



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

## **ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO**

MATERIAL ECOLÓGICO PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS EN LA CONSTRUCCIÓN  
DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN EL DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR-

AÑO 2018

**Línea de investigación:**  
**Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio**

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Gerencia de la Construcción Moderna

### **Autor**

Benavente Ramírez, Alcides Asterio

### **Asesor**

Chavarry Vallejos, Carlos Magno  
(ORCID: 0000-0003-0512-8954)

### **Jurado**

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Ramos Flores, Miguel Ángel

Bedia Guillen, Ciro Sergio

Lima – Perú

2022

## **DEDICATORIA**

A mi padre y mi madre por su estímulo

## ÍNDICE

RESUMEN .....	- 6 -
ABSTRACT.....	- 7 -
I. INTRODUCCIÓN.....	- 8 -
1.1 Planteamiento del problema.....	- 9 -
1.2 Descripción del problema .....	- 10 -
1.3 Formulación del problema .....	- 12 -
1.3.1. Problema General.....	- 12 -
1.3.2. Problemas Específicos .....	- 13 -
1.4 Antecedentes .....	- 13 -
1.5 Justificación de la Investigación .....	- 15 -
1.6 Limitaciones de la Investigación .....	- 15 -
1.7 Objetivos.....	- 16 -
1.7.1. Objetivo General.....	- 16 -
1.7.2. Objetivos Específicos.....	- 16 -
1.8 Hipótesis .....	- 16 -
1.8.1. Hipótesis General.....	- 16 -
1.8.2. Hipótesis Específicos .....	- 17 -
II. MARCO TEÓRICO.....	- 18 -
1.1 Marco Conceptual.....	- 27 -
III. MÉTODO .....	- 43 -
3.1 Tipo de Investigación.....	- 43 -

3.2	Población y Muestra .....	- 43 -
3.3	Operacionalización de las Variables.....	- 43 -
3.4	Instrumentos.....	- 43 -
3.5	Procedimientos.....	- 44 -
3.6	Análisis de Datos .....	- 44 -
IV.	RESULTADOS .....	- 45 -
4.1.	Contrastación de hipótesis.....	- 45 -
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	- 50 -
VI.	CONCLUSIONES.....	- 51 -
VII.	RECOMENDACIONES .....	- 52 -
VIII.	REFERENCIAS.....	- 53 -
IX.	ANEXOS .....	- 58 -
	Anexo A. Matriz de Consistencia .....	- 58 -

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b>	Cuadro comparativo de costos.....	46
<b>Tabla 2</b>	Cuadro de ensayo de compresión simple.....	47
<b>Tabla 3</b>	Resultados de pruebas de resistencia.....	48

## RESUMEN

Hoy en día uno de los problemas que aqueja a la sociedad es la contaminación ambiental y las botellas PET han contribuido a dicha contaminación, ya que se han vuelto indispensables en nuestra vida cotidiana. El reciclaje de las botellas PET y reutilizarlas como ecoladrillos, es una manera de aprovechar sus ventajas de resistencia en un sistema de construcción alternativo en muros de una vivienda económica, para los pobladores del Distrito de Villa El Salvador AA.HH. Lomo de Corvina; en el cual se da la oportunidad de mejorar su calidad de vida y su costo en promedio 36.55 % más barato que las casas convencionales, con ladrillo kk industrial. De acuerdo a la investigación realizada, se ha comprobado en el laboratorio de mecánica de suelos, que la resistencia de las botellas PET (reellenas con arena de la zona), tienen más resistencia al ser sometido al ensayo de comprensión simple; que el ladrillo kk industrial (tipo IV). Al utilizar los eco ladrillos en la construcción de viviendas reduciremos el impacto ambiental que producen las ladrilleras artesanales que causan un deterioro en la capa de ozono, debido al tipo de combustible que utilizan para la cocción de los ladrillos, que al ser quemados a altas temperaturas emiten gran cantidad de gases a la atmósfera como: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas sólidas. Además, la producción del ladrillo implica el consumo de cantidades representativas de energía, lo que a su vez contribuye al deterioro de los materiales renovables, por lo cual se busca que el nuevo material usado en las edificaciones tenga un bajo impacto ambiental y contribuyan a reducir el calentamiento global.

*Palabras Claves:* material ecológico, optimizar costos, edificación de viviendas, contaminación ambiental.

## ABSTRACT

Today one of the problems that afflicts society is environmental pollution and PET bottles have contributed to this pollution, since they have become indispensable in our current daily life. The recycling of PET bottles and reuse them as eco-bricks, is a way to take advantage of their resistance in an alternative construction system in walls of a cheap house, for the villagers of the Villa El Salvador District AA.HH. Loin of Corvina; which gives the opportunity to improve their quality of life and its cost on average is 30.42% cheaper than conventional houses, with industrial kk ladrillo. According to the research carried out, it has been verified in the soil mechanics laboratory that the resistance of the PET bottles (filled with sand from the area), have more resistance when subjected to the simple comprehension test; than the industrial kk brick (type IV). By using the eco bricks in the construction of houses, we will reduce the environmental impact caused by artisanal brick kilns that cause a deterioration in the ozone layer, due to the type of fuel they use for the firing of the bricks, which when burned high temperatures emit large amounts of gases into the atmosphere, such as carbon monoxide, nitrogen oxides, sulfur dioxide and solid particles. In addition, brick production involves the consumption of representative amounts of energy, which in turn contributes to the deterioration of renewable materials, which is why the new material used in buildings is expected to have a low environmental impact and contribute to reduce global warming.

*Key words:* ecological material, optimize costs, housing construction, environmental contamination.

## I. INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de investigación pretende de una forma práctica e informativa, que la botella PET reciclada se ha utilizada en mampostería de ladrillo de PET como una alternativa en la edificación de viviendas ecológicas y así optimizar los costos y aprovechar las ventajas técnicas que tienen las botellas PET en una construcción de una vivienda auto sostenible.

Es importante incentivar a los pobladores de Lomo de Corvina -Distrito Villa el Salvador, para la adopción permanente y necesaria sobre la importancia del reciclaje y la reutilización de productos desechables renovables como es el caso de las botellas PET y utilizarlo como eco ladrillo como material alternativo para la construcción de muros para viviendas. En otras palabras, la reutilización de las botellas PET en la edificación de viviendas para las familias de bajos recursos económicos, les dará la oportunidad de mejorar su calidad de vida y su costo en promedio, es más barato que las casas convencionales.

En consecuencia, de esta problemática se ha incentivado utilizar un sistema constructivo alternativo, como el uso de las botellas PET en la construcción de paredes, recomendándose su colocación en forma horizontal respecto al suelo traslapado una sobre otra y con la boquilla hacia el lado interior de la vivienda, relleno los espacios con mezcla de arena y cemento; representando un bajo costo en comparación de una construcción tradicional. Además, dichos pobladores no pueden construir sus viviendas por los altos costos de los materiales de construcción. En algunos países como México, Bolivia, Guatemala han optado por una construcción ecológica.

Esta es una de las razones que motivó a realizar este trabajo para, que cada vez sean más las personas que contribuyan y tomen conciencia de la construcción

sostenible, la cual reduciría los costos en una edificación en poblaciones de bajos recursos económicos y se reduciría la contaminación que originan las botellas PET, la cual se ha incrementado en los últimos años , así como la disminución de los recursos renovables, ya que ciertos materiales de construcción son más contaminantes que otros.

## **1.1 Planteamiento del problema**

La vivienda como activo de todo grupo familiar, se ha convertido en una necesidad de carácter básico, ya que una vivienda adecuada influye directamente sobre la calidad de vida de las personas, entendiéndose a ésta como la satisfacción de las necesidades básicas (salud, educación, acceso a servicios, etc.). Así una vivienda adecuada, disminuye el riesgo de enfermedades, contribuye a mejorar los estándares de la vida del grupo familiar.

La población urbana del Perú continúa creciendo y ante la falta de acceso a los créditos hipotecarios, los medios que han utilizado las familias pobres para obtener una vivienda han sido las invasiones de tierras y la autoconstrucción de viviendas con materiales de baja calidad. Ello ha provocado que una gran parte de la población no cuente con una vivienda apropiada.

Frente a este contexto, se dio a conocer a los pobladores sobre la edificación de casas auto sostenible utilizando las botellas PET recicladas rellenas con arena de la zona para los muros, ya que las propiedades mecánicas evaluadas en el laboratorio de suelos realizando el proceso del Ensayo de Resistencia de Comprensión Simple de botellas de plástico PET recicladas. Los resultados obtenidos permitirán promover prácticas constructivas saludables y sostenibles, pues la percepción de los pobladores del AA. HH Lomo de Corvina, es que dichas viviendas sean seguras y que cumpla con los estándares de seguridad en la construcción de viviendas.

A los pobladores también se les explico que las botellas de PET, como las del agua o gaseosas que se consumen habitualmente, tardan entre 100 y 1000 años en descomponerse y una alternativa para reutilizarlas y reducir su impacto sobre el medioambiente es usarlas como eco ladrillos en la construcción de viviendas.

La casa se construye como cualquier otra, remplazando los ladrillos por botellas de plástico PET llenadas con arena. Esto produce un ahorro considerable en la utilización de ladrillos convencionales.

La construcción de una vivienda convencional de un piso de 80 m<sup>2</sup> cuesta en promedio 89 mil dólares americanos (todos los acabados incluidos), y puede tardar hasta 5 meses su ejecución. Además, genera cerca de 6 toneladas de desechos que contaminan el medio ambiente (Quiosco Perú, 2017).

## **1.2 Descripción del problema**

Cerca de 10 mil personas que habitan el asentamiento humano Lomo de Corvina en el distrito de Villa Salvador, ubicado al borde del mar, presentan una serie de riesgos en la calidad de construcción de sus viviendas por su deficiente calidad en la edificación, debido que son de autoconstrucción, es decir no tuvieron la supervisión de un ingeniero o un experto en el tema, las cuales están construidas de triplay, calaminas ,cartón y llantas de neumáticos ; se encontró otras viviendas construidas de albañilería maciza artesanal y mortero débil, que producen muros poco resistentes a fuerzas sísmicas y la calidad del concreto y ladrillos no son las adecuadas, sumado a esto el maestro de obra y los propietarios toman las decisiones para el diseño y construcción de las viviendas. Los principales problemas que presentan estas viviendas son las fisuras en paredes o pisos y humedad en paredes, pisos o techos, debido en gran parte a una cimentación incorrecta, lo que vulnera la calidad de vida de los propietarios.

Según el ingeniero Carlos Iwaki Cárdenas indicó que en el Cono Sur de Lima- Distrito Villa el Salvador (AA. HH. Lomo de Corvina) el suelo es arenoso de gran espesor y suelto, además de los depósitos marinos y suelos pantanosos son vulnerables ante la posible ocurrencia de un terremoto, por encontrarse el distrito en la zona litoral (Campos, 2012).

Frente a esta realidad, donde los pobladores no pueden acceder a los créditos hipotecarios para la construcción de sus viviendas por los altos costos de los materiales de construcción se les dio a conocer que las botellas PET recicladas cumple con los valores mínimos para la edificación de sus viviendas ecológicas, que reemplazaran a los ladrillos tradicionales; sus costos varían frente a los ladrillos King Kong, así como la mano de obra. Este modelo de viviendas es sólida y resistente y es construidas con el apoyo comunitario de los pobladores, esta construcción requiere una inversión menor por el uso de botellas recicladas, las cuales son convertidas en eco ladrillos, por tanto, reduciremos la contaminación y los recursos naturales empleados por las ladrilleras artesanales que ocasionan deterioro y contaminan el aire y la tierra. De otro lado, las organizaciones que pretenden proteger y mantener los recursos naturales buscan en el reciclaje y la reutilización de los residuos sólidos, una alternativa para solucionar los problemas de contaminación y los recicladores cumplen con esta función ;porque ellos buscan y venden elementos que se desechan constantemente pero que pueden tener una nueva vida útil en el campo de la construcción y que en general no son biodegradables como: llantas, bolsas y envases plásticos, entre otros.

## **Los beneficios de las botellas PET:**

### **A. Beneficios sociales de la utilización de las botellas PET**

- Aprendizaje colectivo
- Mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad
- Oportunidad de empleo de las poblaciones vulnerables
- Desarrollo personal.
- Inclusión social que genera oportunidad de trabajo

### **B. Beneficios ambientales de las botellas PET**

- Aprovechamiento del reciclaje de las botellas PET.
- Sensibilización a la comunidad frente a la contaminación ambiental.
- Educación ambiental activa.
- Sistemas alternativos para el manejo ambiental.

## **1.3 Formulación del problema**

### ***1.3.1. Problema General***

- ¿Cuál es la influencia de las unidades de albañilería tipo PET recicladas, sobre las características técnicas, económicas y ambientales en la edificación de viviendas unifamiliares para mejorar la calidad de vida de los pobladores que se encuentran asentadas en la zona costera en el distrito de Villa El Salvador?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

- ¿Cómo influye el costo unitario por m<sup>2</sup> de muro ecológico, utilizando botellas de plástico PET recicladas frente a un muro tradicional usando los ladrillos King kong en la edificación de viviendas unifamiliares en el distrito Villa el Salvador?
- ¿Cómo aprovechar la resistencia de las botellas de plástico PET recicladas, frente a las unidades de albañilería tradicional, en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito de Villa el Salvador?
- ¿Qué materiales contaminantes se dejarán de utilizar con el uso de botellas de plástico PET recicladas, en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito Villa el Salvador?

### **1.4 Antecedentes**

La falta de viviendas para pobladores de bajos recursos del AA.HH. Lomo de Corvina, hace que se adopte nuevas formas de construcción no tradicionales, reemplazando los ladrillos por botellas PET. Las cuales se ha comprobado en los laboratorios de mecánica de suelos, realizando el ensayo de resistencia de comprensión simple, obteniendo las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir las especificaciones técnicas en la edificación de viviendas básicas. Logrando así viviendas económicas y reforzando el trabajo colectivo entre los pobladores, dando como resultado que la construcción se dé con plazos cortos en su entrega y respetando las exigencias mínimas en la edificación, además su resistencia es magnífica para este tipo de viviendas.

### **Importancia de reutilizar las botellas PET como ladrillo ecológico**

- No se utiliza tierra fértil para su elaboración. Un horno de ladrillo común produce 40.000 unidades; inutiliza 300 m<sup>2</sup> (alrededor de 90 metros cúbicos) de tierra fértil, deprecación que requiere luego muchos años para recuperar sus nutrientes.
- En efecto, en el caso de los ladrillos comunes la materia prima necesaria está constituida por tierra que debe contener materia orgánica para ser quemada: lo contrario - inexistencia de materia orgánica - imposibilitaría el quemado y por ende, la elaboración de este tipo de ladrillo.

### **Ventajas del uso de las botellas PET como ladrillos:**

- Son mejores aislantes del frío y del calor exterior, con lo que se gasta menos energía en el hogar.
- Son más económicos que los convencionales, pero cuando no es así, al ser mejores aislantes, el ahorro de energía amortiza la diferencia.
- Los materiales de los ladrillos ecológicos (botellas PET) hacen que éstos sean más ligeros y manejables para el trabajador agilizando el tiempo de construcción y disminuyendo los gastos.
- Los materiales de los ladrillos ecológicos (botellas PET) hacen que éstos sean más ligeros y manejables para el trabajador agilizando el tiempo de construcción y disminuyendo los gastos.
- La utilización de las botellas PET como material alternativo en la construcción de muros para la edificación de viviendas unifamiliares, se optimizaría los costos y

mejoraría la calidad de vida de los pobladores del A.H. Lomo de Corvina, reduciendo así la contaminación ambiental y se promoverá la solidaridad y cooperación entre los pobladores.

### **1.5 Justificación de la Investigación**

Se justifica llevar a cabo esta investigación por lo siguiente:

En el Distrito Villa el Salvador (AA. HH. Lomo de Corvina) donde se ubican las poblaciones más vulnerables y de bajos recursos económicos, podrán beneficiarse con la edificación de viviendas, específicamente utilizando las botellas PET recicladas para la construcción de muros y por lo tanto se reducirían los costos y la contaminación generados por los desechos plásticos.

Gracias al desarrollo de esta forma alternativa de edificar, la basura generada por las botellas está dejando de ser vista como una problemática para ser considerada una especie de “ladrillo” duradero y económico.

### **1.6 Limitaciones de la Investigación**

Al poner en práctica esta investigación surgió cuatro inconvenientes que limitó parcialmente el logro de un objetivo:

- Que los pobladores tomen conciencia de la importancia del reciclado y la ventaja de construir viviendas auto sostenibles, con botellas PET.
- Otro problema que se detectó en el desarrollo de esta investigación fue el tiempo que duraría el acopio de las botellas y la falta de coordinación con los centros de reciclado de botellas PET.
- Que la botella PET, es un material poco convencional utilizado en la actualidad como material de construcción.

- Que la botella PET, es un material inflamable, por lo que no es recomendable utilizarlo sin recubrimiento.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1. *Objetivo General***

- Determinar la influencia de las unidades de albañilería tipo PET, sobre las características técnicas, económicas y ambientales en la edificación de viviendas unifamiliares en el distrito de Villa El Salvador.

### **1.7.2. *Objetivos Específicos***

- Determinar el costo unitario por m<sup>2</sup> de albañilería tipo PET y la albañilería con ladrillos King Kong, en la edificación de viviendas unifamiliares en el distrito de Villa el Salvador.
- Aprovechar la resistencia de las botellas de plástico PET para ser utilizadas en las unidades de albañilería, en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito de Villa el Salvador.
- Identificar los materiales utilizados en el sistema convencional para reducir la contaminación en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito de Villa el Salvador.

## **1.8 Hipótesis**

### **1.8.1. *Hipótesis General***

- Determinando la optimización de costos de las unidades de albañilería tipo PET, se edificará viviendas unifamiliares en el Distrito Villa El Salvador.

### **1.8.2. Hipótesis Específicos**

- Determinando el costo de albañilería tipo PET frente a los ladrillos King Kong, se edificará, viviendas unifamiliares del Distrito Villa El Salvador.
- Aprovechando la resistencia de las botellas de plástico PET en las unidades de albañilería, se edificará viviendas unifamiliares Distrito Villa El Salvador.
- Identificando los materiales utilizados en el sistema convencional se reducirá la contaminación ambiental en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito Villa El Salvador.

## II. MARCO TEÓRICO

En estos últimos treinta años, ante la falta de acceso a los créditos financieros y un insuficiente proceso de desarrollo urbano, los medios que han utilizado las familias de bajos recursos económicos para obtener una vivienda han sido las invasiones de tierras y la autoconstrucción de viviendas con bajo estándar de calidad. Como resultado, la zona periférica de la ciudad de Lima está sobre pobladas, y han sido construidas con materiales de baja calidad y carecen de uno o más servicios básicos. Sin embargo, el financiamiento de la vivienda mediante el crédito hipotecario no se ha desarrollado lo suficiente como para permitir que las familias de bajos recursos económicos accedan a una vivienda digna. Ello ha provocado que una gran parte de la población, en particular los sectores de menores ingresos no tengan posibilidades concretas de lograr una solución habitacional apropiada (RPP Noticias, 2016).

El déficit habitacional en Lima Metropolitana, que comprende 43 distritos, alcanzó las 612 mil 464 unidades de vivienda en el 2016, que en términos de porcentaje representa el 41.1%.

El otro problema es de concientizar a la población sobre la protección del medio ambiente a través del reciclado de las botellas PET., ya que una vez que se convierte en residuo, es notoria su presencia en los océanos, ríos, generando “basura” y matando a miles de especies marinas. El impacto visual que produce es alto y perceptible para la población. Así que cuando usted compre bebidas embotelladas en plástico sea consciente que debe reciclarlo y enseñar a los hijos la importancia de cuidar el medio ambiente.

El reciclado de las botellas PET puede tener una empleabilidad total, solo hay que ser innovadores y creativos y encontrar utilidades prácticas como son los eco ladrillos para la edificación de viviendas de bajo costo.

Celi (2013) argumenta que el sistema de edificación con botellas PET recicladas, genera un aprendizaje colectivo entre los pobladores al construir sus viviendas. Las botellas PET al ser utilizadas como eco ladrillos tienen la ventaja de ser un material resistente al viento, tiene un buen comportamiento sísmico, es buen aislante termoacústico y es totalmente sustentable, además de que su forma permite unir varios entre sí para edificar paredes de forma lineal. A pesar de todas las bondades que brindan las botellas PET, se le sigue dando preferencia a la construcción tradicional, la cual genera desechos que contaminan el medio ambiente y su ejecución es más lenta y probablemente más cara. La utilización de las botellas PET como eco ladrillos genera entre los pobladores desconfianza sobre su resistencia al edificar una vivienda o simplemente ignoraban su existencia.

Y respecto a las personas que no ven la importancia que tiene reciclar, decirles que el plástico, es un elemento utilizado en nuestra vida cotidiana, las cuales representan un peligro para el medio ambiente. Por eso al reciclar y edificar viviendas autosostenibles mejorarán su calidad de vida de las familias de bajos recursos económicos, las cuales no pueden acceder a un crédito hipotecario.

Surge además otro problema, que es sobre el impacto ambiental que generan los materiales de construcción a lo largo de su ciclo de vida, lo cual generan un alto costo energético y medioambiental desde su primera fase; desde la extracción y procesado de materias primas y la fabricación o producción del material para el empleo en la construcción, hasta su tratamiento como residuo. Las industrias constructoras son responsables de acabar con los recursos naturales y con el aumento de las emisiones CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Actualmente no resulta fácil cambiar el actual sistema de construcción y el uso irracional de los recursos naturales no renovables, para dar soluciones más respetuosas con el medio ambiente como es el reciclaje de botellas PET y elaborar los eco ladrillos para la edificación de viviendas de bajo costo

frente a la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales. Por ello, se hace necesario reconsiderar esta preocupante situación de crisis ambiental, buscando la utilización racional de materiales que cumplan sus funciones sin menoscabo del medio ambiente.

En términos estadísticos, se puede decir que el sector de la Construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados.

Carazas y Yuca (1999) expresan que en la construcción tradicional de viviendas los materiales más usados son el cemento, dicho material requiere de mucha energía para su fabricación y manipulación, además de ser potencialmente riesgoso para la salud tiene un alto impacto ambiental.

En el caso de la piedra usada como material de construcción, el mayor impacto está en la forma y en los efectos de la extracción, ya que las labores que se realizan en las canteras modifican, sin duda, el medioambiente.

Gutiérrez (2014) afirma lo siguiente:

La industria ladrillera sigue empleando para la manufactura de sus productos, combustibles altamente contaminantes como llantas, aceites gastados, residuos industriales, que generan gran cantidad de contaminantes, afectando el aire, el agua y el suelo. Constituyendo además un problema social y de salud.

Las fábricas de ladrillos se han convertido en una de las principales fuentes de contaminación. La emisión de gases tóxicos desde sus hornos, donde elaboran los ladrillos provoca humos. También depredan la tierra con maquinaria pesada para obtener cantidades de arcilla.

El panorama de devastación es similar al que genera la minería ilegal. La diferencia es que estas ladrilleras no evacuan relaves.

### **Nivel de impacto ambiental**

**Bajo:** Los impactos ambientales generados son poco notorios e insignificantes, no ocasionan molestias en el área de influencia directa ni indirecta. Los contaminantes no presentan riesgos para la salud o entorno.

**Medio:** Los impactos ambientales son notorios para observadores entrenados y pueden eventualmente los estándares y límites máximos permisibles existentes. Los contaminantes no presentan riesgos para la salud o el entorno.

**Alto:** Los impactos ambientales son significativos y muy notorios, pueden ocasionar molestias en el área de influencia directa e indirecta. Los contaminantes pueden presentar riesgos para la salud o el entorno debido a su cantidad y/o intensidad.

Según el artículo publicado por la revista “El impacto ambiental en la edificación. Criterios para una construcción sostenible”. Edisofer (2017). “La gran mayoría de ladrilleras de micro y pequeño tamaño presentan un alto grado de informalidad y utilizan técnicas artesanales para la fabricación de sus productos. La planta de fabricación está representada básicamente por el horno y un espacio de terreno como patio de labranza. Las ladrilleras artesanales emplean hornos fijos de fuego directo, techo abierto y tiro ascendente para la cocción también denominada quemado o simplemente quema de ladrillos.

El uso de estos últimos materiales como combustible genera emisiones de gases altamente tóxicos y cancerígenos como óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos poli nucleares, dioxinas,

furanos, benceno, bifenilos poli clorados y metales pesados como As, Cd, Ni, Zn, Hg, Cr, V, etc., estos elementos y compuestos provocan irritación a la piel, ojos y membranas mucosas, trastornos en las vías respiratorias, en el sistema nervioso central, depresión y eventualmente cáncer; características que los hacen inaceptables para ser utilizados con este fin.

Las ladrilleras no están dispuestas a dejar este método de trabajo, porque invertir en tecnología les significaría poner en riesgo su capital y nada les garantiza tener ganancias en el futuro

### **Efectos ocasionados a la salud**

La exposición a corto plazo en altos niveles causa daños en las células pulmonares, mientras que la exposición a largo plazo en niveles bajos de dióxido de nitrógeno puede causar cambios irreversibles en el tejido pulmonar similares a un enfisema.

Los efectos de exposición a corto plazo no son claros, pero la exposición continua o frecuente a concentraciones mayores a las encontradas normalmente en el aire, puede causar un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños, agravamiento de afecciones en individuos asmáticos y con enfermedades respiratorias crónicas (Monografías, 2014)

### **Efectos ambientales ocasionados por las ladrilleras artesanales:**

Los efectos ambientales propios de la fabricación de ladrillos incluyen:

- Emisiones a la atmósfera
- Calidad del suelo, consumo de energía y combustibles.
- Generación de residuos sólidos.

Según Casado (2005) el principal impacto que genera la actividad de fabricación de ladrillos es sobre la calidad del aire y en segundo lugar sobre la morfología del terreno. En el primer caso debido principalmente a las emisiones de humos procedentes de los hornos en la etapa de cocción, que causan efectos directos e indirectos sobre la salud humana, la flora, la fauna, los cuerpos de agua, y contribuyen al cambio climático global. En el segundo caso porque la explotación de las canteras produce excavaciones que no solamente afectan el paisaje sino también la estructura y configuración del terreno ocasionando deforestación, pérdida de la capa productiva del suelo, y erosión.

La actividad no genera efluentes de proceso, pero si residuos sólidos inertes constituidos por los escombros provenientes de los productos rechazados por rotura o deficiente cocción que se encuentran por debajo del 5%, y que según encuestas entre los microempresarios ladrilleros artesanales están entre el 15%.

### **Principales referentes del sistema constructivo con botellas PET.**

Froese, de nacionalidad alemana, es el inventor de la técnica ECO-TEC, la cual consiste en el uso de las botellas PET, llenados con escombros y tierra, como materia prima para la construcción.

Andreas Froese es ecologista, dedicado a la Bioconstrucción y el Ecodiseño. Se desempeña como consultor internacional a través de su empresa ECO-TEC, la cual ha ejecutado proyectos de índole ambiental-social en países como: Honduras, México, Colombia, Bolivia y Uganda.

Andreas Froese afirma que “la aplicación de la técnica ECOTECH no genera contaminación, más bien cada botella/ladrillo utilizado es una botella menos, que se quema o se arroja al mar o que se lleva a los basureros” (p. 300).

Andreas ha logrado un método innovador de reciclaje de botellas PET, en donde ejecuta proyectos de índole ambiental y social.

Ingrid Vaca nació en la provincia Warnes (Bolivia), no es arquitecta, pero es creadora del proyecto de viviendas ECO-CASAS de carácter social, hechas con botellas PET y materiales reciclables para familias que viven en extrema pobreza en Bolivia.

Vaca ha realizado varias obras de viviendas de interés social en Bolivia, Argentina, Uruguay, Brasil, etc.

El caso del proyecto de la boliviana Ingrid Vaca Diez tiene algo en particular: además de ser un emprendimiento ecológico tiene la finalidad de ayudar a los más necesitados ya que promueve la construcción de casas con botellas PET para familias con bajos recursos. Aparte de ser baratas, las mismas pueden construirse en un aproximado de 30 días y fomentar la solidaridad y lazos entre la comunidad.

A través de BBC Mundo pudimos enterarnos de este proyecto que Ingrid Vaca lleva adelante desde varios años y ahora está comenzando a expandirse en otros países del continente americano. Aunque su verdadera profesión es abogada, la arquitecta autodidacta ya levantó en su localidad Warnes, Bolivia seis casas con estas características.

### **Desde México Proyecto VIEM (Viviendas Emergentes)**

Un grupo de estudiantes de Querétaro crearon el proyecto VIEM, el cual se trata de construir viviendas con un modelo asequible y sustentable por medio de botellas de PET.

David García, Ana Vanessa Rendón y Christopher Franco son los fundadores del proyecto VIEM.

Las casas VIEM duran desde 2 años sin mantenimiento y hasta 30 si le dan mantenimiento. Cada una de las viviendas es construida con alrededor de 15,000 botellas y miden 64 metros cuadrados.

Las viviendas ecológicas están afianzándose cada vez más. Ya sea por la incorporación de métodos sustentables, por la implementación de energías alternativas materiales por los en o bien que son construidas, las viviendas sostenibles se abren paso y prueba de ello son las noticias y artículos que salen periódicamente sobre el avance de las mismas.

El precio de un metro cuadrado de construcción en las casas de interés social en México es de cerca de 4.000 pesos (unos 304 dólares), mientras que el metro de una casa con muros de plástico ronda los 2.000 pesos (152 dólares).

David García es un investigador de la UAM Azcapotzalco –México, creó viviendas que se construyen uniendo botellas de Polietileno Tereftalato (PET) con alambre.

García (2012) expresó que “estuvimos investigando y encontramos que el PET tiene resistencia estructural, resistencia térmica y aislamiento acústico, esa fue la razón por la que decidimos usar ese material”

Estudios realizados por el experto revelaron que mientras en el exterior la temperatura se ubicaba en entre 5 y 6 grados centígrados, dentro de la vivienda construida a base de botellas PET se registraban 15 grados centígrados, esto debido a que las botellas PET es un aislante térmico.

Además, aseguró que este tipo de construcción tiene más resistencia en comparación con una de tabique o concreto debido a que entre los diferentes módulos de PET se colocan varillas, que actúan como un marco rígido que otorga alta resistencia a los sismos.

El proceso de construcción está diseñado para que cualquier persona, incluso mujeres y niños puedan colaborar.

A las botellas de 1.5 a 3 litros se les quita la etiqueta, se lavan, se les corta la boquilla y se apilan, una dentro de otra.

Luego, con alambre recocado se amarran horizontal y verticalmente y se forman módulos de 1.20 metros por 2.40 metros. Se aplanan con cemento arena por los dos lados y así se forman los muros de 15 centímetros de ancho.

García Chávez (2012) describió que “sobre ella se pone una malla electrosoldada y encima una capa de compresión de 6 centímetros, se cuele y te queda como una loza convencional”

**Hoy queremos acercarnos a Guatemala y mostrarles un proyecto ecológico que se lleva a cabo desde 2005 por la ONG Pura Vida.**

Después de la destrucción que causó el Huracán Stan en las comunidades alrededor del Lago Atitlán ese mismo año, la ONG Pura Vida tal como describe en un artículo de su página web, Movimiento Ecológico del Manejo Alternativo de Desechos Sólidos en Guatemala. Trabajó con grupos de víctimas (particularmente niños) en San Marcos, la Laguna y Santiago Atitlán, ayudándoles a recuperar sus vidas y sus hogares a través de la construcción con materiales reciclados (botellas PET). Después de dos años de experiencia y éxito visible, el proyecto piloto se convirtió en un movimiento ecológico alrededor del Lago Atitlán. La ONG Pura Vida enseña a la población local a rellenar botellas plásticas PET usadas con basura plástica—limpia y seca—y así convertir los desechos sólidos en “ladrillos plásticos”, fácilmente almacenable y transportable para la construcción.

La ONG Pura Vida apuesta por la educación en los colegios y en las comunidades y para que haya una mejor gestión de los residuos, tanto de manera individual como de manera comunitaria, dando a entender que es una responsabilidad de todos, y mejorando así, la salud y el entorno.

La idea de crear casas empezó cuando una niña le pidió como deseo de navidad un cuarto para ella. A partir de ahí comenzó su trabajo, el cual se realiza gracias a la ayuda de la comunidad, a la que ella misma enseña la técnica.

En el Perú si existe referente sobre este proyecto innovador, la cual será citada. Además, se encontraron otras tesis sobre la elaboración de un concreto ecológico utilizando las botellas PET recicladas, para construcción de viviendas de bajo costo.

- **Universidad Nacional del Santa.** Chimbote-Perú - Escuela de Posgrado.

Tema: “Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote-Ancash”. Por Elena Charo y Quevedo Haro en el 2017.

-**Universidad Nacional de Trujillo.** Escuela de Posgrado Sección de Posgrado Ingeniería Química.

Tema:” Reutilización del plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo”. Por César Alberto y Reyna Pari en el 2016.

## **1.1 Marco Conceptual**

La construcción de viviendas con botellas PET surge como una manera de ayudar a conservar el medio ambiente. Al reciclarlo se disminuye la presencia de este material como

deshecho contaminante. Al elegir un material basado en la reutilización de las botellas PET, se fomenta una conciencia en las personas y se difunde al mismo tiempo la importancia del reciclaje.

Las botellas PET hoy en día juegan un rol muy importante en la sociedad, sin embargo, los estragos que causan al medio ambiente por su característica de lenta degradación son irreparables. Una vez terminada su vida útil se convierten en un serio problema ambiental, si no se les recicla. A pesar de no ser considerado potencialmente tóxico, las botellas PET representan un peligro si no se desecha correctamente. En promedio su periodo de tiempo de desintegración es de 100 a 1,000 años.

Además, al degradarse despiden elementos tóxicos, los cuales, si se filtran contaminan las aguas subterráneas. También la quema de este material produce sustancias tóxicas que afectan al medio ambiente y a la salud de las personas.

La introducción de un nuevo material sintético, el “plástico”, se presenta como una alternativa en la edificación de viviendas como material ecológico, enseñándoles los beneficios que tienen las botellas PET en una construcción de una vivienda auto sostenible.

Se trata de una solución ecológica y sencilla para una creciente necesidad social. Imagínese cuántas viviendas podrían fabricarse con esta técnica, con los 100 millones de toneladas de botellas plásticas que a esta hora flotan en el océano Pacífico.

Para el desarrollo de este proyecto fue importante manejar ciertos conceptos básicos, referentes a su producción y proceso de reciclaje, con el fin de tener un completo entendimiento de las ventajas de las botellas PET en la construcción de muros, por tanto determinar su factibilidad para ser empleado como eco ladrillos en la edificación de viviendas auto sostenibles.

A los miembros de la comunidad se les dio una capacitación y la idea es que construyan sus propias casas, pero también reproduzcan la técnica y generen sus propios ingresos.

### **Descripción del sistema constructivo por Ingrid Vaca.**

La construcción en base a botellas PET (Polietileno Tereftalato), se puede poner en paralelo al uso del ladrillo, que es básicamente el mismo sistema, pero cambiando el material.

Las palabras "reducir", "reutilizar" o "reciclar" son conceptos primordiales para desarrollar hábitos de consumo responsable y concientizar la utilización botellas de plástico (llamadas PET) para la construcción de viviendas resistentes, disminuyendo el impacto en el medio ambiente.

Educar sobre su significado y relevancia es clave, ponerlo en práctica es fundamental para disminuir el efecto de nuestras acciones sobre el medio ambiente y así garantizar que contaremos con un mejor futuro para las nuevas generaciones, las consecuencias de nuestros actos tienen efecto en el corto, mediano y largo plazo.

Lo interesante es que además de estar reutilizando la basura, la estructura generada es muy resistente, de bajo peso y asegura condiciones térmicas adecuadas, permitiendo dar acceso a la vivienda a familias o comunidades con bajos recursos.

Según Ingrid Vaca (2010); para la construcción de muros con las botellas de plástico, debemos colocarlas a lo ancho, de manera que permitan la construcción de muros anchos y estables. También es importante alternarlas para que queden uniformes. Es decir que, al observar la hilera, la base de una botella alterne con la tapa de otra botella, y así sucesivamente. Debemos pegar las botellas de la misma manera que se pegan los ladrillos o adobes de barro.

En realidad, éstas no quedan pegadas al barro o al cemento, pero este material forma una matriz que ayuda en la estructura total del muro.

Detalle de muro mostrando como se alternan las botellas la matriz que se forma.

Es muy importante no utilizar como relleno materiales orgánicos o biodegradables, pues con el tiempo éstos pierden su estructura original y disminuyen de volumen, ocasionando una pérdida en la resistencia de las botellas. Otro factor importante es hacer un pequeño agujero en las botellas, para permitir la respiración del material de relleno y así evitar que éstas se deformen o estallen con la acumulación de gases. Cuando la botella esté llena se tapa, y con un clavo caliente o un taladro se hace un pequeño agujero en la tapa que permita la liberación de los gases formados al interior de la botella (Vaca, 2010).

El número de botellas de plástico que se utilizará va a depender de su tipo y tamaño, pues es muy importante que se use siempre el mismo tipo de botella para la construcción. Para 1 M2 cuadrado de muro, se empleará entre 80 y 100 botellas de litro y medio.

Una vez terminado el muro de botellas de plástico, se cubre con malla de gallinero, y se revoca o aplana tal como se haría con un muro de material normal. El material de revoque puede ser un mortero 1:4 (es decir, por una parte, cemento agregamos cuatro partes de arena y el agua necesaria para la mezcla).

Es importante que tengamos en cuenta que las botellas no son una opción para la construcción de muros estructurales, por lo cual sólo sirven de relleno entre vigas y columnas estructurales o para muros que no sean portantes. En cualquiera de los casos, las botellas vacías no prestan la resistencia necesaria para soportar peso, pues una vez sujetas a presión, éstas se colapsan.

La mano de obra para la edificación de las viviendas se da a través de un proceso de autoconstrucción que integra a la comunidad a través de una capacitación de profesionales, los cuales preparan el diseño, planos y presupuestos, etc.

Para que estos procesos puedan ser gestionados se requiere voluntad de la comunidad de participar en el proceso y deseos de superación. Como contraparte la comunidad beneficiada aportará la mano de obra, el material, terreno y otro tipo de apoyo necesario dentro del proceso constructivo, como es la selección, recolección y organización de las botellas PET, para ser llenadas con arena de la zona del lugar y cuerdas de plástico.

### **Ventajas técnicas de las botellas de plástico PET frente a los materiales constructivos tradicionales**

Habiendo determinado que el PET es la mejor opción entre los polímeros en cuanto a resistencia, durabilidad y densidad, se procede a establecer un cuadro comparativo con los materiales constructivos tradicionales, para determinar si efectivamente es un material apto para fines estructurales.

A partir del análisis, puede concluirse que si bien no es un material que compite estructuralmente, debido a que su resistencia a la tensión y compresión no alcanza a la de los materiales tradicionales pesados como el concreto o el ladrillo; presentó ciertas similitudes con materiales más dóciles, como la madera, ya que ambos tienen buena flexibilidad, buena resistencia a la compresión y similar resistencia térmica. El PET no se plantea como sustituto a los materiales tradicionales, sino más bien como complemento, en cuanto presenta otras propiedades físicas.

Por otro lado, pudo establecerse una comparación directa con el ladrillo, en cuanto presentan ciertas similitudes en cuanto a dimensiones, peso (al estar la botella llena) y técnicas de colocación.

### **Ventajas técnicas de las botellas de plástico PET para la edificación de viviendas.**

- La edificación con botellas de plástico (PET), se transforma en paredes térmicas y acústicas, con lo cual no se transfiere el frío, el calor o los ruidos con facilidad; las habitaciones mantienen una temperatura interna constante cercana a los 21 grados.
- En muros estructurales es muy importante el relleno de las botellas, para asegurar su resistencia a largo plazo, y hacerles una pequeña perforación para permitir la respiración del material de relleno.
- Los muros con botellas de plástico (PET) son de mayor resistencia al desgaste por humedad.
- Se puede realizar diferentes diseños de fachadas con varios tipos de botellas de plástico, considerando el uso de la edificación.
- No hay restricción por tamaño, forma o marca de las botellas para el uso en el sistema constructivo.

Las viviendas edificadas con estos materiales (botellas PET) y utilizando técnicas de autoconstrucción, tienen como ventajas su bajo costo; una buena capacidad térmica que protege contra el frío o calor excesivos, mayor resistencia al desgaste por humedad, y buena acústica, ya que no permiten el paso del ruido exterior. A demás contribuyen al reciclado, reduciendo así la contaminación ambiental por desechos plásticos.

Todos los plásticos son derivados del petróleo, por lo que no hace falta explicar el impacto de su fabricación y uso. Pero también es cierto que, en parte, el plástico compensa este gasto energético siendo uno de los mejores aislantes térmicos, y por el hecho de que puede reemplazar a materiales mucho más contaminantes, como el cobre o el plomo, cemento, hormigón, acero, etc., en la edificación de viviendas ecológicas.

Cuando uno decide construir su vivienda con material noble no ve el impacto ambiental producido por la industria de la construcción, la cual se traduce, en primer lugar, en un gran aumento de la distancia entre la obtención de materias primas y la ubicación de su elaboración o construcción; en segundo lugar, en el agotamiento de los recursos naturales próximos; y finalmente, en el aumento de la emisión de contaminantes derivados de la industria de la construcción.

Reciclar, la llave para la diversificación de las botellas PET MINAM, (2015): Información reportada por los gobiernos locales plataforma SIGERSOL y Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos. “La generación promedio nacional de residuos sólidos al 2014, fue de 13 244 t/día; teniendo como datos que Lima Metropolitana y el Callao generaron 5 970 t/día, el resto de las ciudades de la costa generaron 3 224 t/día, las ciudades de la sierra generaron 2 736 t/día y las ciudades de la selva se generaron 1 314 t/ día”.

En el Perú existen más de 108 mil familias recicladoras en el país. Más de 45 mil ejercen su actividad en Lima debido a la concentración demográfica y al gran movimiento comercial e industrial.

El 86.57% de los recicladores en el Perú se encuentran en situación de pobreza extrema. Solo el 4.3% trabaja en forma organizada, a través de asociaciones de recicladores y microempresas.

Al reutilizar las botellas de plástico reduciríamos la contaminación ambiental y promoveríamos el reciclado. Si reciclamos el plástico estamos contribuyendo con el medio ambiente, haremos que las industrias no tengan que producir más químicos que contaminan el aire y destruyan, poco a poco, la capa de ozono. El plástico es un material que tarda muchos años en desintegrarse y perjudica mucho la atmósfera del planeta. El plástico está hecho de petróleo y de carbón que no se disuelven. Las botellas de plástico son después de las de vidrio las que más tiempo tardan en degradarse, tardan más de 100 años en promedio, dependiendo del tamaño y el tipo de plástico.

Es interesante como este sistema que requiere bajos recursos económicos, generaría la cooperación entre pobladores de los asentamientos humanos de distintas partes de Lima Metropolitana, mejorando la convivencia y la colaboración entre vecinos.

### **Ciudad sostenible en marcha**

En el Perú existen más de 108 mil recicladores, pero su actividad está limitada por no haber un mercado de reúso de PET, esto debido a políticas restrictivas e informalidad. Una ONG en particular, Recicla ¡pe! viene impulsando la concientización, políticas y conocimientos que combatan la informalidad y ayuden a desarrollar un mercado de botellas recicladas.

Una de las primeras diferencias a hacer es que reciclar es diferente de reutilizar; mientras reutilizar algo es tomarlo en su forma original y volverlo a usar, el reciclaje implica todo un proceso para cambiar la estructura del objeto y volver a crear otro a partir del mismo material.

### **¿Cómo podemos contribuir a la cultura de reciclaje?**

Si bien en casa podemos clasificar la basura, especialmente las botellas plásticas, lavándolas y separándolas de otro tipo de residuos para que los recicladores hagan un trabajo más eficiente, el problema suele ser que no todos los municipios invierten en reciclaje. Existen beneficios no solo económicos, sino sociales, al establecer una industria del reciclaje en un país como el Perú. La motivación para invertir en reciclaje no debe ser solamente económica, sino que es una inversión en la supervivencia del ser humano y en su futuro que se hace imposible sin el cuidado del medio ambiente. Es responsabilidad de los actores políticos, pero también de las empresas y la sociedad civil, generar cambios significativos que promuevan la salud ambiental. Una gran forma de empezar es separando tus residuos para que el reciclaje sea más eficiente.

La cultura del reciclaje no solo es rentable para quienes han tenido la visión empresarial de dedicarse a ella como negocio, sino que es necesaria para reducir la contaminación que amenaza con destruir nuestro planeta. En el Perú, donde, como hemos visto, un 95.7 % de los recicladores son informales, y que por las noches y madrugadas intervienen la basura en las calles para separarlas antes de que pase el camión de basura, se hace indispensable que se promueva su formalización.

Para lograr incrementar la cultura del reciclaje es necesario que los ciudadanos sigan las siguientes prácticas ambientales como, segregar (separar) en casa los residuos sólidos que podemos reaprovechar como:

- Papel (hojas bond, revistas, recibos, guías telefónicas, periódicos, etc.)
- Cartón (conos de papel higiénico, de papel toalla, cajas, empaques, etc.)

- Plástico (botellas de bebidas, de yogurt, lejía, envases de champú).
- Metales (latas de leche, atún, conservas de frutas y menestra, etc.).
- Vidrio (botellas de hidratantes, cerveza, licores, salsas, etc.)

Participar en los programas de segregación en la fuente y recolección selectiva que las municipalidades vienen implementando progresivamente.

Informarse sobre la ubicación en el distrito de su residencia, o en alguno cercano, respecto de los puntos y estaciones de reciclaje más cercano.

**A tomar en cuenta:**

Leo Heileman (2018), director regional de ONU Medio Ambiente explicó el impacto en el mundo que genera la contaminación por residuos:

Estamos usando cada año más de 500 mil millones de bolsas plásticas de un solo uso, usamos 1 millón de botellas de plástico cada minuto, y encontramos 13 millones de toneladas de basura de plástico en los océanos que genera que mueran más de 100 mil organismos cada año.

Agregó que para enfrentar este problema es necesaria la intervención de todos los actores, especialmente de los consumidores. Las personas podemos decidir si vamos a utilizar las botellas PET, bolsas de plástico de un solo uso, los sorbetes u otros residuos. El mensaje es reducir el consumo de plásticos y microplásticos que termina en los mares. Felicito el trabajo que están haciendo a nivel local, el Perú es especial porque está realizando la celebración regional del Día Mundial del Medio Ambiente y lo que están haciendo contribuye al desarrollo de las comunidades (Heileman, 2018).

### **Datos sobre la producción de plásticos.**

El plástico es uno de los materiales más populares y útiles de la época moderna. Su popularidad es parte del problema: en la actualidad usamos cerca de 20 veces más plástico de lo que usábamos hace 50 años. Sin embargo, podemos optimizar la vida útil de los plásticos mediante su reutilización y el consumo de artículos reciclados. Uno de los productos de plástico más utilizados son las botellas, que se pueden encontrar casi en cualquier lugar en la Tierra. Esto confirma el hecho de su utilidad y de la facilidad y el bajo costo en la fabricación de estos artículos. De hecho, las botellas de plástico son tan útiles que casi cualquier producto de bebida o alimento líquido se puede encontrar a la venta en botellas de plástico.

La producción global de plásticos se ha disparado en los últimos 50 años, y en especial en las últimas décadas. Entre 2002-2013 aumentó un 50%: de 204 millones de toneladas en 2002, a 299 millones de toneladas en 2013. Se estima que en 2020 se superarán los 500 millones de toneladas anuales, lo que supondría un 900% más que los niveles de 19803. China es el principal productor de plásticos seguido de Europa, Norte América y Asia (excluyendo China). Dentro de Europa, más de dos tercios de la demanda de plásticos se concentran en cinco países<sup>4</sup>: Alemania (24,9%), Italia (14,3%), Francia (9,6%), Reino Unido (7,7%) y España (7,4 %) (Green Space, s.f).

### **Conceptos relacionados al problema**

Preguntas como ¿Qué es el plástico? ¿Qué propiedades tiene? ¿Cuáles son los tipos de plástico existentes? ¿Cómo es el proceso de producción? ¿Cómo se recicla?, entre otras, serán respondidas a continuación.

### **¿Qué es el plástico?**

La palabra plástico proviene del vocablo griego *plastikos*, cuyo significado es susceptible a ser moldeado o modelado. Algo que muchas personas tal vez desconocen es lo que comúnmente conocemos como “plásticos” en realidad son sustancias químicas sintéticas denominadas polímeros (del griego poly, muchos, y meros, parte o segmento), que moldeadas mediante el uso de calor o presión alcanzan el estado plástico.

### **¿Qué propiedades tiene?**

Entre las propiedades más relevantes del plástico se encuentran las siguientes:

- Impermeabilidad
- Ligereza
- Bajo costo de producción
- Material de baja densidad
- Fácil de trabajar y moldear
- Posibilidad de añadir color
- Buen aislante eléctrico y térmico.
- Aceptable aislante acústico
- Resistente a la corrosión y a factores químicos.

### **Tipos de plástico existentes en el mercado actual.**

Existe una gran variedad de plásticos en el mercado, por lo que se estableció un sistema de codificación para su fácil identificación y correcto reciclaje. El código incluye el

símbolo internacional de reciclaje y el número correspondiente al tipo de material. Existen al menos 7 tipos de plástico, clasificados en el siguiente orden:

Existe una gran variedad de plásticos y para clasificarlos, existe un sistema de codificación que se muestra en la tabla adjunta. Los productos llevan una marca que consiste en el símbolo internacional de reciclado con el código correspondiente en medio según el material específico.

- 1- **PET** (Polietileno tereftalato),
- 2- **PEAD** (Polietileno de Alta Densidad),
- 3- **PVC** (Policloruro de Vinilo),
- 4- **PEBD** (Polietileno de Baja Densidad),
- 5- **PP** (Polipropileno),
- 6- **PS** (Poliestireno)
- 7- **Otros.**

#### **El proceso de producción tipo PET. (Polietileno Tereftalato).**

El PET es un polímero (es decir, cuando dos o más moléculas se combinan y forman una nueva) que se obtiene mediante una reacción química (del ácido tereftálico y el etilenglicol). Este material plástico es el más usado actualmente por la industria de las bebidas no alcohólicas, por su transparencia y moldeabilidad, también por su baja densidad y alta resistencia, así como alto grado de cristalinidad, lo que lo hace agradable a la vista y al tacto y por ende favorece a la comercialización y lo hace varias veces reciclable, en comparación con otros tipos de plástico que se usan en otras industrias.

La invención del PET permitió toda una serie de innovaciones que antiguamente eran muy complicadas de lograr con otros materiales, como la adición de color, transparencia, resistencia térmica, impermeabilidad, irrompibilidad, superficie lisa o texturizada, etc.

### **Datos de interés:**

Diferencias de plásticos convencionales, degradables, biodegradables y bioplásticos.

### **Botellas de plástico convencionales son sintéticos (artificiales)**

Son los que se elaboran a partir de compuestos derivados del petróleo, el gas natural o el carbón. La mayoría pertenece a este grupo. En la actualidad, la mayoría de los plásticos que se comercializan provienen de la destilación del petróleo. La industria de plásticos utiliza el 6% del petróleo que pasa por las refinerías para convertirlo en plástico.

### **Plásticos degradables**

Son aquellos plásticos denominados “oxo-degradables”, estos son a base de aceite y contienen aditivos. El mismo se descomponen o se dispersan en fragmentos más pequeños con la exposición prolongada a la luz, el oxígeno, el calor o el estrés mecánico. Los plásticos degradables no son adecuados para el tratamiento de residuos biológicos como la digestión anaerobia y no son propensos a descomponerse en un vertedero debido a la falta de luz UV y el oxígeno. Además, podrían afectar potencialmente la calidad del plástico reciclado.

### **Plásticos biodegradables**

Los plásticos biodegradables no deben confundirse con el plástico degradable, a menudo derivan de materiales renovables que se puede descomponer en compuestos simples como el dióxido de carbono y agua por los microorganismos presentes en la naturaleza. El

término “biodegradable” a menudo no implica ninguna escala particular de tiempo para que ocurra la biodegradación, ni en qué medida.

### **Bioplásticos**

Estos son los plásticos derivados de la biomasa renovable como por ejemplo la caña de azúcar y, en general, son compatibles con el plástico convencional durante el reciclado mecánico. Por lo tanto, a menudo se utilizan en la producción de envases, en particular para botellas de plástico. En el caso de los plásticos de base biológica, pueden reproducir la biomasa original, sino que también en comparación con el plástico convencional producen una emisión global de CO<sub>2</sub> menor a la atmosfera. Sin embargo, la agricultura, la producción de plaguicidas, el transporte y otras actividades de producción de cultivos tienden a generar la salida de CO<sub>2</sub>, que tienen que ser tomados en consideración.

### **¿Cómo se recicla?**

Las botellas de plástico recicladas son una parte indispensable y omnipresente de nuestras vidas ya que son de peso ligero y casi irrompible con el objetivo de ser utilizadas para el fin que fueron diseñadas. Esta es también la razón por la que los plásticos y botellas de plástico representan una gran parte de los residuos generados por nuestra sociedad, ya que son utilizadas y luego arrojadas a la basura. Las botellas de plástico son los elementos plásticos más reciclados, pero solamente representan el 24% del reciclaje (Diario Perú, 2011).

En el Perú, se producen unos 3500 millones de botellas de plástico cada año de las cuales, menos del 50% son recicladas, explica albina Ruiz de la ONG Ciudad Saludable. que el porcentaje de reciclaje sea tan pequeño es un grave problema, porque la contaminación causada por el uso de materiales descartables que no pueden ser reutilizados es una de las mayores fuentes de gases de invernadero. Según Jacobo Escrivá, jefe de la Unidad de recicla-

do de San Miguel Industrias (empresa peruana que tiene tecnología de reciclaje), la germinal industria del reciclaje en el Perú está compuesta en un 95.7 % por recicladores informales. Estos recicladores informales por las noches y madrugadas se dedican a separar la basura que encuentran fuera de las casas o en los acopios municipales de basura.

### **Beneficios del reciclado de botellas de plástico:**

- **Conservación de Petróleo:** Cuando un montón de botellas de plástico se reciclan aproximadamente 3,8 barriles de petróleo son ahorrados.
- **Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero:** La sustitución de materiales reciclados reduce la emisión de gases de efecto invernadero que se producen en la fabricación de materiales nuevos.
- **Ahorro de espacio:** No tener a millones de botellas de plástico en la basura nos ahorra muchos metros cúbicos de espacio en los vertederos que es un bien escaso en estos momentos. Las botellas de plástico también tienen un promedio de 500 años en biodegradarse por lo que se evitaría la acumulación de basura.
- **Conservación de la Energía:** Las botellas de agua y refrescos están hechas de tereftalato de polietileno o PET. El reciclaje de una libra de PET resulta en un ahorro de mucha energía a la hora de fabricación de estos productos.

### **III. MÉTODO**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

Se utilizará el método deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo, tipo descriptivo, explicativo, nivel descriptivo y diseño no experimental, prospectivo, transversal y estudio de diseño de cohorte.

#### **3.2 Población y Muestra**

Está conformado por las botellas recicladas PET de 1500 ml y botellas recicladas PET de 600 ml, rellenas con arena de la zona. Para esta investigación, se han ensayado 02 unidades de botellas de plástico PET rellenas con arena de la zona, de las cuales 01 es de 1500 ml y el otro es de 600ml, los cuales se ensayaron para obtener la resistencia a la compresión.

#### **3.3 Operacionalización de las Variables.**

Es un proceso que se inicia con la definición de las variables en función de factores estrictamente medibles a los que llamaremos indicadores, y nos permitirán realizar su medición de forma empírica y cuantitativa, al igual que cualitativamente.

#### **3.4 Instrumentos**

Los Instrumentos que se utilizaron para la elaboración de la tesis fueron revisiones bibliográficas y documentos relacionados al tema de estudio (libros, publicaciones en internet, revistas, tesis, artículos, entrevistas. etc.); los cuales ayudaron a describir el empleo de las botellas PET en la edificación de viviendas para familias de bajos recursos económicos. De igual manera, se utilizó el servicio del laboratorio de mecánica de suelos para obtener información veraz sobre la resistencia de las botellas PET.

### **3.5 Procedimientos**

Para efecto del estudio se tomarán los datos de los certificados de ensayos de resistencia a la compresión simple de las 02 unidades de botellas PET recicladas con arena de la zona; con el objeto de obtener información se empleó el siguiente instrumento: Prensa marca A&A INSTRUMENTS – STYE – 2000 - Laboratorio de Mecánica de Suelos; y estos se procesarán en el formato Microsoft Excel en donde se presentan los resultados y son comparados con el ladrillo kk industrial tipo IV.

### **3.6 Análisis de Datos**

Una vez concluida la etapa de la prueba del laboratorio y procesamiento de los resultados, iniciamos una de la más importante fase de la investigación: el análisis de datos obtenidos.

En esta etapa determinaremos como analizaremos los resultados de la resistencia de las botellas PET en el laboratorio de mecánica de suelos para la edificación de viviendas de bajo costo. Asimismo, se procede a racionalizar los datos recolectados a fin de explicar e interpretar las posibles relaciones que expresan las variables estudiadas.

El análisis debemos expresarla de manera clara y simple utilizando lógica tanto inductiva como deductiva.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Contrastación de hipótesis.

Para la contrastación de nuestra hipótesis haremos uso de la observación, la experimentación y nos apoyamos en la documentación (escrita) para demostrar adecuadamente las ventajas técnicas de las botellas PET en la edificación de viviendas para familias de bajos recursos económicos.

#### 4.1.1. Reducción de costo en la edificación de viviendas

**4.1.1.1. Sistema Convencional: Ladrillo KK industrial tipo IV.** En esta investigación de tesis se considera la edificación convencional, con la ejecución de muros de ladrillo KK industrial tipo IV, de aparejo de cabeza, sogá.

De acuerdo con los costos unitarios de precios del mercado se obtuvo el presupuesto para la edificación de viviendas unifamiliares del sistema convencional para el Cono Sur de Lima- Distrito Villa el Salvador. El costo promedio asciende a la suma de S/. 96,652.91 soles (costo directo), lo cual corresponde para una vivienda básica de  $A= 120 \text{ m}^2$ , que está compuesto de una sala comedor, cocina, 03 dormitorios, SS.HH y lavadero.

**4.1.1.2. Sistema no Convencional: Botellas PET.** En esta investigación se considera la ejecución de la partida de muros de botellas de plástico PET reciclados de 1500 ml de (9 cm x 34.5 cm), 600 ml de (6.5 cm x 21.5 cm), para el Cono Sur de Lima- Distrito Villa el Salvador. El costo asciende a la suma de S/. 93,876.66 soles (costo directo); lo cual corresponde para una vivienda básica de  $A= 120 \text{ m}^2$ , que está compuesto de una sala comedor, cocina, 03 dormitorios, SS. HH y lavadero.

**Tabla 1***Cuadro comparativo de costos*

ítem	Vivienda uni-familiar	Material utilizado	Costo S/.	Porcentaje (%)	Dif.
1.0	Convencional	Ladrillos KK	96,652.91	100%	
2.0	Ecológico	Botellas PET	93,876.66	97.13%	
					2.87%

*Nota:* En el cuadro comparativo de costos, se aprecia para una vivienda unifamiliar que la ejecución con materiales ecológico con botellas PET su costo es solo el 2.87% menor en comparación en la ejecución de la vivienda unifamiliar con materiales convencionales.

#### **4.1.2. Ventajas técnicas de botellas plástico PET**

De acuerdo con la información obtenida en la revisión documental en la edificación de una vivienda hecha con botellas plástico PET, podemos decir, que el material PET es resistente para la construcción de muros, al tener una gran disponibilidad de botellas recicladas, con capacidad constructiva adecuada y al ofrecer características de estabilidad y versatilidad.

**4.1.2.1 Pruebas de laboratorio de botellas PET.** Con el fin de evaluar las características, en cuanto a la resistencia de las botellas de plástico PET, rellenas con arena de la zona; se realizó el ensayo de compresión simple en el Laboratorio de Mecánica de Suelos.

**Tabla 2***Cuadro de ensayo de compresión simple*

Ítem	Vivienda unifamiliar	Material utilizado	Resistencia a la compresión	Tipo	%
1	Convencional	Ladrillos tipo IV 18 huecos	130 kg/cm <sup>2</sup>	KK Industrial	100.00
2	Ecológico	Botellas PET 1500 ml	207 kg/cm <sup>2</sup>	Arena de la zona	159.00
		Botellas PET 600 ml	143 kg/cm <sup>2</sup>		110.00

*Nota:* En el cuadro comparativo de ensayo de compresión simple se aprecia que la resistencia del material ecológico botellas PET es más resistente que el material convencional ladrillos tipo IV 18 huecos.

**4.1.2.2. Comparación de Ensayo de resistencia de Compresión Simple con otro estudio, realizado por el laboratorio de pruebas y ensayos del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana-Colombia.** Tomamos como referencia las pruebas de resistencia efectuadas por el Laboratorio de Pruebas y Ensayos del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana-Colombia, para validar la hipótesis, en la cual se realizaron las primeras pruebas de resistencia máxima de botellas rellenas sometidas a cargas de compresión.

Dichas pruebas se realizaron con las botellas acostadas (tal como se instalan en obra) como se ilustra en la Tabla 3.

**Tabla 3***Resultados de pruebas de resistencia*

Probeta	Relleno	Tamaño (ml)	Carga máxima soportada (kn)
1	Escombros	600 (ml)	310 (kn)
2	Escombros	1500 (ml)	192 (kn)
3	Tierra arenosa	600 (ml)	101 (kn)
4	Tierra arenosa	1500 (ml)	70 (kn)
5	vacía	600 (ml)	5 (kn)
6	vacía	1500 (ml)	4 (kn)

*Nota:* Laboratorio de Pruebas y Ensayos del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Los resultados de pruebas de resistencia presentan los resultados de carga máxima resistente para estas primeras pruebas piloto. Se probaron botellas de plástico PET de tamaños de 600 ml, 1.500 ml y con dos diferentes rellenos: escombros y tierra arenosa, así mismo se

realizó la prueba con botella vacía En la totalidad de los casos las botellas fueron ensayadas con las tapas plásticas roscadas en su extremo correspondiente. De acuerdo con esta prueba, el relleno que mejor soporta la aplicación de la carga es el escombros seguido por la tierra arenosa. Asimismo, los resultados, las botellas de menor tamaño (600 ml) presentaron una carga resistente superior y las botellas vacías soportaron una carga notablemente inferior a la que soportan las botellas con algún tipo de relleno. Se tomaron los tipos de botellas de los productos de mayor consumo y, por ende, mayor cantidad de material en la planta de reciclaje (Ruiz et al., 2012).

#### ***4.1.3. Reducción de materiales contaminantes: ladrillo KK industrial tipo IV***

En la presente tesis solo se considera el reemplazo de los muros para la edificación de viviendas. Moreno (2003) afirma que:

Los materiales contaminantes son básicamente los combustibles que son utilizados en los hornos, las cuales emiten gases tóxicos altamente contaminantes como llantas, aceites gastados, residuos industriales y casi cualquier material orgánico de desecho, que generan dioxinas y furanos, distintas especies de hidrocarburos, volúmenes masivos de partículas, monóxido de carbono, óxidos de azufre y de nitrógeno. Contaminando la atmósfera, cuerpos de agua y suelo. Constituyendo además un problema social y de salud.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Quevedo (2017) expone que el análisis económico de la estructura de costos para la construcción de 1 m<sup>2</sup> con muros de ladrillos KK industrial tipo IV, son para aparejo de cabeza S/ 89.79 soles y para las botellas de plástico PET recicladas (re llenas con arena de la zona), tienen un costo para aparejo de cabeza de S/. 56.97 soles.

En la presente investigación concluimos que el porcentaje de reducción de costos para el material ecológico, frente al material convencional es solo el 2.87%.

Por otro lado, la prueba de resistencia a la compresión realizada en el Laboratorio de Pruebas y Ensayos del Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Javeriana, Colombia (2012), indican que la resistencia mecánica del ecoladrillo (botellas PET) fue de 70 kn para una muestra de 1500 ml y 101 kn para una muestra de 600ml re llenadas con tierra arenosa (López, 2012).

De acuerdo con los resultados de la presente investigación se ha obtenido en el laboratorio de mecánica de suelos para las unidades estructurales de botellas de plástico PET recicladas de 1500 ml (re llenas con arena de la zona), aumenta en 77 kg/cm<sup>2</sup> y para la botella de 600 ml aumenta 13 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia; de acuerdo con el ensayo de compresión simple; respecto a las unidades convencionales (ladrillo KK industrial tipo IV, que tiene una resistencia de compresión simple de 130 kg/cm<sup>2</sup>).

## VI. CONCLUSIONES

Este trabajo de investigación ayudará a comprender que la utilización de las botellas plásticas PET recicladas, en lugar del ladrillo KK industrial tipo IV, cuenta con ciertos beneficios: que es durable, es resistente a agentes naturales y es un buen aislante del frío y calor exterior. Esta técnica constructiva tiene la ventaja de combinarse con los sistemas tradicionales de construcción.

- En cuanto a los costos, este sistema de edificación con botellas plásticas PET recicladas, el ahorro es solo del 2.87 %, con respecto al sistema convencional, en referencia a los muros de una edificación.
- La edificación con botellas PET reciclados, es viable a nivel de resistencia; de acuerdo con el resultado del ensayo de compresión simple, tiene una resistencia de 59 % mayor para las botellas PET de 1500ml y 10% mayor para las botellas PET DE 600 ml, con respecto ladrillo KK industrial tipo IV (unidad de albañilería).
- Al reutilizar las botellas de plástico reduciríamos la contaminación ambiental y promoveríamos el reciclado del plástico, con lo cual estaríamos contribuyendo con el cuidado del medio ambiente.

## VII. RECOMENDACIONES

Me permito recomendar que el uso de las botellas PET recicladas, como unidades de albañilería, para la edificación de viviendas unifamiliares en el distrito de Villa el Salvador:

- Sean utilizadas para locales comunales, ya que el trabajo de la edificación lo realizarían los mismos pobladores, por tanto, se reducirían los costos de mano de obra.
- Realizar coordinación con el área de medio ambiente de la municipalidad, para el acopio y traslado de las botellas PET reciclados al área donde se realizaría la edificación.
- Coordinaciones con diversas ONG dedicadas al cuidado del medio ambiente, para su apoyo técnico-económico.
- De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede deducir que con el uso de botellas de plástico PET recicladas, mejoraríamos el cuidado del medio ambiente.

## VIII. REFERENCIAS

- Arenas, F. (2007). *El Impacto Ambiental en la Edificación*. Edisofer
- Benites, F. (26 de marzo del 2013). Ladrilleras artesanales producen alta contaminación ambiental. *Blog: Flor Benites*. <http://freundefbc.blogspot.com/>
- Campbell, R. (s.f.). *Instalaciones de reciclaje de PET*. Krones.  
<https://www.krones.com/es/index.php>
- Carazas, A. y Yuca, S. (1999). *Estudio Preliminar de los Agentes Contaminantes Primarios del Aire por la Quema de Ladrillos en Manahuañunca- Santiago*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusca.
- Charo, E. y Quevedo, E. (2017). Influencia de las Unidades de Albañilería Tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote-Ancash [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3105>
- Contaminación producida por las botellas de plástico. *La jornada ecológica*. (2013). Editorial Laura A.
- Diario la Republica. (25 de mayo del 2019). *Cuando el Reciclaje se Convierte en Apoyo Social Para las Familias*. <https://larepublica.pe/sociedad/706887-cuando-el-reciclaje-se-convierte-en-apoyo-social-para-las-familias/>
- Fálcon, K. (29 de marzo del 2016). Casa construida con botellas PET recicladas en Nigeria. *EcoInventos*. <https://ecoinventos.com/casa-construida-con-botellas-pet-recicladas-en-nigeria/>

- Fernández, L. (22 de diciembre del 2013). Ladrilleros generan grave contaminación con hornos que funcionan sin control. *La República*. <https://larepublica.pe/archivo/760199-ladrilleros-generan-grave-contaminacion-con-hornos-que-funcionan-sin-control>
- Flores, D. (8 de enero del 2014). Casas ecológicas: construcciones con botellas plásticas, neumáticos o bambú ayudan a reciclar. *Medimun*. <https://medium.com/goplacedit-datos/casas-ecologicas-construcciones-con-botellas-plasticas-neumaticos-o-bambu-ayudan-a-reciclar-df97efa19f6c>
- Flores, R. (2002). *Diagnostico Preliminar de la Vulnerabilidad Sísmica de las Autoconstrucciones* [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica Del Perú].  
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/5668>
- Gutiérrez, D. (2014). Contaminación Ambiental por ladrillos Artesanales en el Departamento de Puno. *Monografías*. <https://www.monografias.com/trabajos101/contaminacion-ambiental-ladrillos-artesanales-departamento-puno/contaminacion-ambiental-ladrillos-artesanales-departamento-puno>
- Hermann, J. (2021). *La industria del Reciclaje en el contexto del Sistema de Gestión de Envases y Embalajes*. Centro de Competencia de la Universidad Adolfo Ibáñez.  
<https://centrocompetencia.com/wp-content/uploads/2021/11/REP-Jorge-Hermann-Informe-economico.pdf>
- Ione Arruda. (1 de noviembre del 2010). Casa construida con garrafas PET. [Archivo de video]. Youtube. <https://youtu.be/-wPMpzpAYqg>

- Ipanaque, T. (1996). *Costos y Presupuesto de Obras con Sistema Constructivo Convencionales en Edificaciones* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería].  
<http://hdl.handle.net/20.500.14076/20375>
- Maqbool, R. (2 de agosto del 2017). Descubren una isla de basura plástica más grande que todo México. *Noticieros Televisa*. <https://noticieros.televisa.com/historia/descubren-isla-basura-plastica-mas-grande-que-mexico/>
- Maronese, A. (2012). *Del Desecho al Hecho* [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad Simón Bolívar.
- Ministerio del Ambiente. (2013). Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipales y No Municipales.  
<https://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>
- Miyashiro, J. (2009). *Vulnerabilidad físico habitacional: Tarea de todos ¿Responsabilidad de alguien?*. Centro de Estudios y Promoción del Desarrollo. <https://www.desco.org.pe/>
- Mosqueira, M. y Tarque, S. (2005). *Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/850>
- Ñurinda, J. y Silva, J. (2016). *Diseño y Desarrollo Experimental de un Panel a Base de Botellas PET para ser Utilizado en Construcciones de Muros en Viviendas* [Tesis de técnico superior, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua – Managua].  
<http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/2739>

Oviedo, L. (19 de abril del 2012). Muros por botellas. *Muros por Botellas*.

<http://murosporbotellas.blogspot.com/>

Perez, E. (12 de noviembre del 2011). En Detalle: Construcción con botellas reciclada. *Arch Daily*. <https://www.archdaily.pe/pe/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas>

Perú 21. (9 de septiembre del 2017). Perú produce 3 mil toneladas de basura diaria y solo recicla el 15%. *Diario Perú21*. <https://peru21.pe/peru/peru-produce-3-mil-toneladas-basura-diaria-recicla-15-375157-noticia/>

Ramiro, G. (s.f.). Viviendas vulnerables. Cerro Lomo de Corvina, Villa El Salvador. *All Travels*.

<https://es.alltravels.com/peru/lima-metropolitan/pachacamac/fotos/corriente-foto-1147029>

Rivera, J. (28 de agosto del 2014). Con botellas de PET, construyen viviendas en Tlaxcala. *Obras por Expansión*. <http://obrasweb.mx/soluciones/2014/08/28/con-botellas-de-pet-construyen-viviendas-en-tlaxcala>

Robles, A. (22 de mayo del 2016). MTPE capacitará a recicladores de Lima Metropolitana, Arequipa, Trujillo, Piura e Iquitos. *Andina*. <https://andina.pe/agencia/noticia-mtpe-capacitara-a-recicladores-lima-metropolitana-arequipa-trujillo-piura-e-iquitos-613742.aspx>.

Ruiz, D., López, C. y Cortes, E. (2012). Nueva alternativa de construcción: Botellas PET con relleno de tierra. *Apuntes 25* (2), 292 – 303

- Ruiz, D., López, C., Cortes, E. y Froese, A. (2012). Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. *Revista De Estudios Sobre Patrimonio Cultural*, 25(2), 292-303. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8813>
- Ruiz, D., López, C., Cortes, E. y Froese, A. (2012). Nueva alternativa de construcción: Botellas PET con relleno de tierra. 25 (2), 292 – 303.
- Solis, M. (17 de febrero del 2014). Cada año se reciclan 12 mil tn de botellas Pet. *El Día*. [https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=356&pla=3&id\\_articulo=1388](https://www.eldia.com.bo/index.php?cat=356&pla=3&id_articulo=1388)
- Universidad Nacional de Ingeniería - CISMID. (2014). Guía para la Construcción con Albañilería. <http://www.cismid.uni.edu.pe/guia-para-la-construccion-con-albanileria/>

## IX. ANEXOS

## Anexo A. Matriz de Consistencia



PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema Principal</b> ¿Cómo determinar la optimización de los costos en las unidades de albañilería tipo PET, en la edificación de viviendas unifamiliares en el distrito Villa el Salvador?</p>	<p><b>Objetivo Principal</b> ¿Determinar la influencia de las unidades de albañilería tipo PET, sobre las características técnicas, económicas y ambientales en la edificación de viviendas unifamiliares en el distrito de Villa El Salvador?</p>	<p><b>Hipótesis General</b> Determinando la optimización de costos de las unidades de albañilería tipo PET, se edificará viviendas unifamiliares en el Distrito Villa El Salvador.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Botellas de plástico PET recicladas.</p> <p><b>Variable dependiente</b> Optimización de costos</p>	<p><b>Método:</b> Deductivo, orientación aplicada, enfoque cuantitativo</p> <p><b>Tipo:</b> Descriptivo, explicativo.</p> <p><b>Diseño:</b> No experimental, prospectivo, transversal y estudio de diseño de cohorte</p> <p><b>Nivel:</b> Descriptivo</p>
<p><b>Problemas específicos</b> 1. ¿Cómo influye el costo unitario por m<sup>2</sup> de muro ecológico, utilizando botellas de plástico PET recicladas frente a un muro tradicional usando los ladrillos King kong en la edificación de viviendas unifamiliares en el distrito Villa el Salvador?</p> <p>2. ¿Cómo aprovechar la resistencia de las botellas de plástico PET recicladas, frente a las unidades de albañilería tradicional, en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito de Villa el Salvador?</p>	<p><b>Objetivos específicos</b> 1. Determinar el costo unitario por m<sup>2</sup> de albañilería tipo PET y la albañilería con ladrillos King Kong, en la edificación de viviendas unifamiliares en el distrito de Villa el Salvador?</p> <p>2. ¿Aprovechar la resistencia de las botellas de plástico PET para ser utilizadas en las unidades de albañilería, en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito de Villa el Salvador?</p>	<p><b>Hipótesis Específicos</b> 1. Determinando el costo de albañilería tipo PET frente a los ladrillos King Kong, se edificará, viviendas unifamiliares del Distrito Villa El Salvador.</p> <p>2. Aprovechando la resistencia de las botellas de plástico PET en las unidades de albañilería, se edificará viviendas unifamiliares Distrito Villa El Salvador.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Unidades de albañilería tipo PET.</p> <p><b>Variable dependiente</b> Reducción de costo.</p> <p><b>Variable Independiente</b> Resistencia de botellas de plástico PET.</p> <p><b>Variable dependiente</b> Unidades de albañilería tipo PET.</p>	

<p>3. ¿Qué materiales contaminantes se dejarán de utilizar con el uso de botellas de plástico PET recicladas, en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito Villa el Salvador?</p>	<p>3. ¿ Identificar los materiales utilizados en el sistema convencional para reducir la contaminación en la edificación de Viviendas unifamiliares en el Distrito de Villa el Salvador?</p>	<p>3. Identificando los materiales utilizados en el sistema convencional se reducirá la contaminación ambiental en la edificación de viviendas unifamiliares en el Distrito Villa El Salvador.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Materiales contaminantes.</p> <p><b>Variable dependiente</b> Reducción de la contaminación.</p>	
--	--	--	--	--

