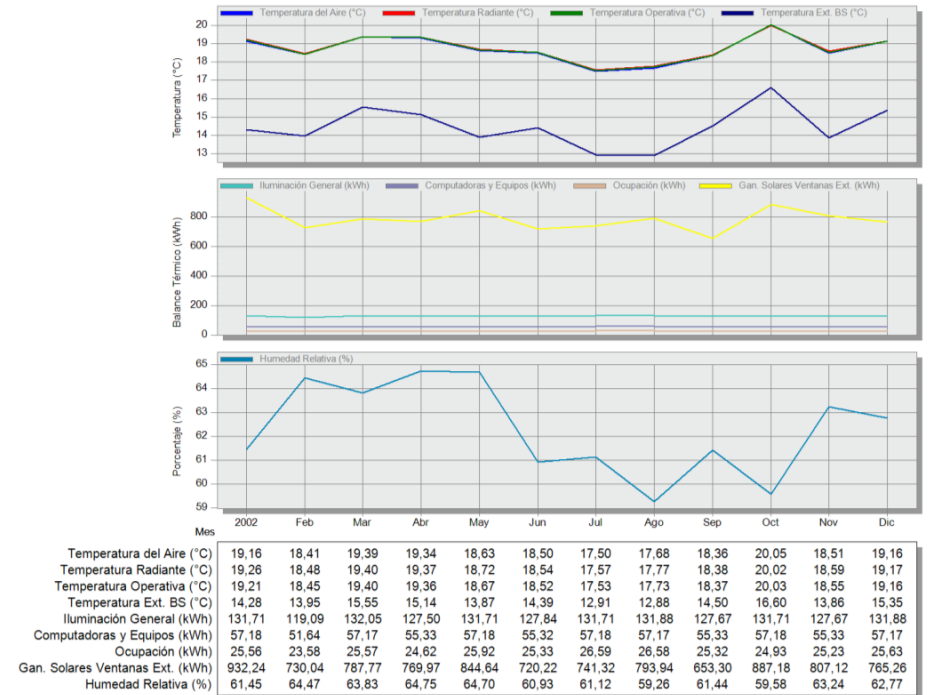
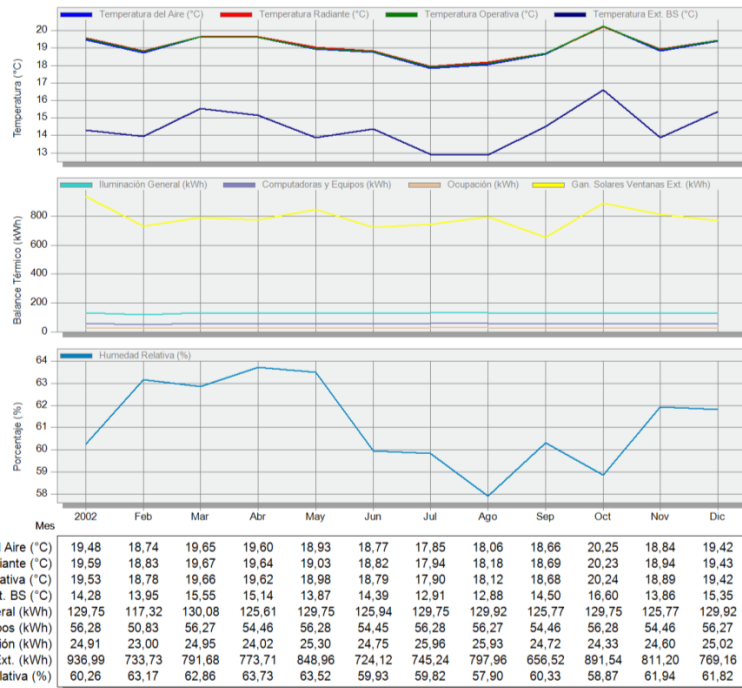


Figura N°5
Comportamiento Energético De Vivienda Con Ladrillo Común



Como resultado de la simulación, en términos de ganancia solar interna y confort térmico, se puede observar la pequeña variabilidad de temperatura operativa al interior de la vivienda, con respecto a la temperatura exterior y a la ganancia solar a través del acristalamiento de la vivienda. Las figuras No. 5 y No. 6 ilustran dicho comportamiento de manera gráfica en los dos casos en estudio.

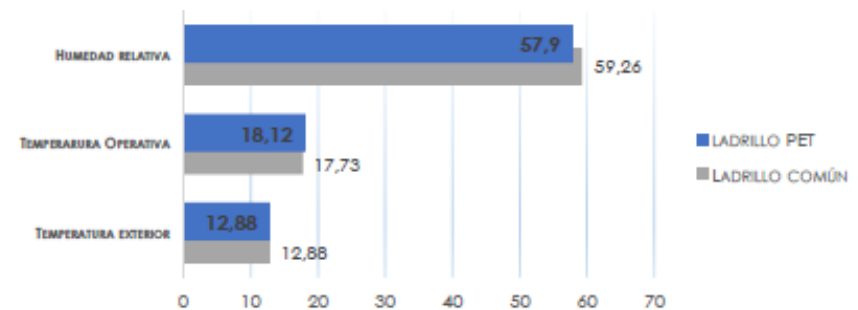
Figura N°6
Comportamiento Energético de Vivienda con Ladrillo PET



Por consiguiente, considerando el modelo comparativo entre los dos materiales estudiados, se puede verificar que el ladrillo PET provee mejor aislamiento térmico que un ladrillo común como lo demuestra gráficamente la figura No. 7. Al interior de la vivienda se genera un aumento de temperatura del 102,2 % (0,39C°), y una disminución del 2,3 % en humedad relativa, bajo las mismas condiciones de temperatura exterior.

Cabe recalcar, que si bien es cierto, que a la escala estudiada, el aumento de temperatura operativa no es muy significativa, sin embargo este contribuye con los niveles de confort adecuados de habitabilidad. Además, en términos de eficiencia energética, su uso promueve la incursión de estrategias pasivas de carácter ecológico.

Figura N°7
Comportamiento Energético De Vivienda Con Ladrillo PET



Orientando la simulación a datos más detallados, es decir a una simulación diaria para el mes más frío, se puede establecer el comportamiento del aislamiento térmico proporcionado por el ladrillo PET (Figuras No. 8 y No. 9). Dentro del peor escenario de la simulación, se establece una diferencia térmica de aproximadamente 15 C °, esto entre 4,23 C ° a las 6:00 am, a 19 C ° a las 15:00 pm. Bajo estas consideraciones de temperatura exterior, y considerando el 51,00 % de humedad relativa, la temperatura operativa en la vivienda oscila entre 16 y 18 C °. Por lo tanto, se corrobora que, a nivel diario y horario de simulación energética, el aislamiento térmico que proporciona el material permite obtener niveles de confort admisibles.

Figura N°8
Temperatura exterior horaria

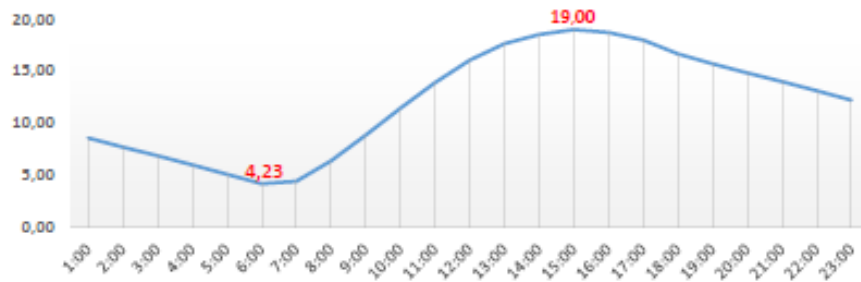
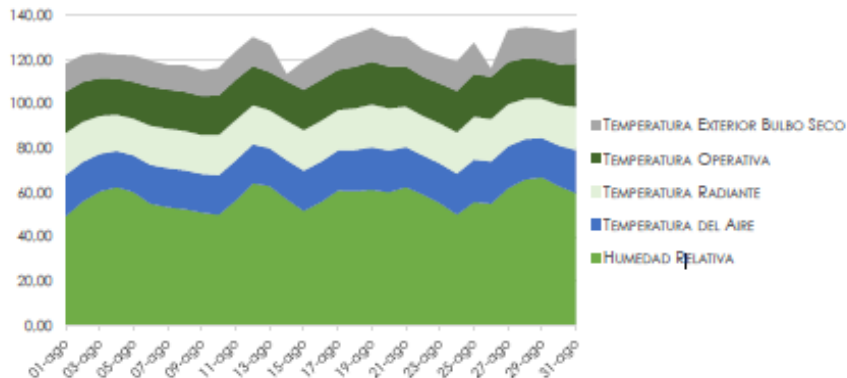


Figura N°9
Evolución de Vivienda con Ladrillo PET



3.8.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Investigaciones internacionales, demuestran que la utilización de ladrillos PET se considera apropiada en el sector de la construcción, debido a que no requiere grandes gastos de energía, no causa desechos ni contaminación, y es climáticamente aceptable [40].

En base a los resultados obtenidos, se puede utilizar este tipo de tecnología en cerramientos tanto exteriores o interiores, no portantes, con un espesor menor a los comúnmente utilizados, obteniendo mejores niveles de confort térmico. En concordancia con experiencia real de aplicación en otros países, donde se verificó favorablemente el grado de aceptación social, y mejor aislación térmica [41].

Gaggino (2008) asevera que la resistencia acústica de mampostería con ladrillo PET es de 41 db, en paredes de 15 cm de espesor revocado de ambos lados, inferior al de un ladrillo común del mismo espesor y con ambas caras revocadas (50 db) (Cuadro N° 39).

La transmitancia térmica se emplea en construcción para el cálculo de las pérdidas o ganancias de energía, a menor valor U, menor cantidad de pérdidas habrá. Comparando características físico mecánicas, el valor de transmitancia térmica (valor U) de la mampostería con ladrillo PET (0,38 m²-k/W) es inferior a la mampostería que emplea ladrillo común (0,872 m²-k/W), expuesto en cuadro N° 39. Por lo tanto, la implementación de ladrillo 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.

3.9 CONCLUSIONES

-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.

-Los centros educativos de la ciudad de Cuenca podrían ser parte integral en los procesos de recolección de materia prima y generar sus propios recursos económicos.

-El PET al ser materia inerte no produce emisiones tóxicas tanto para el hormigón como para los ambientes interiores y exteriores de viviendas.

-Para futuras investigaciones el ladrillo MORTERO/PET puede implementar tecnologías de producción que no contamine el medio ambiente y disminuya el consumo de recursos naturales como la tierra y madera utilizada en la elaboración de ladrillos artesanales de la zona.

-Durante el proceso de elaboración de los ladrillos, se pudo evidenciar que al reemplazar el polímero por el árido fino en especial en las dosificaciones 10%, 25% y 40% 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 (ladrillo), 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 a las diferentes edificaciones que se podrían construir con éste materia de construcción.

-En los ensayos de ladrillos se pudo observar que a medida que se incrementa la adición del polímero, se reduce considerablemente la resistencia de ladrillos patrón, es decir, la adición del PET tiene considerable éxito, pero hasta ciertos niveles de incremento de la adición, lo que se evidencia principalmente en la dosificación del 25%, que alcanza un valor promedio de 284,60 kg/cm².

-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 plantean inicialmente en presente trabajo de investigación, "Los ladrillos de polímero, pueden ser elaborados con Polietileno-tereftalato (PET),

transformándose en una alternativa para la construcción de mamposterías para edificaciones y ser un material más amigable con el medio ambiente" ha sido demostrada.

-La reutilización de un material (RSU) muy contaminante en procesos constructivos transforma a los ladrillos de MORTERO/PET en una alternativa para la construcción de mamposterías para edificaciones y ser un material más amigable con el medio ambiente.

-El éxito de este nuevo material radica principalmente en su proceso de elaboración, específicamente durante el proceso de moldeado y curado. El primer proceso se realizó en una máquina compactadora a una presión de 10.000 lb/cm² y el segundo proceso de curado se lo efectuó en cámaras de vapor en un tiempo de 12 horas.

-La utilización de Polietileno-tereftalato en la elaboración de materiales alternativos para la construcción puede convertirse en una alternativa importante para potenciar los procesos de reciclaje en la ciudad y otros centros urbanos del país.

-Por lo tanto, la implementación de ladrillo PET como elemento no estructural en mamposterías, garantizan mejor aislamiento térmico 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, puede reducir los niveles de contaminación generados por las diferentes fábricas de ladrillos, las cuales por sus procesos artesanales de elaboración generan altos niveles de contaminación hacia la atmósfera, con el agravante adicional que, ante la falta de arcilla en el sector de Racar, aumenta la explotación de la corteza terrestre en otros lugares de la región andina.

-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 ladrillo de MORTERO/PET.

-En el futuro se puede investigar adicionalmente la aplicación y adherencia de enlucidos y empastes como elementos de recubrimiento final sobre esta mampostería.

-Se propone en futuras investigaciones estudiar otros elementos constructivos como paneles para paredes y cielo raso, puertas.

ANEXOS

ANEXOS N° 1: Certificado de compra de botellas plástica a la Unidad Educativa San Francisco.

ANEXOS N° 2: Ensayo granulométrico de la materia prima PET.

ANEXOS N° 3: Ensayo granulométrico de la arena, procedente del Rio Jubones.

ANEXOS N° 4: Libro: Secretaria de Recursos Hidráulicos. Dirección del Proyectos. Departamento de Ingeniería Experimenta

ANEXOS N° 5: Ensayo de ladrillos macizos con adición de PET, con 10, 25, 40, 55, 65%.

ANEXOS N° 6: Ensayo de ladrillos macizos con adición de PET con el 25%.

ANEXOS N° 7: Ensayo de muretes conformados por tres hiladas.

ANEXOS N° 8: Rangos de Temperatura según datos del INHAMI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Monografías S.A. Monografías. com. [en línea] 1997. [Citado el: 30 de abril del 2009] <http://www.monografias.com>

[2] GarcíaSergio.(2009). *Referencias Históricas y Evolución De Los Plásticos*. Valencia España. Universidad.Politécnica de Valencia.Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 10(1).

[3] GarcíaSergio.(2009). *Referencias Históricas y Evolución De Los Plásticos*. Valencia España. Universidad.Politécnica de Valencia.Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 10(1).

[4] Sandoval Alvarado Ms. Leandro.(2006).*Manual de Tecnologías Limpias en Pymes del Sector Residuos Sólidos*. OEA. Programa Horizontal de Tecnologías Limpias y Energías Renovables.

[5] AEMA.(2012). *Artículo: El medio urbano*. Agencia Europea de Medio Ambiente.

[6] Hachi Quintana J. G. (2010).*Estudio de Factibilidad para Reciclar Envases Plásticos de Polietileno Tereftalato (PET) En La Ciudad De Guayaquil*.Guayaquil. EcuadorFacultad de Ingeniería Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil.

[7] Berreta H. (1970). *Ladrillos de Plástico Reciclado*.2º Editorial: Vía EDICION.

[8] INEC. (2010)Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, “*Segunda Encuesta Nacional de Innovación. Ecuador*”.

[9] EMAC Cuenca 2014(Empresa Municipal de Aseo de Calles) y ARUC (Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca). *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)

[10] (AIA) Instituto Norteamericano de Arquitectos.

[11] Navarro, I.J. – *Consejo Sectorial Accesibilidad*

[12]Delgado,L.Z.(2005) *URBANISMO Y ARQUITECTURA ECOLÓGICOS: LOS TERRITORIOS DE LA ECOLOGÍA HUMANA* Río de Janeiro (Brasil)

[13] (1999) *EL RASTRO DE LA CIVILIZACION. LA POBLACION Y MEDIO AMBIENTE: UN MODELO PARA ARMAR*,Red mexicana de ecoturismo

[14] (AIA) Instituto Norteamericano de Arquitectos

[15]Salazar, A. J.(2012) *MAESTRÍA EN ARQUITECTURA Y URBANISMO – MAU – Módulo: Arquitectura y Urbanismo Bioclimático II. LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Una Visión Sustentable y Sostenible* | Universidad del Valle Cali.

[16] AEMA,(2012) Artículo: El medio urbano Agencia Europea de Medio Ambiente.

[17] AEMA,(2012) Artículo: El medio urbano Agencia Europea de Medio Ambiente.

[18] Constitución de la República del Ecuador. Título II Derechos. Capitulo Segundo. Derechos del Buen Vivir. Sección Primera. Agua Y Alimentación. Art. 12 y Art. 13. Sección Segunda. Ambiente Sano. Art. 14.

[19], [20] (CEVE): *Área de Transferencias del Centro Experimental de la Vivienda Económica* | PROCESOS DE TRANSFERENCIAS TECNOLÓGICAS PARA EL HÁBITAT POPULAR | Argentina.

[21] Ministerio de Planificación Federal Dirección de Tecnología y Producción Subsecretaría de Desarrollo Urbano Capital Federaly Vivienda *INSTRUCTIVO PARA LA TRAMITACIÓN DELCERTIFICADO DE APTITUD TÉCNICA (C.A.T.)DE UN MATERIAL* México.

[22] Gaggino, R. (2003).*ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS CON PET REICLADO*.

[23] MaasA.L.(2012). Tesis: DESARROLLO DE ELEMENTOS MODULARES UTILIZANDO MATERIALES ALTERNATIVOS CON APLICACIONES AL DISEÑO,UNPA Universidad de Papaloapan, México.

[24] Gaggino, R.(2008) LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN Revista INVI, vol. 23, núm. 63, agosto, pp. 137-147-163 Universidad de Chile Santiago, Chile

[25] González,Barba y Flores, (2012)ANÁLISIS MICROSCÓPICO PARA UN MATERIAL COMPUESTO DE PRODUCTOS RECICLADOS, Universidad Nacional Autónoma de México

[26] MaasA.L.(2012). Tesis: DESARROLLO DE ELEMENTOS MODULARES UTILIZANDO MATERIALES ALTERNATIVOS CON APLICACIONES AL DISEÑO, UNPA Universidad de Papaloapan, México.

[27] Ambientum. (s.f.). Recuperado el 11 de Junio de 2012, de http://www.ambientum.com/revista/1_24/2001_24_SUELOS/MPCTPLST1.htm Y Neumann E H.,(1986) "Thermoplastic polyesters", Encyclopedia of Packaging Technology, ed Bakker M. John Wiley, New York. 200

[28] EMAC Cuenca 2014(Empresa Municipal de Aseo de Calles) y ARUC (Asociación de Recicladores Urbanos de Cuenca). *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)

[29] Ministerio de Planificación Federal Dirección de Tecnología y Producción Subsecretaría de Desarrollo Urbano Capital Federal y Vivienda INSTRUCTIVO PARA LA TRAMITACIÓN DELCERTIFICADO DE APTITUD TÉCNICA (C.A.T.)DE UN MATERIAL México.

[30] Secretaria de Recursos Hidráulicos,(1967). *Dirección del Proyectos. Departamento de Ingeniería Experimenta, MECÁNICA DE SUELOS. INSTRUCTIVO PARA ENSAYO DE SUELO*, México.

[31], Secretaria de Recursos Hidráulicos. (1967) *Dirección del Proyectos. Departamento de Ingeniería Experimenta, MATERIALES DE MECÁNICA DE SUELOS. INSTRUCTIVO PARA ENSAYO DE SUELO*, pág. 99 y 100, México.

[32], Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria,(2012-09)CEMENTO PORTLAND REQUISITOS NTE INEN 152:2012 Quinta revisión

[33] Secretaria de Recursos Hidráulicos. (1967) *Dirección del Proyectos. Departamento de Ingeniería Experimenta, MATERIALES DE MECÁNICA DE SUELOS. INSTRUCTIVO PARA ENSAYO DE SUELO*, pág. 99 y 100, México.

[34] World Business Council for Sustainable Development, «Energy Efficiency in Buildings Summary Report», Geneva, Switzerland, Facts & Trends, 2007.

[35] H. Berretta, M. Gatani, R. Gaggino, y R. Argüelo, 2008. Ladrillos de plástico reciclado, 2.a ed. Nobuko.

[36] A. Alvear, J. Labus, y P. Peña, 2013. «Edificaciones Sustentables: Caso Ecuador», Rev. Tecnológica-ESPOL, vol. 26, n.o 2.

[37] Gaggino, R.(2008) LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN Revista INVI, vol. 23, núm. 63, agosto, pp. 137-147-163 Universidad de ChileSantiago, Chile

[38] R. Gaggino, oct. 2008. COMPONENTES CONSTRUCTIVOS ELABORADOS CON UNA MEZCLA CEMENTICIA Y AGREGADOS DE PLÁSTICOS RECICLADOS», 2do Encuentro Jóvenes Investig. En Cienc. Tecnol. Mater. – Posadas – Misiones, pp. 16-17,

[39] A. Alvear, J. Labus, y P. Peña, 2013. «Edificaciones Sustentables: Caso Ecuador», Rev. Tecnológica-ESPOL, vol. 26, n.o 2.

[40] Gaggino, R.(2008) LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN Revista INVI, vol. 23, núm. 63, agosto, pp. 137-147-163 Universidad de ChileSantiago, Chile

[41] Gaggino, R.(2008) LADRILLOS Y PLACAS PREFABRICADAS CON PLÁSTICOS RECICLADOS APTOS PARA LA AUTOCONSTRUCCIÓN Revista INVI, vol. 23, núm. 63, agosto, pp. 137-147-163 Universidad de ChileSantiago, Chile

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Geneva, Switzerland, Facts & Trends, (2007). *World Business Council for Sustainable Development*, «Energy Efficiency in Buildings Summary Report».

Comité Ejecutivo Del Código Ecuatoriano De La Construcción | (Creado Mediante El Decreto Ejecutivo N° 705 del 06 de Abril de 2011) NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC-11 CAPÍTULO 1 CARGAS Y MATERIALES.

Comité Ejecutivo Del Código Ecuatoriano De La Construcción (Creado Mediante El Decreto Ejecutivo N° 3970 15 De Julio 1996) Cec-10 Subcomité 5 Parte 5-1 | NORMA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-10 PARTE 5 MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL.

Centro de Ingeniería de Superficies y Acabados (CENISA), UNAM. , MÉXICO |.

Salazar, Arroyave y Yepes, (2013).DESARROLLO DE UN MÓDULO HABITACIONAL A PARTIR DE MATERIALES RECICLADOS, Revista: Scientia Et Technica, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

Juárez N, Mariana; Santiago J, María E.; Vera (2011).ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MANUFACTURA DE EMPUÑADURAS DE PET RECICLADO, e-Gnosis, vol. 9, pp. 1-12, Universidad de Guadalajara Guadalajara, México.

Gaggino, R. (2003). NUEVA TECNOLOGÍA CONSTRUCTIVA USANDO MATERIALES RECICLADOS PARA CASOS DE EMERGENCIA HABITACIONAL |Revista INVI, vol. 18, núm. 47, mayo, pp. 122-134 | Universidad de Chile | Santiago, Chile.

Frías, Ize, y Gavilán. (2003). LA SITUACIÓN DE LOS ENVASES DE PLÁSTICO EN MÉXICO | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Gaceta Ecológica, núm. 69, octubre-diciembre, pp. 67-82, Distrito Federal, México.

Ecoembes, (2008) SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS DEL USO DE PET RECICLADO PARA ENVASES EN CONTACTO CON ALIMENTOS. FASE 1. IDONEIDAD DEL PET RECICLADO EN CONTACTO CON ALIMENTOS, Y SITUACIÓN DE SU USO EN EUROPA Y OTROS PAÍSES. Versión 4.

Asociación de Fabricantes de Plásticos de Europa, (2004).RECICLAJE DE RESIDUOS PLÁSTICOS, UNA GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS POR Y PARA LAS AUTORIDADES LOCALES Y REGIONALES, Bélgica.

Moreno y Cañizares (2011). AGREGADO ALTERNATIVO PARA FABRICAION DE BLOQUES Y ADOQUINES EN BASE A POLITILEN TEREFTALATO. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Escuela Politécnica Nacional, Quito.

INEC,(2010) Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, "Segunda Encuesta Nacional de Innovación. Ecuador".

Calvo R. F., Szantó N. M. y Muñoz J. J. (1998). SITUACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Bilbao España, Revista Técnica RESIDUOS No. 43.

Departamento de Innovación y promoción económica (2007) INFORME: RECICLADO DE MATERIALES: PERSPECTIVAS, TECNOLOGÍAS Y OPORTUNIDADES, España.



Arandes, Bilbao, López (2004) *RECICLADO DE RESIDUOS PLÁSTICO*
Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen 5(1), Marzo

