



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño de Ladrillo incorporando plástico PET para disminuir la conductividad térmica en muros exteriores de viviendas de ciudad Gosen – V.M.T. 2020

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Chuquiyauri Arango, Jose Luis ([ORCID: 0000-0002-8489-6865](https://orcid.org/0000-0002-8489-6865))

ASESOR:

Dr. Hermer Ernesto Alzamora Román ([ORCID: 0000-0002-2634-7710](https://orcid.org/0000-0002-2634-7710))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

LIMA- PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por darme salud cada día, por cuidar a mis padres, hermanas, hijos y esposa.

A mis padres Porfirio Chuquiyaury Huaraca e Inés Arango Días por estar siempre a mi lado motivándome a seguir estudiando para mejorar cada día.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Porfirio Chuquiyaui Huaraca e Inés Arango Días por darme su apoyo incondicional por motivarme cada día seguir estudiando a pesar de las dificultades siempre he salido adelante.

Agradezco a mis hermanas Mari Luz Chuquiyaui Arango y Daycy Chuquiyaui Arango por ayudarme a terminar este proyecto de tesis, que se hace realidad para poder ser un ingeniero civil.

Agradezco a mis hijos Alejandro Chuquiyaui Lujan y Damaris Chuquiyaui Lujan por su paciencia por no estar con ellos cuando dedicaba mi tiempo a elaborar mi tesis, un sueño hecho realidad un suelo que se concreta en estas páginas esta mi tiempo y mi esperanza de ser un ingeniero civil.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	ix
I.INTRODUCCIÓN	1
II.MARCO TEÓRICO.....	6
III.MÉTODOLÓGIA.....	18
3.1 Tipo y diseño de Investigación.....	18
3.2 Operacionalización de variables.....	19
3.3 Población y muestra	20
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	22
3.5 Procedimiento.....	23
3.6 Métodos de análisis de datos	23
3.7 Aspectos Éticos	23
IV.RESULTADOS.....	24
V.DISCUCIÓN.....	38
VI.CONCLUSIONES	39
VII.RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de las características del agregado fino	24
Tabla 2. Resumen de las características del agregado grueso	24
Tabla 3. Resumen de las características del PET	25
Tabla 4. Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos patrón	26
Tabla 5. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales	27
Tabla 6. Contenido de humedad por cada tipo de ladrillo de concreto PET	28
Tabla 7. Peso unitario volumétrico por cada tipo de ladrillo de concreto PET	28
Tabla 8. Peso por cada tipo de ladrillo de concreto PET	29
Tabla 9. Porcentaje por cada tipo de ladrillo de concreto PET	30
Tabla 10. Alabeo por cada tipo de ladrillo de concreto PET	30
Tabla 11. Succión por cada tipo de ladrillo de concreto PET	31
Tabla 12. Absorción por cada tipo de ladrillo de concreto PET	31
Tabla 13. Resistencia a compresión por cada tipo de ladrillo de concreto PET	32
Tabla 14. Clasificación de ladrillos PET de acuerdo a las principales propiedades	34
Tabla 15. Resultado del ensayo de compresión del mortero	34
Tabla 16. Comparación resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos PET	35
Tabla 17. Comparación de módulos de elasticidad de pilas de ladrillos PET	36
Tabla 18. Comparación de resistencia al corte de muretes de ladrillos PET	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características del PET reciclado	13
Figura 2. Datos técnicos del PET	14
Figura 3. Conducción del calor en la dirección perpendicular a la superficie.	16
Figura 4. Diagrama % de PET en mezcla vs. Peso unitario volumétrico del ladrillo.	29
Figura 5. Diagrama % de PET en mezcla vs. Peso del ladrillo.....	29
Figura 6. Diagrama % de PET en mezcla vs. Resistencia a compresión del ladrillo	32
Figura 7. Diagrama Resistencia a compresión vs. Peso unitario volumétrico del ladrillo	33
Figura 8. Diagrama Resistencia a compresión vs. Succión del ladrillo	33
Figura 9. Diagrama Resistencia a compresión vs. Absorción del ladrillo	33
Figura 10. Diagrama esfuerzo vs. Deformación de las pilas de ladrillos.	35
Figura 11. Diagrama esfuerzo vs. Deformación de los muretes de ladrillos.....	37

RESUMEN

La presente Investigación tiene como objetivo: determinar la masa, uniformidad dimensional, Resistencia a la compresión. se ha realizado con el fin de dar posible solución a los problemas de influencia de la dosificación en las características físico mecánica de la unidad de ladrillo fabricados con productos plásticos reciclados, para ello se ha analizado la influencia de la dosificación, con dos tipos de dosificación Muestra 1 y Muestra 2, para el efecto se seleccionó, fabrico, produjo el ladrillo y finalmente se efectuó el ensayo de las características físico : determinación de la masa ,Uniformidad dimensional y también en las características mecánica :Resistencia a la compresión.

Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la medida en que el ladrillo con plástico PET disminuye la conductividad térmica en muros exteriores, definidas en la norma técnica E.070. Para lo cual se determinaron las proporciones óptimas de los agregados en la mezcla de concreto para elaborar una unidad de albañilería clase IV. Posteriormente se procedió a agregar a la mezcla de ladrillo de concreto vibrado hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes crecientes de 0%, 3%, 6% y 9%, obteniéndose cuatro tipos de ladrillo, a éstos se les realizó diferentes ensayos a los 28 días de edad para determinar sus propiedades físico mecánicas; siendo la propiedad principal en la clasificación de las unidades de albañilería la resistencia a compresión, los valores característicos determinados son $f'b = 161.96 \text{ kg/cm}^2$, $f'b = 127.08 \text{ kg/cm}^2$, $f'b = 118.80$ y $f'b = 110.46 \text{ kg/cm}^2$ con coeficientes de variación de 2.95%, 6.86%, 4.54% y 6.41% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. Se determinó la resistencia a compresión axial característica en pilas, cuyos valores son $f'm = 128.55 \text{ kg/cm}^2$, $f'm = 100.83 \text{ kg/cm}^2$, $f'm = 79.79 \text{ kg/cm}^2$ y $f'm = 76.75 \text{ kg/cm}^2$ con coeficientes de variación de 9.24%, 11.49%, 11.68% y 8.63% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente. La resistencia a corte característica en muretes es $V'm = 16.47 \text{ kg/cm}^2$, $V'm = 12.83 \text{ kg/cm}^2$, $V'm = 13.17 \text{ kg/cm}^2$ y $V'm = 9.96 \text{ kg/cm}^2$ con coeficientes de variación de 15.42%, 9.27%, 10.33% y 10.36% para porcentajes de 0%, 3%, 6% y 9% de PET respectivamente Se concluyó que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET

reciclado no mejoran, habiendo una disminución máxima de la resistencia a compresión del ladrillo de 51.5 kg/cm² o 31.8%, respecto de la mezcla patrón; sin embargo, las propiedades físico mecánicas de los tres tipos de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado cumplen con los requerimientos definidos por la norma E.070:2006.

Palabras Clave: PET, albañilería, prismas, resistencia a compresión, resistencia a corte.

ABSTRACT

The present Investigation has like objective: to determine the mass, dimensional uniformity, resistance to the compression. has been made in order to give possible solution to the problems of influence of the dosage on the physical-mechanical characteristics of the brick unit manufactured with recycled plastic products, for this the influence of the dosage has been analyzed, with two types of dosage Sample 1 and Sample 2, for the effect The brick was selected, manufactured, produced and finally the physical characteristics test was carried out: determination of the mass, dimensional uniformity and also in the mechanical characteristics: resistance to compression.

The main objective of this research was to determine the extent to which PET plastic brick reduces thermal conductivity in exterior walls, defined in technical standard E.070. For which the optimal proportions of the aggregates in the concrete mix were determined to develop a class IV masonry unit. Subsequently, it was proceeded to add to the vibrated concrete brick mixture recycled PET plastic flakes in increasing percentages of 0%, 3%, 6% and 9%, obtaining four types of brick, these were carried out different tests at 28 days of age to determine its physical mechanical properties; being the main property in the classification of masonry units the compressive strength, the determined characteristic values are $f'b = 161.96 \text{ kg / cm}^2$, $f'b = 127.08 \text{ kg / cm}^2$, $f'b = 118.80$ and $f'b = 110.46 \text{ kg / cm}^2$ with coefficients of variation of 2.95%, 6.86%, 4.54% and 6.41% for percentages of 0%, 3%, 6% and 9% of PET respectively. The characteristic axial compression resistance in piles was determined, whose values are $f'm = 128.55 \text{ kg / cm}^2$, $f'm = 100.83 \text{ kg / cm}^2$, $f'm = 79.79 \text{ kg / cm}^2$ and $f'm = 76.75 \text{ kg / cm}^2$ with coefficients of variation of 9.24%, 11.49%, 11.68% and 8.63% for percentages of 0%, 3%, 6% and 9% of PET respectively. The characteristic shear strength in low walls is $V'm = 16.47 \text{ kg / cm}^2$, $V'm = 12.83 \text{ kg / cm}^2$, $V'm = 13.17 \text{ kg / cm}^2$ and $V'm = 9.96 \text{ kg / cm}^2$ with variation coefficients of 15.42% , 9.27%, 10.33% and 10.36% for percentages of 0%, 3%, 6% and 9% of PET respectively It was concluded that the mechanical properties of vibrated concrete bricks when adding recycled PET plastic flakes do not improve, having a maximum decrease in the compressive strength of the brick of 51.5 kg / cm^2 or 31.8%, with respect to the standard mixture; However, the physical-mechanical properties of the three types of concrete brick with recycled PET plastic meet the requirements defined

by the E.070: 2006 standard.

Keywords: PET, masonry, prisms, compressive strength, shear strength

I.INTRODUCCIÓN

Gran parte de la problemática urbano ambiental está íntimamente ligada al proceso de crecimiento urbanístico impresionante de la ciudad de Lima en las últimas décadas, demostrado en el modelo de instalación de los nuevos asentamientos humanos, los que se ubican en las zonas residuales de la ciudad, zonas de alta inseguridad en los cuales resulta siendo muy dificultoso las posibilidades de obtener un entorno con condiciones admisibles para la supervivencia humana, por no decir imposible.

El análisis se centra en la problemática del clima intenso en el invierno, de cómo afecta en el vivir ordinario de los habitantes de Ciudad de Gosen en Villa María del Triunfo, pero, esta es la misma realidad que tienen los habitantes en las zonas de periferias de la ciudad de Lima. Durante la época de más calor se producen asimismo temperaturas altas que conllevan a problemas adicionales, y que se suman a condiciones de contaminación ocasionada por botaderos de desechos o tal vez por la forma de abastecimiento de agua, los cuales pueden ocasionar problemas de salud que merecen ser consideradas.

Como problemática adicional y no menos importante, se establece la reutilización del plástico PET, en el contexto mundial consideramos que el PET insumo con el que se producen botellas plásticas; se inicia en 1941, y desde dicha fecha la demanda es alta; generando inconvenientes al medioambiente, ya que se recicla un 20%. Estos plásticos industrializados son difíciles de degradarse, con una alta durabilidad; debido a que demora unos 500 años en degradarse. Esto se agudiza a nivel mundial debido al incremento industrial en todos los países, por lo que se tienen planteamientos de solución que no son contundentes y tenemos un grave problema ambiental a causa de este material. En tal sentido a partir de la década de los 90 se ha impulsado el proceso de reciclaje, siendo aún muy limitada su aplicación como para controlar el crecimiento exponencial del uso de este material. (Zavala, 2015, p. 7). Por su parte Herrera, Rafael (2018), manifiesta que: La construcción sin lugar a dudas es uno de los grandes causantes del deterioro del medio ambiente, por lo que nuestra preocupación, esta direccionada a cómo podríamos influir y establecer mejores condiciones vivenciales. (p.2). Asimismo,

Angumba, Pedro (2016), hace mención que: “en diversos países, consideran un insumo asequible y propicio, lo cual constituye una alternativa importante para los procesos constructivos” (p. 2).

A nivel nacional, en nuestro país el año 1928 existió el primer centro de producción de este material. Posterior a esa fecha se apertura nuevas fábricas en la capital” (Arrieta y Peñaherrera 2001). Esto demuestra la voluntad de aprovechar un material que se tiene disponible para el uso en procesos constructivos ya que abunda en el medio ambiente y su uso es favorable para aprovechar sus propiedades térmicas. La gran acumulación de este material lo tenemos en los envases localizados en el mar lo cual es un alto contaminante que está causando muchas muertes de especies marinas. Así mismo aprovechar las propiedades térmicas se convierte en una alternativa importante por su propiedad térmica en lugares donde hay variaciones climáticas significativas por el friaje que ocasiona la muerte de seres humanos.

A nivel local, se tiene que, en la zona de estudio, el frío es extremo para los pobladores del asentamiento humano Ciudad de Gosen, en Villa María del Triunfo, la cual es una de las zonas más altas de Lima, y es conocida popularmente como Ticlio Chico. En esta zona, los vecinos soportan lluvias y temperaturas inferiores a los 15 grados centígrados, con una humedad superior al 97%, y los niños son los que en su mayoría sufren enfermedades respiratorias.

Las familias de la localidad son las más perjudicadas debido a que las lluvias y al intenso frío se filtran en sus precarias viviendas, generando constantes problemas de salud.

(ver informe Minsa: Análisis de situación de salud del distrito de VMT (ASIS 2019)

Documento elaborado por: Lic. Dalia Irene Pulido Shimabuko

DIRIS Lima Sur-2019).

En tal sentido agregando polietileno PET reciclado a los ladrillos se le adiciona una propiedad, que se puede usar como aislante de calor, tal que disminuye la conductividad térmica, y, usándolos en la construcción de los muros externos de una vivienda conservará una temperatura adecuada en la parte interna, creando un

ambiente confortable, muy a pesar de las inclemencias del clima externo. El ladrillo, ofrecerá similares características físicas a la de un ladrillo común en el uso de las construcciones de viviendas, para lo cual haremos pruebas al ladrillo agregando plástico PET, y compararemos los resultados con las características de un ladrillo común.

Respecto a la formulación del problema se tiene como problema general:

PG: ¿De qué manera el diseño de ladrillo con plástico PET disminuye la conductividad térmica en muros exteriores de viviendas de Ciudad Gosen-V.M.T. 2020?

Los problemas específicos son:

PE1: ¿De qué manera el diseño de ladrillo con plástico PET mejora la resistencia térmica en muros exteriores de viviendas de ciudad Gosen -V.M.T. 2020?

PE2: ¿De qué manera el diseño de ladrillo con plástico PET mejora a controlar la humedad en muros exteriores de las viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020?

PE3: ¿De qué manera el diseño de ladrillo con plástico PET influye en la resistencia a la compresión en muros exteriores de viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020?

En relación a la justificación del problema, el estudio involucra el uso de los ladrillos con adición del plástico PET, aprovechando la disponibilidad de materiales ya que los ladrillos se utilizan con frecuencia en construcciones de viviendas. En este sentido es importante ya que la falta de experiencia en el uso de este material hace que se tenga una opción viable que favorezca a los procesos constructivos abaratando los costos y al mismo tiempo siendo una fuente importante de insumo que permitiría reducir el hacinamiento en lugares públicos que son focos contaminantes y dañan el medioambiente. No solo se puede lograr dar uso al material en una zona del país, sino a partir de esa experiencia se puede ampliar la cobertura de fabricación beneficiando a la población con material de calidad y con bajo costo, ya que tenemos un déficit de viviendas en las zonas urbanas a nivel nacional. Por lo tanto, se busca aprovechar las propiedades de físicas y térmicas que benefician a los usuarios ya

que se logra un mejor control térmico en las viviendas en la zona de estudio, que son vitales para el confort de los residentes.

En el planteamiento de las hipótesis, se plantea como hipótesis General:

HG: El diseño de ladrillo con plástico PET disminuye la conductividad térmica en muros exteriores de viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020.

Las hipótesis específicas son:

HE1: el diseño de ladrillo con plástico PET mejora la resistencia térmica en muros exteriores de viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020

HE2: el diseño de ladrillo con plástico PET mejora a controlar la humedad en muros exteriores de las viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020

HE3: el diseño de ladrillo con plástico PET influye en la resistencia a la compresión en muros exteriores de las viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020

Se tiene también como objetivo general:

OG: Determinar la medida en que el diseño de ladrillo con plástico PET disminuye la conductividad térmica en muros exteriores de viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020.

Los Objetivos específicos son:

OE1: Determinar la medida en que el diseño de ladrillo con plástico PET mejora la resistencia térmica en muros exteriores de viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020

OE2: Determinar la medida en que el diseño de ladrillo con plástico PET mejora a controlar la humedad en muros exteriores de las viviendas de ciudad Gosen-V.M.T. 2020

OE3: Determinar la medida en que el diseño de ladrillo con plástico PET influye en la resistencia a la compresión en muros exteriores de viviendas de ciudad Gosen-V.M.T.

2

II. MARCO TEÓRICO

En los trabajos previos se tienen evidencias de investigaciones relacionadas con la presente investigación ya que el confort térmico en el contexto bioclimático actual no ha sido una preocupación que haya marcado una ruta de acción en el Perú en los 10 o 20 últimos años. Se ha acentuado realidades climáticas de frío extremo que han llamado la atención y han merecido enfoques técnicos de importancia (Barrionuevo y Espinoza, 2005).

Al respecto se tienen investigaciones nacionales como el de Echevarría (2017), en su estudio de ladrillos de concreto con plástico PET reciclado, su fin fue precisar las propiedades del ladrillo de concreto con plástico PET reciclado. La presente investigación es explicativa, ya que consistió en la determinación de efectos con prueba de hipótesis. Al respecto llego a comprobar que al incrementar el PET en la mezcla la absorción crece.

También Aliaga (2017), respecto al estudio del PET reciclable, en fabricación de ladrillos, busco evaluar en qué medida éste, permitirá la elaboración siendo material mezclado en la producción. En la investigación se emplea el diseño experimental con fines de ver el fenómeno del efecto en el ladrillo de concreto compuesto empleando el razonamiento y el análisis, aislando especímenes con ciertas cantidades de PET con el objeto de observar el comportamiento de cada una de las muestras en relación al ladrillo de concreto compuesto. En conclusión, se pudo contrastar de manera experimental que el adoquín hexagonal de concreto con PET al adicionar agua en la parte superior de su base tiene la propiedad de ser permeable, es decir, a través de este material compuesto puede filtrar el agua y llenar sus vacíos debido a su descomposición de grano de PET agregado induciéndose propiedades de permeabilidad (por el pequeño valor de la absorción de 4.12%) y succión de 15 gr/ (200 cm²- min).

De igual forma Quevedo (2017), respecto a las unidades de albañilería con adiciones de plástico PET buscó precisar las particularidades técnicas y económicas en casas ecológicas. El diseño fue pre experimental y se tiene que su uso es importante en dichas construcciones ya que están dentro de los parámetros exigidos por la normativa vigente.

También Valles (2016), en su estudio asociado al uso de plástico reciclado, su objetivo es la elaboración del ladrillo ecológico, con un tipo de investigación experimental. Es favorable por la obtención de un ladrillo sin consumo excesivo de agua, minimizando la contaminación del aire y la tala de árboles, busca ser viable al usuario de poder adquisitivo bajo, por lo económico de su costo y valor. En tal sentido, se pudo conseguir un material con propiedades técnicas, en base a la normativa nacional vigente para estos productos. NTC (Normas técnicas peruana).

Por su parte Flores (2018), en su investigación relacionada con la producción de ladrillos con plástico reciclado se buscó fijar la masa, uniformidad dimensional, resistencia a la compresión. En el estudio se consideró la Muestra 1 y Muestra 2, para luego de fabricarlos se hizo los ensayos con fines de saber la resistencia a la compresión. Se concluye considerando 70% PET y 30%PEAD más un aditivo, concluyendo que las cantidades asignadas tiene que ver con los aspectos físicos y mecánicos del material fabricado.

En el ámbito internacional se cuenta la con la investigación de Herrera (2018), en su estudio vinculado a producir bloques con plástico reciclado, su objetivo fue realizar un análisis técnico y financiero en la implementación de bloques con polímeros de plástico reciclado aplicados en construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia. Es una investigación de tipo aplicada, descriptiva donde se evidencia que, al aumentar los agregados en porcentaje de PET, se reduce considerablemente el peso de las muestras, siendo 0.784 gr y el convencional 1.075 gr.

También Angumba (2016), en su estudio sobre ladrillos elaborados con plástico reciclados su objetivo fue fabricar dichos materiales, para muros no portantes para construcciones. El método fue descriptivo en el cual se definen los procedimientos a partir de la obtención de materiales al análisis del mismo. Luego del estudio se concluye que es adecuado el ladrillo con 25% de PET, con lo que se logró condiciones apropiadas de nivel térmico y al mismo tiempo condiciones favorables de habitabilidad en los hogares.

Por su parte Piñeros (2018), en su investigación sobre producción de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), tuvo como fin realizar un análisis técnico y

financiero en la implementación de bloques con polímeros de plástico reciclado aplicado en construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia. El método es de carácter investigativo y experimental, orientado a plantear construcción con bajo costo. En conclusión, se deduce que la mezcla con agregado de PET al 25%, cuenta con el estándar requerido en cuanto a resistencia específica a los 7 días y 14 días de fallado, adicional se encuentra una diferencia significativa en cuanto al peso en relación con el ladrillo convencional.

De igual forma Rojas y Rueda (2018) en su estudio referido al Análisis del comportamiento mecánico de ladrillos estructurales utilizando el polipropileno de materias plásticas reciclables, en el que buscó analizar el comportamiento mecánico en ladrillos usando material reciclado para su fabricación. Se concluye que los ladrillos con el nuevo material son óptimos para la construcción adicional a esto se observa la disminución de peso siendo un beneficio en las estructuras ya que serán ligeras y por tanto el esfuerzo disminuye, también es beneficioso ya que se utiliza desechos reciclables que día a día contaminan nuestro planeta.

También Gamboa (2015), en su estudio diseño de ladrillo tipo PET, considero indispensable ofrecer a la comunidad opciones de construcción a través del reciclaje de materiales contribuyendo con el cuidado ecológico, con lo que se controla con el rehúso de botellas el problema ambiental. La tesis es de tipo descriptiva y se buscó dar seguridad a los ocupantes en las construcciones, utilizando para tal efecto ensayos mediante los materiales reciclados. Este, se basó en la normativa vigente.

De igual forma Chicaiza y Gonzales (2017), en su estudio “Análisis de los desechos de botellas plásticas de los habitantes de bastión popular de Guayaquil”, buscó examinar los desechos de envases plásticos en los pobladores de Bastión Popular exteriorizando en el propósito los conocimientos básicos que existen actualmente respecto al reciclaje y clasificación de las botellas plásticas, y así poder indagar el uso que están impartiendo en la actualidad en este sector acerca el reutilizamiento de los desechos. Utilizando métodos de investigación como “el cuestionario” se hizo consultas confortables al encuestado que se pudo permitir realizar un levantamiento de información conforme al análisis, donde se pudo conocer que los habitantes de este Sector tienen presente la importancia del reciclaje de botellas plásticas, ya que

por su tiempo de biodegradación es un producto con mayor daño al medio ambiente, se puede confirmar que la mayor cantidad de los participantes de la encuesta indican que tener una casa de ladrillo brinda confort a los moradores y también se demostró un desconocimiento sobre el ladrillo de plástico y sus bondades. Para finalizar, en la propuesta se desarrolló una solución que permita obtener resultados de aplicación y validez, que incentiven la matriz productiva con el diseño de ladrillos de plástico con botellas PET recicladas, el mismo mediante el cual estimula la sociedad y mejora el medio ambiente; promoviendo a que los habitantes del Sector de Bastión Popular tengan la factibilidad de mejorar o construir una casa de ladrillos de plásticos a base del reciclaje.

Por su parte Zúñiga (2015), en su estudio del polietileno (PET) para hacer mortero de ladrillos y concreto”, buscó la elaboración de mortero para ladrillos agregando el polietileno PET. La tesis es descriptiva y se realizó ensayos de resistencia incluyendo PET reciclado en morteros y concretos, llegando a reemplazar un 15% de agregados finos por PET.

También Maure, Candanedo, Madrid, Bolobosky y Marín (2018), con el fin de producir ladrillos con polímeros PET, utiliza como insumo el PET. En este caso lo que se produjo sirvió para verificar la resistencia mecánica a la compresión, a diferencia de los fabricados de manera tradicional. Este estudio también contribuyó a minimizar el daño causado a la ecología. En tal sentido se considera una alternativa válida ya que se da uso a los materiales reciclados en vez de que vayan a parar a botaderos.

Por su parte Muñoz and Trotta (2015), en su estudio Design of a Brick With Sound Absorption Properties Based on Plastic Waste & Sawdust. Este documento se aplica al rediseño de un ladrillo en el que la selección del material y la geometría interna están diseñadas para aumentar la absorción del sonido junto con una mejora en la resistencia estructural. La industria de los aserraderos en México da la definición de la oportunidad de material, que produce alrededor de 2 millones de toneladas de aserrín por año, casi todo desperdicio, y otro material de desecho importante: el plástico. Cada año, México produce 992 000 toneladas de polietileno de baja densidad. Estos dos productos de desecho pueden usarse como materia prima para crear compuestos de madera y plástico.

De igual forma Uehara, França, Canevarolo and Vicente (2015), en su estudio *Recycling assessment of multilayer flexible packaging films using design of experiments polymers*. Se analiza la viabilidad del reciclaje de residuos de envases post-industriales, compuestos de películas de PET-PE laminadas multicapa, para la producción de mezclas de polímeros con buen rendimiento físico-mecánico. Inicialmente, se prepararon varias mezclas modelo de PET-PE a partir de polímeros frescos y se combinaron con diferentes formulaciones, basadas en el diseño de experimentos (DOE). Se han usado compatibilizadores de polímeros basados en anhídrido maleico (PE-g-MA) y metacrilato de glicidilo (E-GMA) para promover la reacción de compatibilización. Las propiedades físico-mecánicas de las mezclas modelo fueron evaluadas por la metodología de superficie de respuesta (RSM). Finalmente, los desechos postindustriales se combinaron con la misma concentración de compatibilizadores en el conjunto anterior de mezclas de modelos. La metodología DOE demostró ser una herramienta útil para evaluar el reciclaje, ya que ayudó a producir materiales reciclados con propiedades físico-mecánicas aceptables. Entre los dos compatibilizadores estudiados, PE-g-MA demostró ser el mejor aditivo para la compatibilización debido a la presencia de un componente de poliamida en el desecho, que sufre una reacción de compatibilización cinéticamente favorable.

Por su parte Chhazed, Makwana, Chavda³ and Navlakhe (2019), en su estudio *Utilization of PET Waste in Plastic Bricks, Flexible Pavement & as Alternative Constructional Material - A review*. El plástico tiene muchas ventajas, pero también tiene muchos problemas. Al no ser degradable durante años, se ha convertido en un problema global para reciclarlo. El PET es uno de los plásticos de consumo más comunes, ya que se utiliza para construir muchos productos básicos y cotidianos, como botellas, recipientes para la industria alimentaria y de bebidas. Los desechos de PET se han convertido en un problema ambiental importante debido a sus diversas propiedades, como la no biodegradabilidad y los gases liberados en la incineración. Por lo tanto, los desechos de PET deben ser utilizados y reciclados de manera eficiente. Este documento proporciona una revisión de diferentes productos, como ladrillos de plástico, pavimento flexible y botellas de plástico como

un bloque de construcción que puede utilizar eficazmente los desechos de PET como material alternativo.

También Atinco, Wiener, Araya and González (2017). Eco-bricks: a sustainable substitute for construction material. Los ladrillos ecológicos, las botellas de tereftalato de polietileno (PET) llenas de desechos inorgánicos mixtos, se han convertido en un material de construcción de bajo costo y un método de reciclaje válido para reducir la eliminación de desechos en regiones donde el reciclaje industrial aún no está disponible. Este artículo desarrolla una caracterización experimental de densidad, contenido de relleno (por volumen), contracción térmica, módulo elástico y capacidad de recuperación de deformación utilizando cuatro materiales de relleno diferentes: 1) PET; 2) papel y cartón; 3) tetrapack; y 4) metal. En general, la densidad del ladrillo ecológico, la contracción térmica y el módulo elástico dependen del contenido de relleno. La densidad y el módulo elástico de los Eco-ladrillos propuestos son similares a los valores de poliestireno expandido (EPS) de densidad media-alta utilizados en la construcción no estructural, por lo que sugerimos que estos Eco-ladrillos podrían ser una alternativa sostenible al EPS u otros materiales de construcción no estructurales.

Finalmente, Maldonado, Corvalan, Cohenca and Monteiro (2018), en su estudio *Setting time of ecological bricks with different percentage PET*. Las materias primas y los productos amigables con el medio ambiente han llevado a muchos autores a desarrollar el área de bioconstrucción, especialmente en la construcción civil, utilizando materiales alternativos para obtener nuevos logros. Las botellas de PET (tereftalato de polietileno), ampliamente utilizadas en todo el mundo, han permitido producir productos tecnológicos muy ambiciosos por su eficiencia energética y económica. Este estudio se basa en la aplicación de botellas de PET desechadas para su aplicación en ladrillos de construcción ecológica. Para esto, se prepararon muestras con diferentes porcentajes de PET. Las muestras se prepararon por triplicado. Estas muestras fueron sometidas a pruebas para verificar el tiempo óptimo de fraguado / relación PET. Las pruebas se realizaron de acuerdo con los estándares internacionales y se compararon con los valores de los ladrillos convencionales.

Respecto a las teorías relacionadas, considerando los ladrillos con plástico PET, tenemos que los ladrillos de concreto con plástico PET, Según Echevarría, Evelyn (2017), se tiene que: Este material contiene cemento, agregados pétreos, arena o solo es de plástico. Generalmente son hechos con los reciclados. Su peso específico es menor que los convencionales (p. 15).

El Plástico PET, “Es un material macromolecular conformada por hidrocarburos y otros de origen orgánico. Su característica principal es que se puede reciclar, cuyo uso data de 1955 en fabricación de botellas” (Ambientum, 2000, citado en Echevarría, Evelyn, 2017, p.8).

Luis et al. (2008, citado en Echevarría, Evelyn, 2017), consideraron que:

El PET se fabrica de petróleo crudo, gas y aire. Conforman 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. Su propiedad principal es la resistencia pudiendo ser reutilizado lo que le da mayor preferencia para su fabricación. (p.8)

De las propiedades del plástico PET, según (Angumba, 2016, citado en Echevarría, Evelyn, 2017), se tiene que:

Este material tiene la particularidad de ser altamente resistente en lo referente a su densidad, aislamiento térmico y eléctrico, y otros más. Se caracteriza por:

- Estable ante fuerzas constantes
- Altamente resistente al desgaste
- Excelente frente al deslizamiento
- Alta resistencia química
- Excelente frente a las situaciones térmicas

Esto es un indicador para considerarlo en la mezcla de concreto. (p.8)

Respecto a las ventajas y desventajas de las botellas con plástico PET, Según Zavala (2015), considera relevante resaltar lo siguiente:

Ventajas:

- a) Es moldeable, adquiriendo diversas formas.
- b) Es flexible
- c) Al ser instalado su conservación es estable
- d) Altamente durable.
- e) Según la utilización su resistencia varía.

- f) Es resistente a sustancias químicas
- g) Tolerante a variaciones de temperatura y presión

Desventajas:

- a) Son de difícil solución.
- b) Aun son poco el uso que se les da a los residuos.
- c) Aun es bajo el uso en construcción
- d) Es inflamable. (p. 15)

Di Marco y León (2017), consideran que “El PET es ligero y muy resistente, reciclable 100%, siendo su densidad 1,335 gr/cm³” (p. 21)

PET reciclado	
Densidad (g/cm ³)	1,335
Resistencia al aimpacto - Esfuerzo Maximo (cm ² /g)	8432
Resistencia al impacto - Sharpy - Energia que absorbe (kjulios)	7,746

Figura 1.Características del PET reciclado

Fuente: Laboratorio de control de materiales - SENA (2017)

Respecto a las propiedades físicas y térmicas del PET, Gaggino (2009), considera lo siguiente:

Peso específico: En este caso el PET tiene 1150 kg/m³, por su parte el convencional es de 1360 kg/m³.

Conductividad térmica: No son buenos conductores del calor teniendo aislamiento térmico. Su conductividad térmica es 0,15 W/m K, en cambio del tradicional resulta 0,81 W/m K.

Resistencia mecánica: En este caso es menor a otros elementos constructivos convencionales. Su resistencia a la compresión del PET es 2 MPa., en cambio en el tradicional es de 4 MPa.

Absorción de agua: En este caso es similar a los convencionales. En el caso del PET es de 19,1 %, en cambio en el tradicional es 21,6 %.

Comportamiento a la intemperie: Resisten las radiaciones en el medio externo de comprobado de acuerdo a método Q.U.V Panel.

Aptitud para el clavado y acerrado: En este caso son fáciles de realizar esta labor siendo aptos para procesos constructivos.

Adherencia de revoques: También son aptas debido a su gran rugosidad con

tensión de adherencia: 0,25 MPa.

Resistencia al fuego: Son resistentes comprobado con ensayo, en el cual se comprueba que tiene baja propagación de llama.

Permeabilidad al vapor de agua: Es similar al hormigón con agregado pétreo.

DATOS TÉCNICOS DEL POLIETILENO - TEREFTALATO (PET)		
PROPIEDADES MECÁNICAS		
Peso específico	134	g/cm ³
Resistencia a la tracción	825	kg/cm ²
Resistencia a la flexión	1450	kg/cm ²
Alargamiento a la rotura	15	%
Módulo de elasticidad (tracción)	28550	kg/cm ²
Resistencia al desgaste por roce	MUY BUENA	
Absorción de humedad	0.25	%
PROPIEDADES TÉRMICAS		
Temperatura de fusión	255	°C
Conductividad térmica	Baja	
Temperatura de deformabilidad por calor	170	°C
Temperatura de ablandamiento de Vicat	175	°C
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	0.00008	mm por °C
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	Mantiene la llama	
Comportamiento al quemado	Gotea	

Figura 2.Datos técnicos del PET.

Respecto a la conductividad térmica, Erazo (2017), preciso que: La conductividad térmica es la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en una unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión finita, de caras planas y paralelas y espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. (p. 7)

Dicho de otra manera, la conductividad térmica es la propiedad que mide la capacidad que tienen los materiales para transmitir el calor, siendo una propiedad intrínseca de cada material.

También Çengel y Ghajar (2017) establecen que la conducción de calor o transmisión de calor por conducción es un proceso basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia.

Holman (2016), precisa que La transferencia de calor trata de predecir el intercambio de energía habida entre cuerpos materiales, dada una diferencia de temperatura.

Peña, G y Rodríguez, J. (2014), mencionaron que el calor fluye de un cuerpo de mayor temperatura a otro con menos temperatura.

La conductividad térmica es una propiedad intrínseca de los materiales que determina la velocidad a la que el calor se transmite en el material, siendo un factor determinante de mucha importancia en aplicaciones que envuelvan la transferencia de calor: intercambiadores, moldes de solidificación, pantallas aislantes, etc. Se mide con la ley de Fourier como se muestra a continuación y sus unidades en el sistema internacional están dadas en $W m^{-1}K^{-1}$ y expresada en unidades básicas es $m kg s^{-3} K^{-1}$ (CIPM 2006).

$$q = -\lambda \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Tal que:

q = flujo de energía calorífica por conducción (Wm^{-2})

λ = conductividad del material ($W m^{-1}K^{-1}$)

ΔT = diferencial de temperatura entre interior y exterior (K ó °C)

x = espesor del material (m)

El área A de transferencia de calor es perpendicular a la dirección de esa transferencia como se muestra en la figura.

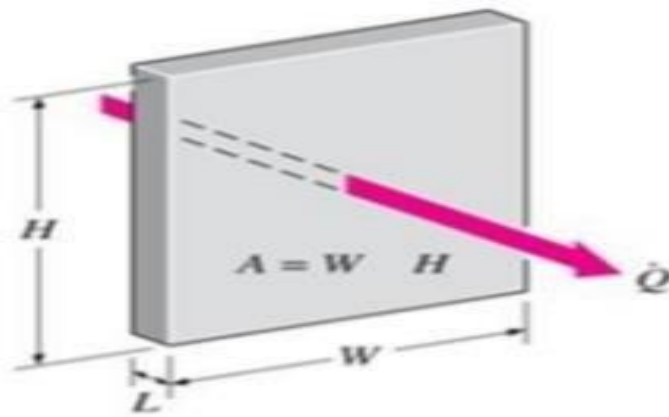


Figura 3.Conducción del calor en la dirección perpendicular a la superficie.

Fuente: (Cengel et al 2011)

Al respecto Rodríguez, Quintero y Tovar (2016), en su artículo científico sobre la determinación de la conductividad térmica, precisaron:

El conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas de cualquier material permite utilizarlo en aplicaciones a niveles industriales según las necesidades de operación y uso. Clasificando las propiedades físicas encontramos la conductividad térmica (k), que indica la dimensión del calor (energía térmica) que pasa entre dos puntos dentro del material por unidad de área, en un tiempo determinado y bajo un gradiente de temperatura; dicha propiedad depende de la estructura interna del material, de la humedad, la geometría del mismo, la composición físico-química del material y su temperatura.

La dimensión de la conductividad térmica es la propiedad térmica, tal que la temperatura es un factor externo de gran importancia, ya que afecta a todas las características de los materiales. Las propiedades mecánicas, sufren importantes cambios cuando la temperatura varía, por lo que siempre se tiene en cuenta los efectos térmicos sobre estas propiedades a la hora de seleccionar o dimensionar el material idóneo.

La temperatura en cualquier punto de la pared está dada en forma lineal, de tal manera que se cumple:

$$T(x) = \frac{T_2 - T_1}{L} x + T_1$$

Resistencia térmica

Es la capacidad propia de un material de oponer resistencia al flujo del calor. En el caso de querer medir la resistencia térmica en materiales homogéneos se manifiesta como la razón entre el grosor del material y la conductividad térmica del mismo; en el caso de materiales no homogéneos, la resistencia térmica se comporta de manera inversa de la conductancia térmica.

Este término es de gran importancia pues permite el cálculo de una resistencia total cuando se entra en contacto con paredes de diferentes elementos, es así como en términos de la ley de Fourier, sabemos: $q'' = -k \frac{dT}{dx}$

Integramos dos veces y nos queda

$$\frac{q}{A} = -k \frac{T_2 - T_1}{L}$$
$$q = kA \frac{\Delta T}{L} \quad \text{acomodando} \quad q = \frac{\Delta T}{\frac{L}{kA}}$$

Cuyo denominador es conocido como resistencia térmica:

$$R_t = \frac{\Delta T}{q} = \frac{L}{k}$$

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de Investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Al respecto Valderrama (2015) indica: “el estudio tipo aplicada pone en práctica aspectos teóricos habidos con fines de estabilizar situaciones existentes” (p. 39).

Consideramos como tal el estudio tipo aplicada, ya que se busca definir el diseño del ladrillo incorporando plástico PET con fines solucionar un problema de friaje y poder disminuir la conductividad térmica en muros exteriores de viviendas de Ciudad Gosen; y que tiene un enfoque cuantitativo porque los resultados pueden ser medidos y replicados.

3.1.2 Nivel de investigación

“Hernández (2014) “El nivel de investigación explicativa es la que pretende explicar la causa efecto entre dos o más variables” (p. 72).

El nivel explicativo de esta investigación se da, porque una vez culminado la manipulación de las adiciones de pet en los ladrillos, y mostrado los resultados de las pruebas a las que fueron sometidos se evidencia los efectos que este tiene sobre la conductividad térmica.

3.1.3 Diseño de Investigación

Hernández et al. (2014, p.149) manifiesta “de tipo experimental de corte transversal en la que se precisa de evaluaciones de resultados comparativamente en un momento dado” (p.149).

El diseño es experimental, ya que identificada la variable independiente como es ladrillos con adición del Pet, manipularemos los porcentajes de acuerdo a nuestra conveniencia que serán del rango de 10, 15, 20 y 25 %, con el fin de evaluar los resultados en la variable dependiente, en este caso la conductividad térmica.

Se hacen mediciones de la conductividad y pruebas que nos permitan cumplir con los parámetros establecidos en los ensayos y las mediciones, deducir si el uso es válido en el proyecto y se podrá delimitar las aplicaciones en proyectos constructivos utilizando dichos ladrillos con plástico PET.

3.2. Operacionalización de variables

3.1.4 La Variable Independiente será el ladrillo incorporado con plástico PET

3.1.4.1 Definición Conceptual: Según Echevarría, Evelyn (2017)

Este material contiene cemento, agregados pétreos, arena y plástico reciclados PET. Su peso específico es menor que los convencionales (p. 15).

Gallegos Casabonne (2005) resistencia mecánica a la compresión señala la buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición (p. 204).

3.1.4.2 Definición Operacional: Se requiere que los ladrillos con adición de PET sean portantes y cumplan una función estructural por lo cual, se harán los ensayos necesarios dictadas por NTP 399.613, y que cumplan con los parámetros que en ésta se establece, en especial ensayos de resistencia a la compresión (laboratorio) y toma de medidas geométricas (de manera personal).

3.1.4.3 Indicadores: Se toma como dimensiones las propiedades mecánicas y como indicadores la resistencia a la compresión cuyas unidades son (Kg/cm^2) y las medidas geométricas, tanto del largo y ancho como la altura y serán medidos en cm.

3.1.4.4 Escalas de medición: las escalas de medición en el caso de granulometría y la resistencia a compresión son de intervalo, y para el caso de medidas geométricas como el largo, ancho y altura son de razón pues señalan unos cero absolutos.

3.1.5 La variable dependiente será la conductividad térmica

3.1.5.1 Definición Conceptual: Peña, G y Rodríguez, J. (2015), establece que es una propiedad intrínseca de los materiales que determina la velocidad a la que el calor se transmite en el material, también mencionaron que el calor fluye de un cuerpo de mayor temperatura a otro con menos temperatura.

3.1.5.2 Definición Operacional: La conductividad térmica del material se determinará mediante ensayos en laboratorio para lo cual se facilitará los especímenes necesarios y la resistencia térmica mediante la aplicación de una fórmula que se establece en la definición una vez establecida su conductividad.

También se hará un ensayo de absorción según norma (laboratorio) y un experimento para definir una función de Temperatura Vs tiempo

3.1.5.3 Indicadores: Se toma como dimensiones las propiedades térmicas como la temperatura, la resistencia térmica la absorción y la misma conductividad térmica.

3.1.5.4 Escalas de medición: las escalas de medición en el caso de la temperatura, la resistencia térmica, la absorción y la conductividad son de intervalo pues no definen un cero o no se pueden hacer razones matemáticas con ellos y el confort térmico es ordinal ya que sus resultados sólo pueden dar un orden jerárquico o ser etiquetado

3.3 Población y muestra

3.3.1. Población

“En este caso lo conforman todos los elementos que son sujetos de estudio, mediante los cuales se obtendrán resultados. Es preciso definir bien quienes conforman este grupo a ser evaluado” (Levin & Rubin, 2004, p. 10).

En el estudio está constituida por los ladrillos de uso estructural pero incorporados con un porcentaje variable de PET reciclado, que fluctúan entre valores de 10,15, 20 y 25%.

3.3.2. Muestra

Según Hernández et al. (2014),

“En este caso se define como una parte de población. Generalmente se considera este grupo como objetivo evaluativo pero que no pierda la esencia del total de elementos que lo integran” (p. 175).

Para este estudio tomaremos 20 especímenes para los ensayos de resistencia a la compresión, 20 también para los ensayos de absorción y 20 para determinar la conductividad térmica del ladrillo en sus diferentes porcentajes de PET, haciendo un total de 60 ladrillos

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

3.3.3. Técnicas

“Según el estudio que se realizará se considera la técnica, con fines de obtener datos para efectuar el trabajo.” (Bernal, 2010, p. 192).

En el presente se toma en cuenta la Observación de Campo siendo los ensayos los que serán evaluados, considerando en su estudio las mediciones de la conductividad térmicas.

3.3.4. Instrumentos

“En este caso nos permite tener un reporte de información que nos es útil para consolidar el estudio” (Hernández et al. 2014, p. 199).

Al respecto se usará las fichas de recolección de datos en las cuales se registrarán los logros obtenidos en ensayos considerando la conductividad térmica.

3.5 Procedimiento

En la elaboración del proyecto y considerando el desarrollo del proyecto se toma en cuenta lo siguiente:

- ✓ Se realiza el estudio teórico de las variables para la fundamentación y determinación de las dimensiones e indicadores.
- ✓ Se define los componentes de los ladrillos con plástico PET según la norma técnica respectiva
- ✓ Se realizan los ensayos correspondientes
- ✓ Se analiza los resultados obtenidos

3.6 Métodos de análisis de datos

“En este caso se precisa de elementos gráficos y tablas que nos permiten interpretar la realidad de los elementos analizados” (Córdoba, 2003, p.1).

Se utilizan los ensayos y pruebas como elemento probatorio de la conductividad térmica, considerando como herramientas complementarias el software Excel para los gráficos de tablas estadísticas y el SPSS versión 24 con fines de hacer las precisiones en cuanto a evaluación de las hipótesis.

3.7 Aspectos Éticos

En el estudio se cumple con los requisitos definidos en cuanto a las citas de información registrada en el trabajo, así como la información que se utilice en el desarrollo, cuya procedencia es de los estudios efectuados anteriormente que forman parte de los antecedentes. También se elabora en concordancia con los requisitos de formatos y metodología a utilizar en el desarrollo del t

IV.RESULTADOS

4.1. RESULTADO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

4.1.1. Características físicas del agregado fino

En la tabla 13 se presenta el resumen de las características físicas del agregado fino de la

cantera Roca Fuerte, determinadas en laboratorio, cuyos valores cumplen con los estándares estipulados en la norma NTP 400.037. Los cálculos detallados de las propiedades se encuentran en el Anexo N° 2.

Tabla 1. Resumen de las características del agregado fino

Agregado fino : Arena	Unidad
Peso específico de masa	2.609 g/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca	2.645 g/cm ³
Peso específico aparente	2.705 g/cm ³
Peso unitario suelto seco	1.598 g/cm ³
Peso unitario seco compactado	1.743 g/cm ³
Contenido de humedad	1.13 %
Absorción	1.35 %
Módulo de finura	2.8

4.1.2. Características físicas del agregado grueso: confitillo.

En la tabla 14 se presenta el resumen de las características físicas del confitillo de la cantera Roca Fuerte, determinadas en laboratorio, cuyos valores cumplen con los estándares estipulados en la norma NTP 400.037. Los cálculos detallados de las propiedades se encuentran en el Anexo N° 3.

Tabla 2. Resumen de las características del agregado grueso

Agregado Grueso: Confitillo	Unidad
Peso específico de masa	2.594 g/cm ³
Peso específico de masa saturada con superficie seca	2.626 g/cm ³
Peso específico aparente	2.681 g/cm ³
Peso unitario suelto seco	1.328 g/cm ³
Peso unitario seco compactado	1.498 g/cm ³
Contenido de humedad	0.71 %
Absorción	1.25 %
Desgaste a la abrasión	27.10 %
Módulo de finura	5.55

4.1.3. Características físicas del PET

En la tabla 15 se presenta el resumen de las características físicas de las hojuelas de plástico PET reciclado, determinadas en laboratorio. Los cálculos detallados de las propiedades se encuentran en el Anexo N° 4.

Tabla 3. *Resumen de las características del PET*

PET (Tereftalato de Polietileno): Hojuelas	Unidad
Peso específico de masa	1.32 g/cm ³
Peso unitario suelto seco	0.295 g/cm ³
Peso unitario seco compactado	0.376 g/cm ³
Módulo de finura	5.62

4.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA MEZCLA PATRÓN A DIFERENTES DOSIFICACIONES

En la tabla 16 se presenta el resultado del ensayo a compresión de las unidades de concreto vibrado fabricadas con las 5 dosificaciones de prueba planteadas a las edades de 7, 14 y 28 días. De esta tabla se obtuvo que la dosificación adecuada es 1: 5.5: 2.5, pues se aproximó a la resistencia requerida mínima de 130kg/cm², con la menor cantidad de cemento en la mezcla, además presentó una mayor trabajabilidad. Los diseños de mezcla de las 5 dosificaciones se encuentran en el Anexo N° 5.

Tabla 4. Resultado del ensayo de compresión de los ladrillos patrón.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LOS LADRILLOS DE PRUEBA										
Proporción	Área bruta* (cm²)	7 DIAS			14 DIAS			28 DIAS		
		Carga Máxima (kg)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio a 28 días (fb)	Carga Máxima (kg)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio a 28 días (fb)	Carga Máxima (kg)	Resistencia (kg/cm²)	Resistencia promedio a 28 días (fb)
A 1 : 4 : 2	286	37000	129.37	181.98	42500	148.60	177.57	52900	184.97	182.40
	286	36300	126.92		43000	150.35		51000	178.32	
	286	36000	125.87		44000	153.85		52600	183.92	
B 1 : 4 : 3	286	34500	120.63	171.91	40500	141.61	169.61	49800	174.13	172.49
	286	33750	118.01		41200	144.06		49200	172.03	
	286	35000	122.38		42000	146.85		49000	171.33	
C 1 : 5 : 2	286	33500	117.13	163.50	39200	137.06	160.43	48000	167.83	165.15
	286	32200	112.59		39500	138.11		47000	164.34	
	286	32500	113.64		38300	133.92		46700	163.29	
D 1 : 5 : 3	286	27200	95.10	137.36	34000	118.88	139.72	40700	142.31	141.26
	286	27500	96.15		34000	118.88		40000	139.86	
	286	27800	97.20		33900	118.53		40500	141.61	
E 1 : 5.5 : 2.5	286	27400	95.80	135.95	33000	115.38	137.46	40500	141.61	140.38
	286	26750	93.53		34000	118.88		40200	140.56	
	286	27500	96.15		33250	116.26		39750	138.99	

*NTP 399.604. Informe, resistencia a compresión sobre área bruta.

4.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS LADRILLOS DE CONCRETO - PET

Con la dosificación seleccionada (1: 5.5 :2.5) se procedió a la inclusión sucesivamente creciente de las hojuelas de PET en el diseño de mezcla de los ladrillos de concreto - PET, diseños que se pueden encontrar en el Anexo N° 6.

La evaluación de las características de los ladrillos de concreto con PET reciclado obtenidas en los ensayos de laboratorio se realizó según la Norma E.070:2006, como sugiere la siguiente tabla

Tabla 5. Clase de Unidad de Albañilería para Fines Estructurales

CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES					
CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f _b mínimo en Mpa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4.9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6.9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9.3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12.7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17.6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4.9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2.0 (50)

(3) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(4) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: Tomado de Reglamento Nacional de Edificaciones, E.070:2006.

4.3.1. VARIACIÓN DIMENSIONAL

Se determinó la variación dimensional de 16 unidades por cada tipo de ladrillo, Para lo cual se registró la variación dimensional de largo, ancho y altura de 64 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°8. Los porcentajes promedio de variación dimensional por cada tipo obtenidos, son los siguientes:

Tabla 18. Variación dimensional por cada tipo de ladrillo de concreto PET.

Tipo	VARIACIÓN DIMENSIONAL						CLASE
	L _p (mm)	L %	A _p (mm)	A %	H _p (mm)	H %	
LC PET 0%	219.78	0.10%	130.24	0.18%	86.87	3.48%	IV
LC PET 3%	220.43	0.19%	131.37	1.05%	87.39	2.90%	V
LC PET 6%	220.45	0.20%	132.93	2.25%	86.55	3.83%	IV
LC PET 9%	220.52	0.24%	132.37	1.82%	88.81	1.32%	V

De la tabla 18 se tiene que todos los tipos de ladrillo de concreto con PET reciclado cumplen con los requisitos de la norma E.070: 2006 en lo que corresponde a variación dimensional y se clasifican como ladrillo clase IV y clase V correspondientemente.

4.3.2. CONTENIDO DE HUMEDAD

Se determinó el contenido de humedad de 8 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó la retención de humedad de 32 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°9. Los valores de contenido de humedad por cada tipo obtenidos, son los siguientes:

Tabla 6.Contenido de humedad por cada tipo de ladrillo de concreto PET.

CONTENIDO DE HUMEDAD	
Tipo	%
LC PET 0%	5.10
LC PET 3%	6.61
LC PET 6%	5.56
LC PET 9%	6.09

El contenido de humedad promedio del ladrillo de referencia (LC PET 0%) es cercano al 5%, aumentando este valor al incorporar las hojuelas de PET en la mezcla, sin embargo, este aumento no es proporcional a la cantidad de PET incorporado.

4.3.3. PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO

Se determinó el peso unitario volumétrico de 8 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó el volumen y peso de 32 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°10. Los valores promedio del peso unitario volumétrico obtenidos, son:

Tabla 7.Peso unitario volumétrico por cada tipo de ladrillo de concreto PET.

PESO UNITARIO VOLUMÉTRICO	
Tipo	Peso unitario volumétrico de la unidad (g/cm ³)
LC PET 0%	1.62
LC PET 3%	1.53
LC PET 6%	1.46
LC PET 9%	1.39

El peso unitario volumétrico de la unidad, es inversamente proporcional al porcentaje de hojuelas de PET incorporado en la mezcla, esto se debe a que el peso específico de agregado reemplazado es mayor al peso específico de hojuelas de PET reemplazante.

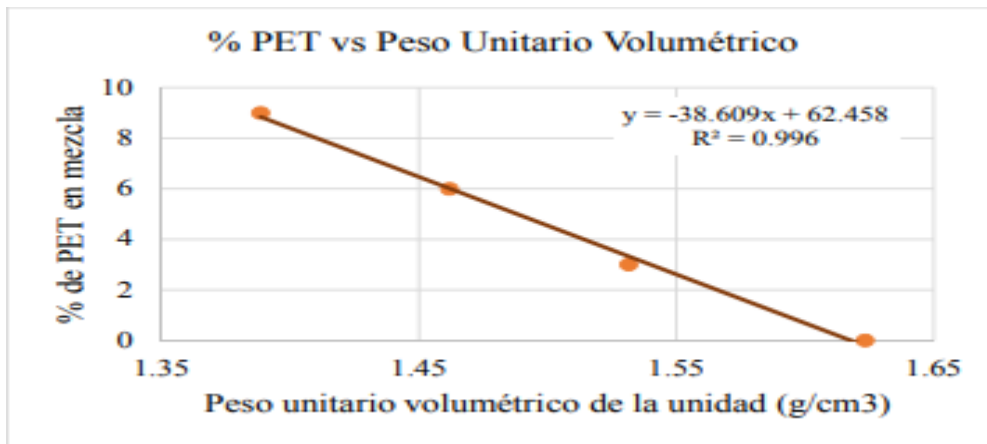


Figura 4. Diagrama % de PET en mezcla vs. Peso unitario volumétrico del ladrillo.

PESO

De los datos registrados en el ensayo de peso unitario volumétrico, se tiene los valores promedio del peso por cada tipo de ladrillo concreto - PET:

Tabla 8. Peso por cada tipo de ladrillo de concreto PET.

PESO DE LADRILLO DE CONCRETO CON PET RECICLADO				
TIPO LC PET -	0%	3%	6%	9%
Peso promedio	4081.25	3917.63	3752.25	3642.50
Desviación Estándar	64.35	36.27	45.86	35.01
Peso (g)	4016.90	3881.36	3706.39	3607.49
Coefficiente de Variación	1.58%	0.93%	1.22%	0.96%

El peso de la unidad es inversamente proporcional al porcentaje de hojuelas de PET incorporado en la mezcla, con una reducción máxima del 10.2% del peso para el porcentaje de 9% de PET en la mezcla. Todos estos pesos son superiores al peso de ladrillos de arcilla producidos oscilan entre 2800g. y 3400g.

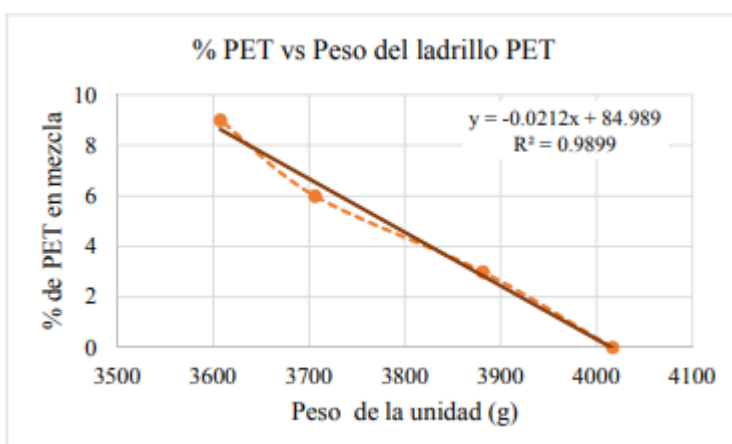


Figura 5. Diagrama % de PET en mezcla vs. Peso del ladrillo.

4.3.4. PORCENTAJE DE VACÍOS

Se determinó el porcentaje de vacíos de 16 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó el volumen de la unidad versus el volumen de vacíos que contienen 64 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°11. Los porcentajes de vacíos promedio por cada tipo obtenidos, son los siguientes:

Tabla 9.Porcentaje por cada tipo de ladrillo de concreto PET

PORCENTAJE DE VACÍOS	
Tipo	%
LC PET 0%	19.64
LC PET 3%	19.28
LC PET 6%	20.15
LC PET 9%	21.34

Como muestra la tabla, las unidades se pueden clasificar como sólidas o macizas, pues no superan el 30 % especificado en la norma E.070.

4.3.5. ALABEO

Se determinó el alabeo de 16 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó la concavidad y convexidad de 64 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°12.

El alabeo promedio por cada tipo obtenido, son los siguientes:

Tabla 10.Alabeo por cada tipo de ladrillo de concreto PET

ALABEO		
Tipo	(mm)	CLASE
LC PET 0%	1.47	V
LC PET 3%	1.72	V
LC PET 6%	2.06	IV
LC PET 9%	1.56	V

El alabeo, ya sea cóncavo o convexo, se presentó en la misma cara de asiento de las unidades lo que atribuye a la fabricación artesanal de los ladrillos. El alabeo es mínimo por lo que se puede clasificar como clase V y clase IV correspondientemente y en la construcción de la albañilería, los muros tendrán una junta uniforme (1 – 1.5 cm).

4.3.6. SUCCIÓN

Se determinó la succión de 8 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó los pesos antes y después del ensayo de succión de 32 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°13. La succión promedio por cada tipo obtenido, son:

Tabla 11. Succión por cada tipo de ladrillo de concreto PET.

SUCCIÓN	
Tipo	(gr/200cm ² -min)
LC PET 0%	6.50
LC PET 3%	10.38
LC PET 6%	11.87
LC PET 9%	18.92

En la norma E 070 se menciona que las unidades de albañilería que presenten una succión mayor a 20gr/200cm²-min deberán ser regados durante 30 min de 10 a 15 horas antes del asentado, vemos que los ladrillos no lo necesitaron pues presentaron una succión menor a la establecida en la norma.

4.3.7. ABSORCIÓN

Se determinó la absorción de 8 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó los pesos antes y después del ensayo de absorción de 32 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°14. La absorción promedio por cada tipo obtenido, son los siguientes:

Tabla 12. Absorción por cada tipo de ladrillo de concreto PET.

ABSORCIÓN	
Tipo	%
LC PET 0%	7.10
LC PET 3%	9.05
LC PET 6%	9.52
LC PET 9%	10.83

De la tabla, se infiere que todos los tipos cumplen con los requerimientos de la norma E.070, ya que ésta menciona que los ladrillos deben tener una absorción máxima de 12%. La baja absorción de las unidades indica que no necesitan ser regadas horas antes del asentado de la albañilería.

4.3.8. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

Se determinó la resistencia a la compresión de 8 unidades por cada tipo de ladrillo, para lo cual se analizó la carga máxima y el área de contacto de 32 ladrillos, como se muestra detalladamente en el Anexo N°15. La resistencia característica a compresión para cada tipo obtenida, son las siguientes:

Tabla 13. Resistencia a compresión por cada tipo de ladrillo de concreto PET.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN				
Tipo	fb (kg/cm2)	σ	f' b (kg/cm2)	CLASE
LC PET 0%	166.88	4.92	161.96	IV
LC PET 3%	136.44	9.36	127.08	III
LC PET 6%	124.45	5.66	118.80	III
LC PET 9%	118.03	7.56	110.46	III

La resistencia característica a compresión que ofrecen todos los tipos cumplen con los requisitos de la norma E.070; pero se observa una mayor resistencia de la unidad de albañilería que no contiene hojuelas de PET cuya clasificación es IV, mayor que las unidades que contienen PET, cuya clasificación es III y su resistencia tiene un comportamiento decreciente proporcional con la cantidad de PET incorporado en la mezcla.

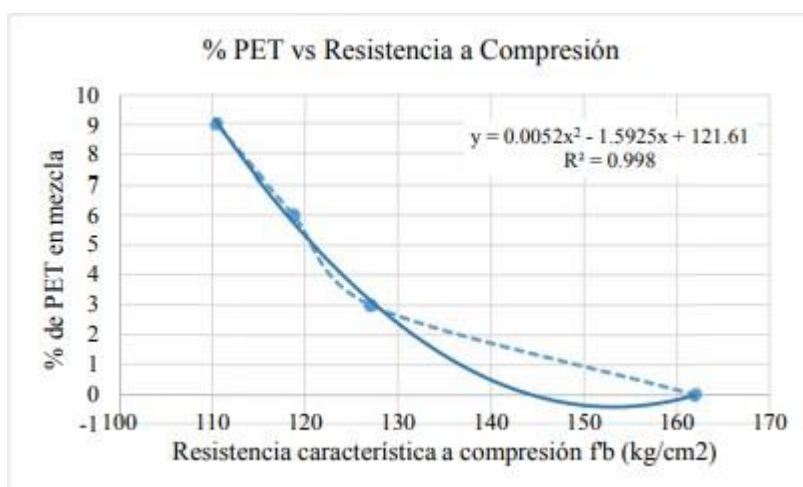


Figura 6. Diagrama % de PET en mezcla vs. Resistencia a compresión del ladrillo

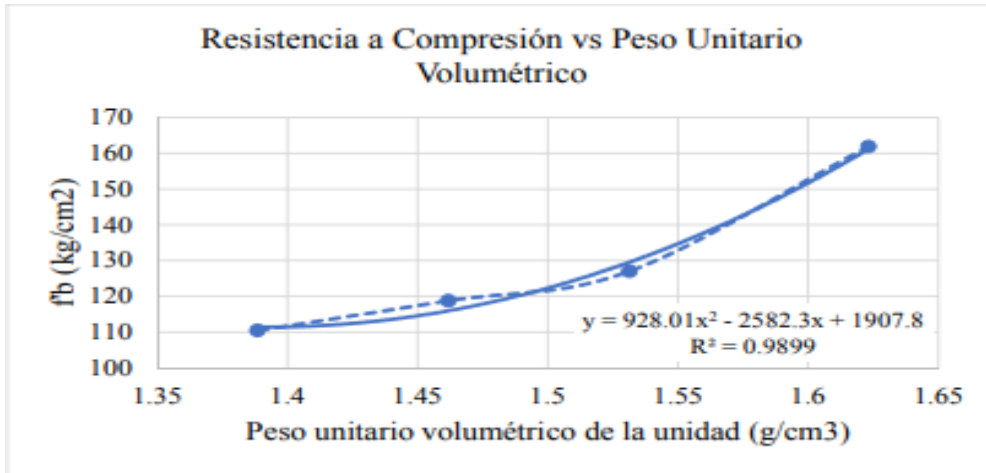


Figura 7. Diagrama Resistencia a compresión vs. Peso unitario volumétrico del ladrillo.

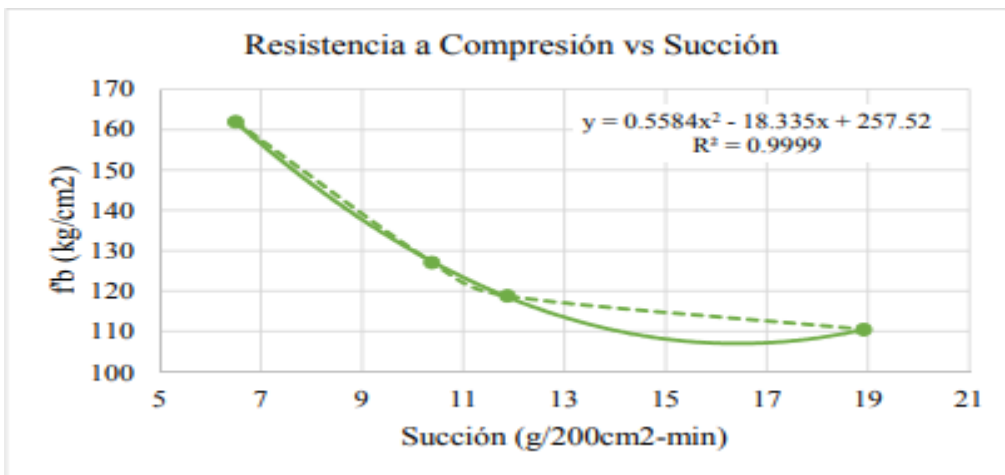


Figura 8. Diagrama Resistencia a compresión vs. Succión del ladrillo.

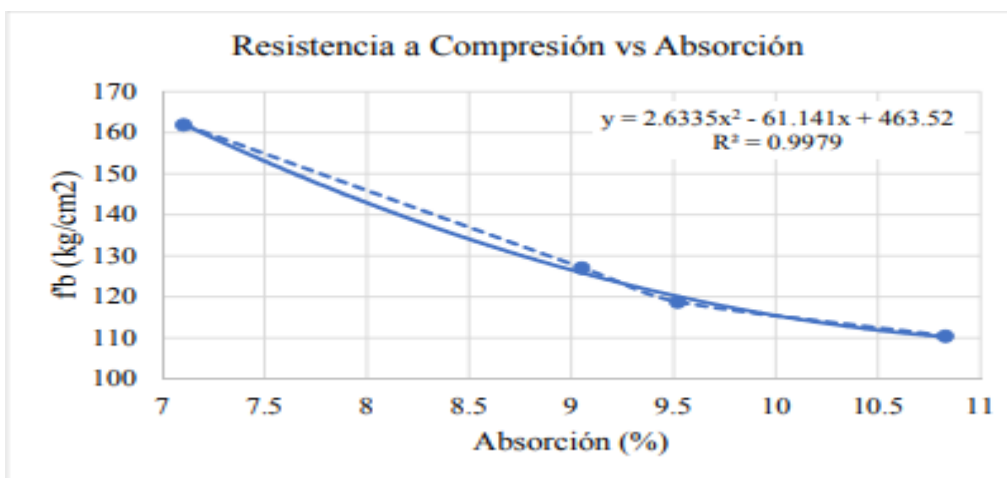


Figura 9. Diagrama Resistencia a compresión vs. Absorción del ladrillo.

4.3.9. CLASIFICACIÓN FINAL.

Tabla 14. Clasificación de los ladrillos PET de acuerdo a las principales propiedades

TIPO	CLASIFICACIÓN DE ACUERDO A :			CLASIFICACIÓN FINAL
	VARIACIÓN DIMENSIONAL	ALABEO	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN	
LC PET 0%	IV	V	IV	IV
LC PET 3%	V	V	III	III
LC PET 6%	IV	IV	III	III
LC PET 9%	V	V	III	III

De la tabla 27, se infiere que la inclusión de hojuelas de PET reciclado en la mezcla afecta principalmente la resistencia a compresión de los ladrillos de concreto vibrado, pasando de la clase IV a la clase III.

4.4. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL MORTERO

La resistencia característica a compresión del mortero tipo P2, con dosificación 1:4 (cemento: arena) es de 178.80 kg/cm² y cumple con los requisitos de la norma E.070.

Tabla 15. Resultado del ensayo de compresión del mortero

RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL MORTERO 1 : 4						
Especímen	Diámetro	Diámetro	Área (cm ²)	Carga Máxima (kg)	Resistencia	
	Sup. (cm)	Inf. (cm)			(kg/cm ²)	MPa
Mo-01	5.09	5.11	81.71	15000	183.57	18.00
Mo-02	5.06	5.09	80.91	17000	210.10	20.60
Mo-03	5.00	5.03	79.01	16500	208.83	20.48
Mo-04	5.10	5.09	81.55	14000	171.67	16.83
Mo-05	5.12	5.11	82.19	17500	212.91	20.88
Resistencia a compresión promedio (f _{mo})					197.42	19.36
Desviación estándar (σ)					18.61	1.83
Resistencia Característica a Compresión (f'_{mo})					178.80	17.53
Coeficiente variación					9.43%	9.43%

4.5. PRISMAS DE ALBAÑILERÍA

4.5.1. COMPRESIÓN AXIAL DE PILAS DE ALBAÑILERÍA

El ensayo se realizó en 03 pilas por cada tipo de ladrillo y se ensayó a los 28 días de edad.

Se analizó la carga de rotura, así como la esbeltez y el módulo de elasticidad de 12

pilas, como se muestra detalladamente en los Anexos N°16 y N°17. La resistencia característica a compresión axial de la albañilería para cada tipo obtenida, son las siguientes:

Tabla 16. Comparación de resistencia a la compresión axial de pilas de ladrillos PET

RESISTENCIA DE LA ALBAÑILERÍA A COMPRESIÓN AXIAL		
PILAS	f _m (kg/cm ²)	f _m (MPa)
PET 0%	128.55	12.61
PET 3%	100.83	9.89
PET 6%	79.79	7.82
PET 9%	76.75	7.53

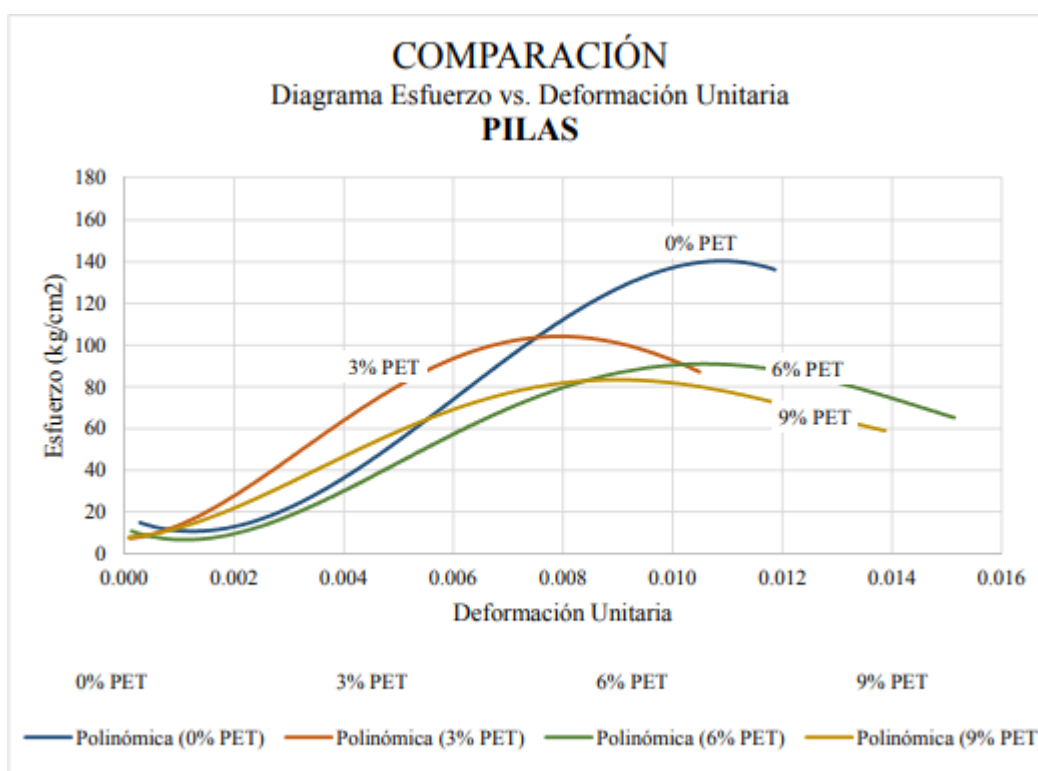


Figura 10. Diagrama esfuerzo vs. Deformación de las pilas de ladrillos.

De los ensayos se obtuvo la resistencia a compresión y la forma de falla de las pilas. Es necesario remarcar que la esbeltez fue la misma para todas las pilas.

La falla ideal de las pilas de albañilería es una grieta vertical que atraviesa a todas las unidades y al mortero, esta falla es producida por la tracción lateral. Por el contrario, una falla por trituración es indeseable, porque son fallas muy frágiles.

Las pilas con PET 0% y PET 3% presentaron una grieta vertical característica de una falla ideal. Las pilas con PET 6% y PET 9% presentaron una falla frágil, por aplastamiento. Una pila construida con ladrillos con PET al 9% se deslaminó después de la formación de las grietas. Y como se evidencia en la Figura 24,

diagrama de esfuerzo vs. deformación unitaria, las pilas con menor contenido de PET presentan una resistencia mayor con menores deformaciones, mientras que las pilas con mayor contenido de PET aceptan mayores deformaciones antes de ceder a la falla, que se consigue con menores esfuerzos.

Tabla 17. Comparación de módulos de elasticidad de pilas de ladrillos PET.

MÓDULO DE ELASTICIDAD (E'm)		
PILAS	E'm (kg/cm ²)	E'm (MPa)
PET 0%	14707.10	1442.27
PET 3%	12700.34	1245.48
PET 6%	11463.21	1124.16
PET 9%	13720.87	1345.56

De la tabla 30 se observa que las pilas de ladrillos de concreto PET tienen un mayor módulo de elasticidad cuando el porcentaje de PET en la unidad es mínimo (PET 0%), y tiene una relación directa con los valores de resistencia a compresión axial (f'm) además se atribuye el cambio de tendencia en las unidades de PET 9%, un aumento, a la poca precisión cuando se realizaron las lecturas de deformación.

4.5.2. CORTE EN MURETES DE ALBAÑILERÍA

El ensayo se realizó en 03 muretes por cada tipo de ladrillo y se ensayó a los 28 días de edad siguiendo el método establecido en la norma NTP 399.621: 2004. Se analizó la carga de rotura como el área bruta de 12 muretes, como se muestra detalladamente en los Anexos N°18 y N°19. La resistencia característica al corte de la albañilería para cada tipo obtenida, son las siguientes:

Tabla 18. Comparación de resistencia al corte de muretes de ladrillos PET

RESISTENCIA DE LA ALBAÑILERÍA A CORTE		
MURETES	V'm (kg/cm ²)	V'm (MPa)
PET 0%	16.47	1.62
PET 3%	12.83	1.26
PET 6%	13.17	1.29
PET 9%	9.96	0.98

La resistencia a corte que presentan todos los muretes ensayados supera a lo que establece la norma E.070, por lo que la unidad de albañilería puede emplearse en la construcción de muros portantes, y los valores de diseño no será mayor de 0.319', cuyos valores serán 3.62kg/cm², 3.20kg/cm², 2.85kg/cm² y 2.79kg/cm² para los ladrillos con porcentaje de PET de 0%, 3%, 6% y 9% respectivamente. Y se puede inferir de los ensayos que las perforaciones de los ladrillos dejaron pasar mayor cantidad de mortero, lo que aumentó la resistencia, evitando así la falla en la zona

de contacto mortero - cara de asiento de ladrillo.

La falla ideal de los muretes de albañilería es una grieta diagonal que atraviesa a todas las unidades, esta falla se presentó en todos los especímenes evidenciando una albañilería de comportamiento monolítico.

De la tabla 31 se puede notar que existe una disminución de la resistencia a corte de los muros de albañilería al incluir PET en la mezcla de producción de los ladrillos. Del diagrama esfuerzo vs. deformación unitaria (figura 25) se tiene que los muretes con menor contenido de PET presentan mayor deformación en el tramo elástico, pero alcanzan a resistir un esfuerzo final mayor, mientras que los muretes con mayor contenido de PET tienen una deformación menor pero linealmente creciente en el tramo elástico y plástico, llegando a fallar con un esfuerzo menor.

La tendencia inversa a la que se esperaba se puede atribuir las condiciones de toma de datos de deformaciones en el ensayo de corte.

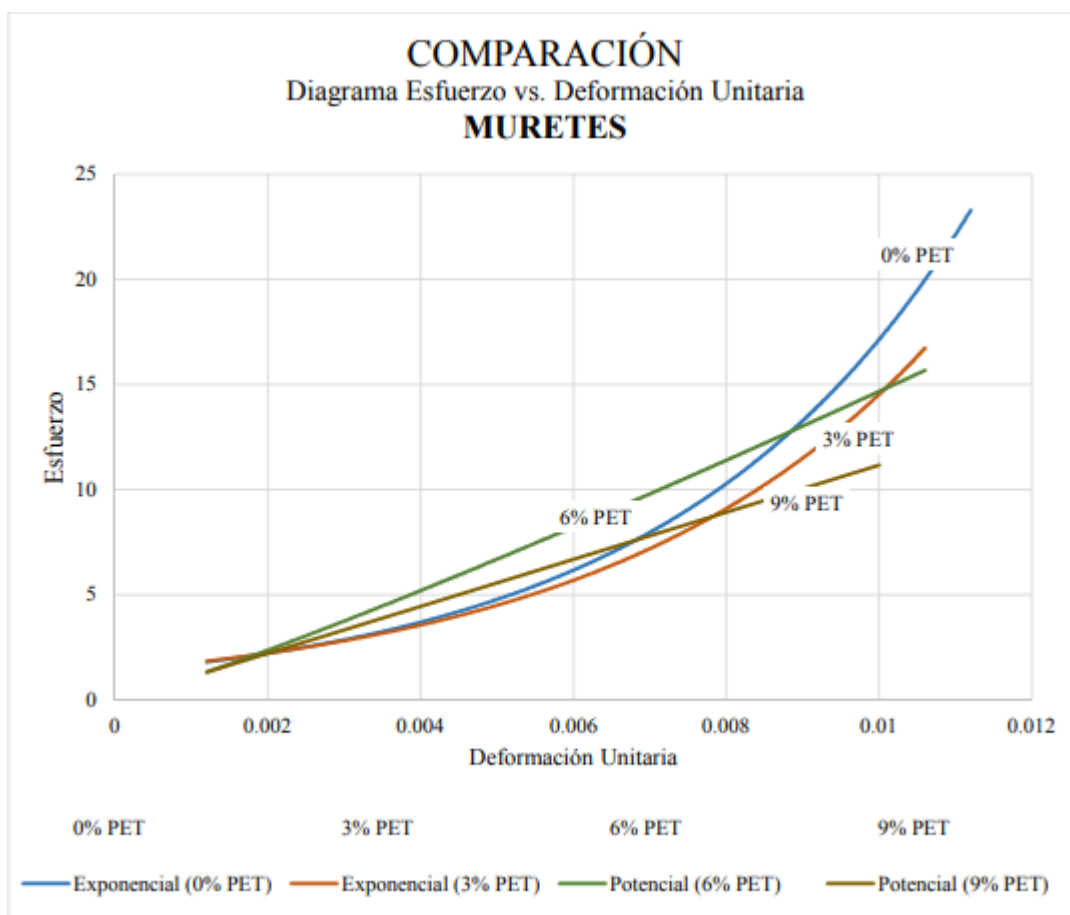


Figura 11. Diagrama esfuerzo vs. Deformación de los muretes de ladrillos.

V.DISCUCIÓN

De acuerdo con los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a compresión de las unidades de albañilería, resistencia a compresión axial de pilas, resistencia a corte de muretes de albañilería, todos los tipos de ladrillo de concreto vibrado con hojuelas de PET reciclado cumplen con los requerimientos de la norma E.070:2006, pero, para fines estructurales, se encasillan en diferentes clases de unidades de albañilería: el tipo de ladrillo de concreto con 0% de PET reciclado (LC PET 0%) es catalogado como Clase IV, a diferencia de los tipos de ladrillo de concreto con 3%, 6% y 9% de PET reciclado (LC PET 0%, LC PET 0%, LC PET 0%) que se catalogan como Clase III; por lo que la adición de hojuelas de PET reciclado producen que los ladrillos de concreto vibrado de alta resistencia y durabilidad pasen a ser ladrillos de mediana resistencia y durabilidad.

Entonces afirmamos que las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET reciclado no mejoran, aun así, cumplen con los requerimientos exigidos por la norma E.070:2006 - Albañilería.

VI.CONCLUSIONES

- Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) en lo que respecta a variación dimensional, contenido de humedad, porcentaje de vacíos y alabeo no varía sustancialmente comparado con el ladrillo patrón (0% PET), pues estas características están relacionadas con la geometría, proceso de fabricación y condiciones de almacenamiento de los ladrillos, que fueron los mismos para todos los tipos.
- Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) en lo que respecta a succión y absorción aumentan a medida que se incluye el PET en la mezcla, este comportamiento es atribuido a la geometría de las hojuelas de PET reciclado, pues no permiten un óptimo acomodo de las partículas del concreto, generando así mayores poros en éste.
- Las propiedades físicas de los tres tipos de ladrillo de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) en lo que respecta a el peso unitario volumétrico disminuye un máximo de 14% comparado con el ladrillo patrón (0% PET), debido a que el peso específico de los agregados reemplazados es mayor al peso específico del PET reemplazante.
- La resistencia a compresión de los tres tipos de ladrillo de concreto - PET son $f'b = 127.08$ kg/cm², $f'b = 118.80$ y $f'b = 110.46$ kg/cm² para porcentajes de 3%, 6% y 9%, y presentan una disminución máxima de la resistencia a compresión de 51.5kg/cm² o 31.8%, respecto del ladrillo patrón (0% PET) $f'b = 161.96$ kg/cm². Clasificando al ladrillo patrón (0% PET) como unidad de albañilería Clase IV y a los ladrillos de concreto - PET (3%, 6%, 9% PET) como unidad de albañilería Clase III.
- Las pilas de ladrillo de concreto vibrado proporcionaron la resistencia a compresión axial característica de $f'm = 100.83$ kg/cm², $f'm = 79.79$ kg/cm² y $f'm = 76.75$ kg/cm² para porcentajes de 3%, 6% y 9%, habiendo una disminución máxima de 51.8kg/cm² o 40.3%, respecto de la mezcla patrón (0% PET) $f'm = 128.55$ kg/cm². y cumplen con los valores referenciales de la norma E.070:2006.
- Los muretes de ladrillo de concreto vibrado proporcionaron la resistencia característica a corte de $V'm = 12.83$ kg/cm², $V'm = 13.17$ kg/cm² y $V'm = 9.96$ kg/cm² para porcentajes de 3%, 6% y 9%, habiendo una disminución máxima de 6.51kg/cm² o 39.5%, respecto de la mezcla patrón (0% PET) $V'm = 16.47$ kg/cm², cumpliendo los valores referenciales superando los valores de diseño estructural estipulados en la norma E.070:2006.

- El mortero tuvo una proporción en pesos secos de 1:4.01 / 23 lt/bolsa y una resistencia a compresión 178.80 kg/cm², similar a la resistencia de los ladrillos, lo que le proporcionó un comportamiento idealmente monolítico a la albañilería. El mortero clasificó como mortero P2.
- Los tres tipos de ladrillos de concreto – PET (3%, 6%, 9% PET) según sus propiedades se clasifican como ladrillos Clase III y el ladrillo patrón (0% PET) se clasifica como ladrillo Clase IV, todos pudiendo ser utilizados estructuralmente.

VII.RECOMENDACIONES

- Se recomienda que en futuras investigaciones se experimente con la óptima dosificación de agregados para producir elementos constructivos de concreto vibrado y vibro compactado.
- Se recomienda que en investigaciones especializadas se determine las propiedades térmicas y acústicas de la albañilería de unidades con PET reciclado.
- Se recomienda que en investigaciones futuras se experimente el efecto de la vibración en la resistencia del concreto, evaluando diferentes tiempos, frecuencias y amplitudes de movimiento.

REFERENCIAS

Aliaga (2017), respecto al estudio del PET reciclable, en fabricación de ladrillos, busco evaluar en qué medida éste, permitirá la elaboración siendo material mezclado en la producción.

Angumba, Pedro (2016), hace mención que: “en diversos países, consideran un insumo asequible y propicio, lo cual constituye una alternativa importante para los procesos constructivos” (p. 2).

Angumba, 2016, citado en Echevarría, Evelyn, (2017), se tiene que:

Este material tiene la particularidad de ser altamente resistente en lo referente a su densidad, aislamiento térmico y eléctrico.

Arrieta y Peñaherrera 2001). Esto demuestra la voluntad de aprovechar un material que se tiene disponible para el uso en procesos constructivos...

Angumba (2016), en su estudio sobre ladrillos elaborados con plástico reciclados su objetivo fue fabricar dichos materiales, para muros no portantes para construcciones.

Atinco, Wiener, Araya and González (2017). Eco-bricks: a sustainable substitute for construction material. Los ladrillos ecológicos, las botellas de tereftalato de polietileno (PET) llenas de desechos inorgánicos mixtos.

Barrionuevo y Espinoza, (2005). En los trabajos previos se tienen evidencias de investigaciones relacionadas con la presente investigación ya que el confort térmico en el contexto bioclimático actual no ha sido una preocupación que haya marcado una ruta de acción en el Perú en los 10 o 20 últimos años. Se ha acentuado realidades climáticas de frío extremo que han llamado la atención y han merecido enfoques técnicos de importancia.

Bernal, 2010, p. 192).“Según el estudio que se realizará se considera la técnica, con fines de obtener datos para efectuar el trabajo

Çengel y Ghajar (2011) establecen que la conducción de calor o transmisión de calor por conducción es un proceso basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia.

Chhazed, Makwana, Chavda³ and Navlakhe (2019), en su estudio Utilization of PET Waste in Plastic Bricks, Flexible Pavement & as Alternative Constructional Material - A review. El plástico tiene muchas ventajas, pero también tiene muchos problemas.

Chicaiza y Gonzales (2017), en su estudio “Análisis de los desechos de botellas plásticas de los habitantes de bastión popular de Guayaquil”, buscó examinar los desechos de envases plásticos en los pobladores de Bastión Popular exteriorizando en el propósito los conocimientos básicos que existen actualmente respecto al reciclaje y clasificación de las botellas plásticas.

Echevarría, Evelyn, 2017, p.8).El Plástico PET, “Es un material macromolecular conformada por hidrocarburos y otros de origen orgánico. Su característica principal es que se puede reciclar, cuyo uso data de 1955 en fabricación de botellas”

Echevarría, Evelyn (2017), se tiene que: Este material contiene cemento, agregados pétreos, arena o solo es de plástico. Generalmente son hechos con los reciclados. Su peso específico es menor que los convencionales (p. 15).

Echevarría (2017), en su estudio de ladrillos de concreto con plástico PET reciclado, su fin fue precisar las propiedades del ladrillo de concreto con plástico PET reciclado.

Erazo (2017), precisó que: La conductividad térmica es la cantidad de calor que en condiciones estacionarias pasa en una unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de material homogéneo de extensión finita, de caras planas y paralelas y espesor unitario, cuando se establece una diferencia de temperatura unitaria entre sus caras. (p. 7).

Flores (2018), en su investigación relacionada con la producción de ladrillos con plástico reciclado se buscó fijar la masa, uniformidad dimensional, resistencia a la compresión. En el estudio se consideró la Muestra 1 y Muestra 2, para luego de fabricarlos se hizo los ensayos con fines de saber la resistencia a la compresión. Se concluye considerando 70% PET y 30%PEAD más un aditivo, concluyendo que las cantidades asignadas tiene que ver con los aspectos físicos y mecánicos del material fabricado.

Gamboa (2015), en su estudio diseño de ladrillo tipo PET, considero indispensable ofrecer a la comunidad opciones de construcción a través del reciclaje de materiales contribuyendo con el cuidado ecológico.

Hernández et al. (2014),“En este caso se define como una parte de población. Generalmente se considera este grupo como objetivo evaluativo pero que no pierda la esencia del total de elementos que lo integran” (p. 175).

Hernández (2014) “El nivel de investigación explicativa es la que pretende explicar la causa efecto entre dos o más variables” (p. 72).

Hernández et al. (2014, p.149) manifiesta “de tipo experimental de corte transversal en la que se precisa de evaluaciones de resultados comparativamente en un momento dado” (p.149).

Hernández et al. 2014, p. 199).“En este caso nos permite tener un reporte de información que nos es útil para consolidar el estudio”

Levin & Rubin, 2004, p. 10). “En este caso lo conforman todos los elementos que son sujetos de estudio, mediante los cuales se obtendrán resultados. Es preciso definir bien quienes conforman este grupo a ser evaluado.

Luis et al. (2008, citado en Echevarría, Evelyn, 2017), consideraron que:El PET se fabrica de petróleo crudo, gas y aire. Conforman 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. (p.8).

Maldonado, Corvalan, Cohenca and Monteiro (2018), en su estudio Setting time of ecological bricks with different percentage.

Maure, Candanedo, Madrid, Bolobosky y Marín (2018), con el fin de producir ladrillos con polímeros PET, utiliza como insumo el PET. En este caso lo que se produjo sirvió para verificar la resistencia mecánica a la compresión, a diferencia de los fabricados de manera tradicional.

Muñoz and Trotta (2015), en su estudio Design of a Brick With Sound Absorption Properties Based on Plastic Waste & Sawdust

Peña, G y Rodríguez, J. (2015), establece que es una propiedad intrínseca de los materiales que determina la velocidad a la que el calor se transmite en el material, también mencionaron que el calor fluye de un cuerpo de mayor temperatura a otro con menos temperatura.

Peña, G y Rodríguez, J. (2014), mencionaron que el calor fluye de un cuerpo de mayor temperatura a otro con menos temperatura.

Piñeros (2018), en su investigación sobre producción de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), tuvo como fin realizar un análisis técnico y financiero en la implementación de bloques con polímeros de plástico reciclado aplicado en construcción de vivienda para centros urbanos de Colombia.

Quevedo (2017), respecto a las unidades de albañilería con adiciones de plástico PET buscó precisar las particularidades técnicas y económicas en casas ecológicas.

Rojas y Rueda (2018) en su estudio referido al Análisis del comportamiento mecánico de ladrillos estructurales utilizando el polipropileno de materias plásticas reciclables, en el que buscó analizar el comportamiento mecánico en ladrillos usando material reciclado para su fabricación.

Uehara, França, Canevarolo and Vicente (2015), en su estudio Recycling assessment of multilayer flexible packaging films using design of experiments polymers.

Valderrama (2015) indica: “el estudio tipo aplicada pone en práctica aspectos teóricos habidos con fines de estabilizar situaciones existentes” (p. 39).

Valles (2016), en su estudio asociado al uso de plástico reciclado, su objetivo es la elaboración del ladrillo ecológico, con un tipo de investigación experimental. Es favorable por la obtención de un ladrillo sin consumo excesivo de agua.

Zavala, 2015, p. 7). Por su parte Herrera, Rafael (2018), manifiesta que: La construcción sin lugar a dudas es uno de los grandes causantes del deterioro del medio ambiente, por lo que nuestra preocupación, esta direccionada a cómo podríamos influir y establecer mejores condiciones vivenciales. (p.2).

Zúñiga (2015), en su estudio del polietileno (PET) para hacer mortero de ladrillos y concreto”, buscó la elaboración de mortero para ladrillos agregando el polietileno PET. La tesis es descriptiva y se realizó ensayos de resistencia incluyendo PET reciclado en morteros y concretos, llegando a reemplazar un 15% de agregados finos por PET

ANEXOS

Tabla 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

	PROBLEMAS	HIPOTESIS	OBJETIVOS	METODOLOGÍA
PRINCIPAL	¿De qué manera el diseño de ladrillo con plástico PET disminuye la conductividad térmica en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020?	El diseño de ladrillo con plástico PET disminuye la conductividad térmica en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020.	Determinar la medida en que el diseño de ladrillo con plástico PET disminuye la conductividad térmica en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020.	<p>1) Tipo de investigación</p> <p>Consideramos que es del tipo aplicada, pues se quiere diseñar el ladrillo con fines a solucionar un problema y poder disminuir la conductividad térmica de este. Con un enfoque Cuantitativo pues los resultados pueden ser medidos y replicados.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	¿De qué manera el diseño de ladrillo con plástico PET mejora la resistencia térmica en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020?	El diseño de ladrillo con plástico PET mejora la resistencia térmica en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020	Determinar la medida en que el diseño de ladrillo con plástico PET mejora la resistencia térmica en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020	<p>2) Nivel de investigación</p> <p>El nivel es explicativo, pues mostrado los resultados de las pruebas se evidencia los efectos que este tiene sobre la conductividad térmica</p>
				<p>3) Diseño</p> <p>El diseño es del tipo experimental, ya que se manipulará los porcentajes DE PET en rangos de 10, 15, 20 y 25%, con el fin de evaluar los resultados en la variable dependiente, en este caso la conductividad térmica</p>
	¿De qué manera el diseño de ladrillo con plástico PET mejora a controlar la humedad en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020?	El diseño de ladrillo con plástico PET mejora a controlar la humedad en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020	Determinar la medida en que el diseño de ladrillo con plástico PET mejora a controlar la humedad en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020	<p>3) Población</p> <p>En este estudio está constituido por los ladrillos de uso estructural con porcentajes de PET reciclado de 10,15,20 y 25 %</p>
<p>4) Muestra</p> <p>se dispondrá de 60 especímenes de ladrillos, los cuales serán elaborados adicionando diferentes porcentajes de PET reciclado, fluctuantes en 10, 15, 20 y 25%</p>				
¿De qué manera el diseño de ladrillo con plástico PET influye en la resistencia a la compresión en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020?	El diseño de ladrillo con plástico PET influye en la resistencia a la compresión en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020	Determinar la medida en que el diseño de ladrillo con plástico PET influye en la resistencia a la compresión en muros exteriores de las viviendas de Ciudad de Gosen-V.M.T 2020	<p>5) Técnicas</p> <p>Se toma en cuenta la observación en campo siendo los ensayos los que serán evaluados, considerando las mediciones obtenidas.</p>	
			<p>6) Instrumentos</p> <p>Al respecto se usará las fichas de recolección de datos en las cuales se registrarán los logros obtenidos en ensayos considerando la conductividad térmica.</p>	

FUENTE: Elaboración propia.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	UNIDADES
VARIABLES Independiente: Ladrillos incorporando plástico PET.	Este material contiene cemento, agregados pétreos, arena y plástico reciclados PET. Su peso específico es menor que los convencionales (p. 15). Según Echevarría, Evelyn (2017) La resistencia mecánica a la compresión señala la buena calidad para todos los fines estructurales y de exposición (p.204) Gallegos Casabonne (2005)	Se escogerá materiales adecuados los cuales serán sometidos a un análisis granulométrico para luego elaborar especímenes de ladrillos cuyas medidas serán 24x13x9 cm. Aquí se manipularán los porcentajes de PET entre 10,15,20 y 25%, para luego hacerles los respectivos ensayos de resistencia a la compresión para certificar su función portante de cargas, según NTP 399.613.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	Intervalo	(kg/cm ²)
				Medidas: longitud, ancho y altura	Razón	(cm)
				Absorción	Intervalo	(%)
Variable Dependientes: Conductividad térmica	Es una propiedad intrínseca de los materiales que determina la velocidad a la que el calor se transmite en el material, también mencionaron que el calor fluye de un cuerpo de mayor temperatura a otro con menos temperatura. Peña, G y Rodríguez, J. (2014),	La conductividad térmica del material se determinará mediante ensayos en laboratorio para lo cual se facilitará los especímenes necesarios, una vez definida ésta, se procede a calcular la resistencia térmica mediante la aplicación de una fórmula que se establece en la definición: $R_t = \frac{\Delta T}{q} = \frac{L}{kA}$ También manipularemos un experimento para definir una función de Temperatura Vs tiempo con los diferentes especímenes y por último un ensayo de absorción según norma para determinar el paso de humedad.	Propiedades Térmicas	Resistencia térmica	Intervalo	(W/m ² K)
				Temperatura	Intervalo	(°C)
				Conductividad térmica.	Intervalo	(W/m ² K)

Tabla N° 44. Diez primeras causas específicas de morbilidad proporcional en niños, distrito Villa María del Triunfo, 2014 - 2016

Morbilidad proporcional en consulta externa (12/110 OPS)	2014		2016		Crecimiento (%)
	Casos	%	Casos	%	
Infecciones de vías respiratorias agudas	34 826	38,1	38 340	36,5	10,1
Caries dental	11 459	12,5	13 866	13,2	21,0
Enfermedades infecciosas intestinales	4 517	4,9	4 985	4,7	10,4
Otras enfermedades mentales y del comportamiento	1 946	2,1	3 879	3,7	99,3
Desnutrición y deficiencias nutricionales	1 338	1,5	3 255	3,1	143,3
Trastornos emocionales y del comportamiento que aparecen en la niñez y en la adolescencia	1 548	1,7	3 168	3,0	104,7
Enfermedades de la pulpa y de los tejidos peri apicales	2 530	2,8	2 941	2,8	16,2
Dermatitis	2 215	2,4	2 394	2,3	8,1
Helminiasis	1 948	2,1	2 240	2,1	15,0
Anemias nutricionales	2 078	2,3	2 125	2,0	2,3
Otras causas	27 040	29,6	27 933	26,6	3,3
Total	91 445	100,0	105 126	100,0	

Fuente: HIS-OGEI-MINSA

Tabla N° 46. Diez primeras causas específicas de morbilidad proporcional en adolescentes, distrito Villa María del Triunfo, 2014 y 2016

Morbilidad proporcional en consulta externa (12/110 OPS)	2014		2016		Crecimiento (%)
	Casos	%	Casos	%	
Caries dental	3 077	18,4	3 540	16,4	15,0
Infecciones de vías respiratorias agudas	2 740	16,4	3 147	14,5	14,9
Gingivitis y enfermedades periodontales	862	5,1	1 092	5,0	26,7
Trastornos emocionales y del comportamiento que aparecen en la niñez y en la adolescencia	439	2,6	999	4,6	127,6
Otras enfermedades mentales y del comportamiento	328	2,0	910	4,2	177,4
Desnutrición y deficiencias nutricionales	162	1,0	799	3,7	393,2
Enfermedades de la pulpa y de los tejidos peri apicales	536	3,2	651	3,0	21,5
Obesidad y otros tipos de hiperalimentación	397	2,4	525	2,4	32,2
Trastornos de ansiedad	297	1,8	491	2,3	65,3
Trastornos de la acomodación y de la refracción	397	2,4	456	2,1	14,9
Otras causas	7 506	44,7	9 019	41,8	20,2
Total	16 741	100,0	21 629	100,0	

Fuente: HIS-OGEI-MINSA

Tabla N° 48. Diez primeras causas específicas de morbilidad proporcional en adultos, distrito Villa María del Triunfo, 2014 y 2016

Morbilidad proporcional en consulta externa (12/110 OPS)	2014		2016		Crecimiento (%)
	Casos	%	Casos	%	
Infecciones de vías respiratorias agudas	7 680	10,2	8 373	8,4	9,0
Caries dental	6 078	8,1	7 637	7,7	25,6
Lumbago y otras dorsalgias	3 404	4,5	4 156	4,2	22,1
Gastritis y duodenitis	2 976	4,0	3 548	3,6	19,2
Infección de vías urinarias	2 528	3,4	3 117	3,1	23,3
Obesidad y otros tipos de hiperalimentación	1 159	1,5	3 041	3,1	162,4
Gingivitis y enfermedades periodontales	1 828	2,4	2 954	3,0	61,6
Otras enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conjuntivo	1 966	2,6	2 929	2,9	49,0
Enfermedades de la pulpa y de los tejidos peri apicales	2 724	3,6	2 834	2,9	4,0
Otras enfermedades de los órganos genitales femeninos	1 624	2,2	2 378	2,4	46,4
Otras causas	43 287	57,5	58 341	58,7	34,8
Total	75 254	100,0	99 308	100,0	

Fuente: HIS-OGEI-MINSA

Tabla N° 49. Diez primeras causas específicas de morbilidad proporcional en adultos mayores, distrito Villa María del Triunfo, 2014 y 2016

Morbilidad proporcional en consulta externa (12/110 OPS)	2014		2016		Crecimiento (%)
	Casos	%	Casos	%	
Infecciones de vías respiratorias agudas	3 695	8,0	4 421	7,4	19,6
Hipertensión esencial	1 999	4,3	3 094	5,2	55,0
Artrosis	1 905	4,1	2 654	4,4	39,3
Lumbago y otras dorsalgias	1 777	3,8	2 584	4,3	45,4
Trastornos de la acomodación y de la refracción	1 992	4,3	2 510	4,2	26,0
Caries dental	1 457	3,2	2 183	3,6	49,8
Otras enfermedades del sistema osteomuscular y del tejido conjuntivo	1 821	3,9	2 033	3,4	11,6
Diabetes mellitus	1 306	2,8	1 970	3,3	50,8
Otras enfermedades del ojo y sus anexos	1 212	2,6	1 947	3,2	60,6
Catarata	873	1,9	1 901	3,2	117,7
Otras causas	28 153	61,1	34 698	57,8	23,2
Total	46190	100,0	59 995	100,0	

Fuente: HIS-OGEI-MINSA

Tabla N° 56. Principales causas de mortalidad infantil por causas específicas, distrito Villa María del Triunfo 2013 al 2016

Mortalidad infantil	Casos	%	% Acum.
Neumonía, organismo no especificado	22	19,1	19,1
Otras malformaciones congénitas del corazón	9	7,8	26,9
Otras malformaciones congénitas del encéfalo	8	7,0	33,9
Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso	7	6,1	40,0
Cardiomiopatía	6	5,2	45,2
Obstrucción no especificada de la respiración	6	5,2	50,4
Ileo paralítico y obstrucción intestinal sin hernia	4	3,5	53,9
Edema pulmonar	3	2,6	56,5
Malformaciones congénitas de la válvulas pulmonar y tricúspide	3	2,6	59,1
Malformaciones congénitas de los tabiques cardíacos	3	2,6	61,7
Desnutrición proteico calórica severa, no especificada	3	2,6	64,3
Otras sepsis	3	2,6	66,9
Otros síndromes de malformaciones congénitas especificados que afectan múltiples sistemas	3	2,6	69,5
Demás causas	35	30,5	100,0

Tabla N° 58. Principales enfermedades, desde la Perspectiva de los Actores Sociales del distrito de Villa María del Triunfo

Enfermedades	A quiénes afecta	Causas	Cita representativa
1. Enfermedades respiratorias	A todos en especial a niños y ancianos	Las bajas temperaturas climáticas y alta concentración de humedad Viviendas inadecuadas Mala alimentación	"En mi comunidad en el invierno hace mucho frío, se forma bastante neblina, llueve mucho y pasa los techos pues hay casas que son de madera triplay u otros materiales que usan para tapar, casi siempre los niños y los ancianitos paran enfermos de los bronquios, fiebre, amígdalas y tos Hay bastante pobreza la gente se alimenta mal y no tiene ropa para abrigarse y lo poco que tiene no seca" (presidenta de asociación de promotores)
2. Daños no transmisibles	Adultos y adultos mayores	Mala alimentación Obesidad	"buen número de mis vecinos incluso yo sufro de hipertensión, diabetes y

PANEL FOTOGRAFICO



Preparación de los agregados



Tamizes y balanzas para el estudio granulometrico



Recipiente metálico: vacío, con agua, con agregado (confitillo).



Recipiente vacío, con hojuelas de PET y con hojuelas de PET más agua



Fabricación de ladrillos con las mezclas de prueba



Reposo y curado de los ladrillos de prueba.



Mezclado de los agregados



Ensayo de la compresión axial de pilas de ladrillo de concreto