



UNS
ESCUELA DE
POSTGRADO

**“INFLUENCIA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA TIPO PET
SOBRE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS Y ECONOMICAS
DE VIVIENDAS ECOLOGICAS PARA LA ZONA DE
EXPANSION DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE, ANCASH”**

**Tesis para optar el grado de Maestro en
Ciencias en Gestión Ambiental**

Autor:

Bach. ELENA CHARO QUEVEDO HARO

Asesor:

Dr. RIGOBERTO CERNA CHAVEZ

**CHIMBOTE - PERÚ
2017**



**ESCUELA DE POST GRADO
MAESTRIA EN GESTION AMBIENTAL**

PRESENTACION

SEÑORES MIEMBROS DEL JURADO:

Cumpliendo con el Reglamento de Graduación de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Santa, someto a vuestra consideración la tesis titulada “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”, en el sector Casablanca

Nuevo Chimbote, 07 de Noviembre de 2017

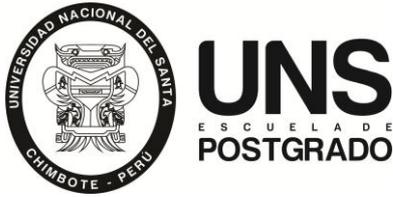


CONSTANCIA DE ASESORAMIENTO DE LA TESIS DE MAESTRIA

Yo, **Rigoberto Cerna Chávez**, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la Tesis de Maestría titulada: **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**, elaborada por la bachiller Quevedo Haro Elena Charo para obtener el Grado Académico de Maestro en Gestión Ambiental en la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 07 de Noviembre de 2017

Dr. Rigoberto Cerna Chávez
ASESOR



HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

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 PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN GESTION AMBIENTAL

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

.....
Dr. Juan Fernando Merino Moya
PRESIDENTE

.....
Mg. Abner Itamar León Bobadilla
SECRETARIO

.....
Dr. Rigoberto Cerna Chávez
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres Irene y Julio, por ser mi inspiración de lucha y sacrificio.

A mi hermana Vanessa, por su infinito amor y por ser la gestora de todos mis proyectos profesionales.

A mi esposo Xavier, por su amor incondicional y por ser un pilar en mi vida y porque sin su paciencia y apoyo no hubiese llegado a cumplir mis metas.

A mis hermosos hijos Axel y Jhoseba, por ser la luz de mis ojos y la razón y motivo de mi día a día.

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque siempre guía mis pasos y me permite lograr con éxito mis metas trazadas.

A mis hermanas Vanessa y Angélica, por su apoyo invaluable pero sobre todo por su amor.

A mi esposo Xavier, por su amor incondicional y por su incansable apoyo.

A mi asesor y amigo Dr. Rigoberto Cerna Chávez, por los conocimientos brindados y por ser mi guía en el desarrollo de mi investigación.

Al Ing. Jeanpiers Chavez, por su apoyo técnico en el desarrollo de la tesis.

INDICE

	Pág.
Presentación	iii
Constancia de Asesoramiento de la Tesis de Maestría	iv
Hoja de Conformidad del Jurado Evaluador	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice	viii
Lista de Cuadros	x
Lista de Figuras	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCION	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación	3
1.2. Antecedentes de la investigación	5
1.3. Formulación del problema de investigación	6
1.4. Delimitación del estudio	6
1.5. Justificación e importancia de la investigación	7
1.6. Objetivos de la investigación: General y específicos	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1. Fundamentos teóricos de la investigación	8
2.2. Marco conceptual	34
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Hipótesis central de la investigación	36
3.2. Variables e indicadores de la investigación	36
3.3. Métodos de la investigación	37
3.4. Diseño o esquema de la investigación	38

3.5. Población y muestra	38
3.6. Actividades del proceso investigativo	39
3.7. Técnicas e instrumentos de la investigación	40
3.8. Procedimiento para la recolección de datos	40
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Resultados	42
4.2. Discusión	51
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones	53
5.2. Recomendaciones	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	62
Anexo 01: Constancia de Ejecución de ensayos	63
Anexo 02: Datos de Ensayos/Certificados	64
Anexo 03: Procesamiento de Datos	69
Anexo 04: Panel Fotográfico	73

LISTA DE CUADROS

	Pág.
1. Cuadro N° 1: Propiedades Eléctricas del PET	14
2. Cuadro N°.2: Propiedades Físicas del PET	15
3. Cuadro N° 3: Propiedades Mecánicas del PET	15
4. Cuadro N° 4: Propiedades Térmicas del PET	15
5. Cuadro N° 5: Propiedades Químicas del PET	16
6. Cuadro 06. Valor máximo de absorción.	22
7. Cuadro 07. Clase de Unidad de Albañilería para fines estructurales Norma Itintec 331.017.	23
8. Cuadro N. 08. Clase de Unidad de Albañilería para fines estructurales Norma E.070.	23
9. Cuadro N.09. Factores de corrección de f'm por esbeltez.	28
10. Cuadro N. 10. Resistencias Características de la Albañilería Mpa (Kg/cm ²) – Norma E.070.	29
11. Cuadro N° 11. Parámetros Técnicos de Materiales de Construcción	31
12. Cuadro 12. Número de muestras.	39
13. Cuadro N°13: Densidad del Ladrillo Tipo PET.	42
14. Cuadro N°14: Tracción Indirecta (Método Brasileño) del Ladrillo Tipo PET.	42
15. Cuadro N°15: Densidad en Prismas con Ladrillo Tipo PET.	43
16. Cuadro N°16: Resistencia a la Compresión en Prismas Tipo PET.	43
17. Cuadro N°17: Densidad de Muretes Tipo PET	44
18. Cuadro N°18: Tensión Diagonal o Corte en Muretes Tipo PET.	44
19. Cuadro N°19: Resistencia a la Compresión en Mortero de Pega	45
20. Cuadro N°21: Fuerza Cortante Mínima.	46
21. Cuadro N°22. Densidad de muros de la vivienda en albañilería PET .	47
22. Cuadro N°23. Control del Volteo de la Edificación	48
23. Cuadro N°24. Esfuerzo Axial por Gravedad.	48
24. Cuadro N°25. Esfuerzo Axial por gravedad en cada dirección del muro portante.	48
25. Cuadro N°26. Control del Agrietamiento	48

26. Cuadro N°27. Control de Resistencia Global de la Albañilería PET al Corte.	49
27. Cuadro N°28. Análisis de Costos Unitarios de un metro cuadrado de muro de albañilería de arcilla	50
28. Cuadro N°29. Análisis de Costos Unitarios de un metro cuadrado de muro de albañilería tipo PET	50

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Figura N° 1. Unidad química estructural del PET	10
2. Figura N° 2. Reacciones químicas para la obtención del PET	11
3. Figura N° 3. Diseño de Postprueba con un solo grupo	38

RESUMEN

La presente investigación; determinará la influencia de las unidades de albañilería de Polietileno Tereftelato (PET), sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del Distrito de Nuevo Chimbote, los cuales se compararán con las unidades de albañilería tradicional, teniendo que cumplir parámetros mínimos indicados en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Para el estudio se utilizó el diseño Pre-Experimental y se concluye que las unidades de albañilería tipo PET, pueden emplearse como material alternativo para la construcción de muros de viviendas ecológicas, ya que las propiedades físicas y mecánicas evaluadas a las unidades de albañilería tipo PET, prismas, muretes y cubos de mortero de pega, cumplen con los valores mínimos establecidos en la Norma Técnica E-070 Albañilería, así como NTP 399.605, NTP 399.613, NTP 399.621 y MTC E 609-2000. Referente a la evaluación sísmica estructural, las viviendas hechas con ladrillos tipo PET, presentan un buen comportamiento estructural y sísmico, cumpliendo con las exigencias de la norma E-030 Sismorresistente. De la evaluación económica se obtuvo que el uso de las unidades de albañilería tipo PET representan un ahorro del 30.42% respecto al uso de las unidades de albañilería de arcilla.

Palabras Claves: Botellas Plásticas tipo Pet/ Ecoladrillo/ Muro Ecológico/ Vivienda Ecológica/ Vivienda Económica/Zona de Expansión.

ABSTRACT

The present investigation; will determine the influence of polyethylene masonry units Tereftelato (PET), on the technical and economic characteristics of ecological housing for the expansion area of the Nuevo Chimbote District, which will be compared with traditional masonry units, having to meet parameters minimums indicated in the National Building Regulations. For the study the Pre-Experimental design was used and it is concluded that the units of masonry type PET, can be used as an alternative material for the construction of walls of ecological homes, since the physical and mechanical properties evaluated to the units of masonry type PET , prisms, walls and pail mortar cubes, comply with the minimum values established in the Technical Standard E-070 Masonry, as well as NTP 399.605, NTP 399.613, NTP 399.621 and MTC E 609-2000. Concerning the structural seismic evaluation, the houses made with PET-type bricks have a good structural and seismic behavior, fulfilling the requirements of the E-030 Seismic Resistant norm. From the economic evaluation it was obtained that the use of the PET masonry units represent a saving of 30.42% with respect to the use of the clay masonry units.

Key Words: Plastic Bottles Pet / Ecoladrillo / Ecological Wall / Ecological Housing / Economic Housing / Expansion Zone

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la ciudad de Nuevo Chimbote se dirige hacia el sur, y es esta población la que presenta, en su mayoría, problemas de contaminación ambiental, habitabilidad, escasos recursos económicos y desigualdad de oportunidades; en este sentido, la presente investigación se ha desarrollado en esa área de estudio y particularmente en el asentamiento humano Costa Blanca.

En referencia a la contaminación ambiental, ésta se origina por el alto consumo de productos contenidos en materiales plásticos tipo PET, sin un destino final apropiado y tardan entre 100 a 1000 años en biodegradarse, originando un excesivo volumen en los botaderos informales, rellenos sanitarios o cuerpos de agua generando daños en el ambiente. Además, la población ubicada en la zona de estudio, no puede acceder a la construcción de sus viviendas por los altos costos de los materiales de construcción e insolvencia económica por ello se están desarrollando ideas y así eliminar desperdicios mediante la conciencia ambiental en las nuevas generaciones de profesionales a fin de mejorar las condiciones ambientales, la salud pública y las condiciones de vida.

En relación a esta problemática, se han creado diversas ideas para reutilizar y/o reciclar materiales plásticos en aspectos relacionados a la ingeniería civil, como el uso exitoso de envases de PET en la construcción de viviendas, específicamente en unidades de albañilería, que por reducir la contaminación, son consideradas viviendas ecológicas. La utilización de botellas de PET en la construcción de paredes permitirá reciclar las grandes cantidades de este material plástico desechable representando un método innovador de bajo costo que puede reducir costos de materiales de construcción de hasta el 30.42%.

Las características de las estructuras construidas con ladrillo de PET son resistentes a los movimientos sísmicos, como lo han demostrado Gamboa & Recalde (2015), quienes determinaron las bases de diseño para la construcción sostenible con mampostería de ladrillo de PET; asimismo Aguirre & Rodríguez (2016), diseñaron una vivienda ecológica de 18 m² con muros de 40 cm de ancho con un sistema constructivo aporricado, cimentado con concreto armado, y botellas de PET rellenas con arena compactada, determinando el número

de botellas por 1m² y por extensión del total de todos los muros de la vivienda. Se ha determinado que la ductilidad de las paredes depende de la organización estructural de las botellas de PET, recomendándose su colocación en forma horizontal respecto al suelo traslapado una sobre otra y con la boquilla hacia el lado del interior del módulo, relleno los espacios con mezcla de arena y cemento.

La construcción de viviendas ecológicas se vienen desarrollando en varias instituciones de México (Instituto de la Vivienda), Argentina (Centro Experimental de la Vivienda Económica de Córdoba), Colombia y Bolivia (ECO-TEC Soluciones Ambientales), destacando Argentina con un mayor desarrollo tecnológico del reciclado.

ECO-TEC Soluciones Ambientales; es una empresa a nivel mundial que brinda asesorías en el manejo y aprovechamiento de residuos sólidos con fines de construcción, con visión integral de desarrollo social sin impactar negativamente el ambiente; además, ha implementado un sistema de autoconstrucción utilizando botellas de PET no retornables en reemplazo del ladrillo tradicional, es decir, un ladrillo ecológico relleno con tierra u otros materiales desechables o escombros.

Debido a la gran disponibilidad de botellas de plástico no retornable y los problemas ecológicos que originan su destino final así como la necesidad de disminuir los costos de construcción en poblaciones de bajos recursos económicos, se ha desarrollado la presente investigación cuyo objetivo general es determinar la 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. Asimismo, como objetivos específicos se consideran la evaluación de los parámetros de construcción según la normatividad técnica vigente, resistencia sísmica y la reducción de los costos económicos de construcción.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

Esta investigación se fundamenta principalmente en desarrollar una alternativa para solucionar la contaminación ambiental derivada de los efectos negativos ocasionado a la salud pública por las malas prácticas que a diario realizamos, en tal sentido, es de sumo interés crear conciencia ecológica relacionado con el reciclaje o reúso de los residuos sólidos, específicamente de botellas de PET.

La presente investigación se sustenta en los siguientes aspectos:

Generación de residuos sólidos plásticos, estimándose, según García (2015) en 280 millones de toneladas al año de materiales plásticos a nivel mundial que se desechan, acumulándose en la tierra y océanos de todo el mundo. Los residuos plásticos que están en el océano en su mayoría se originan en la superficie terrestre, con bajos índices de reciclaje, que según la agencia dedicada a la protección del ambiente, en Estados Unidos, alcanzan el 9% (Monks, 2016), mientras que en el Perú de las 92 mil toneladas del PET solamente se recuperan 43 mil, y el resto termina en los rellenos, espejos de agua o son quemados emitiendo gases contaminantes (INEI, 2007).

De otro lado; se tiene el incremento gradual de la basura por la falta de interés de las autoridades y por la falta de hábito de reciclar de los habitantes haciendo colapsar los botaderos informales a tal punto que muchas veces son declarados en estados de emergencia.

En nuestra ciudad, según el INEI (2007), a diario se produce 110 toneladas de residuos sólidos equivalente a 0.97 kg de basura por persona en la que el PET representa el 4.31%. Estos residuos son difíciles de destruir y su total degradación tarda de 100 a 1000 años.

Falta de accesibilidad a viviendas, motiva recurrir a viviendas inadecuadas e inseguras generando problemas de infraestructura y habitabilidad en todo el mundo, considerándose que aproximadamente

330 millones de familias en el mundo están situadas en asentamientos informales, y que en el 2025, esta cantidad alcanzaría los 440 millones de familias (Pestana & Solórzano, 2016). En tal sentido, el déficit habitacional, según el Banco Interamericano de Desarrollo, indica que Nicaragua cuenta con déficit acumulado de 78%, Guatemala con 67%, El Salvador con 58%, Honduras con 57% y Costa Rica con 18% (100% noticias, 2016).

Según Castillo & Forray (2014), en Chile, los costos de vivienda para una familia pobre superan el establecido por el programa de Vivienda Social en cifras jamás vistos en la historia del financiamiento habitacional, mientras que el Perú ocupa el tercer puesto en Latinoamérica con mayor déficit de vivienda del 72% (Radio Programas del Perú-Noticias, 2016), debido a los altos costos de los materiales con las que se las elabora y por la falta de solvencia económica de los habitantes; sin embargo, el 52,9% cuenta con vivienda propia totalmente pagada y el 20,9% cuenta con vivienda por invasión (INEI, 2007).

Respecto al material de construcción el 70.8% está hecho por ladrillos o bloques de cemento, 4.1% de madera, 22.7% de esteras y 1,6% de otros materiales no convencionales graficando la importancia de estos elementos de construcción y la necesidad en la innovación para buscar la armonía entre las construcciones y el ambiente (INEI, 2007). Por otro lado, la demanda efectiva en el Distrito de Nuevo Chimbote es de 7 577 viviendas propiciando invasiones en zonas no adecuadas que a su vez generan problemas de habitabilidad (Fondo Mi Vivienda S.A, 2007).

La Organización de las Naciones Unidas ha alertado a los gobiernos sobre el agravamiento de la escasez de vivienda en las ciudades que se presentará en los próximos 25 años, precisando que el 40% de la población urbana necesitará viviendas e infraestructuras de servicios básicos de aquí al 2030, adicionado a la ya existente demanda de 2.000 millones de personas, que actualmente comprenden el 50% de la población del planeta (ONU-HABITAT, 2010).

Explotación de canteras (extracción de materiales) y emisiones contaminantes al aire, debido a la fabricación del ladrillo tradicional ocasionan deterioro o alteraciones en las naturales condiciones de la tierra y el aire.

1.2. Antecedentes de la investigación

Celi (2013) analiza un sistema constructivo con botellas recicladas de PET y propone el diseño para un centro de exposición y capacitación de la planta de reciclaje de la ciudad de Loja, Ecuador; concluyendo que la cultura de reciclaje genera beneficios ambientales a la comunidad, al aprovechar los residuos sólidos y los desechos en la construcción, creando conciencia ambiental y sensibilizando a la población frente al manejo de los mismos, asimismo, Valle (2013) demostró que con botellas plásticas de tres litros como unidad estructural para mampostería liviana se tienen unidades estructurales de mampostería tipo PET de mayor resistencia a la compresión (23.63 kg/cm^2) respecto a las unidades convencionales, mientras que Gamboa & Recalde (2015), concluyeron que mamposterías construidas con botellas de PET proporcionan estructuras sismo resistentes a bajo costo por el uso de mano de obra no calificada.

Existen equipos de profesionales trabajando en áreas relacionadas a la construcción utilizando diseños económicos, así tenemos a la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia y el Grupo de Investigación en Materiales y Estructuras (GRIME), Ruiz *et al.* (2012) cuyos estudios estuvieron centrados en el sistema constructivo y el análisis de las características básicas de los elementos que conforman el sistema mediante pruebas piloto de comportamiento mecánico de muros y tanques. Las botellas de plástico fueron llenadas y apisonadas por capas hasta llenarlas sin presentar abolladuras ni ceder a la presión mecánica de sus caras laterales. Se utilizaron tres tipos de mezcla: arena-cemento en diferentes proporciones como pega o para pañetes en proporciones de 1:4, 1:6 o de 1:10 dependiendo del uso; cal-tierra, empleado como acabado final del sistema constructivo; tierra como pega entre hiladas; y

respecto a la cimentación, se recomienda el uso de una placa de base de concreto ciclópeo, y los sobrecimientos con piedra laja, ladrillo tolete común o ladrillo tolete cocido con algún tipo de impermeabilizante, que aisle la construcción de la humedad, asimismo, los muros preparados serán unidos con mortero de arena-cemento.

También desarrollaron pruebas para evaluar la resistencia mecánica a la compresión y el comportamiento mecánico de los muros ante cargas perpendiculares al plano del muro concluyendo que: “hay revelación de datos positivos en cuanto al comportamiento mecánico de los muros para determinar la resistencia e identificar el mecanismo de colapso en caso de volteo de un muro, el cual revela que a un ángulo de 60°, las botellas se inclinan generando una deformación y aunque las cuerdas con que van entrelazadas las botellas pierden tensión, no se genera un colapso de la pared. En referencia a los ensayos de volteo de muro, que consiste en determinar la resistencia a una aceleración uniforme que actúa en dirección perpendicular al plano, e identificar el mecanismo de colapso más probable del elemento en esta dirección se elaboró un muro completo en botellas de 1.5 l dentro de un marco metálico de soporte para transmitir las cargas al muro. El muro se sometió a un proceso de volteo lento mediante un montacargas generando una carga uniformemente distribuida perpendicular al plano del muro. El ensayo se terminó, cuando se detectó un comportamiento anómalo en el muro, el cual se dio en un ángulo de 60° con respecto a la vertical, momento en el cual las botellas se empezaron a inclinar hacia delante, generando una deformación con doble concavidad”.

1.3. Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la 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?

1.4. Delimitación del estudio

La investigación se ha delimitado y circunscrito al Asentamiento Humano Costa Blanca del distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa.

1.5. Justificación e importancia de la investigación

El presente trabajo de investigación se justifica plenamente por la existencia de grandes cantidades de botellas tipos PET desechables y la necesidad de generar conciencia ecológica que permita inculcar hábitos de reciclaje y evitar o minimizar los impactos negativos de tales residuos en los ambientes terrestres, acuáticos y aéreos de nuestra localidad. Consideramos que el principal aporte será la innovación de materiales de construcción sostenibles o ecológicos, específicamente para la construcción de muros de viviendas, por lo que se plantea el uso de botellas tipo PET como materia prima que a su vez ayude a solucionar los problemas más álgidos derivados de la contaminación ambiental y la falta de viviendas. También se considera la disminución de los costos de construcción de vivienda de un piso con adecuadas condiciones sismo resistentes dentro de los parámetros establecidos en las normas E-70 (Albañilería) y E-30 (Sismorresistente) del Reglamento Nacional de Edificaciones.

1.6. Objetivos de la investigación: General y específicos

1.6.1. Objetivo General

Determinar la Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas-económicas en viviendas ecológicas, para la zona de expansión del distrito de Nuevo Chimbote, Ancash.

1.6.2. Objetivos Específicos

Calcular la Densidad (δ) y la resistencia a la compresión ($f'c$) de las unidades de albañilería tipo PET.

Calcular la Densidad (δ) y la resistencia a la compresión Axial ($f'm$) del prisma tipo PET.

Calcular la Densidad (δ) y la resistencia a la compresión Diagonal ($v'm$) del murete tipo PET.

Ensayar la resistencia a la compresión ($f'c$) del mortero de pega.

Realizar el diseño sísmico-estructural de la vivienda ecológica.

Elaborar el costo unitario por m^2 de la albañilería tipo PET y la albañilería tradicional.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

Existe una amplia gama de materiales plásticos para fabricar botellas tales como el polietileno (PE) de alta y baja densidad, identificados como HDPE y LDPE, respectivamente; el polietileno de tereftalato (PET); el cloruro de polivinilo (PVC); el polipropileno (PP) y poliestireno (PS) que se eligen en función de las propiedades y de acuerdo al uso para el cual sea destinado el envase. (Guoxi *et al.*, 2005). El material de mayor utilización para la fabricación de botellas es el PE por ser económico, translúcido, flexible, resistente al impacto y compatible con muchos productos (incluyendo algunos corrosivos). EL PVC presenta gran transparencia y resistencia química (excepto frente a disolventes) por lo que se usa para fabricar botellas de aceites comestibles, vinagre, champú y productos cosméticos, pero es incompatible con productos calientes ya que se degrada a 71.1°C, mientras que el PP es estable a altas temperaturas y se utilizan para envasar productos que requieran protección contra la humedad. El PS es transparente y se emplea, preferente para productos secos por no tener buenas propiedades de barrera. De todos estos, el PET es el plástico más utilizado para contener bebidas carbonatadas y agua; cobrando gran importancia dada sus numerosas aplicaciones. (Guoxi, *et al.*, 2005).

El plástico es un compuesto que se puede moldear mediante la acción del calor y la presión y es indispensable para el aprovechamiento de las personas e industrias de todo tipo (Pascual, 2015), son sustancias orgánicas constituidas por largas cadenas macromoleculares de carbono e hidrógeno primordialmente (Meza, 2014, párr. 4), de muchas aplicaciones por sus características de ser duradero, fuerte, blando, con alto grado de resistencia al agua, pudiéndose reciclar y reutilizar (Gallardo, 2014). El plástico se caracteriza por su buena resistencia a los agentes químicos, como ácidos, solventes y álcalis, por su elevada relación resistencia/densidad y por ser buenos aislantes térmicos y

eléctricos De Andas (2005), y según Guoxi *et al.*, (2005) se clasificación en:

- a) Termoplásticos con capacidad de volverse a fundir después de haber solidificado en un proceso físico reversible cuya estructura molecular presenta pocos o ningún entrecruzamientos de tal manera que al solidificarse pueden adquirir estructuras amorfa o semicristalina, en la que los primeros presentan moléculas que se solidifican en disposiciones aleatorias mientras que en los semicristalinos, las moléculas se alinean con las más próximas, para formar regiones que tienen un orden tridimensional.

Ejemplos: polietileno, polipropileno, polietileno tereftalato y cloruro de polivinilo.

- b) Termoestables son polímeros que solidifican como resultado de una reacción química que provoca el entrecruzamiento de las moléculas y se descomponen químicamente sin poder volverse a fundir una vez solidificado, como las resinas fenol-formaldehído y los poliuretanos entre otros.

El Sector Plástico en el Perú

Debido a que el Perú no tiene Petroquímica, la industria plástica trabaja con materias primas importadas lo que ha ocasionado mucha variabilidad en el abastecimiento e incluso importantes caídas en los últimos años, así tenemos que el 2015, su importación cayó a 18% y el 2016, hasta 20%, de los productos primarios de plástico. Se espera que en presente año, la industria plástica se recupere en 5% (Andina, 2016).

El empleo de los materiales plásticos ha aumentado de manera peligrosa, de acuerdo a algunas organizaciones, se ha llegado a superar los 100 millones de botellas al año (Celi, 2013).

Residuos Plásticos un Problema Ambiental

Los problemas ambientales se originan de la costumbre de utilizar material plástico indiscriminadamente cuyo uso es muy breve y son fácilmente desechables (Téllez, 2012, p. 23), contaminando el ambiente. En tal sentido, la contaminación de los océanos y mares es el principal problema ambiental en el mundo, ya que al ser acumulativo podría cubrir todos los espacios de todo el planeta (Tellez, 2012), representando los residuos plásticos alto riesgo para la biodiversidad marina, ya que los animales pueden quedar atrapados o ingerirlos, asimismo, debido al movimiento de las olas pueden dañar los corales. Se tiene conocimiento que al menos 267 especies marinas han quedado atrapadas o han ingerido estos residuos con fatales consecuencia de ello, además, representan un problema estético para las poblaciones costeras.

El polietileno tereftalato (PET)

El PET fue descubierto en 1941 por los químicos británicos Whinfield y Dickson y es un poliéster que en 1952 empezó a utilizarse como una película para conservar los alimentos y en 1976 entró al mercado por su particular aptitud para el embotellado de bebidas carbonatadas (IPCE, 2013).

Las botellas PET son reconocidas por su símbolo que consiste en un triángulo de flechas en torno del número “1” y las siglas PET escritas en la parte inferior (Celi, 2003), químicamente pertenece a la familia de los poliésteres, cuya principal característica es la presencia de enlaces tipo éster ($-\text{CO}-\text{O}-$), y está constituido por grupos etileno y tereftalato (Fig. 1).

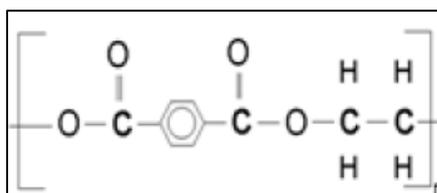


Figura 1. Unidad química estructural del PET

A nivel de laboratorio, el PET se obtiene mezclando ácido tereftálico y etilenglicol por calentamiento en presencia de un catalizador ácido; también se puede sintetizar a partir del cloruro de tereftaloilo y etilenglicol, que pese a ser más sencilla es más costosa y peligrosa. Las siguientes reacciones se muestran en la figura 2.

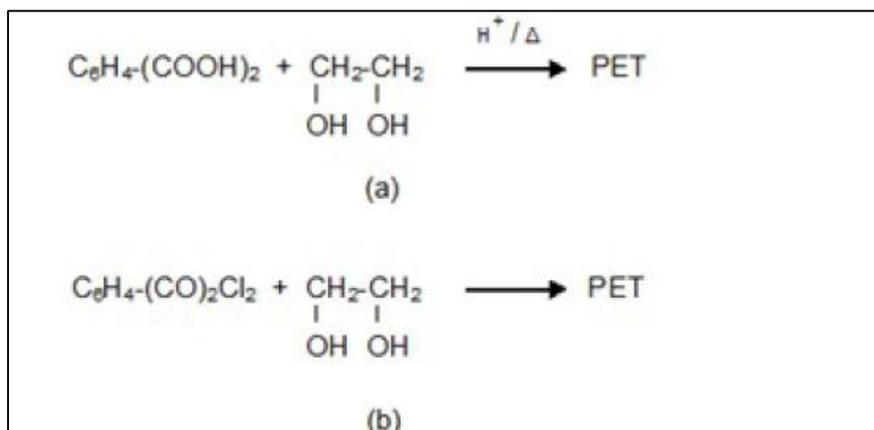


Figura 2. Reacciones químicas para la obtención de PET con etilenglicol; síntesis a partir de: a) Acido Tereftálico y b) Cloruro de Tereftaloilo

La reacción de la polimerización progresa con el aumento de la viscosidad que al alcanzar su límite, se detiene para descargar el producto bajo presión de nitrógeno a un enfriador que lo solidifica y posteriormente se tritura.

La polimerización se efectúa en estado líquido con limitado grado de policondensación obteniéndose productos de baja viscosidad (con masas moleculares que oscilan en los 16,000 g/mol) y de aplicaciones limitadas, mientras que la policondensación en estado sólido es necesario para elevar la resistencia mecánica del plástico y facilitar el moldeo, incrementando su masa molecular desde 23,000 hasta 30,000 g/mol.

Propiedades del PET

Debido a la regularidad estructural que presenta la unidad del PET, muestra alta tendencia a cristalizar relacionada con la polaridad de los grupos éster, ya que el átomo de oxígeno del grupo carbonilo (de carga

negativa) y el carbono (con carga positiva) se atraen mutuamente, permitiendo que los grupos éster de cadenas vecinas se alinien entre sí en una forma cristalina (C-PET). No obstante, siempre coexiste una parte cristalina y otra amorfa (A-PET), que está directamente en función de las condiciones de operación que pueden alcanzar 30-40% de cristalinidad; sin embargo, la presencia del anillo aromático hace que la cristalinidad alcanzada dependa fuertemente de la velocidad de enfriamiento: si procede de manera brusca, el fundido es un producto final prácticamente amorfo, con elevada transparencia y aceptable tenacidad. Si posteriormente es calentado a temperaturas iguales o superiores a su temperatura de transición vítrea (74°C) y en función del tiempo de tratamiento, se induce una cristalinidad desde el estado sólido (cristalización en frío), generando distorsión dimensional, contracción, opacidad e incremento de la rigidez.

Las propiedades del PET varían en función del grado de cristalinidad, de tal manera que el C-PET es de color blanco opaco con una densidad de 1.38 g/cm³, con altos valores de dureza y de resistencia a la abrasión; valores medios de resistencia a la propagación de grietas por tensión y baja resistencia al impacto así como otras propiedades, que incluyen alta capacidad de absorción de agua, elevada impermeabilidad a gases, vapor de agua y aromas y aislamiento eléctrico medio. Su rango de temperatura de uso continuo abarca desde -20 °C a 100 °C, y hasta 135°C en aire caliente.

El A-PET es transparente con una densidad de 1.33 g/cm³ con menor rigidez y dureza que el C-PET, pero mejor resistencia al impacto; su rango de temperatura de uso continuo va de -40°C a 60°C, y en ausencia de aire alcanza 100°C; se cristaliza por encima de los 90°C (con cierta turbidez); es resistente a hidrocarburos y tiene buenas propiedades de barrera frente a gases no polares como O₂ y CO₂.

En el PET existen atracciones de tipo dipolo-dipolo que favorecen una estructura microscópica de entrecruzamiento tipo ovillo. Un mínimo aporte de calor permite que éstas puedan separarse, confiriendo el llamado estado viscoelástico, de tal manera que se tiene un material

transparente y muy impermeable al aire. La combinación de las propiedades de cristalinidad y viscosidad confieren diferentes grados de PET, que se procesa primero en estado amorfo y después con una orientación uniaxial (para fabricar fibras textiles, cinta y lámina) o biaxial (para fabricar envases, películas y tarros); productos que ofrecen una adecuada relación costo-beneficio en lo referente a calidad, ligereza y precios competitivos.

El PET se comercializa en cuatro líneas de producción:

a) PET textil como filamento continuo o fibra cortada, para la fabricación de prendas de vestir, telas tejidas, cuerdas, cinturones de seguridad, hilos de costura, refuerzos de llanta y mangueras. Su alta resistencia química permite fabricar cerdas de brocha y cepillos industriales.

b) PET grado película: para medios magnéticos (películas fotográficas, de rayos X), eléctrico (audio, capacitores, contactos), industrial y artes gráficas (estampado en caliente).

c) PET para envases con características favorables en cuanto a resistencia contra agentes químicos, elevada transparencia, ligereza, menores costos de fabricación y comodidad en su manejo.

d) PET para lámina, disponible en grado amorfo, espumado y cristalino. El amorfo provee claridad, alta pureza y resistencia tanto a bajas temperaturas como a hidrocarburos clorados y capacidad de esterilización por óxido de etileno; el espumado presenta resistencia a temperaturas simultáneas de horneado-congelación.

Otros grados de PET y que en la actualidad están cobrando relevancia, son los reciclados (denominados RPET), algunos de los cuales provienen de desperdicios industriales o postconsumo que se regeneran por tratamientos fisicoquímicos. Los RPET se recomiendan para elaborar envases de productos no alimenticios, fibras no tejidas, láminas, fleje y madera plástica o para el moldeo de otros productos. (Guoxi et al., 2005).

En resumen las principales propiedades del PET son las siguientes:

Alta transparencia.

Alta resistencia al desgaste y corrosión.

Muy buen coeficiente de deslizamiento.

Buena resistencia química y térmica.

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

Totalmente Reciclable.

Buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes

Muy ligero, en relación a su resistencia.

Alto grado de transparencia y brillo, que conserva el sabor y el aroma de los alimentos.

Además Hernández (2011), considera los siguientes datos de resistencia a la compresión de 80 MPa (815 kg/cm²), y un módulo de elasticidad a compresión de 1 GPa (10193 kg/cm²), en cuanto a la tensión, su resistencia es de 55 MPa (560 kg/cm²) y su módulo de elasticidad a tensión de 2.7 GPa (27522 kg/cm²).

Las diferentes propiedades eléctricas, físicas, mecánicas y térmicas del PET son mostradas en las siguientes tablas.

Cuadro 1. Propiedades Eléctricas del PET

Propiedades eléctricas del PET	
Constante Dieléctrica @ 1 MHz	3,0
Factor Disipación a 1 kHz	0,002
Resistencia Dieléctrica (kV mm ⁻¹)	17
Resistividad Superficial (Ohm/sq)	10 ¹³
Resistividad de Volumen (Ohmem)	> 10 ¹⁴

Cuadro 2. Propiedades Físicas del PET

Propiedades físicas del PET	
Absorción de Agua-Equilibrio (%)	< 0,7
Absorción de Agua-en 24 horas (%)	0,1
Densidad (gr/cm ³)	1,3-1,4
Índice Refractivo	1,58-1,64
Índice de Oxígeno Limite (%)	21
Inflamabilidad	HB
Resistencia a la Radiación	Buena

Cuadro 3. Propiedades Mecánicas del PET

Propiedades mecánicas	
Coeficiente de Fricción	0,2-0,4
Dureza - Rockwell	M94-101
Módulo de Tracción (Gpa)	2-4
Relación de Poisson	0,37-0,44
Resistencia a la Tracción (Mpa)	190-260
Resistencia al Impacto Izod (Jm ⁻¹)	13-35

Cuadro 4. Propiedades Térmicas del PET

PROPIEDADES TERMICAS	
Calor específico (JK ⁻¹ Kg ⁻¹)	1200-1350
Coeficiente de Expansión Térmica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	20-80
Conductividad Térmica a 23 C (Wm ⁻¹ K ⁻¹)	0,15-0,4
Temperatura Máxima de Utilización (C)	115-170
Temperatura Mínima de Utilización (C)	-40 a -60
Temperatura de Deflexión en Caliente – 0,45Mpa (C)	115
Temperatura de Deflexión en Caliente – 0,18Pa (C)	80

Cuadro 5. Propiedades Químicas del PET

Propiedades químicas	
Ácidos - concentrados	Buena-Mala
Ácidos - diluidos	Buena
Álcalis	Mala
Alcoholes	Buena
Cetonas	Buena-Aceptable
Halógenos	Aceptable-Buena
Hidrocarburos Aromáticos	Buena-Aceptable

Fuente:

Goodfellow (<http://www.goodfellow.com/csp/active/gfHome.csp>)

Proceso de Producción del PET

La resina en forma de pellets secos se derriten e introducen a presión por diversas aberturas para fabricar las preformas que luego son calentadas y puestas en un molde que son estiradas hasta alcanzar su tamaño final que al ser soplados con aire a presión adquieran la apariencia del molde y del envase deseado (Muñoz, 2012).

Tiempo de Descomposición del PET

El plástico es uno de los materiales que más demora en deteriorarse, pero a su vez es uno de los elementos más utilizados en la sociedad actual y podría tardar entre 100 a 1000 años en desintegrarse; aunque si está enterrada, este tiempo se prolonga aún más, por no estar expuestos a la luz solar (Gándara, 2016).

Reciclaje de Plástico PET

El PET es un material 100% reciclable y para su apropiado reaprovechamiento, es necesario la disponibilidad de un mayor progreso tecnológico (Celi, 2003), no obstante, parte del auge ambiental que se vive hoy en día está ligado al reciclaje del PET (Ortega, 2011).

“El Perú es un país en pañales en cuanto a reciclaje se refiere” (Paan, 2016) reciclando menos del 5% de las 8,49 toneladas de desechos que se arrojan en Lima (Marín, 2016), y la cantidad que va a parar a un relleno sanitario supera lo que se recicla (Ortega, 2011).

El principal obstáculo de las industrias dedicadas al reciclaje de plásticos PET es la recolección y recuperación del material utilizado que son gran aporte para el crecimiento de la industria recicladora ya que garantiza abastecimiento constante y confiable.

Esteve *et al.* (2015), sostienen que “la tarea de encontrar un uso para el PET no siempre ha sido sencilla pues la estadounidense Food and Drug Administration (FDA), no permitió durante muchos años que se usaran materiales reciclados en aplicaciones en contacto con alimentos.

Uno de los usos más significativos que se le dió al PET reciclado fue la fibra de tal manera que 35 botellas plásticas alcanzaban para el relleno de fibra utilizado en un saco de dormir; otras aplicaciones son la fabricación de camisetas y sábanas a partir de los tejidos poliéster (Jiménez, 2015).

Unidad de albañilería o ladrillo

Según Jiménez (2002), “el ladrillo es un elemento cerámico utilizado en la construcción, el cual es elaborado a base de moldes, para luego ser secado y llevado al proceso de cocción, a fin de obtener una forma ortoédrica” y para Itintec 331.017 (1978), “es la unidad de albañilería fabricada de arcilla moldeada, extruida o prensada en forma de prisma rectangular y quemada o cocida en un horno” mientras que Gallegos & Cassabone (2005), la “unidad de albañilería es el componente básico para la construcción de la albañilería”, considerándose que dicha unidad no tendrá materias extrañas en sus superficies o en su interior (guijarros, conchuelas o nódulos de naturaleza calcárea) y estará bien cocida con color uniforme y no presentar vitrificaciones que al ser golpeada con un martillo, u objeto similar, producirá un sonido metálico; asimismo, no tendrá resquebrajaduras, fracturas, hendiduras o grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia ni tendrá manchas o vetas blanquecinas de origen salitroso o de otro tipo. (Norma E.070, 2006).

Según la Norma Técnica Peruana 331.017 (1978) los ladrillos de arcilla se clasifican en:

- a) Ladrillo macizo que presenta en cualquier sección paralela a la superficie de asiento un área neta que equivale al 75% o más de área bruta de la misma sección.”
- b) Ladrillo perforado que presenta en cualquier sección paralela a la superficie de asiento un área neta que equivale a menos del 75% del área bruta de la misma sección.”
- c) Ladrillo tubular ladrillo con huecos paralelos a la superficie de asientos, empleados para aligerar el peso de los muros”.

El ladrillo presenta diversas propiedades mecánicas y físicas, así tenemos:

Propiedades mecánicas

a) Resistencia a la Compresión (NTP 399.613 y 339.604)

Es una de las principales propiedades que posee el ladrillo, debido a que con esta prueba se define el nivel de su calidad estructural así como el nivel de resistencia que tiene la unidad de albañilería a la intemperie u otra causa de deterioro. Esta propiedad, es considerada la principal propiedad de la unidad de albañilería; puesto que si la unidad posee resultados altos de resistencia a la compresión indicaría que es de buena calidad para fines estructurales y de exposición; pero si la unidad de albañilería obtiene resultados bajos, indicaría que estas unidades son de poca resistencia y no muy durables, así como solo se podrían utilizar en construcciones en condiciones mínimas (Gallegos, 1991).

El esfuerzo a la compresión es definida mediante la siguiente fórmula:

$$f_b = \frac{\text{Carga m'axima}(kg)}{\text{Área bruta } (cm^2)}$$
$$f'_b = f_b - \sigma$$

b) Resistencia a la tracción indirecta

Para Delarge (2014), su determinación consiste en aplicar, a una probeta cilíndrica, una fuerza compresiva actuando a lo largo de su diámetro que conlleva a determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral. Las probetas que se someten a este ensayo suelen separarse en dos mitades según el centro de acción de carga diametral. Para calcular la resistencia a la tracción por compresión diametral, se utiliza la siguiente fórmula:

$$T = \frac{2 \times P}{\pi \times \varphi \times L}$$

Donde:

T = Resistencia a la tracción indirecta de la probeta (Kg/cm²).

P = Carga máxima aplicada (Kg).

φ = Diámetro de la probeta (cm).

L = Longitud de la probeta (cm).

Propiedades Físicas

a) Variabilidad dimensional (NTP 339.613 y NTP 399.604)

Es el efecto de la imperfección geométrica del ladrillo y que además en la construcción de albañilería se manifiesta, por la necesidad de hacer juntas de mortero mayores que las convenientes; a mayores imperfecciones mayores espesores de juntas. Las dimensiones de la unidad, se expresan como: largo x ancho x altura (L x b x h), en centímetros. Para la albañilería de buena calidad se estima que un espesor de juntas de 10 mm a 15 mm es adecuado y suficiente. Se considera que la resistencia de la albañilería disminuye aproximadamente en 15% por cada incremento de 3 mm el espesor de la junta de mortero. (Norma Itintec 331.017, 1978).

La variabilidad dimensional es definida mediante la siguiente fórmula:

$$V = \frac{ME - MP}{ME} * 100$$

Donde:

V : Variabilidad dimensional (%)

ME: Medida especificada por el fabricante (mm)

MP: Medida promedio (mm)

Tolerancias dimensionales

Debido que en la práctica es poco probable que los fabricantes se ajusten a las dimensiones nominales especificadas, se dará la tolerancia admisible en más o en menos referida al tamaño medio aceptado como muestra o patrón. Esta tolerancia está dada respecto a la mayor dimensión y es función de la calidad del ladrillo, así tenemos:

Calidad 1.....	+/- 2,5 mm
Calidad 2.....	+/- 4,0 mm
Calidad 3.....	+/-5,0 mm

b) Alabeo (NTP 339.613)

Esta propiedad permite determinar la deformación curvilínea que presentan las unidades de albañilería en sus superficies que suele originarse durante su proceso de fabricación en sus caras que puede ser cóncavo o convexo, estableciéndose que a un mayor alabeo, mayor será el espesor de las juntas de mortero y se puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (Norma Itintec 331.017, 1978).

En este ensayo se coloca el borde recto de la regla ya sea longitudinal o diagonalmente a una de las caras mayores del ladrillo, luego se introduce la cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima y se efectúa la lectura con la precisión de 1 mm y se registra el valor obtenido y, de acuerdo a la calidad del ladrillo, la

flecha en el centro o extremo de una arista o diagonal de cualquier cara del ladrillo no superará a los valores siguientes:

Calidad 1	2 mm
Calidad 2	3 mm
Calidad 3	5 mm

c) Succión (NTP E 0.70 Albañilería)

Esta propiedad no es considerada como requisito para la clasificación debido a que todo ladrillo investigado excede el límite; pero se incluye esta prueba para aquellas unidades de albañilería que eventualmente no necesiten ser saturadas con agua (Norma Itintec 331.017, 1978). De acuerdo a las condiciones climatológicas regarlas durante media hora entre 10 y 15 horas antes de asentarlas y se recomienda que la succión al instante de asentarlos esté comprendida entre 10 a 20 gr/cm²- min.

Un método de campo para evaluar la succión de manera aproximada, consiste en medir un volumen (cm³) inicial de agua (V1) sobre un recipiente de área definida y vaciar una parte del agua sobre una bandeja, luego se apoya la unidad sobre 3 puntos en una bandeja de manera que su superficie de asiento esté en contacto con una película de agua de 3 mm de altura durante 1 minuto, después de retirar la unidad. Se vacía el agua de la bandeja hacia el recipiente y se vuelve a medir el volumen (V2) de agua. La succión normalizada a un área de 200cm² de obtiene, a través de la siguiente formula:

$$\text{Succión} = 200 \frac{(V1 - V2)}{A}$$

Donde:

V1 = Volumen inicial

V2 = Volumen final

A = Área bruta en centímetros cuadrados de la superficie de asiento de la unidad.

d) Absorción (NTP 399.604 y 399.613)

Esta propiedad está referida a la diferencia que hay entre el peso de la unidad mojada y el peso de la unidad seca, la cual es expresada en porcentaje con respecto al peso de la unidad seca (Norma Itintec 331.017, 1978) y son expresados según la siguiente fórmula considerando los valores según Norma Itintec 331017 (Tabla 6).

$$A = \frac{P_S - P_{SECO}}{P_{SECO}} * 100$$

Donde:

A : Absorción (%)

P_s : Peso saturado (g)

P_{SECO} : Peso seco (g)

Cuadro 6. Valor máximo de absorción.

Tipo	Absorción
I	Sin limite
II	Sin limite
III	25
IV	22
V	22

Fuente: Norma Itintec 331.017 (1978)

Las unidades de albañilería presentan los siguientes tipos característicos (Norma Itintec 331.017, 1978).

Tipo I, resistencia y durabilidad muy bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio con exigencias mínimas.

Tipo II, resistencia y durabilidad bajas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio moderadas.

Tipo III, resistencia y durabilidad media. Apto para construcciones de albañilería de uso general.

Tipo IV, resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio rigurosas.

Tipo V, resistencia y durabilidad muy altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicio particularmente rigurosas.

Asimismo, en las tablas 7 y 8, se consignan diversas características de estos tipos de unidades de albañilería.

Cuadro 7. Clase de Unidad de Albañilería para fines estructurales

TIPO	Variación de la dimensión (Máxima en porcentaje)			Alabeo (máximo en mm)	Resistencia característica a compresión (mínima daN/cm ²)	Densidad (mínimo gr/cm ³)
	Hasta 10 cm	Hasta 15 cm	Más de 15 cm			
I Alternativa-mente	± 8	±6	± 4	10	Sin limite	1.50
					60	Sin limite
II Alternativa-mente	± 7	± 6	± 4	8	Sin limite	1.60
					70	1.55
III	± 5	± 4	± 3	6	95	1.60
IV	± 4	± 3	± 2	4	130	1.65
V	± 3	± 2	± 1	2	180	1.70

Fuente: Norma Itintec 331.017, (1978)

Cuadro 8. 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)

Fuente: Norma E.070, (2006)

Ladrillo tipo PET o ladrillo ecológico

La singularidad de los ladrillos ecológicos es que están conformados por materiales plásticos reciclables y reutilizables, es por ello que se pueden elaborar piezas a partir de materiales en desuso que comúnmente se irían a la basura y tardarían en descomponerse (Navarro, 2013).

El ladrillo tipo PET es una alternativa ecológica empleada en la construcción de la albañilería (muro) para reemplazar el ladrillo o bloque de uso tradicional y promover el reciclaje. En esta investigación el ladrillo tipo PET se fabricó a partir de botellas plásticas de 600ml sin etiquetas de agua mineral San Mateo, las cuales fueron rellenas con arena de la zona en capas y compactadas, con un peso aproximado de 1 260 gr, que de acuerdo a Navarro (2013), estas botellas son muy estables y resultan más fuertes, duraderas, flexibles que los ladrillos tradicionales, y son adaptables a los métodos tradicionales de construcción.

Los ladrillos tipo PET son una opción para ejecutar construcciones más ecológicas, livianas y de mejor aislamiento térmico, que los ladrillos tradicionales que pese a su menor resistencia mecánica se pueden construir casas de hasta dos pisos con losas de concreto, generando fuentes de trabajo a los pobladores de escasos recursos, tanto en el proceso de recolección como en la elaboración de los elementos constructivos (Argüello & Castellanos, 2015). Por ser buenos aisladores del frío y del calor exterior permite significativas disminuciones de los costos en el mantenimiento térmico de viviendas y edificios; también es económico, resistente a los agentes naturales, durables y capaces de soportar cargas muy pesadas.

El ladrillo ecológico es similar en tamaño y textura al ladrillo convencional, con la ventaja que el ladrillo convencional es perjudicial para el ambiente porque su fabricación requiere temperaturas muy elevadas implicando el uso de combustibles y liberación de CO₂, por eso las ladrilleras deberían estar ubicadas lejos de casas o barrios, para evitar enfermedades respiratorias o dermatológicas.

Para la elaboración de los ladrillos tipo PET, de esta investigación, se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Seleccionar botellas plásticas, solo de 600 ml de agua mineral San Mateo por sus características físicas, fácil manipulación y abundancia.
- 2) Retirar las etiquetas y vaciar los elementos que se encuentren dentro de este.
- 3) Llenar hasta la tercera parte de la botella y dejar caer la botella para el reacomodo de las partículas.
- 4) Introducir el listón circular de madera de 30 cm y chucear alrededor de 25 veces. Se llena la 2/3 parte.
- 5) Con el listón circular de madera de 30 cm se chucea alrededor de 25 veces y se llena la 1/3 parte restante.
- 6) Con el mazo de goma se golpea suavemente alrededor de la botella para cubrir los espacios vacíos. Se introduce el listón circular de 30 cm, y con la ayuda del mazo se chucea hasta el punto que la arena no ceda.
- 7) Tapar la botella herméticamente y dejarla totalmente dura simulando un ladrillo o bloque tradicional.

Construcción sostenible

La Construcción es uno de los sectores que más contribuye con el desarrollo económico y social de una nación pero también es el que más aporta con la destrucción del ambiente, debido a que ocupa un alto porcentaje de los recursos naturales del país en las etapas constructivas necesarias para una edificación, generando gran impacto ambiental.

Según el Informe Brundtland, en 1987, fué definido como el avance tecnológico que satisface las necesidades del presente sin involucrar necesidades de las futuras generaciones (Aguilar, 2016), y que en la construcción sostenible deben considerarse la reutilización de los recursos, conservar los recursos, reducir la utilización de energía tradicional, incrementar la calidad en la entrega de materiales y en el

proceso constructivo, proteger el Ambiente y crear un ambiente saludable (Alavedra et al., 1998); en consecuencia, la construcción sostenible debe sustentarse en los siguientes principios ecológicos:

Conservación de recursos a utilizarse.

Reutilización de recursos utilizados.

Utilización de elementos estructurales con materia prima reciclable y renovable.

Disminuir el ciclo de fabricación de las materias primas para disminuir las emisiones tóxicas.

Reducción del consumo de energía eléctrica.

Protección del ambiente.

Incentivar el cambio de hábitos de las personas y comunidades para reducir su impacto en la fase operacional e incrementar su vida útil.

Construcción sostenible con ladrillo tipo PET

Denominada así porque utiliza botellas plásticas tipo PET en la construcción de la albañilería, estimándose el uso de 142 ladrillos tipo PET y 0.1025 m³ de mortero para construir un muro ecológico de 1 m².

La obtención del material de relleno para el ladrillo tipo PET, no genera impacto negativo porque se utilizará arena de la zona. La comunidad que esté cercana a estos proyectos pueden participar en las etapas de fabricación y construcción, disminuyendo el uso excesivo de materiales y mano de obra que son necesarios para la construcción de muros (albañilerías) tradicionales por lo tanto este proceso constructivo considera principios ecológicos en el contexto de la construcción sostenible.

Materiales empleados en la albañilería tipo PET.

a) Ladrillo tipo PET

Es un material innovador que permite emplear las botellas plásticas tipo PET como unidades de albañilería ecológica y éstas sean empleadas en la construcción de mamposterías ecológicas que en la presente investigación se utilizarán botellas plásticas tipo PET,

sin etiquetas, de 600ml rellenas con arena de la zona, con un peso aproximado de 1,200 gr.

b) Mortero

Es una mezcla de aglomerantes (cementos) y agregado fino a los cuales se añadirá la máxima cantidad de agua que proporcione una mezcla trabajable, adhesiva y sin segregación del agregado. Para la elaboración del mortero se tuvo en cuenta las normas NTP 399.607 y 399.6610, con un mortero 1:3 y la adición del 10% de cola sintética (para mejorar adherencia) respecto al peso del agua, con un espesor de 2 cm.

c) Amarre o malla

Para el amarre se utilizó hilo nylon de color negro creando una malla de mejor adherencia con el mortero para el asentado del ladrillo tipo PET y el tarrajeo aumentando la estabilidad ante deslizamiento brusco de la botella.

Ventajas de las viviendas con albañilería tipo PET

Duración: Las Botellas Plásticas (PET) tiene un periodo de degradación en el ambiente entre 100 a 1000 años. Con lo cual se puede garantizar, por ese periodo, la durabilidad de este tipo de construcciones.

Buen Aislamiento térmico: Por tener como relleno arena y un espesor mayor a 25 cm, resulta ser un aislamiento térmico, generando un diseño bioclimático.

Economía: Permite un ahorro en materiales en comparación con la construcción tradicional.

Abundancia: No hay restricción por tamaño, forma o marca en botellas para su uso en el sistema.

Diseño Artístico, brinda un acabado en los muros (únicos) sin necesidad de hacerlos. La naturaleza de la botella lo tiene y solo hay que resaltarlos.

Propiedades de la albañilería

En el Perú tenemos la Norma Técnica E-070 Albañilería del Reglamento Nacional de Edificaciones en donde se proporcionan datos técnicos mínimos a cumplir en la Albañilería.

Los Muros en las construcciones deben cumplir diversas funciones estructurales, debiendo fundamentalmente soportar la acción de cargas verticales y horizontales de ahí la importancia de conocer sus propiedades.

La propiedad más importante es la resistencia a la compresión que se obtiene dividiendo la máxima fuerza que es capaz de resistir la probeta y dependerá del material y forma a ensayar entre el área en planta de la muestra para alcanzar tal resistencia en unidades kg/cm^2 o MPa, además de la tensión diagonal, esfuerzos tangenciales en juntas y esfuerzo cortante. (Gamboa & Recalde, 2015). Las propiedades mecánicas de la albañilería son determinados en laboratorio de acuerdo a las normas NTP 399.605 y 339.621.

La compresión axial es la fuerza de compresión que actúa perpendicularmente al plano axial de manera que el elemento tienda a encogerse hasta fallar (Gamboa & Recalde, 2015). Se realizaron ensayos en 4 pilas o prismas tipo PET para obtener una resistencia a la compresión promedio, según la NTP 399.605 a fin de determinar la resistencia a la compresión de la albañilería, que consiste en una pila de unidades de albañilería asentadas una sobre otra, con ayuda del mortero (Gallegos & Casabonne, 2005). Los prismas, se elaboran con la misma consistencia del mortero y humedad que poseen los ladrillos en una construcción, utilizándose también el mismo espesor de juntas, siendo esta resistencia característica ($f'm$) en pilas, la que se obtiene restando el valor promedio de la muestra ensayada menos la desviación estándar (Norma E.070, 2006), con sus respectivos factores de conversión (Tabla 9) y resistencias características de la albañilería (Tabla 10).

$$f'm = P_{max} / A_b$$

Donde:

$f'm$: Resistencia a compresión axial (kg/cm²).

P_{max} : Carga máxima que resiste la pila (kg).

A_b : Área bruta transversal a la fuerza (cm²).

Tabla 9. Factores de corrección de $f'm$ por esbeltez.

Esbeltez	2.0	2.5	3.0	4.0	4.5	5.0
Factor	0.73	0.80	0.91	0.95	0.98	1.00

Fuente: Norma E.070, (2006)

La resistencia característica se calcula con la siguiente expresión:

$$f'm = f_m - \sigma$$

Donde:

f_m : Resistencia promedio a compresión (kg/cm²)

$f'm$: Resistencia característica a compresión (kg/cm²)

σ : Desviación Estándar.

Cuadro N° 10. Resistencias características de la albañilería en Mpa (kg/cm²)

RESISTENCIAS CARACTERÍSTICAS DE LA ALBAÑILERÍA Mpa (kg / cm²)				
Materia Prima	Denominación	UNIDAD f'_b	PILAS f'_m	MURETES v'_m
Arcilla	King Kong Artesanal	5,4 (55)	3,4 (35)	0,5 (5,1)
	King Kong Industrial	14,2 (145)	6,4 (65)	0,8 (8,1)
	Rejilla Industrial	21,1 (215)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
Sílice-cal	King Kong Normal	15,7 (160)	10,8 (110)	1,0 (9,7)
	Dédalo	14,2 (145)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
	Estándar y mecano (*)	14,2 (145)	10,8 (110)	0,9 (9,2)
Concreto	Bloque Tipo P (*)	4,9 (50)	7,3 (74)	0,8 (8,6)
		6,4 (65)	8,3 (85)	0,9 (9,2)
		7,4 (75)	9,3 (95)	1,0 (9,7)
		8,3 (85)	11,8 (120)	1,1 (10,9)

Fuente: Norma E.070, (2006)

Adhesivos

Los adhesivos o pegamentos, son sustancia que sirven para unir materiales por medio del contacto superficial. Pueden clasificarse según

sea su origen (natural o sintético), sus propiedades mecánicas después del curado y su composición (Alcántara, 2014), asimismo, Miravete (1995 considera los siguientes adhesivos sintéticos:

a) Resinas fenólicas

Son aquellos polímeros derivados de la reacción entre un fenol y un aldehído, con buena resistencia a elevadas temperaturas, al choque y a la abrasión, así como la adhesión a otras resinas (epoxi, urea-formol, etc.).

b) Resina viniléster

Estas resinas resultan de una poliadición de resina epoxi sobre el ácido insaturado acrílico o metacrílico con buenas buenas cualidades mecánicas, así como su excelente fluidez, que facilita el moldeo.

c) Resinas epoxi

Son resinas termoendurecibles que se presentan en forma líquida o viscosa que se transforman en material sólido mediante la acción de endurecedores apropiados y se caracterizan por su baja retracción y buena resistencia a los agentes químicos.

d) Resina poliéster

Estas resinas se obtienen a partir de la poli condensación de uno o diversos glicoles con uno o diferentes diácidos en los que al menos uno de ellos contiene el doble enlace etilénico, son muy flexibles, duros con alta resistencia mecánica, química y térmica.

Evaluación sísmica de una vivienda de albañilería tipo PET

La Evaluación Sísmica consiste en realizar el análisis sismorresistente de una vivienda con sistema estructural resistente a cortantes y momentos fuera de lo común, denominado para esta investigación sistema en albañilería confinada PET mediante la aplicación y reemplazo

del ladrillo de arcilla tradicional, esperando resultados favorables, que garanticen la total estabilidad estructural ante un sismo moderado, y sin presentar ningún tipo de agrietamientos en el muro estructural y resistiendo el momento de volteo y torsional global que trata de colapsar a la vivienda. Cada indicador está registrado en el cuadro de operacionalización de variables.

Referente a la dimensión estructural – sísmico, de la variable dependiente, características técnicas – económicas de las viviendas ecológicas, se muestran sub-indicadores como modelamiento, análisis estático y control de derivas, que se detallan a continuación:

Modelamiento

El modelamiento de la vivienda se realizará a través del modelo matemático para estructuras creado y asistido por el software Etabs 2016, mediante el uso de elementos Wall, el cual se usa para modelar los muros de tabiquería PET, elementos Shell utilizado para modelar la losa aligerada y finalmente los elementos Frame para modelar vigas y columnas. En el modelo matemático se tiene en cuenta diversos parámetros técnicos (Tabla 11) esenciales como:

Brazo rígido

Diafragma rígido y flexible

Excentricidad 5%

Asignación Pier a los muros PET para determinar esfuerzos, así como parámetros esenciales aplicados a cada material.

Cuadro 11. Parámetros técnicos de materiales de construcción

	Concreto	Acero	Tabiquería PET
γ	2.4 Tnf/m ³	7.849 Tnf/m ³	1.46 Tnf/m ³
F'c	210 kg/cm ²	-	-
F'm	-	-	19.60 kgf/cm ²
E	2173706.512 Tnf/m ²	20000000 Tnf/m ²	1167.03 Tnf/m ²
u (Poisson)	0.2	-	0.25
G	905711.05 Tnf/m ²	-	466.81 Tnf/m ²
Fy	-	4200 kgf/cm ²	-

Fuente: Norma E.070, (2006)

El coeficiente de reducción sísmica de acuerdo a la E-070 para el análisis de sistemas con muros portantes se toma el valor de $R=6$ mediante sismo moderado, y cuando se pasa al diseño estructural se toma un $R=3$ incursionando el diseño para sismo severo; asimismo, según la Norma E-030 (ítem 4.6.4), la fuerza cortante mínima, para cada una de las direcciones ortogonales consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entepiso no podrá ser menor que el 80% del valor calculado para el análisis dinámico en estructuras regulares. Al ser la vivienda una estructura totalmente regular, solo basta con que la cortante dinámica supere el 80% de la cortante estática para que ya no sea necesario escalar y se dé por correctos ambos análisis.

Análisis

El análisis sismorresistente fue de dos tipos, ambos usados de manera obligatoria para la zona 4 en la cual se proyecta la vivienda en albañilería PET, el primero es el análisis de fuerzas equivalente o también denominado estático, y el segundo es el análisis dinámico modal – espectral mediante el ingreso de un espectro inelástico de diseño. De acuerdo a la norma E-070 (ítem 19.2), la estructuración en planta, toda edificación que posea el mencionado sistema tendrá que verificarse la densidad de los muros portantes, mediante una relación con la sumatoria de la longitud total del muro, multiplicado por su espesor y dividido todo ello sobre el área en planta lo cual tendrá que ser mayor a la zona multiplicada por el uso, factor del suelo y número de pisos, todo ello sobre 56. Cuando en cualquiera de las direcciones de análisis no exista el área suficiente de muros portantes, se deberá suplir la deficiencia mediante muros de concreto armado o pórticos.

El momento estabilizador de cualquier edificación estará en función a la multiplicación del peso de la edificación por la distancia media del punto del centro geométrico para cada dirección de análisis. El momento que trata de voltear a la edificación será extraído del software Etabs.

Control

El control de la vivienda ante sismo moderado, se tiene varios valores importantes que no se deben superar definiéndolo si pasa el control, como una estructura totalmente estable ante un sismo. Según la Norma E-070 (artículo 26), los diseños de muros de albañilería en edificaciones con sistema de muros portantes se tendrá que verificar la resistencia axial por gravedad, el corte local en cada muro y la resistencia al cortante global.

El esfuerzo axial por gravedad (F_a) será la combinación entre la resistencia a compresión de cada unidad, la altura efectiva del muro y el espesor adoptado. Cabe indicar que la resistencia de toda albañilería tanto de soga como de cabeza será siempre un valor correcto, la causa del cambio de muro de soga a cabeza es por la no resistencia al corte local y el deficiente aporte que estos hacen a la resistencia global, obligando así a que las viviendas mantengan muros de soga, cabeza y placas de concreto armado.

El valor de PG es una combinación adicional que se da en el software y es la siguiente:

$$CM + 25\%CV$$

Con ello se determina el esfuerzo a carga axial dada en cada muro portante en evaluación, y el esfuerzo se determina dividiendo la combinación PG sobre la multiplicación de la longitud del paño con su espesor, todo ello tendrá que ser menor a la máxima resistencia axial de cada muro.

De acuerdo a la norma E-070 para determinar si un muro se agrieta tendrá que tomarse en cuenta varios valores como:

L = longitud del muro

t = espesor del muro

PG = Combinación adicional

V_e = cortante actuante en el muro

M_e = momento actuante en el muro

α = el valor de alfa, es un valor de la reducción de la resistencia al corte por esbeltez, donde, si sale mayor a 1 se toma 1, y si sale menor a 1/3 se toma 1/3.

El muro en análisis no se agrietara si el cortante actuante V_e es menor al cortante V_m resistente, el cortante V_m se calcula de la siguiente manera:

$$V_m = 0.5(V'm)(\alpha)(L)(t)(PG) + (0.23 * V_e)$$

En cuanto al control de derivas, este ya no toma un valor importante, debido a que la vivienda es de 1 nivel y la rigidez de cada muro garantizan mantener un valor de $\Delta < 0.005$ rigiéndose a la E-030 teniendo una vivienda correctamente estructurada.

Para determinar la resistencia total al corte se realiza una sumatoria de todas las resistencias al corte de cada muro, todo ello tendrá que ser menor al cortante a sismo severo.

Se tiene que evaluar la combinación de la norma E-030 y la norma E-070 para la vivienda y ver si cumple con todos los parámetros interpretados y analizados en una investigación, y con ello asegurar el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

2.2. Marco conceptual

Unidades de Albañilería tipo PET

Son unidades de albañilería llamados ladrillos ecológicos, constituidos por las botellas descartables del tipo PET que son materiales que atentan contra el ambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales cuya fabricación y materiales no es tan inocua. (Parnisani, 2014)

Características Técnicas – Económicas

Se definen como las cualidades que permiten identificar a algo o alguien, distinguiéndolo de sus semejantes. Las características económicas (presupuesto), están referidas a los aspectos cuantitativos, así como, las interrelaciones que se dan entre los distintos agentes económicos, de igual forma, los fenómenos y situaciones que de ella se derivan; y las

características técnicas (densidad y resistencia a la compresión), están referidas a los aspectos cualitativos y se derivan de las normas, reglas, procedimientos y protocolos indicados por el reglamento nacional de edificaciones vigentes para usar dichos elementos de principio a fin de manera correcta, necesarios para obtener un buen resultado. (Pérez & Gardey, 2011)

Viviendas Ecológicas

Son un tipo de construcciones que no dañan el medio ambiente porque se utiliza materiales reciclados como botellas, bambú y otros que principalmente va dirigido al público en general y para las megas construcciones ya que los costos para su construcción son bajos. (Judelson, 2016)

Polietileno de tereftelato (PET)

Es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, y conservación del sabor y aroma de los alimentos. Es una barrera contra los gases, reciclable al 100%. (Feed Pack News, 2012)

Unidad de Albañilería

Es un componente cerámico artificial de construcción, compuesto básicamente por arcilla cocida, también puede ser de concreto o de sílice-cal. Puede ser sólida, hueca, alveolar ó tubular. Se emplea para la construcción de diversos elementos constructivos, como muros, tabiques, hornos, etc.

Recuperado de: <http://www.bluebagages.com/construccion/ladrillo.php>

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Hipótesis central de la investigación

El uso de las unidades de albañilería tipo PET influirá positivamente sobre las características técnicas-económicas de las viviendas ecológicas para la zona de expansión del Distrito de Nuevo Chimbote, Ancash.

3.2. Variables e indicadores de la investigación

Variable independiente: Unidades de albañilería tipo PET

Son unidades de albañilería llamados ladrillos ecológicos, constituidos por las botellas descartables tipo PET, los cuales son materiales que no degradan el medioambiente y cuya fabricación también es respetuosa con este, frente a los ladrillos habituales cuya fabricación y materiales no es tan inocua. Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/71448637>

Variable dependiente: Características técnicas–económicas de las viviendas ecológicas

Se definen como las cualidades que permiten identificar a algo o alguien, distinguiéndolo de sus semejantes. Las características económicas (Presupuesto), están referidas a los aspectos cuantitativos, así como, las interrelaciones que se dan entre los distintos agentes económicos, de igual forma, los fenómenos y situaciones que de ella se derivan; y las características técnicas (Densidad y resistencia a la compresión), están referidas a los aspectos cualitativos y se derivan de las normas, reglas, procedimientos y protocolos indicados por el reglamento nacional de edificaciones vigentes para usar dichos elementos de principio a fin de manera correcta, necesarios para obtener un buen resultado (Perez & Gardey, 2011)

Definición operacional

Se diseñará una vivienda ecológica en función a las condiciones de suelo de la zona de estudio, y para ello se ha considerado que la albañilería (muro) esté constituida por unidades de albañilería tipo PET, que consistirán en botellas descartables tipo PET de 600 ml (envases plásticos de agua mineral San Mateo), las mismas que serán rellenas con arena de la zona para posteriormente compactarlas y finalmente sellaremos el envase tapando las botellas respectivamente. Luego, estas unidades de albañilería serán sometidas a los ensayos de densidad y resistencia a la compresión, para que esas propiedades sean comparadas con las unidades de albañilería tradicional. Finalmente se realizará un análisis estructural-sísmico de la vivienda ecológica y será comparado con la albañilería tradicional según la norma E-030 y E-070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, de igual forma, se realizará el costo unitario por metro cuadrado de muro ecológico y este será comparado con el de un muro tradicional.

Indicadores

Densidad (δ) y resistencia a la compresión ($f'c$) de las unidades de albañilería tipo PET.

Densidad (δ) y resistencia a la compresión Axial ($f'm$) del prisma tipo PET.

Densidad (δ) y resistencia a la compresión Diagonal ($v'm$) del murete tipo PET.

Resistencia a la compresión ($f'c$) del mortero de pega.

Diseño sísmico-estructural de la vivienda ecológica.

Costo Unitario por metro cuadrado de un muro tipo PET y el de un muro tradicional.

3.3. Métodos de la investigación

Experimental, porque, se manipulará la variable independiente y se observará el cambio de la variable dependiente.

3.4. Diseño o esquema de la investigación

Pre-Experimental, porque el grado de control es mínimo y consiste en administrar un estímulo a las unidades de análisis para luego determinar el grado en que se manifiestan (Fig. 3).

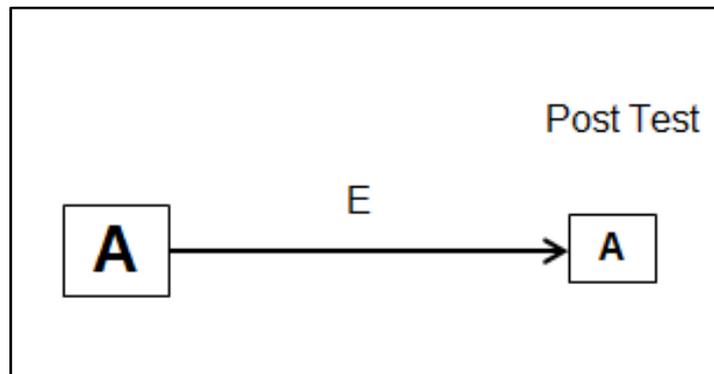


Figura 3. Diseño de Post prueba con un solo grupo

3.5. Población y muestra

Población

Está conformado por los ladrillos ecológicos, los mismos que consisten en unidades de albañilería tipo PET (Envases plásticos transparentes de 600 ml, rellenas con arena).

Muestra

Ha sido seleccionado a través del Método No Probabilístico o Dirigido en función a los parámetros indicados por la norma técnica E.070 de albañilería, en donde indica que, por cada lote constituido por hasta 50 millares de ladrillos, se elegirá al azar una muestra de 10 ladrillos; de los cuales cinco serán ensayados para determinar las propiedades mecánicas y cinco para determinar las propiedades físicas (Tabla 12).

Para la Norma Itintec 331.019 (1982) por "cada 50 000 ladrillos o fracción se realizará la secuencia A de ensayos".

Cuadro 12. Número de muestras.

Ensayos	Secuencia "A"
Dimensiones y alabeo	10
Resistencia a la compresión	5
Densidad	5
Módulo de rotura	5
Absorción	5
Succión	5
Eflorescencia	10

Fuente: Norma Itintec 331.019, (1982)

Para esta investigación, se han ensayado 12 unidades de albañilería tipo PET, de las cuales 06 se ensayaron para la resistencia a la compresión y 06 para el ensayo de densidad.

Adicionalmente se incluyó 208 ladrillos ecológicos para el ensayo de prismas en resistencia a la compresión y muretes en resistencia diagonal o al corte.

Para los cuatro prismas:

Ladrillo Ecológico : n = 24

Para los cuatro muretes:

Ladrillo Ecológico : n = 184

A cada unidad de albañilería se marcará codificándolas, de manera que pueda ser reconocida.

3.6. Actividades del proceso investigativo

Estas se contemplan en el cronograma de ejecución de la Investigación, y está referida a las siguientes etapas:

1. Análisis del diseño de la investigación
2. Delimitación de la población
3. Selección de la muestra

4. Identificación de la técnica e instrumento de toma de datos
5. Elaboración de la ficha de muestreo
6. Toma y anotación de los datos en la ficha
7. Análisis estadístico de los datos
8. Elaboración de los resultados en texto, con apoyo de gráficos y cuadros
9. Elaboración del informe final.

3.7. Técnicas e instrumentos de la investigación

Técnica: Observación Directa

Consiste en el recojo de información (Cargas máximas aplicadas y dimensiones) de las unidades de albañilería tipo PET, mortero de pega y prismas y muretes tipo PET; que registran los equipos del laboratorio de estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en formatos basados en protocolos de la NTP 399.605, NTP 399.613, NTP 339.621, ITINTEC 331.017, ITINTEC 331.081 y MTC E 609-2000.

Instrumentos: Protocolos

Los protocolos establecen los pasos a seguir para realizar los ensayos de Resistencia a la Compresión y Densidad para las unidades de albañilería tipo PET, Ensayos de Compresión Axial y Densidad de Prismas tipo PET, Ensayos de Compresión Diagonal y Densidad de Muretes y Ensayo de Resistencia a la Compresión de los Mortero de Pega, las mismas que están en función a la NTP 399.605, NTP 399.613, NTP 339.621, ITINTEC 331.017, ITINTEC 331.081 y MTC E 609-2000.

3.8. Procedimiento para la recolección de datos

En primer lugar se ha tenido que elaborar 220 unidades de albañilería tipo PET, 04 prismas tipo PET, 04 muretes tipo PET y 06 morteros de pega para la albañilería, todo ello, en concordancia con los parámetros técnicos de las normas para unidades de albañilería tradicional.

A partir de su elaboración se tendrá que contabilizar 28 días para proceder a los ensayos de los prismas y muretes, a partir del día siguiente para las unidades de albañilería tipo PET y a las 24 horas, 7 y 28 días para los morteros de pega de la albañilería.

Con el registro de ensayos, se procede con los mismos y se recogen los datos en formatos parametrados y concordantes con la norma técnica E.070 albañilería, NTP 399.605, NTP 399.613, NTP 339.621 y MTC E 609-2000 y Norma técnica peruana ITINTEC 331.017 y 331.081; siendo estas normativas las que indican cómo se deben seguir los procedimientos para los ensayos de un ladrillo tradicional, y al no existir una norma técnica para ladrillos ecológicos tomamos los parámetros del ladrillo convencional que nos permitirá recoger los datos de manera directa y confiable de los ensayos realizados en los laboratorios de materiales, para su posterior procesamiento.

3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

Análisis ligado a la Contrastación de la Hipótesis, ya que se tratará de demostrar la hipótesis, y afirmaremos que el uso de las unidades de albañilería tipo PET influirá positivamente en las características técnicas y económicas de la vivienda ecológica, para la zona de expansión del Distrito de Nuevo Chimbote.

Para ello; se tomarán los datos de los certificados de ensayos de resistencia a la compresión de las unidades de albañilería tipo PET, resistencia a la compresión axial y al corte de la albañilería tipo PET, así como resistencia a la compresión del mortero de pega; y estos se procesaran en el programa de Microsoft Excel en donde se presentarán los resultados y estos serán comparados con los de una albañilería de arcilla (con los valores establecidos en la norma E-070 de Albañilería) y demostrar su influencia en las características técnicas y económicas de las viviendas ecológicas.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

La densidad promedio (δ) del ladrillo tipo PET es 1.56 gr/cm³, siendo éste, mayor al valor mínimo establecido en la Norma Itintec 331.017 (Cuadro 13); ello es satisfactorio, porque a mayor densidad mejores propiedades de resistencia y perfección geométrica, asimismo, la resistencia a la compresión promedio (f'_{b}) es 15.74 kg/cm² y está por debajo del establecido en la norma E-070 Albañilería (Cuadro 14), por lo tanto no son satisfactorios recomendándose su uso de preferencia para edificaciones aporricadas.

Cuadro 13. Densidad del ladrillo tipo PET

N°	Volumen (cm ³)	Masa (gr)	Densidad (gr/cm ³)	Valor min. (gr/cm ³)
1	784.16	1243.0	1.59	1.5
2	786.59	1222.8	1.55	
3	784.16	1231.9	1.57	
4	786.59	1212.3	1.54	
5	784.16	1228.3	1.57	
Densidad promedio (gr/cm³)			1.56	

Cuadro 14. Tracción Indirecta (Método brasileño) del ladrillo tipo PET

N°	Sección $\pi \times L \times \phi$ (cm ²)	Carga máxima P (Kgf)	Resistencia a la tracción T (kg/cm ²)	Valor min. T (kg/cm ²)
1	489.34	3941	16.11	55
2	490.11	3869	15.79	
3	489.34	3754	15.34	
4	490.11	3879	15.83	
5	489.34	3823	15.62	
Resistencia promedio			15.74	

De otro lado, la densidad promedio (δ) de los prismas tipo PET (2.65 kg/cm²), supera los valores mínimos establecidos por la Norma Itintec 331.017 (Cuadro 15), demostrando su importancia puesto que a mayor densidad mayor resistencia y perfección geométrica. También la resistencia a la compresión promedio ($f'm$) de 42 kg/cm² supera los valores mínimos establecidos por la Norma E-070 (Cuadro 16), con lo cual decimos que a mayor resistencia a la compresión mejor comportamiento mecánico de la albañilería.

Cuadro 15. Densidad en prismas con ladrillo tipo PET

N°	Volumen (cm ³)	Masa (gr)	Densidad (gr/cm ³)	Valor min. (gr/cm ³)
1	17403.88	46000	2.64	
2	17403.88	46000	2.64	
3	17403.88	46000	2.64	1.5
4	17305.83	46000	2.66	
Densidad promedio (gr/cm³)			2.65	

Cuadro 16. Resistencia a la Compresión en Prismas Tipo PET

N°	Sección A (cm ²)	Carga máxima P (kg)	Esfuerzo Σ (kg/cm ²)	Valor mínimo σ (kg/cm ²)
1	490.25	22871.871	46.65	
2	490.25	19924.938	40.64	
3	490.25	18640.116	38.02	35.00
4	490.25	20669.319	42.16	
Resistencia promedio			42.00	

La densidad promedio (δ) de los muretes tipo PET (2.01 kg/cm³) también supera los valores mínimos establecidos por la Norma Itintec 331.017 (Cuadro 17) y es importante, porque a mayor densidad mejores propiedades de resistencia y perfección geométrica. También la resistencia a la tensión diagonal o corte (σ) promedio del murete tipo PET (5.00 kg/cm²) es igual al valor mínimo establecido por la Norma E-070 (Cuadro 18), demostrando buena resistencia al corte, y por ende buen comportamiento mecánico y sísmico de la albañilería tipo PET.

Cuadro 17. Densidad de muretes tipo PET

N°	Volumen (cm ³)	Masa (gr)	Densidad (gr/cm ³)	Valor min. (gr/cm ³)
1	97960.96	197000	2.01	
2	97960.96	197000	2.01	
3	97960.96	197000	2.01	1.5
4	97960.96	197000	2.01	
Densidad promedio (gr/cm³)			2.01	

Cuadro 18. Tensión Diagonal o Corte en Muretes Tipo PET

N°	Sección	Carga máxima	Esfuerzo	Valor mínimo
	A (cm ²)	P (Kg)	T (kg/cm ²)	σ (kg/cm ²)
1	2271.85	10942.4	4.82	
2	2271.85	10942.4	5.00	
3	2271.85	10942.4	4.82	5.00
4	2271.85	10942.4	5.05	
Resistencia promedio			5.00	

En el cuadro 19, se presentan los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión promedio ($f'c$) de los cubos de mortero de pega de la albañilería a los 28 días (218.7 kg/cm²), con valores encima de los 144 kg/cm² consignados por (Quiun, 2005); en consecuencia, los resultados son satisfactorios y definitivamente contribuirán a mejorar el comportamiento mecánico y estructural de la albañilería tipo PET.

Cuadro 19. Resistencia a la compresión del mortero de pega para la albañilería

Edad (días)	Sección A (cm²)	Carga máxima P (Kg)	Esfuerzo Σ (Kg/cm²)	Valor mínimo σ (Kg/cm²)
1	26.52	1899.70	71.63	
	26.52	2101.60	79.25	
Promedio			75.4	
14	26.52	3984.99	150.26	
	26.52	4089.00	154.19	
Promedio			152.2	
28	26.52	5477.83	206.55	144.00
	26.01	6006.03	230.91	
Promedio			218.7	

De acuerdo a la norma E-030 (ítem 4.6.4) la fuerza cortante mínima, para cada una de las direcciones ortogonales consideradas en el análisis en el primer entrespacio no podrá ser menor que el 80% del valor calculado para el análisis dinámico en estructuras regulares. Al ser la vivienda una estructura totalmente regular, solo basta con que la cortante dinámica supere el 80% de la cortante estática para que ya no sea necesario escalar y se dé por correctos ambos análisis, verificados con los datos obtenidos (83%) en nuestra investigación (Cuadro 20).

Cuadro 20. Fuerza Cortante Mínima

	Cortante estático	Cortante dinámico	Evaluación
S_ESTX	17.27	0	
S_ESTY	0	17.27	
DIN_X Max	14.25		
DIN_Y Max		14.25	
%	83%	83%	Correcta

De acuerdo a la norma E-070 (ítem 19.2), toda edificación de albañilería confinada tendrá que verificarse la densidad de muros portantes, mediante una relación con la sumatoria de la longitud total del muro, multiplicado por su espesor y dividido todo ello sobre el área en planta lo cual tendrá que ser mayor a la zona multiplicada por el uso, factor del suelo y número de pisos, todo ello sobre 56, asimismo, cuando en cualquiera de las direcciones de análisis no exista el área suficiente de muros portantes, se deberá suplir la deficiencia mediante muros de concreto armado o pórticos, los resultados obtenidos (Cuadro 21), denotan valores correctos o adecuados para ambos ejes.

Cuadro 21. Densidad de muros de la vivienda en albañilería PET

Para el eje X					
Muro	L (m)	t (m)	Nm	Lt (m²)	Lt x Nm
MX3	2.38	0.25	1	0.5950	0.5950
MX4	2.88	0.25	1	0.72	0.72
MX5	1.75	0.25	1	0.4375	0.4375
				sum	0.01947 Correcta
Para el eje Y					
Muro	L (m)	t (m)	Nm	Lt (m²)	Lt x Nm
MY1	1.80	0.25	1	4.50	4.50
MY2	15.5	0.25	1	3.875	3.875
				sum	0.0930555 Correcta

El momento estabilizador de cualquier edificación estará en función a la multiplicación del peso de la edificación por la distancia media del punto del centro geométrico para cada dirección de análisis. El momento que trata de voltear a la edificación será extraído del software Etabs con valores consignados en el cuadro 22, de tal manera que dividiendo para cada dirección de análisis el momento actuante sobre el momento estabilizador, los valores de 11.18 y 22.60 son mayores al factor de seguridad de 1.5 para garantizar el no volteo de la edificación ante la fuerza sísmica lateral, considerándose como valores correctos; por otro lado, el esfuerzo axial por gravedad (F_a) que es la combinación entre la resistencia a compresión de cada unidad, la altura efectiva del muro y el espesor adoptado, indica la resistencia de toda albañilería de sogas y de cabeza será siempre un valor correcta en la que la causa del cambio de muro de soga a cabeza es por la no resistencia al corte local y el deficiente aporte que estos hacen a la resistencia global, obligando así a que las viviendas mantengan muros de soga, cabeza y placas de concreto armado. Los resultados obtenidos demuestran que los esfuerzos axiales de los muros en ambas direcciones son correctas, así como los valores menores de la máxima resistencia axial de cada muro (36 Tn/m^2) son muy satisfactorios (Cuadros 23, 24).

Cuadro 22. Control del volteo de la edificación

Momento de Volteo			Control
11.18	>	1.5	Correcto
22.60	>	1.5	Correcto

Cuadro 23. Esfuerzo Axial por Gravedad

f'm	19.6	kg/cm ²
h efectiva	3	m
t	25	cm
Fa	36.00	Tn/m²

Cuadro 24. Esfuerzo Axial por gravedad en cada dirección del muro portante

Dirección X-X

Muro	L (m)	t (m)	PG	Esfuerzo	< Fa
MX3	2.38	0.25	0.70	1.18	Correcto
MX4	2.88	0.25	0.88	1.22	Correcto
MX5	1.75	0.25	0.92	2.10	Correcto

Dirección Y-Y

Muro	L (m)	t (m)	PG	Esfuerzo	< Fa
MY1	18	0.25	5.61	1.25	Correcto
MY2	15.5	0.25	6.39	1.65	Correcto

Respecto a las pruebas de agrietamiento, el muro construido con ladrillos tipo PET no se agrieta ya que el cortante actuante V_e es menor al cortante V_m resistente (Cuadro 25).

Cuadro 25. Control del Agrietamiento

Dirección X-X

											Agrie.
Muro	L (m)	t (m)	PG	V_e	Me	Factor	$\frac{1}{3} < \alpha < 1$	V'_m Tn/m ²	V_m (Tnf)	0.55 V_m	Cumple
MX3	2.38	0.25	0.70	0.02	0.007	6.800	1	44.27	13.33	7.33	SI
MX4	2.88	0.25	0.88	0.015	0.005	8.640	1		16.14	8.88	SI
MX5	1.75	0.25	0.92	0.036	0.0036	17.500	1		9.90	5.44	SI

Dirección Y-Y

											Agrie.
Muro	L (m)	t (m)	PG	V_e	Me	Factor	$\frac{1}{3} < \alpha < 1$	V'_m Tn/m ²	V_m (Tnf)	0.55 V_m	Cumple
MY1	18	0.25	5.61	0.0206	2.38	0.156	0.33	44.27	34.16	18.79	SI
MY2	15.5	0.25	6.39	0.0628	3.55	0.274	0.33		29.78	16.38	SI

Finalmente, de acuerdo a la combinación de las Normas E-030 y E-070, la vivienda construida con albañilería tipo PET cumple con los parámetros de resistencia global al movimiento sísmico (Cuadro 26).

Cuadro 26. Control de Resistencia Global de la Albañilería PET al Corte

Sum V_{mx} (Tnf)	V_e max sismo severo (Tnf)	CUMPLE
39.37	34.54	
Sum V_{my} (Tnf)	V_e max sismo severo (Tnf)	CUMPLE
63.94	34.54	

El análisis económico comparativo de la construcción de 1 m² de muro tipo PET respecto a un muro con ladrillos tipo King Kong representa un ahorro del 30.42% (Cuadros 27 y 28).

Cuadro 27. Análisis de Costos Unitarios de un metro cuadrado de muro de albañilería de arcilla

Descripción	Und	Cuad.	Cantidad	P.U	P.P	P.T	%
Operario	hh	1	1.24	20.10	24.92		
Peón	hh	0.5	1.12	14.84	16.56		
Costo de Mano de Obra						41.49	51.10
Cemento Portland tipo I	bls		0.408	18.00	7.34		
Arena Gruesa	m3		0.058	30.00	1.74		
Ladrillo 24x14x9	pz		66.00	0.40	26.40		
Agua	m3		0.013	1	0.01		
Costo de Materiales						35.50	43.72
Andamio	p2		0.58	5.00	2.90		
Clavos de 3"	kg		0.022	2.83	0.06		
Herramientas (3% M.O)	%MO		0.03	41.49	1.24		
Costo de Maquinaria y /o Equipo						4.21	5.18
TOTAL						81.2	100.00

Cuadro 28. Análisis de Costos Unitarios de un metro cuadrado de muro de albañilería tipo PET

Descripción	Und	Cuad.	Cant.	P.U	P.P	P.T	%
Operario	hh	1	0.8	20.10	16.08		
Peón	hh	0.5	0.40	14.83	5.93		
Costo de Mano de Obra						22.01	38.98
Cemento Portland tipo I	bls		1.5	18.00	27.00		
Ladrillo tipo PET	Und		142	0.00	0.00		
Arena Gruesa	m3		0.1	30.00	3.00		
Cola Sintética	Bal.		0.003	20.00	0.06		
Agua	m3		0.03	1	0.03		
Hilo Nylon	Und		0.25	3.00	0.75		
Costo de Materiales						30.84	54.61
Andamio	p2		0.58	5.00	2.90		
Clavos de 3"	kg		0.022	2.83	0.06		
Herramientas (3% M.O)	%M O		0.03	22.01	0.66		
Costo de Maquinaria y /o Equipo						3.62	6.41
Total						56.5	100.00

4.2. DISCUSION

Recalde & Sánchez (2015), determinaron en 1.71 gr/cm^3 la densidad del ladrillo tipo PET diferente al valor de nuestros ensayos (1.56 gr/cm^3), debido a la arena gruesa utilizado como material de relleno que por tener tamaño uniforme no se integran adecuadamente resultando en menor peso por cada unidad de volumen, mientras que el material de relleno con partículas de diversos tamaños permite mejor atracción y acomodo de los granos y por ende mayor peso por unidad de volumen.

Valle (2013), refiere que las unidades estructurales de mampostería tipo PET aumentan la resistencia a la compresión de 23.63 kg/cm^2 , respecto a las unidades convencionales y en la presente investigación, se ha determinado un valor menor (40 kg/cm^2) respecto a la unidad de albañilería tradicional, como consecuencia del relleno utilizado (arena) haciéndola más rígidas y menos flexibles y por ende más vulnerables ante la aplicación de cargas.

Por otro lado, Aguirre & Rodríguez (2016), indican que la resistencia mecánica del ecoladrillo de 1,7 litros es de 454.8 kg/cm^2 valor mucho menor (15.74 kg/cm^2) registrado en el ladrillo tipo PET de esta investigación debido a la rigidez que le otorga el relleno de arena en el ladrillo tipo PET volviéndolo menos flexibles y más vulnerables a la aplicación de cargas. También Recalde & Sánchez (2015), refieren que la resistencia a la compresión de los ladrillos tipo PET (25.5 kg/cm^2); es mayor a las determinadas en esta investigación (15.74 kg/cm^2) debido a la rigidez de los ladrillos tipo PET y su menor flexibilidad y mayor vulnerabilidad a la aplicación de cargas.

Según Recalde y Sánchez (2015), la resistencia a la compresión axial de los prismas tipo PET, es de 6 kg/cm^2 valor muy inferior al determinado por nosotros (42 kg/cm^2) pero está dentro de los valores mínimos estipulados en la norma ecuatoriana garantizando su funcionabilidad. Este alto valor se debe al uso de la cola sintética o acetato de polivinilo como resina en la elaboración del mortero que le confiere mayor

adherencia y resistencia derivadas de sus características de polímero amorfo relativamente ramificado con capacidad para formar películas adhesivas y mejorar las propiedades mecánicas de los cuerpos. La resistencia a la compresión diagonal o corte de los muretes tipo PET alcanza valor de 0.8 kg/cm² y es menor a lo obtenido en nuestra investigación de 5.0 kg/cm² pero dentro de los valores mínimos de la norma ecuatoriana garantizando su funcionabilidad. Esta elevación se debe al uso de la resina hecha a base de cola sintética o acetato de polivinilo en la elaboración del mortero ya que este aditivo es excelente en la formación de películas adhesivas que mejoran la adherencia y resistencia optimizando las propiedades mecánicas. La resistencia a la compresión de los cubos de mortero de pega (74.2 kg/cm²) de la albañilería, es menor a los determinados en nuestra investigación (218.70 kg/cm²). Estos altos valores de resistencia se deben al uso de la resina (cola sintética o acetato de polivinilo) por su capacidad de formar películas adhesivas e incrementar las propiedades mecánicas.

Todas las características físicas y estructurales posibilitan la construcción de muros que soportan vibraciones sísmicas de alta severidad, por lo que la albañilería tipo PET resulta muy ventajosa para zonas sísmicas como la de nuestra región (Zona 4). Además, se comprobó y verifico que tiene la capacidad más que suficiente para soportar el cortante de un sismo severo tanto local como global pudiendo convertirse en una nueva metodología para implementar un nuevo sistema estructural.

El análisis económicos de la estructura de costos para la construcción de 1 m² con muros de ladrillos tipo King Kong son mayores (S/ 81,2) a los de tipo PET (S/ 56,5) representando ahorro de 30,42%. En consecuencia, la construcción de estructuras de albañilería tipo PET resultan económicas, antisísmicas y de larga duración.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Las propiedades de densidad y resistencia a la compresión de la unidad de albañilería tipo PET, densidad y resistencia a la compresión axial de los prismas tipo PET y densidad y resistencia a la tensión diagonal o corte de los muretes tipo PET; cumplen con las Normas Itintec, con valores de 1.56 gr/cm³ y 15.74 kg/cm², 2.65 gr/cm³ y 42 kg/cm², 2.01 gr/cm³ y 5 kg/cm² respectivamente.

La resistencia a la compresión de los cubos de mortero de pega de la albañilería tipo PET a los 28 días es de 218.7 kg/cm², mayor a los 144 kg/cm², recomendados por la norma E-070 de Albañilería.

Las viviendas hechas con ladrillos tipo PET, presentan un correcto comportamiento estructural y sísmico y cumplen con las exigencias de la Norma E-030, Sismo resistente, y la Norma E-070, Albañilería. Además, se obtuvo una correcta relación esfuerzo deformación (esfuerzo en relación a la deformación no sobrepasa la zona elástica o lineal) para el muro tipo PET, en concordancia a las características sísmicas de nuestra región.

La evaluación económica comparativa del ladrillo tradicional y el de tipo PET representa ahorro del 30.42 % a favor de estos.

5.2. Recomendaciones

Realizar investigaciones relacionadas al uso de otros materiales de relleno con la finalidad de disminuir el peso del ladrillo tipo PET sin afectar sus cualidades físicas de densidad y resistencia a la compresión; asimismo, desarrollar estudios destinados a mejorar la adherencia del mortero de pega y el ladrillo tipo PET aplicando otros aditivos o elementos adhesivos con el plástico que permita mejorar la maniobrabilidad y dureza de las estructuras de albañilería.

Desarrollar modelos matemáticos de las estructuras de albañilería tipo PET para garantizar la ductilidad y resistencia a los movimientos sísmicos de diversas intensidades en viviendas ecológicas con 5 niveles y evaluar su comportamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afanador, N. 2012. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. Bogotá, Colombia: Ciencia e Ingeniería Neogranadina Universidad Militar Nueva Granada Bogotá, Colombia. Recuperado el 12 de febrero 2017, de: <http://www.redalyc.org/pdf/911/91125275003>.
- Aguilar, N. 2016. Introducción al desarrollo sostenible. Recuperado el 12 de febrero de 2017, de: <https://es.scribd.com/doc/315529210/1-Introduccion-Al-Desarrollo-Sustentable>
- Aguirre, M. & S. Rodríguez. 2016. Diseño y Construcción de un Módulo de vivienda con botellas recicladas. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Escuela de Tecnología Mecánica. Pereira, Colombia.
- Alcántara, P. 2014. Adhesivos, clasificación y propiedades del PET. Recuperado el 12 julio de 2017, de: <http://apexperteam.blogspot.pe/2014/08/adhesivos-clasificacion-y-propiedades.html>
- Ambientum. 2015. Polietileno Tereftalato - PET. Recuperado el 23 de enero 2017, de: http://www.ambientum.com/revista/2002_31/ENVSSPET1.htm
- Andina. 2016. Industria se recuperará en 2017 por expectativas del próximo gobierno. Recuperado el 8 de mayo de 2017, de <http://www.andina.com.pe/agencia/noticia-sni-industria-se-recuperara-2017-expectativas-del-proximo-gobierno-621218.aspx>
- Arguello, F. & M. Castellanos. 2015. Prototipo de Vivienda de bajos recursos con material reciclado (Modelación SAP, Caracterización de los Materiales, Animación Virtual). Recuperado el 23 de mayo 2107, de: <http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2423/1/Prototipo-vivienda-bajos-recursos-con-material-reciclado.pdf>

- Ávila, L., Martínez, G., Barrera, C., Ureña, F. & A. Loza. 2015. PET de desecho y su uso en concreto. Revista científica Omnia Science, Artículo científico (p. 95-122). Recuperado el 18 de febrero 2107, de <http://omniascience.com/monographs/index.php/monograficos/article/viewFile/246/145>
- Avilés, H., Cavagnaro, C. & K. Correa. 2009. Viviendas Ecológicas para las zonas rurales de la Provincia de Santa Elena. Tesis de graduación. Escuela superior politécnica del litoral. Facultad de economía y negocios. Santa Elena, Ecuador.
- Castillo, M. & R. Forray. 2006. La vivienda, un problema de acceso al suelo. Edición 86. Recuperado el 23 de abril de 2017, de: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-69962014000100007
- Celi, M. 2013. Análisis del sistema constructivo con botellas recicladas PET, y su aplicación en el diseño de un centro de exposición y capacitación para la Planta de Reciclaje de la ciudad de Loja. Informe de Tesis. Universidad Católica de Loja. Ecuador.
- Cien por ciento noticias. 2016. Nicaragua encabeza déficit habitacional en la región. Recuperado el 23 de abril de 2017, en: <http://100noticias.com.ni/nicaragua-encabeza-deficit-habitacional-en-la-region/>
- Chacón, E. & G. Lema. 2012. Estudio Comparativo de Elementos Fabricados de Hormigón con Material Reciclado PET (Polietileno Tereftalato) y de Hormigón Convencional. Tesis de Pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4837/1/CD-4430.pdf>
- De Andas, P. 2005. Química2. 1.^a ed. Umbral Editorial, S.A. de C.V. Recuperado el 8 de mayo de 2017, en <https://books.google.com.pe/books?id=PZmiJMkCig4C&pg=PA261&lpg=PA261&dq=Los+pl%C3%A1sticos+est%C3%A1n+poco+entrecruzados.+No+obstante,+ganan+dureza+cuando+se+calientan;+el+entrecruza>

do+final+que+los+vuelve+r%C3%ADgidos+se+produce+cuando+se+h
a+dado+forma+al+pl%C3%A1stico&source=bl&ots=86lKq4e2Lp&sig=jd
r_LYpua47tKjokJhTrjhun_tw&hl=es-

Delarge, A. 2014. Ensayo de tracción indirecto o ensayo brasileño. Recuperado el 28 de julio de 2017, en: <https://es.scribd.com/document/245270558/Ensayo-de-Traccion-Indirecto-O-ensayo-Brasileno>

Esteves, A., Gelardi, D. & A. Oliva. 2015. Muros de Botellas descartables de PET para viviendas con conservación de energía y alta inercia térmica interior. Revista de la Universidad de Mendoza. Argentina.

Eco.noticias.com. 2015. Revista científica digital. Sección: Reciclaje de Residuos, publicada el 6.nov.2015. Recuperado el 21 de febrero 2017, de: <http://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/108684/Mike-Reynolds-arquitecto-basura>.

Eco-Tec Soluciones Ambientales. 2001. Manual de la técnica ECOTEC Bi4PV. Honduras. Recuperado el 12 de enero 2017, de: <http://www.ecotecnologia.com/phocadownload/descargas/Manual%20ECOTEC%20ultimo.pdf>.

El Mundo.es. 2007. Diario digital. Sección Su Vivienda, publicada el 27 agosto 2007. España. Recuperado el 12 de enero 2017, de: <http://www.elmundo.es/elmundo/2007/08/27/suvivienda/1188234572.html>.

FeedPack. 2012. El Pet Es 100% Reciclable [Versión electrónica] Feed Pack News. Recuperado el 20 de Mayo de 2012, en: <http://www.Feedpacknews.com/>

Fondo Mi Vivienda. 2007. Investigación y Desarrollo para Chimbote.

Gallegos, H. & C. Casabone. 2005. Albañilería estructural. 3ª ed. Perú: Fondo editorial PUCP. 2005.]. ISBN 9972-42-754-4

- Gaggiano, R., Arguello, R. & H. Berreta. 2007. Aplicación de Material Plástico reciclado en elementos constructivos a base de cemento. Centro Experimental de la Vivienda Económica- Córdoba-Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas de la Republica.
- Gallardo, V. 2014. Botellas de agua. Recuperado el 8 de mayo de 2017, en : <https://pt.slideshare.net/NohemiGallardo/botellas-de-agua-36619934>
- Gamboa, T. & A. Recalde. 2015. Bases de diseño para la construcción sostenible con mampostería de ladrillo tipo PET. Informe de tesis. Quito, Ecuador.
- García, S. 2015. Contaminación por el plástico. Recuperado el 28 de abril de 2017, en: <http://www.elfinanciero.com.mx/opinion/contaminacion-por-el-plastico.html>
- Gándara, N. 2016. Así se fabrican platos y vasos desechables. Pres+nsa Libre. Recuperado el 8 de mayo de 2017, en: <http://www.prensalibre.com/economia/como-se-fabrican-los-desechables>
- Guoxi, X., Maixi, L. & S. Chen. 2005. Study on depolymerization of waste polyethylene terephthalate into monomer of bis(2-hydroxyethyl terephthalate). *Polymer Degradation and Stability*, 87, 117-120. <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2004.07.017>
- Hernández, B. 2011. Estudio comparativo de la resistencia a la compresión en mezclas de concreto elaborado con materiales de reciclaje: Plásticos y Llantas. Informe de tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil. Guatemala.
- Ingeniería para potenciar la cultura empresarial-IPCE (2013). México.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2007. Censos Nacionales XI de Población y VI de vivienda.
- Instituto Cuanto S.A. 2008. Anuario Estadístico Perú en números.
- Jiménez, L. 2002. Técnicas de la construcción con ladrillos [en línea]. 1ª ed.

- España: Ceac, S.A. (Fecha de consulta: 9 de mayo de 2017). Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=7Bj5HBwry8AC&pg=PA15&hl=es&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false
ISBN: 84-329-1161-5
- Judelson, J. 2016. Viviendas ecológicas. Recuperado el 25 de Abril, en:
<http://www.monografias.com/trabajos103/las-casas-ecologicas/las-casas-ecologicas.shtml>
- Marín, P. 2016. Políticas ambientales y cultura del reciclaje. El Peruano. COM.PE. Recuperado el 8 de mayo de 2017, en:
<http://www.elperuano.com.pe/noticia-politicas-ambientales-y-cultura-del-reciclaje-38649.aspx>
- Miravete, A. 1995. Los nuevos materiales en la construcción. 2.^a ed. España: Reverté, S.A. Recuperado el 28 de julio de 2017, en:
https://books.google.com.pe/books?id=utfov_vfPkMC&pg=PA79&lpg=PA79&dq#v=onepage&q&f=false.
- Monks, K. 2016. Un océano de plástico está acabando con la vida marina en el Pacífico. CNN Ecología. Recuperado el 29 de abril de 2017, en:
<http://cnnespanol.cnn.com/2016/07/18/un-oceano-de-plastico-esta-acabando-con-la-vida-marina-en-el-pacifico/>
- Muñoz, L. 2012. Estudio del uso del polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga. Tesis (Ingeniería Civil). México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <http://docplayer.es/14241413-Universidad-nacional-autonoma-de-mexico-t-e-s-i-s.html>
- Norma E.070. Albañilería. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de mayo de 2006.
- Norma Itintec 331.017. 1978. Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Requisitos, Lima, Perú.
- Norma Itintec 331.019. 1982. Elementos de arcilla cocida. Ladrillos de arcilla usados en albañilería. Muestreo y recepción, Lima, Perú.

- Organización de Naciones Unidas. 2010. Objetivos de desarrollo del milenio
Obtenido de <http://www.cepal.org/rio20/tpl/docs/3.odm-7.esp.pdf>
- Ortega, M. 2011. El reciclaje PET está en su mejor momento. Recuperado el 8 de mayo de 2017, en: <http://www.plastico.com/temas/El-reciclaje-de-PET-esta-en-su-mejor-momento+3084014>
- Paan, C. 2016. Reciclaje, la llave para la diversificación de los envases PET. El Comercio. PE. Recuperado el 8 de mayo de 2017, en: <http://elcomercio.pe/economia/dia-1/reciclaje-llave-diversificacion-envases-pet-252737>
- Pascual, A. 2015. El Plástico. Recuperado de <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/143279-Un-plastico-tan-fuerte-como-el-acero-el-polipropileno.html>.
- Parnisani, R. 2014. Ladrillo ecológico. Obtenido en <https://es.scribd.com/doc/71448637/Que-son-los-ladrillos-ecologicos>
- Pérez, J & A. Gardey. 2014. Definición de característica (<https://definicion.de/caracteristica/>)
- Pestana, L & D, Solorzano. 2016. Bambú como alternativa ecológica para la construcción de vivienda de interés social, en sustitución de vigas y columnas de acero. Tesis (Ingeniería Civil). San Juan de los Morros: Universidad Nacional Experimental de los llanos centrales Rómulo Gallegos. Recuperado en <https://es.scribd.com/document/319016783/Tesis-Estructuras-de-Bambu>
- Radio Programas del Perú. 2012. Perú es el tercer país de Latinoamérica con mayor déficit de viviendas. Recuperado el 24 de abril de 2017, en: <http://rpp.pe/economia/inmobiliaria/peru-es-el-tercer-pais-de-latinoamerica-con-mayor-deficit-de-viviendas-noticia-1014065>
- Reglamento Nacional de Edificaciones. 2016. Norma E 0.70 de albañilería Especificaciones Especiales - Succión. [En línea] (Fecha de consulta 01 de junio del 2016)

- Reyes, D & Y, Cornejo. 2014. Estado del Arte de la Construcción con material reciclable. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Ruiz, D., López, C., Cortes, E & A, Froese. 2012. Nueva alternativa de construcción: Botellas PET con relleno de tierra. Revista Apuntes 25 (2): 292 – 303.
- Tellez, A. 2012. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. Tesis (Magister en Medio Ambiente y Desarrollo). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2012. 120 pp.
- Valle, C. 2013. Utilización de botellas plásticas tipo PET como unidad estructural para mampostería liviana. Informe de tesis. Riobamba, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO 01: CONSTANCIA DE EJECUCION DE ENSAYOS

LABORATORIO DE
ESTRUCTURAS
ANTISISMICAS



PUCP

CONSTANCIA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS

La que suscribe, Ing. Gladys Villa Garcia Medina, identificada con DNI 8223350, en su condición de Jefe del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú deja constancia de lo siguiente:

- Con fecha 13 de enero de 2017, a solicitud de la Ing. Elena Quevedo Haro, se presentó un presupuesto para la ejecución de ensayos en albañilería tipo PET constituida por botellas de agua mineral San Mateo de 500 ml rellenas con arena. Se indicó a la Ingeniera que se entregarían las cargas máximas resistidas y las deformaciones medidas con los sensores.
- Con fecha 29 de marzo de 2017 la Ing. Quevedo acepta el presupuesto y el Laboratorio abre la Orden de Servicio INF LE 087-17 para la ejecución de:
 - o Cuatro ensayos de compresión axial en prismas con la colocación de transductores de desplazamiento para medir la deformación axial
 - o Cuatro ensayos de compresión diagonal en muretes con la colocación de transductores de desplazamiento para medir la deformación de dos diagonales ortogonales.
 - o Seis ensayos de compresión en probetas cúbicas de mortero.
- Los ensayos de prismas se han llevado a cabo el 5 de mayo de 2017.
- Los ensayos de muretes se han realizado el 8 de mayo de 2017.
- Los ensayos de cubos se ejecutaron el 11 y 17 de abril y el 8 de mayo, dos en cada fecha
- Por tratarse de una tesis, no se elabora informe de ensayo. Se le ha entregado toda la información registrada (en cargas y deformaciones) en formato Excel así como las hojas de resultados con las cargas máximas, debidamente selladas.

Se expide la presente a solicitud del interesado y para los fines que considere pertinentes.

San Miguel, 12 de mayo de 2017

ANEXO 02: DATOS DE ENSAYOS/CERTIFICADOS

GEOMG S.A.C.

Geotecnia en Proyectos de Edificaciones, Eléctricas, Hidráulicas y Pavimentos. Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto.

Urb. Bellamar II Etapa Mz. B2 - Lt. 8 - 9 Nuevo Chimbote, Santa, Ancash

Claro: 943355197 / Entel: 998185953 / E-mail: geomg17@yahoo.es - informes@geomsac.com

www.geomsac.com

PROYECTO	: TESIS: INFLUENCIA DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERIA TIPO PET SOBRE LAS CARACTERISTICAS TECNICAS Y ECONOMICAS EN VIVIENDAS ECOLOGICAS PARA LA ZONA DE EXPANSION DEL DISTRITO DE NUEVO CHIMBOTE.
SOLICITA	: ING. QUEVEDO HARO ELENA CHARO
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote; Provincia: Santa; Región: Ancash
FECHA	: 05/02/17

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN (ASTM C-496)

TESTIGO		DIMENSIONES.(cm)		SECCIÓN (cm ²)	Kilogr. Fza	RESISTENCIA A TRACCIÓN (T)
Nº	ELEMENTO	DIAMETRO (Ø)	LONGITUD (L)	$\pi \cdot L \cdot \phi$	(Kgf)	Kg/cm ²
01	LPET-10	6.41	24.30	489.34	3941	16.11
02	LPET-12	6.42	24.30	490.11	3869	15.79
03	LPET-13	6.41	24.30	489.34	3754	15.34
04	LPET-14	6.42	24.30	490.11	3879	15.83
05	LPET-15	6.41	24.30	489.34	3823	15.62

Observaciones:

- Los testigos fueron elaborados y proporcionados por el solicitante.

- $T = 2 \cdot P / (\pi \cdot L \cdot \phi)$

- La longitud y diámetro de La muestra fue tomada en la parte central, donde exclusivamente se distribuye la carga.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ - LABORATORIO DE ESTRUCTURAS ANTISÍSMICAS
 Formato de Registro de Datos de Ensayos de Compresión Diagonal de Muretes de Albañilería (Fv y G)*

NORMAS ENSAYO / REF.: NTP 399.621 (2004), ASTM E 447, ASTM E 111

INF - LE N°: 087-2017

MUESTRA: MURETES DE ALBAÑILERÍA (..... Hiladas)

Fecha Construc.: _____

Bloques Ladrillos: (Cocidos / Crudos)

Fecha de Ensayo: 2017-05-08

MATERIAL: Concreto / Arcilla / Silico-Calcareos

Velocidad Ensayo (3 a 4 min): 1 ton / min (p. 11.6)

Cond. del Espécimen: Curado No-curado

Responsable: WS-B.

Cond. Ambientales: T (°C): 24°C

Asistentes: MB-SGG-JC.

H.R. (%): 66% HR

Dh = LVDT W20 #1

DV = LVDT W20 #2

DSI = LVDT WAST-073.

Control del Mortero: 3 Cubos de 50 x 50 x 50mm (min)

Identificación Espécimen	Edad (días)	Dimensiones (mm)						P máx.		Modo de Falla
		L	H	t	d	L _{oc} h	L _{or} V	(mV)	(kN)	
M-1		608	607	265	856	282	277	—	107.31	
M-2		608	606	265	854	279	277	—	98.35	
M-3		608	608	266	855	285	277	—	94.32	
M-4		608	607	266	857	282	282	—	80.85	

donde:

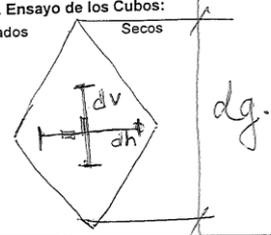
- L, H, t: Largo, Ancho (Altura) y Espesor del Murete, respectivamente
- d: Longitud total de la diagonal principal comprimida (incluyendo el capping) del Murete
- L_{oc}, L_{or}: Longitud calibrada -medida entre bases de apoyo de sensores de desplazamiento LVDT, antes de la prueba-, de la diagonal en Compresión y en Tracción, respectivamente

CUBOS DE MORTERO - ENSAYO DE CONTROL DEL MORTERO

Identificación Cubo	Edad de Ensayo	Dimensiones (mm)			P máx	
		L	A	H	(mV)	(kN)

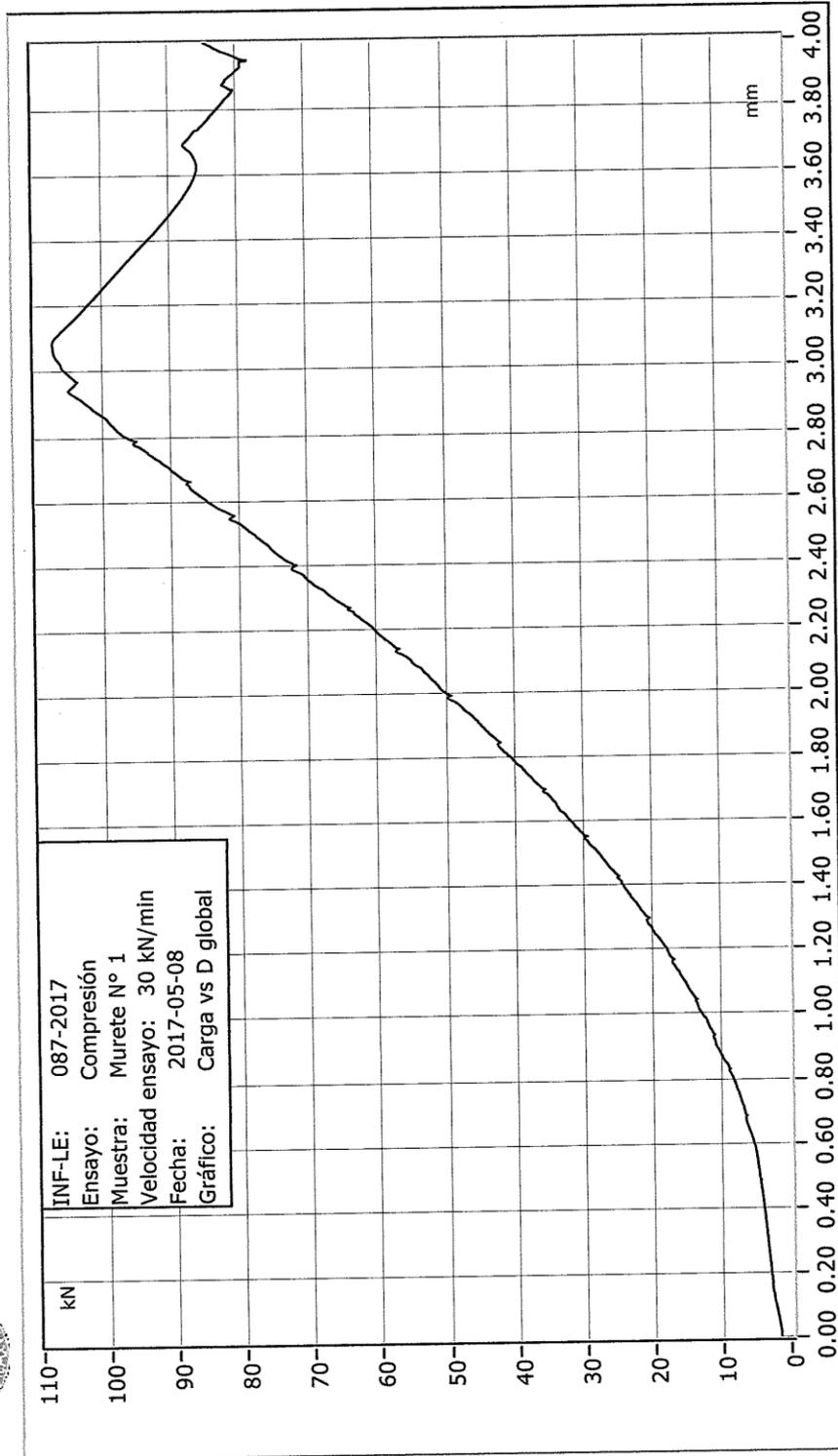
Norma de Ensayo / Ref.:
ASTM C 270

Cond. Ensayo de los Cubos:
Saturados Secos





PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Laboratorio de Estructuras Antisísmicas-LEDI



J.F. 087-2017

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS - DEPARTAMENTO DE INGENIERIA - P.U.C.P.

Solicitante : Ing. Elena Chan Quevedo Hano
 Exp. N° : 08f-17
 Fecha ensayo: 2017-04-11/17/18 y 08 mayo
 Procedencia :
 Probetas : FV: 10-04-17
 Responsable: C.N.A.

RESISTENCIA A COMPRESION DE PROBETAS PRISMATICAS

Probeta N°	LARGO (mm)		ANCHO (mm)		ESPESOR (mm)		Voltilos	Carga Máxima	
	L ₁	L ₂	A ₁	A ₂	E ₁	E ₂		KN	Kg
CM 1	52	52	51	51	51	51		20.61	
CM 2	52	52	51	51	51	51		18.63	
CM 3	51	51	52	52	51	51		39.08	
CM 4	51	51	52	52	51	51		40.10	
CM 5	51	51	52	52	51	51		53.72	80 KN/mi
CM 6	51	51	51	51	52	52		58.90	



EQUIPO: C-C-M-V
 VELOC. ENSAYO: 30 KN/mi
 HECHO POR: J. Gal MB

ANEXO 03: PROCESAMIENTO DE DATOS

Densidad del Ladrillo Tipo PET

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES		SECCION	VOLUMEN	MASA	DENSI DAD
		DIAMETRO	LONGITUD				
		ϕ	L	$\pi \times \phi^2 / 4$			
		cm		cm ²	cm ³	gr	gr/cm ³
1	LPET-01	6.41	24.30	32.27	784.16	1243.0	1.59
2	LPET-02	6.42	24.30	32.37	786.59	1222.8	1.55
3	LPET-03	6.41	24.30	32.27	784.16	1231.9	1.57
4	LPET-04	6.42	24.30	32.37	786.59	1212.3	1.54
5	LPET-05	6.41	24.30	32.27	784.16	1228.3	1.57

DENSIDAD PROMEDIO (gr/cm³)	1.56
--	-------------

OBSERVACIONES:

$$\delta = \frac{m}{v}$$

Tracción Indirecta (Método Brasileño) del Ladrillo Tipo PET

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES		SECCION	CARGA MAXIMA	RESISTENCIA A LA TRACCION
		DIAMETRO	LONGITUD			
		ϕ	L	$\pi \times L \times \phi$	P	T
		cm		cm ²	Kgf	kg/cm ²
1	LPET-01	6.41	24.30	489.34	3941	16.11
2	LPET-02	6.42	24.30	490.11	3869	15.79
3	LPET-03	6.41	24.30	489.34	3754	15.34
4	LPET-04	6.42	24.30	490.11	3879	15.83
5	LPET-05	6.41	24.30	489.34	3823	15.62

RESISTENCIA PROMEDIO	15.74
-----------------------------	--------------

OBSERVACIONES:

$$T = \frac{2XP}{\pi XLX\phi}$$

1 Mpa = 10,197 kg/cm²

1 KN = 101.97 kg

Densidad en Prismas con Ladrillo Tipo PET

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES			SECCION	VOLUMEN	MASA	DENSIDAD
		LONGITUD	ALTO	ESPESOR				
		L	H	e	LXH			
		cm			cm ²	cm ³	gr	gr/cm ³
1	PLPET-01	26.5	35.5	18.5	940.75	17403.88	46000	2.64
2	PLPET-02	26.5	35.5	18.5	940.75	17403.88	46000	2.64
3	PLPET-03	26.5	35.5	18.5	940.75	17403.88	46000	2.64
4	PLPET-04	26.5	35.3	18.5	935.45	17305.83	46000	2.66

DENSIDAD PROMEDIO (gr/cm³)	2.65
--	-------------

OBSERVACIONES:

$$\delta = \frac{m}{v}$$

Resistencia a la Compresión en Prismas Tipo PET

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES			SECCION	CARGA MAXIMA	ESFUERZO
		LARGO	ANCHO	ALTO			
		L	a	H	A	P	σ
		Cm			cm ²	kg	kg/cm ²
1	PLPET-01	26.5	18.5	35.5	490.25	22871.871	46.65
2	PLPET-02	26.5	18.5	35.5	490.25	19924.938	40.64
3	PLPET-03	26.5	18.5	35.5	490.25	18640.116	38.02
4	PLPET-04	26.5	18.5	35.3	490.25	20669.319	42.16

RESISTENCIA PROMEDIO	42 kg/cm²
-----------------------------	-----------------------------

OBSERVACIONES:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

1 Mpa = 10,197 kg/cm²

1 KN = 101.97 kg

Densidad de Muretes Tipo PET

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES			SECCION	VOLUMEN	MASA	DENSIDAD
		LONGITUD	ALTO	ESPESOR				
		L	H	e	LXH	cm ³	gr	gr/cm ³
1	MLPET-01	60.8	26.5	60.8	1611.20	97960.96	197000	2.01
2	MLPET-02	60.8	26.5	60.8	1611.20	97960.96	197000	2.01
3	MLPET-03	60.8	26.5	60.8	1611.20	97960.96	197000	2.01
4	MLPET-04	60.8	26.5	60.8	1611.20	97960.96	197000	2.01

DENSIDAD PROMEDIO (gr/cm³)	2.01
--	-------------

OBSERVACIONES:

$$\delta = \frac{m}{v}$$

Cuadro N°18: Tensión Diagonal o Corte en Muretes Tipo PET

N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES			SECCION	CARGA MAXIMA	ESFUERZO
		LARGO	ANCHO	ALTO			
		L	a	H	A	P	τ
1	MESL-01	60.8	26.5	60.8	2271.85	10942.40	4.82
2	MESL-02	60.8	26.5	60.8	2271.85	10727.24	4.72
3	MESL-03	60.8	26.5	60.8	2271.85	11053.55	4.87
4	MESL-04	60.8	26.5	60.8	2271.85	10942.40	4.82

RESISTENCIA AL CORTE PROMEDIO	5.00
--------------------------------------	-------------

OBSERVACIONES:

El área efectiva empleada para el cálculo del esfuerzo es el producto de la diagonal del murete por su espesor.

D=85.73 cm

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

1 Mpa = 10,197 kg/cm²

1 KN = 101.97 kg

Resistencia a la Compresión en Mortero de Pega para la Albañilería

EIDADES DEL MORTERO: 24 HORAS						FECHA DE ENSAYO:	
N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES			SECCION	CARGA MAXIMA	ESFUERZO
		LARGO	ANCHO	ALTO			
		L	a	H	A	P	σ
Cm			cm ²	Kg	Kg/cm ²		
1	CMLP-01	5.2	5.1	5.1	26.52	1899.70	71.63
2	CMLP-02	5.2	5.1	5.1	26.52	2101.60	79.25
RESISTENCIA PROMEDIO							75.4

EIDADES DEL MORTERO: 14 DIAS						FECHA DE ENSAYO:	
N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES			SECCION	CARGA MAXIMA	ESFUERZO
		LARGO	ANCHO	ALTO			
		L	a	H	A	P	σ
Cm			cm ²	Kg	Kg/cm ²		
3	CMLP-03	5.1	5.2	5.1	26.52	3984.99	150.26
4	CMLP-04	5.1	5.2	5.1	26.52	4089.00	154.19
RESISTENCIA PROMEDIO							152.2

EIDADES DEL MORTERO: 28 DIAS						FECHA DE ENSAYO:	
N°	IDENTIFICACION DE MUESTRAS	DIMENSIONES			SECCION	CARGA MAXIMA	ESFUERZO
		LARGO	ANCHO	ALTO			
		L	a	H	A	P	σ
Cm			cm ²	Kg	Kg/cm ²		
5	CMLP-05	5.1	5.2	5.1	26.52	5477.83	206.55
6	CMLP-06	5.1	5.1	5.2	26.01	6006.03	230.91
RESISTENCIA PROMEDIO							218.7

ANEXO 04: PANEL FOTOGRAFICO



Figura 01: Ubicación del Lote para la vivienda ecológica, en la zona de expansión del Distrito de Nuevo Chimbote.



Figura 02: Ubicación de la Calicata N°02, para realizar los estudios de mecánica de suelos.



Figura 03: Ubicación de DPL N°01, para realizar los estudios de mecánica de suelos.



Figura 04: Elaboración de los Ladrillos Tipo PET, con material de relleno de la zona de expansión.

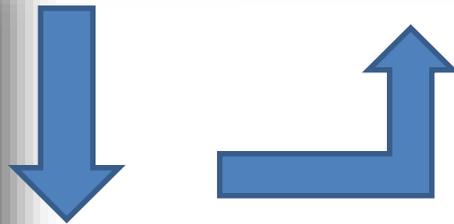


Figura 05: Ensayo de Resistencia a la Compresión (f'_b) de la Unidad de Albañilería tipo PET. Además de la Falla evidenciada en la misma.

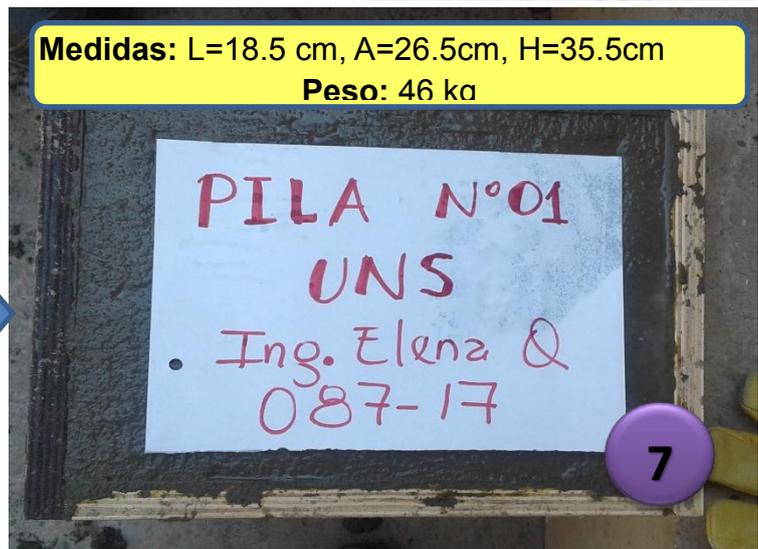
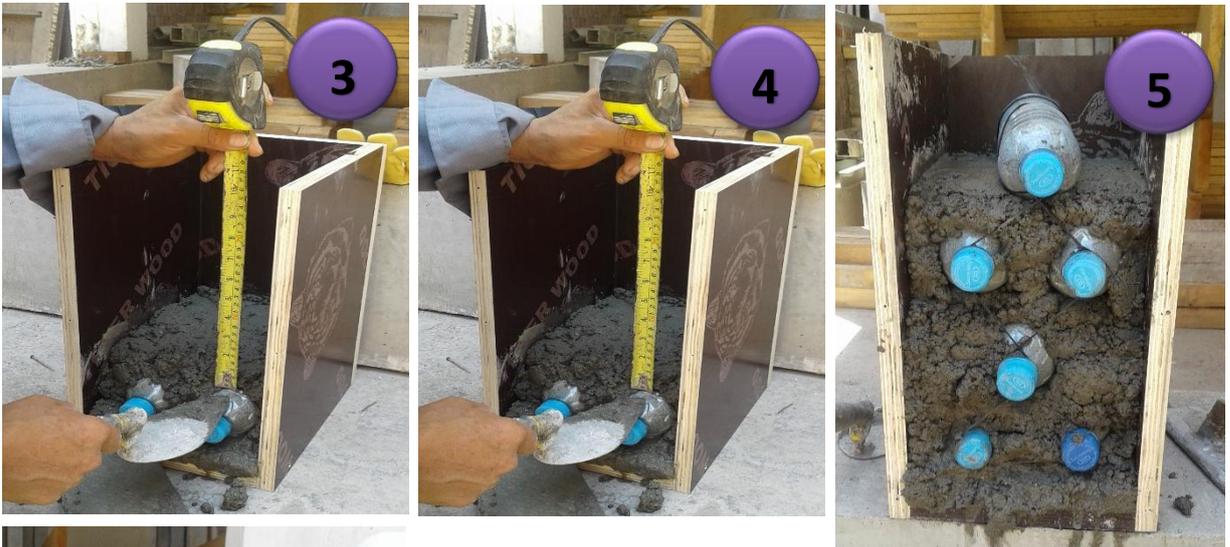


Figura 06: Elaboración de Prismas tipo PET, utilizando ladrillos tipo PET, mortero con resina (cola sintética) e hilo.



Figura 08: Desencofrado de Prismas a las 48 horas.

Figura 07: Curado de prismas por 14 días.



Figura 09: Colocación de Vinifill en los prismas, para la conservación de la humedad, en los mismos.

Figura 10: Colocación de sensores LDVT en el prisma tipo PET, para su respectivo ensayo estructural.



Figura 11: Ensayo de Resistencia a la Compresión de los Prismas tipo PET. Obsérvese las fallas mecánicas.

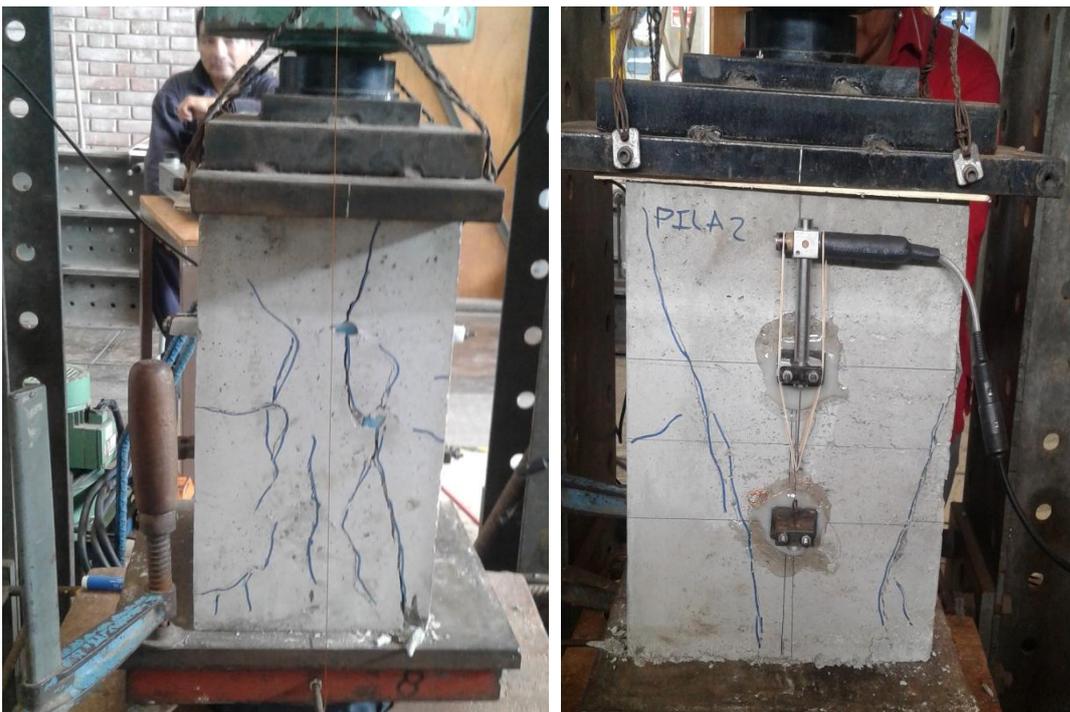




Figura 12: Elaboración de Muretes tipo PET, usando ladrillos tipo PET, mortero e hilo nylon.

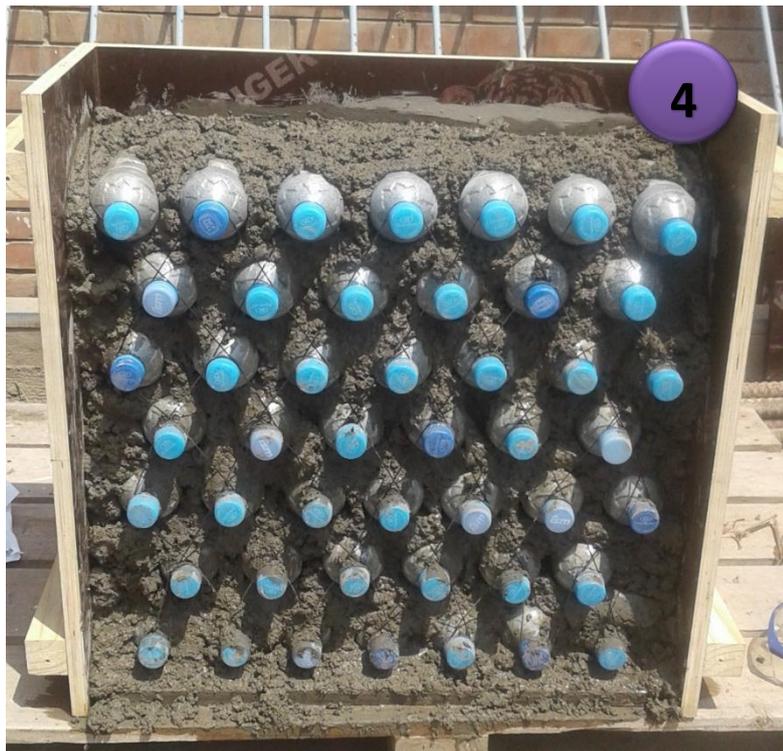
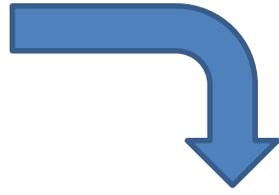




Figura 13: Ensayo de Tracción Diagonal por corte en los muretes tipo PET.

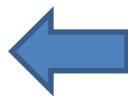




Figura 14: Herramientas para la elaboración de los cubos de mortero de pega.



Figura 15: Elaboración de los cubos de mortero de pega (5CMX 5 CMX 5 CM).

Figura 16: Cubos de mortero de pega de dimensiones 5CMX 5 CMX 5 CM, terminados.



Figura 17: Ensayo de resistencia a la compresión de los cubos de mortero de pega, a los 14 días y 28 días..



