

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



INFORME DE TESIS
“EVALUACIÓN DEL BENEFICIO DEL USO DE ECO-
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA SOSTENIBLE E
INNOVADORA DE LA PROVINCIA DE TACNA - 2019”

PARA OPTAR:
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR:
Bach. Lorin Marialuz Huisa Chura
Bach. Renato Rainiero García Benavente

TACNA – PERU
2019

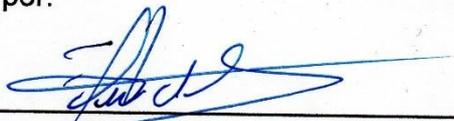
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“EVALUACION DEL BENEFICIO DEL USO DE ECO-
MATERIALES PARA LA CONSTRUCCION DE
INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA SOSTENIBLE E
INNOVADORA DE LA PROVINCIA DE TACNA - 2019”**

Tesis sustentada y aprobada el 25 de Noviembre del 2019; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE:



MTRO. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO:



ING. CESAR JULIO CRUZ ESPINOZA

VOCAL:



ING. JULIO GONZALES CHURA

ASESOR:



ING. MARIA DUARTE LIZARZABURO

DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo Lorin Marialuz Huisa Chura, en calidad de: Tesista de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 75754250.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autora de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL BENEFICIO DEL USO DE ECO-MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA SOSTENIBLE E INNOVADORA DE LA PROVINCIA DE TACNA - 2019" la misma que presento para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total, ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas:
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada, ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Privada de Tacna cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a la Universidad Privada de Tacna y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 25 de noviembre del 2019



Lorin Marialuz Huisa Chura
DNI: 75754250

DECLARACION JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Renato Rainiero García Benavente, en calidad de tesista de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 72230552

Declaro bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DEL BENEFICIO DEL USO DE ECO-MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA SOSTENIBLE E INNOVADORA DE LA PROVINCIA DE TACNA - 2019" la misma que presentamos para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil
2. La tesis no ha sido plagiada ni total, ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas:
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada, ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis, libro y/o invento.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

Tacna, 25 de noviembre del 2019



Renato Rainiero García Benavente

DNI: 72230552

DEDICATORIA

“A mis amados padres Bertha Chura Quispe, Rene Huisa Huisa y hermanos, Juan Carlos, José Luis y Rusvell, por todo el apoyo y comprensión que me dan, por su esfuerzo, consejos y motivación para convertirme en una gran profesional.” - Lorin Marialuz Huisa Chura

“A mis padres Reynerio Ramón García Gallardo y Lucero Verónica Benavente Arenaza por el apoyo durante el proceso de elaboración de esta tesis y por impulsarme a cumplir mis objetivos.” - Renato Rainiero García Benavente

AGRADECIMIENTOS

A nuestra asesora, la Ingeniería Maria Etelvina Duarte Lizarzaburo, por su guía y apoyo en la elaboración de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCION	18
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
1.1 Descripción del problema.....	19
1.2 Formulación del problema.....	20
1.3 Problema principal.....	20
1.4 Problemas específicos	20
1.5 Justificación e importancia	20
1.6 Objetivos.....	21
1.6.1 Objetivo general	21
1.6.2 Objetivos específicos	21
1.7 Hipótesis.....	21
1.7.1 Hipótesis general.....	21
1.7.2 Hipótesis específicas.....	21
CAPITULO II: MARCOS TEÓRICO.....	22
2.1 Antecedentes del estudio.....	22
2.1.1 Antecedentes nacionales	22
2.1.2 Antecedentes extranjeros	23
2.2 Bases teóricas.....	24
2.2.1 Los Ecomateriales.....	24
2.2.1.1 Definición.....	24
2.2.1.2 Clasificación de los Ecomateriales	24
2.2.1.3 El polietileno tereftalato (PET)	25
2.2.1.4 Vidrio:	30
2.2.2 Infraestructura Educativa Sostenible e Innovadora.....	32
2.2.2.1 Definición.....	32
2.2.2.2 Infraestructura Educativa Sostenible.....	32
2.2.2.2.1 Diseño Arquitectónico	32
2.2.2.2.2 Diseño Estructural	33
2.2.2.2.3 Diseño de Instalaciones Eléctricas, Electromecánicas y Especiales	33
2.2.2.2.4 Diseño de Instalaciones Sanitarias.....	33
2.2.2.3 Practicas Sostenibles.....	34
2.2.2.3.1 Definición.....	34
2.2.2.3.2 Licencia social	34
2.2.2.3.3 Reciclaje de Materiales	37
2.2.2.3.4 Mitigación del Impacto sobre la Salud Humana	38

2.2.2.3.5	Uso Eficiente de Recursos.....	39
2.2.3	Contaminación Ambiental	39
2.2.3.1	Definición.....	39
2.2.3.2	Tipos.....	40
2.2.3.3	Consecuencias.....	40
2.2.3.4	Soluciones.....	41
2.2.3.5	Situación Actual de los Residuos sólidos en el Perú.....	44
2.3	Definición de términos.....	46
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO		47
3.1	Tipo y diseño de investigación.....	47
3.2	Población y/o muestra de estudio	47
3.3	Operacionalización de variables:	47
3.4	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	47
3.5	Procesamiento y análisis de datos	47
3.5.1	Ensayos de Análisis de agregados para diseño de mezcla	47
3.5.1.1	Granulometría	47
3.5.1.2	Absorción.....	50
3.5.1.3	Peso Específico.....	52
3.5.1.4	PUSS (Peso Unitario Seco Suelto).....	53
3.5.1.5	PUSC (Peso Unitario Seco Compactado)	54
3.5.1.6	Contenido de Humedad	56
3.5.2	Concreto	57
3.5.2.1	Diseño de Mezcla.....	57
3.5.2.2	Conceptos Generales:	57
3.5.2.3	Especificaciones.....	57
3.5.2.4	Secuencia de Diseño:	58
3.5.2.5	Elaboración de Briquetas	62
3.5.2.6	Ensayo de Resistencia a la Compresión	63
3.5.3	Albañilería.....	63
3.5.4	Selección, obtención y elaboración de materiales reciclados. ...	69
3.5.5	Análisis de Agregados para Diseño de Mezcla.	71
3.5.5.1	Granulometría Agregado Fino (Arena).	71
3.5.5.2	Granulometría Agregado Grueso (Grava).	72
3.5.5.3	Absorción Agregado Fino (Arena)	74
3.5.5.4	Absorción Agregado Grueso (Grava)	74
3.5.5.5	Peso Específico Agregado Fino (Arena).	75
3.5.5.6	Peso Específico Agregado Grueso (Grava).	75

3.5.5.7	Peso Unitario Seco Suelto Agregado Fino (Arena)	76
3.5.5.8	Peso Unitario Seco Suelto Agregado Grueso	76
3.5.5.9	Peso Unitario Seco Compactado Agregado Fino (Arena).....	78
3.5.5.10	Peso Unitario Seco Compactado Agregado Grueso	78
3.5.6	Diseño de Mezclas Basadas en el Método ACI.....	81
3.5.6.1	Concreto con Plástico Moldeado como Agregado Grueso.....	81
3.5.6.1.1	Opción 1	81
3.5.6.1.2	Opción 2	82
3.5.6.1.3	Opción 3	84
3.5.6.2	Plástico Picado como reemplazo Parcial de volumen de Agregados	85
3.5.6.2.1	Reemplazo del 20% del Volumen	85
3.5.6.2.2	Reemplazo del 40% del Volumen	87
3.5.6.3	Plástico picado como reemplazo Parcial de volumen de Agregado Grueso.	88
3.5.6.3.1	Reemplazo de Agregado Grueso al 25%	88
3.5.6.3.2	Reemplazo de Agregado Grueso al 50%	90
3.5.6.4	Vidrio como Agregado Grueso.....	91
3.5.6.4.1	Opción 1	91
3.5.6.4.2	Opción 2	93
3.5.6.4.3	Opción 3	94
3.5.6.5	Papercrete.....	95
3.5.6.5.1	Reemplazo del 40% del Volumen de Agregados.	95
3.6	Costo de producción de agregados de material reciclado	97
3.6.1	Plástico Moldeado	97
3.6.2	Plástico Picado.....	97
3.6.3	Vidrio	98
CAPITULO IV: RESULTADOS		99
CAPITULO V: DISCUSIÓN.....		133
CONCLUSIONES		134
RECOMENDACIONES.....		135
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		136
ANEXOS		139

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Sub Categorías de Ecomateriales con ejemplos respectivos	25
Tabla 2: Datos Técnicos del Polietileno Tereftalato (PET)	27
Tabla 3: Características del PET y R PET	30
Tabla 4: Propiedades del Vidrio	31
Tabla 5: Cantidad promedio diaria de basura recolectada por departamento, 2015.	44
Tabla 6: Resistencia Promedio Requerida	58
Tabla 7: Asentamientos recomendados según Tipo de Construcción	58
Tabla 8: Asentamiento según Consistencia.....	58
Tabla 9: Requerimientos de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados	60
Tabla 10: Relación Agua- Cemento	61
Tabla 11: Modulo de Fineza del Agregado Fino	61
Tabla 12: Tabla Granulométrica Agregado Fino y Modulo de Fineza.	71
Tabla 13: Tabla Granulométrica Agregado Grueso y Modulo de Fineza	72
Tabla 14: Cálculo de Porcentaje de Absorción Agregado Fino	74
Tabla 15: Cálculo de Porcentaje de Absorción Agregado Grueso	74
Tabla 16: Cálculo Peso Específico Arena.....	75
Tabla 17: Cálculo Peso Específico Grava	75
Tabla 18: Cálculo de PUSC Agregado Fino.....	76
Tabla 19: Cálculo de PUSC Grava.....	76
Tabla 20: Cálculo de PUSC Plástico Moldeado.....	77
Tabla 21: Cálculo de PUSC Vidrio	77
Tabla 22: Cálculo de PUSC Arena.....	78
Tabla 23: Cálculo de PUSC Grava	78
Tabla 24: Cálculo de PUSC Plástico Moldeado.....	79
Tabla 25: Cálculo de PUSC Vidrio	79
Tabla 26: Cálculo de Contenido de Humedad Grava	80
Tabla 27: Cálculo de Contenido de Humedad Arena	80
Tabla 28: Calculo del diseño de mezcla de concreto con plástico moldeado como agregado grueso - OPCIÓN 1	81
Tabla 29: Calculo del diseño de mezcla de concreto con plástico moldeado como agregado grueso - OPCIÓN 2	82
Tabla 30: Calculo del diseño de mezcla de concreto con plástico moldeado como agregado grueso - OPCIÓN 3	84

Tabla 31: Calculo del diseño de mezcla de concreto con plástico picado como reemplazo parcial del volumen de agregados al 20%.....	85
Tabla 32: Cálculo del diseño de mezcla de concreto con plástico picado como reemplazo parcial del volumen de agregados al 40%.....	87
Tabla 33: Cálculo del diseño de mezcla de concreto con plástico picado como reemplazo parcial del volumen de agregado grueso al 25%	88
Tabla 34: Cálculo del diseño de mezcla de concreto con plástico picado como reemplazo parcial del volumen de agregado grueso al 50%	90
Tabla 35: Calculo del diseño de mezcla de concreto con vidrio como agregado grueso $A/C=0.56$	91
Tabla 36: Calculo del diseño de mezcla de concreto con vidrio como agregado grueso $A/C=0.45$	93
Tabla 37: Calculo del diseño de mezcla de concreto con vidrio como agregado grueso $A/C=0.40$	94
Tabla 38: Cálculo del diseño de mezcla de Papercrete, papel como reemplazo parcial del volumen de agregados al 40%.....	95
Tabla 39: Cálculo del costo y tiempo de producción del agregado grueso de plástico moldeado considerando inversión propia.....	97
Tabla 40: Cálculo del costo y tiempo de producción del agregado plástico picado considerando inversión propia	97
Tabla 41: Cálculo del costo y tiempo de producción del agregado grueso de vidrio triturado considerando inversión propia.....	98
Tabla 42: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto ($a/c=0.56$) utilizando plástico moldeado como agregado grueso	99
Tabla 43: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto ($a/c=0.40$) utilizando plástico moldeado como agregado grueso	99
Tabla 44: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto ($a/c=0.38$) utilizando plástico moldeado como agregado grueso	99
Tabla 45: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto utilizando plástico picado como reemplazo del 20% del volumen total de agregados.	100
Tabla 46: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto utilizando plástico picado como reemplazo del 40% del volumen total de agregados.	100
Tabla 47: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto ($a/c=0.56$) utilizando vidrio molido como agregado grueso	101
Tabla 48: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto ($a/c=0.45$) utilizando vidrio molido como agregado grueso	101

Tabla 49: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto (a/c=0.40) utilizando vidrio molido como agregado grueso	101
Tabla 50: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto reemplazando con pulpa de papel el 40% del volumen total de agregados. 102	
Tabla 51: Datos de medición de dimensiones	103
Tabla 52: Resultados Alabeo	104
Tabla 53: Resultados Ensayo de Absorción	104
Tabla 54: Resultados Ensayo de Succión	105
Tabla 55: Cuadro Comparativo Resistencia a la Compresión.....	106
Tabla 56: Cuadro Comparativo Resistencia a la Compresión.....	107
Tabla 57: Cuadro Comparativo Resistencia a la Compresión.....	107
Tabla 58: Costo en Soles de los Materiales no reciclados con IGV.....	110
Tabla 59: Cuadro Comparativo de Costos de Concreto por m ³	110
Tabla 60: Cuadro Comparativo de Resistencia Promedio a la compresión. 111	
Tabla 61: Costo en Soles de los Materiales no reciclados con IGV.....	111
Tabla 62: Cuadro Comparativo de Costos de eco-ladrillos	112
Tabla 63: Ubicación de Provincias por Zona Bioclimática (Tacna)	113
Tabla 64: Valores Límites Máximos de Transmitancia Térmica (U) en W/m ² K	113
Tabla 65: Características higrométricas de los materiales de construcción 114	
Tabla 66: Valores de la temperatura del Ambiente Interior por tipo de usos en edificaciones	119
Tabla 67: Valores de la T _e , T _{e max} y humedad Relativa Media (HR %) por zona bioclimática.....	120
Tabla 68: Cuadro Comparativo de costos de partidas hechas con eco-materiales y con materiales tradicionales.....	128
Tabla 69: Porcentaje de aumento de costo por partida.....	129
Tabla 70: Costo del Kg de los distintos tipos de plástico.....	129
Tabla 71: Comparativas del costo de eco-materiales con distintas opciones de fabricación.....	130
Tabla 72: Composición de los residuos sólidos – Ciudad de Tacna	131

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Proceso de Reciclado Mecánico del PET	29
Figura 2: Camino para la obtención de la Licencia Social	36
Figura 3: Tratamiento de Residuos, las 3 “R”	37
Figura 4: Residuos Municipales Urbanos	45
Figura 5: Componentes de Residuos Sólidos	45
Figura 6: Detalle en elevación y planta de molde para Eco-ladrillos de Concreto.....	63
Figura 7: Detalle de la Geometría de los Eco-ladrillos de Concreto	64
Figura 8: Medida del alabeo en superficie Cóncavo o Convexo.....	65
Figura 9: Curva Granulométrica Agregado Fino.....	71
Figura 10: Curva Granulométrica Agregado Grueso.....	73
Figura 11: Resistencia vs Relación A/C	100
Figura 12: Resistencia vs Relación A/C	102
Figura 13: Absorción en eco ladrillos.....	105
Figura 14: Succión en eco ladrillos.....	106
Figura 15: Gráfico Comparativo Resistencia a la Compresión	108
Figura 16: Comparativo Costos de Producción de Agregados (15 kg).....	108
Figura 17: Grafico Comparativo Cantidad de materiales no reciclados por 1 m3 en Kg	109
Figura 18: Grafico Comparativo Volumen de material reciclado por 1 m3 ...	109
Figura 19: Grafico Comparativo de Resistencia Promedio	111
Figura 20: Elemento heterogéneo representativo del muro de eco ladrillos.	115
Figura 21: Elemento heterogéneo representativo de un muro tradicional ...	116
Figura 22: Elemento heterogéneo representativo de un techo aligerado	117
Figura 23: Elemento heterogéneo representativo del piso ecológico	118
Figura 24: Intersección de Ti con HR para hallar la temperatura de rocío ...	121
Figura 25: Comparativa en barras de cada partida	128
Figura 26: Grafico Comparativo de plástico reciclado por el modulo versus las toneladas diarias desechadas.	131

RESUMEN

Se realizó un estudio con la finalidad de dar a conocer los eco-materiales que se podían fabricar en la Provincia de Tacna, se utilizaron residuos sólidos (Papel, Plástico y Vidrio) como parte del concreto, para comprobar su funcionamiento. Los diferentes tipos de concreto pudieron elevarse a resistencias a la compresión similares aprox. 210 kg/cm², a excepción del papercrete, el concreto conveniente por cuestión económica fue el Concreto con Plástico Molido reemplazando el 20% del volumen total de agregados. Conociendo esto, se realizaron ladrillos de concreto con mezclas con plástico picado reemplazando el 25% y el 50% del volumen del agregado grueso, se obtuvo como mejor resultado con la que reemplaza el 25%, y cumpliendo con la normativa para ser clasificado como un Ladrillo de concreto Tipo 17. Todas las variaciones de concreto, fueron de reemplazo de los agregados y con base en el método de diseño ACI 211.1 – 91. Al conocerse las propiedades de los eco-materiales desarrollados, se ha propuesto un módulo de infraestructura educativa sostenible e innovadora, el cual lleva estos dos últimos adjetivos por el uso de eco-materiales en la misma. Al finalizar su desarrollo, se obtuvo que no existían beneficios económicos, debido al alto costo de los materiales de reciclaje procesados en el mercado actual; pero si un beneficio ambiental por el reciclaje y reutilización de 4 toneladas de plástico.

Palabras Claves: Eco-materiales, Residuos sólidos, Concreto, Albañilería, Reciclaje, Reutilización, Beneficio Económico, Beneficio Ambiental.

ABSTRACT

This study was carried out in order to make known the eco-materials that could be manufactured in the Province of Tacna with solid waste: paper, plastic and glass, as part of the concrete mix to verify its properties. Different types of concrete were raised to similar compressive strengths approximately $f'c=210 \text{ kg / cm}^2$, the suitable concrete was the Concrete with crushed plastic replacing 20% of the total volume of aggregates. Then, with this knowledge, concrete bricks were made with crushed plastic replacing a part of the volume of coarse aggregate, it was obtained as the best result the one that replaces 25%, and complying with the regulations of NTP 399-601 to be classified as a Concrete Brick Type 17. All the concrete variations were based on the replacement of the aggregates volume and the design method ACI 211.1-91. With the properties of the developed eco-materials, an educational sustainable and innovative infrastructure module has been proposed, which takes these two adjectives for the use of eco-materials in it. At the end of its development, an environmental benefit was found which was recycling and reusing 4 tons of plastic.

Keywords: Eco-materials, Solid Waste, Concrete, Recycling, Reuse, Environmental Benefit.

INTRODUCCION

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en la actualidad existen altos índices de contaminación y pérdida de biodiversidad a nivel mundial. En septiembre de 2015, los líderes mundiales de 193 países y la ONU, adoptaron en el seno de las naciones unidas un acuerdo, la agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), se trata de un acuerdo internacional que reconoce la importancia de abordar a la vez la lucha contra la pobreza, el cuidado del planeta y la disminución de las desigualdades. El Perú no es ajeno a esta realidad, motivo por el cual el Centro Nacional de Planeamiento estratégico (CEPLAN) que es el punto focal de la Agenda 2030 en Perú estableció seis ejes estratégicos, proponiendo para cada uno de ellos los objetivos, lineamientos, prioridades, metas y programas estratégicos para guiar al país en el proceso hacia la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad.

Con esta investigación buscamos contribuir con la generación de Innovación e infraestructuras sostenibles llegando a la conclusión de que el Polietileno Tereftelato (PET) y el vidrio son materiales sumamente contaminantes, pero pueden ser utilizados como materia prima para ecomateriales de construcción en porcentajes no mayores a 20% como reemplazo de agregados, evitando la desertificación de suelos o escases de los recursos naturales como la arena y grava. Lamentablemente mientras más pequeña es la partícula se necesita más proceso de triturado, por ende, es más difícil su fabricación, elevando su costo.

El plástico PET es un material que se produce y se desecha a un ritmo alarmante y que puede tardar cientos de años en degradarse, los eco-ladrillos reciclan 10 envases por cada unidad y aproximadamente 2500 envases por m³ de concreto, el cual representa un gran aporte para su eliminación ya que estos residuos van a parar a los botaderos municipales y en la actualidad el Perú recicla apenas el 15% de sus residuos sólidos.

Se espera incentivar a nuestra comunidad universitaria de ingeniería civil a experimentar e innovar con los diferentes materiales de construcción y crear métodos alternativos para cuidar el medio ambiente en nuestra región.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Año tras año el impacto ambiental del ser humano se vuelve más severo, el cual crece junto a la cantidad poblacional, toda acción humana lo genera y el sector construcción no es ajeno a esto, ya que es una actividad totalmente necesaria para nuestra supervivencia en la actualidad por crear comunicación a través de vías, vivienda a través de hogares y edificios, producción a través de fábricas e infraestructura especializada, agua y electricidad a través de instalaciones de habilitación urbana, y educación a través de infraestructura educativa. Siendo esta última condicional para el éxito parcial del ser humano, es por esto que se construyen más escuelas, universidades y similares, además de llegar hasta a los lugares alejados para brindar este derecho. La construcción sostenible o ecológica es el objetivo actual para mitigar el impacto.

En la ciudad de Tacna, nuestra problemática ambiental es la gran cantidad de residuos sólidos, los cuales no son reciclados o reutilizados de manera eficiente y balanceada. Recientemente se aprobó a través de R.M. N° 200-2019-MINAM la “Guía para elaborar el Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales”, ya que desde el 2004 no se tiene uno nuevo, en este se constata que en el año 2003 se acumulaban 285,90 tn/día. En esa fecha la población era de 256 mil 881 habitantes, pero la población según el último censo (2017) es de 288 mil 781 habitantes, y tomando en cuenta los altos índices de inmigración en los últimos meses en donde según la Oficina Defensorial del Pueblo redondea un aproximado de 4 mil habitantes más; podríamos decir que al día de hoy habría un número cercano a 293 mil habitantes. Conociendo que la cantidad de población es directamente proporcional a la cantidad de basura acumulada al día, a la actualidad se produciría un 14% más de basura.

1.2 Formulación del problema

1.3 Problema principal

- ¿Cómo desarrollar la Evaluación del Beneficio del Uso de Eco-Materiales para la Construcción de Infraestructura Educativa Sostenible e Innovadora en la Provincia de Tacna?

1.4 Problemas específicos

- ¿Es posible determinar las características técnicas de eco materiales, mediante ensayos de laboratorio?
- ¿Cómo proponer un modelo básico de infraestructura educativa sostenible con eco-materiales?
- ¿Cómo identificar los beneficios de la propuesta en comparación a un sistema tradicional?

1.5 Justificación e importancia

La presente investigación busca contribuir con la reutilización del vidrio, plástico y papel como material de construcción, reduciendo su impacto ambiental y generando innovación e infraestructura sostenible para la Provincia de Tacna. Mediante los ensayos de laboratorio se podrá conocer el porcentaje de residuos a utilizar para la elaboración de un concreto resistente que cumpla con los requerimientos mínimos de las normas en el Perú.

Es importante porque esta investigación servirá como iniciativa para el gobierno regional y municipalidad provincial de Tacna, que al ser dueños de los desechos sólidos como el plástico, vidrio y papel, tengan conocimiento de que estos elementos pueden ser utilizados como materiales de construcción, reduciendo así el uso de terrenos y presupuesto necesarios para la ubicación y disposición final de estos residuos. Destinando su uso para la construcción de infraestructuras educativas, generando soluciones en los sectores de bajos recursos y más fuentes de trabajo para la población.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

- Desarrollar la Evaluación del Beneficio del Uso de Eco-Materiales para la Construcción de Infraestructura Educativa Sostenible e Innovadora en la Provincia de Tacna.

1.6.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades básicas de eco materiales, mediante ensayos de laboratorio.
- Proponer un modelo básico de infraestructura educativa sostenible con eco-materiales.
- Identificar los beneficios de la propuesta en comparación a un modelo tradicional.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

- Al evaluar los beneficios del Uso de Eco-Materiales para la Construcción de Infraestructura Educativa Sostenible e Innovadora en la Provincia de Tacna, se determinará que es de gran aporte ambiental.

1.7.2 Hipótesis específicas

- Se determinarán las características técnicas de eco materiales, mediante ensayos de laboratorio.
- Se Propondrá un modelo básico de infraestructura educativa sostenible con eco-materiales.
- Se identificarán los beneficios de la propuesta en comparación a un modelo tradicional.

CAPITULO II: MARCOS TEÓRICO

2.1 Antecedentes del estudio

2.1.1 Antecedentes nacionales

Quevedo, E. (2017) en 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” analiza y compara las características económicas y técnicas de unidades de albañilería tradicional, versus las unidades de albañilería de Polietileno Tereftelato (PET), utilizadas en viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de nuevo Chimbote, para saber si cumplen con los estándares mínimos requeridos en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). En la investigación se usa el diseño experimental, la norma técnica E-070 Albañilería, así como la NTP 399.605, NTP 399.613, NTP 399.621 y MTC E 609-2000, en el cual se concluye, que las unidades de albañilería tipo PET son óptimas y cumplen los requisitos mínimos para utilizarse como material de construcción alternativo para muros y viviendas ecológicas.

Astopilco, A. (2015) en la tesis titulada “comparación de las propiedades físico – mecánicas de unidades de ladrillos de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015” demuestra en su estudio las propiedades físico mecánicas de los ladrillos reemplazando el agregado grueso tradicional por PVC, basado en el método ACI. Astopilco empleo como referencia las normas NTP 399.604 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA “Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”, la NTP 399.613 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA “Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería” y NTP 399.601 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA “Ladrillos de concreto requisitos”, realizando ensayos de laboratorio donde concluye que las propiedades físico – mecánicas se acrecientan incorporando PVC triturado, pero disminuye en el caso de la resistencia a la compresión.

Echevarría, E. (2017) en la tesis titulada “Ladrillos de concreto con plástico PET Reciclado” determina proporciones óptimas de agregado en la mezcla de concreto para fabricar una unidad de albañilería clase IV, donde se agregan porcentajes de 0%, 3%, 6%, 9% obteniendo cuatro tipos de ladrillos. Realiza ensayos para determinar las propiedades físico – mecánicas además de analizar la resistencia a la

compresión y resistencia a la compresión axial característica en pilas de las unidades de albañilería tipo PET, concluyendo que las propiedades mecánicas de concreto vibrado al adicionar hojuelas de plástico PET cumplen con los requisitos pero no mejoran.

2.1.2 Antecedentes extranjeros

Bamba, J. & Gonzales, A. (2018), Universidad de la Rioja España, publicaron en la Revista de Arquitectura en el ejemplar dedicado a la Naturaleza como material de construcción, un artículo llamado Prefabricando lo natural, en la cual hablaba de la producción de ecomateriales con fibras naturales, y así fomentar la construcción sostenible.

R. Nowosielski, A. Kania, M. Spika (2007) de la Silesian University of Technology en Polonia, publicaron en JAMME, el journal titulado “Desarrollo de Ecomateriales y tecnología de materiales”, el cual constaba en investigar el concepto de ecomateriales, sus bases para así dar a conocer al consumidor y al productor el camino a la Sostenibilidad además de presentar algunos de estos y proveer ideas para que estos materiales tengan mayor uso en el futuro.

Halada, K. (1999) de el National Research Institute for Metals con el informe titulado “Progreso de la investigación de ecomateriales hacia una sociedad sostenible” analizó el progreso del concepto de ecomateriales y el método de investigación para el desarrollo de los mismos, como fue propuesto a comienzos de los 90 en Japón, también se menciona como realizar un direccionamiento estratégico para ir rumbo a una sociedad sostenible.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Los Ecomateriales

2.2.1.1 Definición

La palabra eco-materiales fue creada por EcoSur (Betancur Sierra, s.f.), en 1991, definió los ecomateriales como los materiales viables ecológica y económicamente, cercanos al medio, que permiten minimizar el impacto ambiental durante su ciclo de vida. Este concepto al día de hoy se podría considerar caducado ya que cumple tan solo una parte del concepto de sostenibilidad, al no considerarse el ámbito social, que hoy en día es el más importante debido a que para realizar cualquier tipo de utilización de recursos se debe evaluar el impacto sobre la población para obtener la licencia social; por tanto haría de los ecomateriales paradigmas no holísticos, es decir modelos a seguir incompletos.

En lo que se trata a materiales ecológicos, podríamos decir que debemos aprender del pasado, las civilizaciones antiguas, a diferencia de nosotros, utilizaban recursos que encontraban a disponibilidad en su entorno. Por ejemplo en Perú, la cultura Lima que construyó la huaca Pucllana ubicada en Miraflores – Lima hubo el uso de “adobitos” unidad estructural, tipo albañilería, que se encuentra en terrazas, rampas y paredes; su composición era básicamente tierra, agua y conchas marinas pulverizadas, las cuales eran obtenidas como desechos de su alimentación.

2.2.1.2 Clasificación de los Ecomateriales

A lo largo de los años, algunos autores han realizado clasificaciones de ecomateriales a través del concepto de ciclo de vida. Pero hoy en día, los ecomateriales o el desarrollo de cualquier material debe ser visto a través del concepto de sostenibilidad. Existen cuatro principios para los ecomateriales:

- Materiales “cíclicos”. (I)
- Materiales para la protección ecológica y ambiental. (II)
- Materiales que contribuyan a la salud humana y a la sociedad. (III)
- Materiales de generación de energía basados en los dos principios principales como sus fuentes y funciones. (IV)

Estas cuatro categorías fueron clasificadas en 10 subcategorías.

Tabla 1: *Sub Categorías de Ecomateriales con ejemplos respectivos*

Sub-Categorías	Ejemplos
IA: Materiales Recicladados	Eco-cemento, cerámico a base de restos de vidrio, plástico reciclado, abono de sílice, etc.
IB: Materiales Renovables	Materiales a base de madera, plástico biodegradable, uso de suelos, etc.
IC: Materiales Eficientes	Metales y aleaciones resistentes al desgaste, materiales con menor desperdicio, etc.
IIA: Materiales para manejo de desperdicios	Membranas para la separación de gas, materiales absorbente para remover grasas y aceites, encimas microbiológicas, etc.
IIB: Materiales para la reducción de impacto ambiental	Materiales catalizadores para combustibles, fotocatalizadores revistiendo materiales de construcción.
IIC: Materiales de fácil disposición o reciclaje	Plástico biodegradable, materiales funcionalmente graduados.
IIIA: Materiales no peligrosos	Soldadura libre de plomo, Acero libre de cromo, etc.
IIIB: Materiales para reducir los impactos en la salud humana	Paneles a prueba de sonido, materiales con revestimiento antibacteriano, láminas de acero con amortiguación de vibraciones, etc.
IIVA: Materiales de eficiencia energética	Lámina de espejo térmico para el ahorro de energía en el hogar, acero ultra ligero, aleación resistente al calor para turbinas, etc.
IIVB: Materiales de energía verde	Silicona de alto grado para células solares, materiales de conversión termoeléctrica, vidrio transparente selectivo, etc.

Fuente: (Nguyen X.H., Honda T., Wang Y., and Yamamoto R., University of Tokyo)

2.2.1.3 El polietileno tereftalato (PET)

El polyethylene terephthalate (PET), es el elemento más usado en la industria para la realización de envases de bebidas y textiles. Esta hecho de 23% de derivados líquidos del gas natural, 13% de aire y 64% de petróleo. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar etilenglicol. El PET se hace combinando el ácido tereftálico y el etilenglicol.

Los químicos británicos Whinfield y Dickson, fueron quienes produjeron por primera vez el polietileno tereftalato en el año 1941, patentado como polímero plástico lineal útil para la fabricación de fibras. Posteriormente su uso en el mercado

se expandió por sus múltiples características y propiedades, al ser resistentes, herméticos, no alteran las propiedades del contenido, son ligeros, entre otros.

Un método fácil de identificar las botellas PET es que estas contienen en la parte inferior del envase un símbolo con 3 flechas que forman un triángulo y en su interior el número 1, con las siglas PET debajo.

Su producción se basa principalmente en 3 Tipos:

- PET Botella: Utilizado para envasar bebidas y alimentos, conservando su contenido.
- PET Textil: Utilizado para reemplazar las fibras naturales como el lino y el algodón.
- PET Film: Utilizado en las películas fotográficas y de audio, además de los rayos X.

Características del PET:

- Opera como defensa para los gases como el O₂, CO₂ y la humedad.
- Es cristalino y transparente, permite el uso de colorantes.
- Estudios afirman que las botellas que se usan para envasar zumos de frutas ácidos liberan antimonio (Sb), en cantidad mínimas por debajo de los de los límites que admite la Organización mundial de la Salud (20µg/L).
- Inerte (al contenido).
- Estabilidad a la intemperie.
- Presenta alta rigidez y dureza, lo que lo hace resistente a esfuerzos permanentes y al desgaste.
- Las botellas pesan 20 veces menos que su contenido haciéndolo liviano.
- Impermeable.
- Superficie barnizable.
- Totalmente reciclable.

Propiedades del PET:

- Presenta una elevada resistencia a la corrosión y desgaste.
- Es antideslizante
- Resiste altas temperaturas y tiene buena resistencia química.
- repele la humedad, sirve como barrera a O₂ y al CO₂.
- Es altamente reciclable, pero disminuye su viscosidad con la historia térmica
- Es aceptable para ser el envase de productos alimentarios

Tabla 2: Datos Técnicos del Polietileno Tereftalato (PET)

PROPIEDADES MECÁNICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
Peso Específico	gr/cm ³	D-792	53479	1.39
Resist. A la tracc. (Fluencia/Rotura)	kg/cm ²	D-638	53455	900 / --
Resist. A la compresión (1 y 2 % Def)	kg/cm ²	D-695	53454	260 / 480
Resistencia a la flexión	kg/cm ²	D-790	53452	1450
Resist. Al choque sin entalla	kg.cm/cm ²	D-256	53453	> 50
Alargamiento a la Rotura	%	D-638	53455	15
Módulo de Elasticidad (Tracción)	kg/cm ²	D-638	53457	37000
Dureza	S hore D	D-2240	53505	85 - 87
Coef. De Roce Estático s/acero		D-1894		--
Coef. De Roce Dinámico s/acero		D-1894		0.2
Resist. Al desgaste por roce				muy buena
PROPIEDADES TÉRMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
Calor Específico	Kcal/Kg.°C	C-351		0.25
Temp de flexion b/carga (18.5 kg/cm ²)	°C	D-648	53461	75
Temp. De uso continuo en aire	°C			-20 a 110
Temp. De fusion	°C			255
Coef. De dilatación lineal de 23 a 100°C	por °C	D-696	52752	0.00008
Coef. De conducción Térmica	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.25
PROPIEDADES ELECTRICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
Constante Dielectrica a 60 hz		D-150	53483	3.4
Constante Dielectrica a 1 khz		D-150	53483	3.3
Constante Dielectrica a 1 Mhz		D-150	53483	3.2
Absorción de humedad al aire	%	D-570	53472	0.25
Resistencia superficial	Ohm	D-257	53782	>10 a la 14
Resistencia volumétrica	Ohms-cm	D-257	53782	>10 a la 15
Rigidez dielectrica	K vmm	D-149		22
PROPIEDADES QUIMICAS	OBSERVACIONES			
Resistencia a Hidrocarburos	Buena			
Resistencia a Acidos debiles a Temp. Ambiente	Buena			
Resistencia a Alcalis debiles a Temp. Ambiente	Buena			
Resistencia a prod. Químicos definidos	Consultar			
Efecto de los rayos solares	Algo lo afectan			
Aprobado para contacto con alimentos	Si			
Comportamiento a la combustion	Arde con mediana dificultad			
Propagación de llama	Mantiene la llama			
Comportamiento al quemarlo	Gotea			

Tiempo de descomposición del PET

El plástico está hecho en base a derivados del petróleo, en el cual no se utilizan fuentes renovables para su fabricación, habiendo un proceso contaminante para el medio ambiente.

La degradación del PET en la naturaleza se produce por la exposición a los rayos UV del sol, el cual va rompiendo los enlaces del polímero con el tiempo. Siendo este un proceso tan lento que una sola botella de plástico tarda en descomponerse cientos de años y si no son expuestas a la luz solar, tardarían miles de años en degradarse. El agua degrada el plástico en pocos años, pero se convierte en un peligro para la naturaleza, ya que se transforma en partículas que contaminan el mar y sus especies.

Reciclaje

El PET, no es un material positivo para el medio ambiente, porque para su fabricación se utilizan considerables cantidades de petróleo, un recurso no renovable. Gran parte de este material es desechado en botaderos o rellenos sanitarios y no son reciclados.

Según el ministerio del ambiente, el Perú solo llega a reciclar el 1.9 % del total de residuos sólidos reaprovechables. En el año 2016 a nivel nacional, se produjeron 7'005,576 toneladas de residuos sólidos municipales urbanos, de ese volumen el 18.7% son residuos inorgánicos reciclables con potencial de generar empleo a través de negocios innovadores (papel, cartón, vidrio, plástico PET, plástico duro, tetra-pack, metales y residuos eléctricos y electrónicos-RAEE).

En reciclaje tiene un símbolo internacional que lo identifica y que simboliza cada una de las tres erres:

- Reducir la cantidad de materiales predestinados a un solo uso, pérdidas energéticas, de agua, etc.
- Reutilizar los materiales para darles mayor vida útil
- Reciclar, recuperando parcial o totalmente la materia prima del producto.

El PET es un material 100% reciclable, pero no es posible utilizarlo para fabricar nuevamente botellas de plástico, por razones de salud e higiene. En su lugar al ser

reciclados pueden ser utilizados para elaborar alfombras, strapping, láminas, rollos, envases que no son para alimentos, resinas de ingeniería, fibras entre otros.

Tipos de Reciclado:

▪ Reciclado mecánico:

Se denomina así porque no sufre transformaciones químicas significativas. El Polietileno es reciclable, es decir, pasa por varias etapas de separación, limpieza y molido para obtener escamas limpias de PET, el cual se puede mezclar con otros polímeros para ser transformados y obtener múltiples productos con distintos fines.

El Polietileno reciclado puede ser utilizado para fabricar film para agricultura, bolsas de residuos, caños, madera plástica para postes, etc.

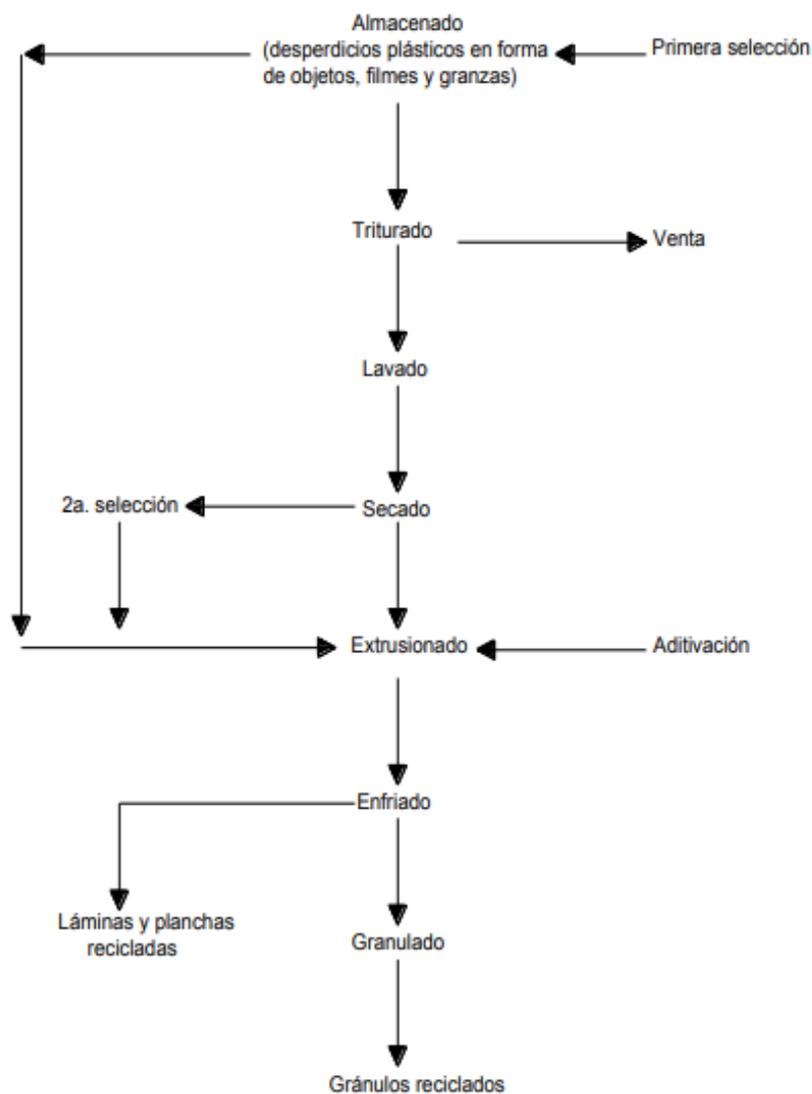


Figura 1: *Proceso de Reciclado Mecánico del PET*

Fuente: Manual de reciclaje de plásticos

Al ser reciclado el PET cambia sus propiedades a comparación del PET virgen, entre ellas tenemos que poseen un módulo de Young menor, mayor resistencia al impacto y mayor elongación a la rotura, comprobando que el PET virgen es más frágil y el PET Reciclado es más dúctil. Estas propiedades pueden ser atribuibles a su adicional historia térmica.

Tabla 3: Características del PET y R PET

Propiedad	PET Virgen	R PET
Módulo de Young [MPa]	1890	1630
Resistencia a la rotura [MPa]	47	24
Elongación a la rotura [%]	3,2	110
Resistencia al impacto [J m ⁻¹]	12	20
IV (dl g ⁻¹)	0.72 – 0.84	0.46 – 0.76
Temperatura de fusión (°C)	244 – 254	247 – 253
Peso molecular (g mol ⁻¹)	81600	58400

Fuente: Tecnología de los plásticos.blogspot.com

▪ Reciclado químico:

Es un proceso donde se despolimeriza químicamente el PET, entre ellos están el metanólisis, hidrólisis, saponificación, pirolisis y glicólisis. En la actualidad se ha profundizado para hallar nuevas técnicas de gran complejidad para reciclar todos los plásticos.

2.2.1.4 Vidrio:

Es un material inorgánico, frágil, duro, transparente que se encuentra en la naturaleza y puede ser producido por el ser humano.

Fabricación

Para la producción del vidrio se emplea una mezcla de materias primas que son introducidas en una tolva:

- Arena de Sílice (SiO₂): es el principal componente.
- Carbonato o sulfato de sodio (Na₂CO₃): Así la arena se funde a menor temperatura.
- Piedra caliza (CaCO₃): para que el cristal no se descomponga en el agua.

Posteriormente los componentes se funden en un horno para obtener cristal líquido (entre 1.500 y 2.0000 C) donde el fuego lo conserva caliente y fluido. El flujo

de cristal fundido varía según se desee que sea el grosor de la lámina. Luego, cuando la mezcla se funde, se corta y se transfiere a las máquinas de formación. Todo dentro de un circuito cerrado. Este equipo tiene dos lados: el premolde y el molde. El vidrio, en estado líquido, es recepcionado en este mecanismo que le dará la forma de envase. Ahí, la temperatura del vidrio será cercana a los 1.200 grados centígrados.

En la siguiente fase, el envase de vidrio pasará por una etapa de enfriamiento paulatino, donde disminuirá de forma paulatina su temperatura a 100 grados centígrados, para definitivamente pasar a la etapa de inspección, donde se eliminarán los productos con fallas y que no superen los estándares mínimos requeridos. Finalmente, los envases serán empacados y entregados a los clientes que emplearán estos recipientes para contener sus productos.

Propiedades del vidrio

Los vidrios pueden tener propiedades ópticas, mecánicas y térmicas, muy diversas según su composición química y tratamientos térmicos.

Tabla 4: Propiedades del Vidrio

PROPIEDAD	VALOR	UNIDAD
Punto de Ablandamiento	730	°C
Densidad a 25° C	2.49	g/cm ³
Dureza	6.5	Mohs
Módulo de elasticidad a 25° C	719	Kbar
Módulo de Poisson a 25° C	0.22	-----
Módulo de Young	720000	Kg/cm ²
Resistencia a la tracción a 25° C (aprox.)	900	Bar
Resistencia a la compresión (para tubo 1 cm lado)	10000	Bar
	8.72x	
Coefficiente de dilatación lineal a 25° C	10 ⁻⁶	°C ⁻¹
Calor específico a 25° C	0.2	cal/g/°C
		cal/
Conductividad térmica a 25° C	0.002	cm.s. °C
	1.05	W/mk
Atacabilidad química DIN 12111	13.52	mL de HCl 0.01 N
Tensión superficial a 1200° C	319	dinas/cm
Índice de refracción (a 589.3 nm)	1.52	-----

Fuente: Cabrera Barboza, 2014

Reciclaje del vidrio

El reciclaje del vidrio aporta una serie de ventajas al entorno al ser respetuoso con el medio ambiente y ser un material totalmente reciclable al no tener límites en la cantidad de veces que puede ser procesado porque no pierde sus propiedades. Para los microorganismos del suelo es muy difícil realizar su descomposición, sea cual sea las dimensiones y las formas motivo por el cual pueden tardar hasta 4000 años en degradarse.

2.2.2 Infraestructura Educativa Sostenible e Innovadora.

2.2.2.1 Definición

Se denomina Infraestructura a aquella construcción humana diseñada y dirigida por profesionales de Arquitectura, Ingeniería civil y otros; que sirven para el desarrollo de otras actividades en este caso del sector educación. El sector educación como su nombre lo dice tiene como objetivo de sus actividades educar es decir guiar y preparar en distintos ámbitos a los estudiantes.

La infraestructura educativa es un grupo de habitaciones diseñadas, construidas y equipadas basadas con las características del Reglamento Nacional de Edificaciones. Existiendo clases como Educación Inicial, Primaria, Secundaria, Básica Alternativa o Técnico-Productiva, el reglamento mencionado en la Norma A.040 toma en consideración las necesidades de cada una de estas.

2.2.2.2 Infraestructura Educativa Sostenible.

La Norma A.040 Educación del Reglamento Nacional de Edificaciones, posee un concepto de mayor sostenibilidad incluyendo requisitos técnicos relacionados al Código Técnico Peruano de Construcción Sostenible.

2.2.2.2.1 Diseño Arquitectónico

El diseño arquitectónico debe realizarse considerando las características del servicio educativo y lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, además de prever la expansión del servicio.

Debe poseer áreas libres que propicie buenas condiciones de los ambientes en los ámbitos de iluminación, ventilación, regulación térmica, etc. Los techos deberán ser considerados de acuerdo a variaciones climáticas, al igual que el diseño de la edificación a través de los distintos tipos de confort estipuladas (Lumínico, térmico, sonoro, etc.).

La infraestructura debe tener alta accesibilidad para asegurar la correcta circulación de todo el estudiantado incluyendo a las personas con discapacidades. Además, deben existir zonas de evacuación y seguridad para salvaguardar a los docentes y estudiantes.

2.2.2.2.2 Diseño Estructural

La estructura debe asegurar la condición de edificación esencial como lo dispone el Reglamento Nacional de Edificaciones; el diseño estructural debe regirse al diseño arquitectónico y a los estudios preliminares realizados, a menos de que exista algún tipo de estructura rescatable en el sector para una remodelación.

Todos los documentos técnicos deberán ser elaborados y sustentados por un Ingeniero Civil, se recomienda sea alguno especializado en la rama de estructuras. Se deberá realizar el diseño con mayor énfasis en la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente.

2.2.2.2.3 Diseño de Instalaciones Eléctricas, Electromecánicas y Especiales

Los locales educativos deben contar con energía eléctrica en forma permanente y/o un sistema alternativo de energía que garantice el desarrollo de las actividades pedagógicas. Se debe cumplir con lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones.

2.2.2.2.4 Diseño de Instalaciones Sanitarias

El sistema de abastecimiento dependerá de la zona geográfica, se deberá cumplir con lo establecido en las normas IS.010 e IS.020 del RNE, según corresponda.

Todos los locales deben contar con un abastecimiento interno de agua y desagüe que asegure las mejores condiciones de sanidad e higiene, en el caso de no contar con una red pública se debe garantizar que cumpla con lo señalado en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. En caso de no existir red pública de desagüe, se deberá plantear un sistema de mantenimiento de excretas.

2.2.2.3 Practicas Sostenibles

2.2.2.3.1 Definición

Se define como práctica sostenible a toda acción que cumpla con el concepto de sostenibilidad, en este caso, con las bases de lo que llamaríamos construcción sostenible. De este punto en adelante, nos referiremos solo a prácticas sostenibles en el sector construcción.

El objetivo de realizar este tipo de prácticas es permitir la disminución de los efectos negativos de la obra ocasionados a lo que la rodea, es decir considerando dentro del medio ambiente, a las construcciones ya existentes y a la población que vive a los alrededores; además que en las mejores condiciones pueda beneficiar también a la empresa.

2.2.2.3.2 Licencia social

En la actualidad, este punto, es la práctica sostenible más importante para iniciar cualquier proyecto, ya que esta se encuentra enraizada en la cultura, cosmovisión y opinión de la población circundante al proyecto y otros grupos de interés. Entonces, se podría decir que la licencia social es dada por la comunidad, esta es intangible, a menos de que se haga un estudio social y por tanto, las actividades necesarias aconsejadas por el estudio.

La licencia social se hace existente cuando el proyecto a realizarse cuenta con la aprobación o aceptación amplia de la comunidad local durante el proceso completo de la misma. Aunque esta no posee de real peso a través de las leyes, debido a que el Estado es quien otorga la aprobación, son muy pocas las ocasiones en que las

autoridades verifican si existe aprobación y/o aceptación de parte de las comunidades aledañas, lo que consecuentemente resulta en enfrentamientos y problemas en relación al proyecto.

Los ejemplos más recientes en el país son en la explotación de recursos minerales, que en muchas ocasiones, podría ser beneficiario con una mitigación correcta del impacto ambiental al mejorar la calidad de vida del sector e impulsar el crecimiento del mismo, la solución más sensata sería capacitar a la población y no tan solo para que aprueben el proyecto sino también para que sepan cuando pueden denunciar un impacto ambiental severo.

Para entender de manera completa el concepto de licencia social, se debe diferenciar el significado de aceptación, que es la disposición de tolerar o consentir, y el significado de aprobación, que es dar la denominación de bueno o malo, positivo o negativo, beneficioso o dañino.

Para la obtención de la licencia social, el proyecto debe poseer legitimidad para así generar credibilidad y ambos ayudan a generar la conocida confianza.

- Legitimidad Social: En la práctica, la base inicial para la legitimidad social proviene del compromiso con todos los miembros de la comunidad y la divulgación de información acerca del proyecto, la compañía lo que podrá ocurrir en el futuro, y la posterior aclaración de las dudas que puedan surgir, (socialicense.com, s.f.).
- Credibilidad: La capacidad de ser creíble es generalmente creada a través de la divulgación constante de información clara y verdadera, el cumplimiento de cada una y todas las promesas hechas a la comunidad, (socialicense.com, s.f.).
- Confianza: La verdadera confianza proviene de las experiencias anteriores compartidas, (socialicense.com, s.f.).

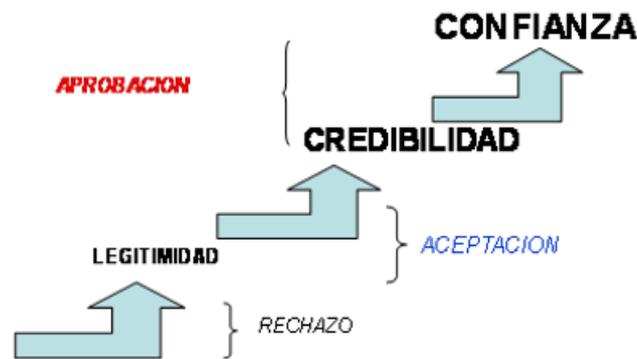


Figura 2: Camino para la obtención de la Licencia Social

Fuente: (Ian Thomson & Susan Joyce - On Common Ground Consultants Inc., 2008)

La licencia social puede llegar a ser un desafío muy grande, por ejemplo, en el caso de reubicaciones, siendo el más común, usualmente realizado para beneficiar a la población de algún modo, quizá para proveerla de más recursos, dar algún impulso económico o similar, si no se capacita o explica de manera correcta la situación a las personas de manera anticipada, lo primero que se ocasionaran son problemas.

Si mencionamos los principales desafíos de una organización para una licencia social, serían los siguientes:

- Que los realizadores del proyecto consideren que la licencia social es hacer un trato con la comunidad, que básicamente quite de lado todo estudio social sin percatarse que un desacuerdo cultural puede hacer el proyecto fracasar antes de iniciar.
- Confundir aceptación con aprobación, cooperación con confianza y credibilidad técnica con credibilidad social.
- No conocer a la comunidad, o las “reglas del juego” de la misma.
- No realizar un compromiso con los grupos de interés en el momento oportuno.
- Perjudicar su propia credibilidad, dando información incompleta o confiable, o quizá no cumplir con el compromiso dado.
- Subestimar la existencia de la licencia social.
- No escuchar a la comunidad.

El concepto de comunidad, posee una singularidad, que daría a entender que en una población los grupos de interés, las maneras de pensar, niveles de educación

etc; son los mismos, pero en la actualidad sabemos que esta situación idónea es imposible. Lo cual nos lleva a la conclusión de que la comunidad en sí es un conjunto de comunidades y redes, por tanto debemos preguntarnos si existe la posibilidad de que una población no otorgue una licencia social, pues se podría decir que esta situación tan solo complica la obtención de la misma mas no la elimina, la licencia social es algo en lo que se trabaja. Lo que suelen hacer empresas de gran magnitud es intentar comprender la red de la comunidad con la cual interactuarán, y así saber dónde concentrar esfuerzos, por esta razón es que son necesarios los estudios sociales.

2.2.2.3.3 Reciclaje de Materiales

El reciclaje es un procedimiento cuyo objeto es transformar residuos en productos nuevos o en materia prima para luego ser utilizada. Con el reciclaje se previene el desuso de materiales que poseen potencial para útiles, se reduce el consumo de nuevos recursos o materia prima, además de reducir el uso de energía, la contaminación del aire y del agua. El reciclaje es un factor clave en la disminución de residuos y es el último y más importante componente de las 3R («Reducir, Reutilizar y Reciclar») que es la base de la sostenibilidad.

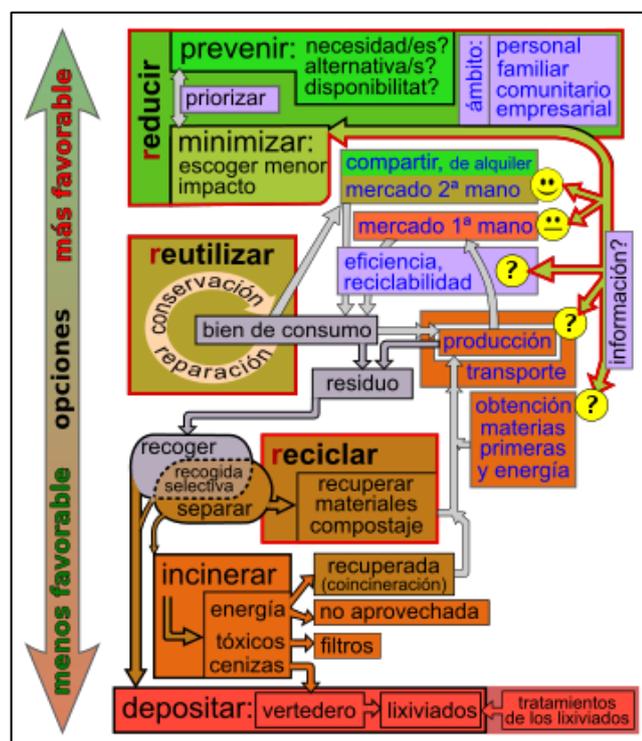


Figura 3: Tratamiento de Residuos, las 3 "R"

Fuente: (<http://www.protossmetales.com>, s.f.)

En el caso específico de la construcción se puede reciclar los desmontes; el acero, el cual de acuerdo al World Steel Association el año 2018 ha aumentado en producción y el objetivo de la sostenibilidad es no explotar descontroladamente; los residuos de pavimentos, reutilización de madera, etc.

2.2.2.3.4 Mitigación del Impacto sobre la Salud Humana

En la actualidad, la contaminación ambiental, está impactando sobre la salud humana. La primera preocupación ambiental es la contaminación atmosférica, debido a que existen ciudades en donde el hacer ejercicio al aire libre es perjudicial para la salud y según la Sociedad Europea de Medio Ambiente al año mueren 31000 personas debido a este impacto; una gran práctica sostenible, sería eliminar la combustión existente, en pequeña escala o ámbitos pequeños es posible, a gran escala es casi inalcanzable ya que significaría no alentar la industria, la cual es necesaria para alimentación, vestimenta, medicina, movilidad, etc. Al no desear una solución tan poco plausible, se tiene la alternativa de utilizar filtros en las emisiones resultado de la combustión, esta si puede aplicarse a mayor escala, y su mitigación sería más importante.

La contaminación del agua, también es de gran preocupación, en varios sectores del planeta debido a cifras alarmantes de materiales pesados o acidificación, ya que no solo daña a las especies que la habitan, también nos dañas a nosotros ya que muchas de estas especies son parte de nuestra alimentación y el agua es de gran importancia para nuestra supervivencia a través de hidratación, todos estos metales pesados en el cuerpo tienen distintos efectos adversos, muchos de los cuales no han sido del todo investigados. La forma de evitar la acidificación es la misma que reduce la contaminación atmosférica ya que al evaporarse el agua se mezcla con los componentes contaminantes de la atmósfera y la práctica para reducir los materiales pesados es una minería (que en la mayor cantidad de casos es la causante) responsable.

La contaminación del suelo, al contaminarse el agua y la atmósfera podemos deducir que indirectamente se contamina el suelo, mas el ser humano está modificándolo a mayor escala ingresando en el químicos artificiales para que rinda los productos que son solicitados, es decir la agricultura está impactando en gran medida a este, además del mal manejo de residuos. Una práctica sostenible sería dejar la biodiversidad de plantas prosperar en vez de enfocar la producción a un solo producto, la explotación exagerada de los suelos, y manejar los residuos sólidos a

través de reciclaje. La contaminación a la salud del ser humano es obvia, ya que al existir estos químicos en el suelo, son absorbidas por las plantas y estas a su vez dan los químicos a toda la cadena trófica.

En el sector construcción, la contaminación sonora es la más alarmante debido a que afecta a quienes están en las zonas aledañas, no existe forma exacta para mitigar esto a diferencia de otros tipos de contaminaciones producidas por este sector.

2.2.2.3.5 Uso Eficiente de Recursos

En la actualidad, hay una oportunidad real al realizar soluciones nuevas que den a conocer beneficios, no solo a las generaciones de hoy en día, sino también por las que vienen después de nosotros, con respeto a nuestro medio ambiente y cumpliendo por tanto el concepto de sostenibilidad. Es hora de crear un cambio con base en nuevos estilos de vida que posean hábitos sostenibles.

La promoción de economías verdes, que representen el consumo y la producción sostenibles, es básico para alcanzar un cambio en nuestras sociedades. Significa entonces hacer más y mejor con menos, desvincular el crecimiento económico de la degradación ambiental, promover un uso eficiente de los recursos y de la energía, crear infraestructuras sostenibles, mejorar el acceso a servicios básicos y a productos sostenibles asequibles, así como generar empleos verdes, (Eficiencia de Recursos, Cambio Climático: ONU ambiente, s.f.).

2.2.3 Contaminación Ambiental

2.2.3.1 Definición

Se entiende por contaminación ambiental, a la alteración nociva de las condiciones naturales de un medio o cosa por agentes químicos, físicos o biológicos. La contaminación ambiental es uno de los problemas más trascendentales que afectan a nuestro planeta, son nocivos para la salud, el bienestar y la seguridad de la población y perjudiciales para la vida animal y vegetal.

El progreso y el acelerado crecimiento tecnológico e industrial atentan contra la integridad de la naturaleza debido a que el hombre va adaptando el medio de acuerdo a sus necesidades, y estos requerimientos muchas veces son incompatibles con el equilibrio ecológico, generando un impacto negativo. A diferencia del hombre, la vida animal y vegetal siempre se ha adaptado al ecosistema.

2.2.3.2 Tipos

Contaminación del agua: Cuando se le introducen sustancias tóxicas, nocivos y contaminantes extraños como restos industriales, productos químicos y microorganismos que dejan al agua sin calidad de purificación, inhabilitándolo como recurso fundamental de vida y otros usos.

Contaminación del aire: Se da como consecuencia de la incorporación de gases tóxicos a la atmosfera transformando su composición natural que destruye la capa de ozono que protege al planeta de las radiaciones ultravioletas procedentes del sol.

Contaminación del suelo: Es cuando sustancias y materias extrañas son incorporadas al suelo, como sólidos tóxicos provocando un desequilibrio que afecta negativamente a todos los seres vivos.

2.2.3.3 Consecuencias

Una de las consecuencias más graves que genera la contaminación ambiental es el calentamiento global o cambio climático, que viene a ser el incremento de la temperatura atmosférica y de los océanos pertenecientes al planeta tierra, provocando una serie de cambios en el clima o patrones meteorológicos a largo plazo que se modifican según el lugar.

Otro fenómeno muy común producto de la contaminación es el efecto invernadero, que se produce cuando los gases de la atmosfera retienen el calor, calentando así la tierra enormemente por el aumento de dióxido de carbono y otros gases desde la revolución industrial.

Gran parte de los desechos que genera la población de Tacna es el plástico que al ser quemados desprenden sustancias toxicas cancerígenas, los principales

contaminantes que emana el quemar plástico son el monóxido de carbono, dióxido de carbono, metales pesados, dioxinas, entre otros poniendo en constante riesgo a la población si no se llega a tomar consciencia de la importancia de reducir, reutilizar y reciclar los residuos plásticos.

En el año (2016) el jefe de SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre) anuncia el hallazgo de los cadáveres de 18 mamíferos, 47 lobos marinos y 20 pingüinos de Humboldt encontrados en las playas del litoral tacneño durante el transcurso de ese año, cuyo análisis reveló que la causa de la muerte de todas esas especies había sido producto de la ingesta de restos plásticos y de tecnopor (poliestireno expandido), nocivos para su organismo. Situación que incrementa cada año y ocasiona daños irreversibles en el ecosistema marino.

Como producto de la contaminación ocurre el envenenamiento de especies terrestres y marinas, poniendo en riesgo los alimentos procedentes de la agricultura, ganadería y pesca, necesarios para abastecer a la población Tacneña.

El SINIA (Sistema Nacional de Información Ambiental) es una plataforma ideada como soporte para la gestión ambiental promovido por el MINAM (Ministerio del Ambiente) cuya objetivo es proporcionar información ambiental actualizada para la toma de decisiones a nivel nacional, regional y local. Según el SINIA y el Ministerio de Economía y Finanzas, el indicador del gasto municipal per cápita en gestión de residuos sólidos ha ido en aumento desde su creación en el año 2014. Tacna registra aquel año solo un gasto de 17.57 soles por habitante en gestión de residuos sólidos, elevando su costo en el año 2017 a 24.92 soles por habitante (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2018).

2.2.3.4 Soluciones

Medidas para la contaminación del aire

Existen numerosas medidas para reducir la cantidad de contaminación producida en el planeta según la Organización mundial de la Salud.

Industria: Separar los residuos sólidos por categorías dependiendo si son residuos orgánicos o inorgánicos y seleccionar aquellos que puedan ser reciclados

para fabricar nuevos productos. A partir de la pasta de papel se puede fabricar más papel, lo mismo ocurre con el vidrio, las latas de aluminio, el cartón y otros residuos.

Energía: Garantizar mejores técnicas disponibles de energía, como el uso de paneles solares, además en el Perú tenemos la ventaja de gozar con gran cantidad de radiación solar, el cual puede ser aprovechado en instituciones del estado, empresas y hogares. Su uso no afecta la calidad del suelo, ni el aire y permite generar ahorro.

Planificación Urbana: Perfeccionamiento de la eficiencia energética de las instituciones del estado como instituciones educativas y municipalidades.

Gestión de desechos municipales: El número de rellenos sanitarios al sur del Perú es escaso y la mayor parte de los municipios dispone de tiraderos a cielo abierto lo que produce contaminación del medio y un riesgo para la salud de la Población. Concientizar a la población en el adecuado almacenamiento y selección de los residuos es fundamental, también es importante formalizar los acopios informales de reciclaje y mejores infraestructuras de disposición final de los residuos.

Medidas para la contaminación del agua:

Industria: evitar la fuga de desechos industriales al mar; mejora en la gestión de desechos en zonas costeras; restaurar y conservar los ecosistemas; reducir la generación de basura plástica; evitar la descarga de aguas residuales sin tratar: consumir más vegetales y menos productos animales.

Planificación Urbana: Concientizar a la población del cuidado, correcto uso y ahorro del agua, evitar desechar los residuos sólidos al mar.

Gestión de desechos municipales: Mitigar la generación de desechos y mejorar su acumulación, reciclaje, clasificación, reutilización, recuperación y la completa eliminación mediante normas registradas y reglamentos en cada nación.

Energía: Uno de los contaminantes más peligrosos del agua es el petróleo, para esto es necesario hacer una transición hacia energías más limpias y renovables como la energía eólica, hidráulica, solar, mareomotriz, biomasa entre otros.

Medidas para la contaminación del suelo:

Industria: Rehabilitación de la materia prima extraída del medio. Eliminar el vertido tóxico al suelo producto de metales pesados, pesticidas, petróleo, entre otros contaminantes perjudiciales.

Gestión de desechos municipales: Concientizar a la población sobre el uso responsable de los recursos naturales. Incentivar a la colaboración en la investigación y desarrollo de prácticas eco-amigables. Gestionar eficientemente el uso de botaderos municipales, evitando la incineración de los residuos y permitiendo su reincorporación a los ciclos productivos.

Planificación Urbana: Frenar la deforestación; incrementar las áreas verdes y gestionar su cuidado; evitar la quema de desechos en el suelo; reducir la cantidad de materiales y bienes que consumimos, alargando su vida útil al máximo.

2.2.3.5 Situación Actual de los Residuos sólidos en el Perú

En la actualidad el Perú cuenta con políticas ambientales que le permiten hacer frente a la problemática de la contaminación a nivel nacional. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), revela que en el año 2015 la cantidad promedio diario de recojo de residuos sólidos es de 257,350.00 kilogramos que son almacenados en los rellenos sanitarios y botaderos a cielo abierto existentes en el departamento de Tacna.

Tabla 5: Cantidad promedio diaria de basura recolectada por departamento, 2015.

Departamento	2015			
	Municipalidades	Municipalidades que realizaron recojo de basura	Cantidad promedio diario de recojo de residuos sólidos (Kilogramos)	Municipalidades que no realizaron recojo de residuos sólidos
Total	1,851	1,813	22,390,372	38
Amazonas	84	75	125,909	9
Áncash	166	163	758,339	3
Apurímac	81	79	246,328	2
Arequipa	109	106	1,035,741	3
Ayacucho	116	113	300,119	3
Cajamarca	127	124	644,402	3
Callao 1/	7	7	843,275	-
Cusco	110	109	959,871	1
Huancavelica	97	97	116,810	-
Huánuco	77	77	388,781	-
Ica	43	42	598,986	1
Junín	123	119	688,937	4
La Libertad	83	83	1,568,780	-
Lambayeque	38	38	1,099,228	-
Lima	171	168	9,293,294	3
Loreto	53	50	542,505	3
Madre de Dios	11	11	103,471	-
Moquegua	20	20	112,463	-
Pasco	29	29	203,881	-
Piura	65	65	1,061,496	-
Puno	109	108	606,672	1
San Martín	77	75	373,636	2
Tacna	27	27	257,350	-
Tumbes	13	13	101,877	-
Ucayali	15	15	358,221	-
Lima Metropolitana	50	50	9 451 377	-
Lima Provincias 3/	128	125	685 192	3

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Información – Registro Nacional de Municipalidades publicado el año 2016.

Entre el año 2014 y 2015 se estimó un incremento de un 1.7% en la generación de residuos sólidos a nivel nacional.

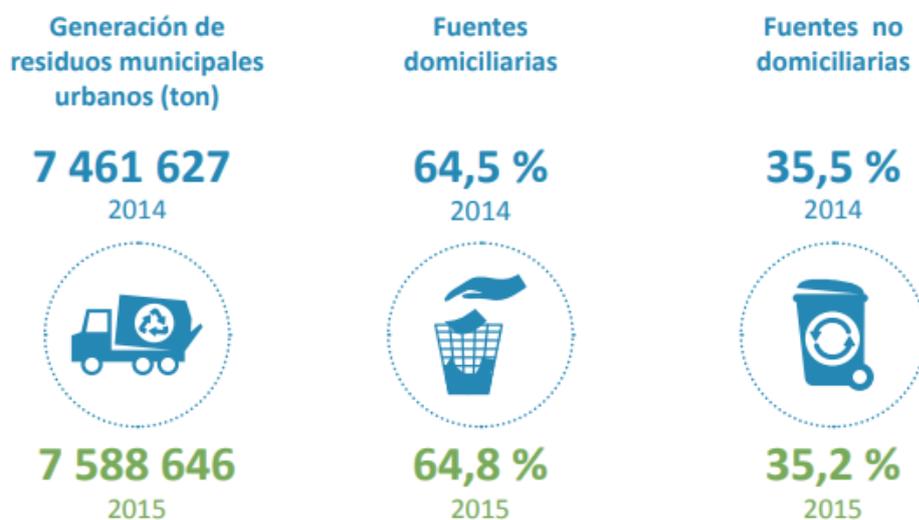


Figura 4: *Residuos Municipales Urbanos*

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2016

Obteniendo como resultado que el 18.60% del total de residuos sólidos en el año 2015, eran desechos que se podían reciclar como es el caso del papel, cartón, bolsas y plástico PET.



Figura 5: *Componentes de Residuos Sólidos*

Fuente: Ministerio del Ambiente, 2016

2.3 Definición de términos

- Beneficios: sinónimo de utilidad o ventaja (RAE, 2018).
- Eco-materiales: materiales viables ecológica y económicamente, cercanos al medio, que permiten minimizar el impacto ambiental durante su ciclo de vida (Eco Sur, 1991).
- Sostenibilidad: La Sostenibilidad consiste en la adaptación del entorno de los seres humanos a un factor limitante: la capacidad del entorno de asumir la presión humana de manera que sus recursos naturales no se degraden irreversiblemente [Cáceres, 1996].
- Prácticas Sostenibles: Acciones que se apoyan en el concepto de sostenibilidad, (Bardalez, 2014).
- Construcción: En los campos de la arquitectura e ingeniería, la construcción es el arte o técnica de fabricar edificios e infraestructuras, (Wikipedia).
- Medio Ambiente: El medio ambiente es el espacio en el que se desarrolla la vida de los seres vivos y que permite la interacción de los mismos.
- Construcción Sostenible: La Construcción Sostenible se dirige hacia una reducción de los impactos ambientales causados por los procesos de construcción, uso y derribo de los edificios y por el ambiente urbanizado [Lanting, 1996].
- Edificación: Nombre genérico con que se designa cualquier construcción de grandes dimensiones fabricada con piedra o materiales resistentes y que está destinada a servir de espacio para el desarrollo de una actividad humana, (Diccionario Google).

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de investigación

Aplicativo y experimental.

3.2 Población y/o muestra de estudio

La muestra que llegamos a investigar fue de 30 eco-ladrillos y 30 eco - briquetas.

3.3 Operacionalización de variables:

Variable dependiente:

- Construcción de infraestructura educativa Sostenible e innovadora.

Variable independiente:

- Beneficio del uso de eco-materiales.

3.4 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Ensayos de Laboratorio

3.5 Procesamiento y análisis de datos

3.5.1 Ensayos de Análisis de agregados para diseño de mezcla

3.5.1.1 Granulometría

NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global o ASTM D – 422: Granulometría por tamizado (partículas mayores de 75 micras)

Alcance:

“Este método de ensayo cubre la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas en los suelos. La distribución de tamaños de partícula mayor que 75 micras (retenido en el tamiz no. 200) se determina por tamizado, mientras que la distribución de tamaños de partícula más pequeño que 75 micras se determina mediante un proceso de sedimentación, utilizando un hidrómetro para asegurar los datos necesarios.” (ASTM D – 422: Granulometría por tamizado)

Método:

El tamizado es un método físico para separar partículas. Consiste en hacer pasar un ejemplar de agregado seco de masa acreditada por una serie de tamices que van paulatinamente de una rendija mayor a una menor para establecer el repartimiento del tamaño de las partículas.

Conceptos:

Módulo de fineza:

- Agregado Fino:

El módulo de fineza del agregado fino es la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de las mallas estándares de la serie de Tyler para este tipo de agregado (n° 4, n° 8, n° 16, n° 30, n° 50, n° 100) entre 100.

- Agregado Grueso:

El módulo de fineza del agregado grueso es la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados de las mallas estándares de la serie de Tyler para este tipo de agregado (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", n° 4, n° 8, n° 16, n° 30, n° 50, n° 100) entre 100.

El tamaño máximo se hallará considerando la malla superior de 2 mallas consecutivas en donde se encuentra el 15% del retenido acumulado.

Materiales y Equipo:

- Balanzas
- Tamices
- Horno que sea capaz de mantener una temperatura uniforme de $110^{\circ} C \pm 5^{\circ} C$.
- Taras, recipientes de medidas apropiadas

Procedimiento:

Agregado fino:

- Secar la muestra de peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Tomar una muestra representativa con una masa mínima de 500 g.
- Utilizar los siguientes tamices de la serie de Tyler para la muestra de agregado fino: $\frac{3}{8}$ " , N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.
- Pesar cada tamiz y anotar en una libreta.
- Ordenar los tamices formando una columna de forma progresiva, de mayor a menor abertura.
- Verter la muestra representativa en la columna de tamices y mover hacia todas las direcciones por un periodo de 10 a 15 min.
- Una vez terminada la acción del tamizado, se procede a separar cada tamiz y pesarlos.
- La diferencia de pesos será el peso retenido de la malla correspondiente.

Agregado grueso:

- Secar la muestra de peso constante a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Tomar una muestra representativa con una masa mínima de 5.000 kg.
- Cuartear la muestra representativa extraída.
- Utilizar los siguientes tamices de la serie de Tyler para la muestra de agregado grueso: $1\frac{1}{2}$ " , 1" , $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " $\frac{3}{8}$ " , N° 4.
- Pesar cada tamiz y anotar en una libreta.
- Ordenar los tamices formando una columna de forma progresiva, de mayor a menor abertura.
- Verter la muestra representativa en la columna de tamices y mover hacia todas las direcciones por un periodo de 10 a 15 min.
- Una vez terminada la acción del tamizado, se procede a separar cada tamiz y pesarlos.
- La diferencia de pesos será el peso retenido de la malla correspondiente.

3.5.1.2 Absorción

3.5.1.2.1 Agregado Grueso

NTP 400.021 – 2002: método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso

Es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta, se expresa como porcentaje del peso seco. El agregado se considera “seco” cuando este ha sido mantenido a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ por tiempo suficiente para mover toda el agua sin combinar.

Procedimiento:

- Se extrae el material del saco y se procede a cuartear parte el agregado para tener una muestra bien distribuida y así adquirir una buena aproximación de los datos que se van a obtener.
- Se llena un balde con agua, lo necesario para que el agregado quede sumergido completamente durante 24 horas.
- Después del tiempo establecido, se extrae del balde una porción del agregado sobre un paño grande y absorbente.
- Se elimina el agua visible del agregado, aunque la superficie de las partículas aun parezcan húmedas quedando así en una condición de saturado superficialmente seco (SSS). Como todo ensayo donde se analiza la humedad del material, se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie. Debe ser un proceso rápido.
- Una vez pesado el material es introducido al horno por un periodo mínimo de 18 horas.

Cálculo:

Para el cálculo de la absorción, se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \% a = \frac{D - S}{S} \times 100$$

Donde:

D = Peso del agregado saturado y superficialmente seco.

S = Peso seco del agregado en condición seca.

3.5.1.2.2 Agregado Fino:

NTP 400.022 – 2002: método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

Procedimiento:

- Se extrae el material del saco, cuarteando una parte del agregado para tener una muestra bien distribuida y así adquirir una buena aproximación de los datos que se van a obtener.
- Se llena un balde con agua, lo necesario para que el agregado quede sumergido completamente durante 24 horas.
- Después del tiempo establecido, se extrae del balde una porción del agregado y se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio y se remueve con frecuencia para garantizar un secado uniforme.
- Para este ensayo utilizaremos el conito de absorción, que consiste en llenar el equipo con la muestra que fue expuesta a un calor constante, seguidamente con su pisón se golpea la superficie suavemente 25 veces dejando caer éste a una altura promedio de 1 cm. Se levanta el molde verticalmente y se analiza de la siguiente manera: si existe humedad libre, el conito mantendrá su forma.
- Se sigue con el secado, revolviendo constantemente y se prueba a intervalos frecuentes hasta que el cono se derrumbe quedando en forma de cono, al mismo nivel de la cabeza del cono truncado al quitar el molde. Esto significa que el agregado fino ha alcanzado una condición de saturado superficialmente seco.
- Una vez pesado el material es introducido al horno por un periodo mínimo de 18 horas.

Cálculo:

Para el cálculo de la absorción, se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \% a = \frac{D - S}{S} \times 100$$

Donde,

D = Peso del agregado saturado y superficialmente seco.

S = Peso seco del agregado en condición seca.

3.5.1.3 Peso Específico

3.5.1.3.1 Agregado Grueso

NTP 400.021 – 2002: método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso

Procedimiento:

- Se extrae del balde otra porción del agregado sobre un paño grande y absorbente.
- Seguimos eliminando el agua visible del agregado, aunque la superficie de las partículas aun parezcan húmedas quedando así en una condición de saturado superficialmente seco (SSS). Como todo ensayo donde se analiza la humedad del material, se debe tener cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie.
- Se prepara una probeta llenándola con agua hasta cierto volumen, en este caso 500 ml y se vierte los 500.0 g de muestra.
- Claramente se puede observar que el volumen de agua en la probeta ha aumentado. Todos estos resultados son anotados para su siguiente cálculo.

Cálculo:

Para el cálculo del peso específico, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico } (\gamma) = \frac{P}{V}$$

Donde,

P= Peso de la sustancia.

V= Volumen desplazado por la sustancia.

3.5.1.3.2 Agregado Fino

NTP 400.022 – 2002: método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino.

Procedimiento:

- Para esto necesitaremos una fiola, donde introduciremos una muestra de aprox. 600 g del material preparado, posteriormente se llena con agua hasta antes de llegar al cuello de ésta.
- Utilizando una cocina eléctrica se somete a baño maría, cuando el agua empieza a hervir se extrae la fiola, y se hace girar el agregado en el interior de ella. Se sumerge y se extrae en lapsos de 5 a 10 minutos para eliminar el aire atrapado ubicado en la parte inferior.
- Cuando se observe que en la parte inferior ya no existe aire atrapado, se deja la fiola reposando hasta que esta enfrié completamente. Después se llena con agua hasta la marca que señala un volumen exacto, en este caso 500 ml, posteriormente se pesa y se realizan las anotaciones del caso.
- Se llena la fiola solo con agua, de preferencia mineral, hasta la marca que señala un volumen exacto y se anota los pesos.

Cálculo:

Para el cálculo del peso específico, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico } (\gamma) = \frac{P}{V}$$

Donde,

P= Peso de la sustancia.

V= Volumen desplazado por la sustancia.

3.5.1.4 PUSS (Peso Unitario Seco Suelto)

NTP 400.017 / ASTM C-29 - Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado

Definición:

Se denomina PUSS al material seco que fue sometido al acomodamiento de las partículas suavemente en un volumen determinado.

El concepto de PUSS es importante cuando se trata de manejo, transporte y almacenamiento de los agregados debido a que estos se hacen en estado suelto.

Se usara inevitablemente para la conversión de peso a volumen, es decir para conocer el consumo de áridos por metro cubico de agregado.

Materiales y Equipos:

- Muestra de Agregados
- Balanza
- Tara
- Recipiente con Volumen Conocido
- Varilla de Metal

Procedimiento:

- Tomamos las dimensiones del molde que usaremos para obtener su volumen y luego procedemos a pesarlo.
- Sacamos una determinada cantidad agregado fino en un balde, el cual usaremos para en el llenado del recipiente usando una tara.
- El llenado del recipiente se llevara a cabo cuidadosamente con ayuda del cucharon. La altura de caída será aproximadamente 5 cm,
- Repetimos el procedimiento hasta llenar completamente el molde. Al finalizar quitamos el exceso de material usando la varilla de acero hasta obtener el volumen del molde.
- Pesamos el molde con la muestra en la balanza.
- Anotamos el peso dado en kilogramos (kg) por la balanza y vaciamos el recipiente. Repetimos el procedimiento 3 a 4 veces para sacar un promedio del peso de la muestra.

Cálculo:

Para el cálculo del peso unitario seco suelto, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del Material}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

3.5.1.5 PUSC (Peso Unitario Seco Compactado)

NTP 400.017 / ASTM C-29 - Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.

Definición:

Se denomina PUSC al material que fue sometido a compactación incrementando el grado de acomodamiento de las partículas del agregado.

El PUSC es importante ya que con él se determina el volumen absoluto de los agregados, por cuanto estos van a ser sometidos a una compactación durante el proceso de colocación del hormigón. También es importante para hallar el porcentaje de vacíos en los materiales.

Materiales y Equipos:

- Muestra de Agregados
- Balanza
- Tara
- Recipiente con Volumen Conocido
- Varilla de Metal

Procedimiento:

- Tomamos las dimensiones del molde que usaremos para obtener su volumen y luego procedemos a pesarlo.
- Sacamos una determinada cantidad agregado fino en un balde, el cual usaremos para en el llenado del recipiente usando una tara.
- El llenado del recipiente se llevará a cabo en 3 partes, compactando con 25 golpes cada capa con ayuda de una varilla de acero.
- Repetimos el procedimiento hasta llenar completamente el molde. Al finalizar quitamos el exceso de material usando la varilla de acero hasta obtener el volumen del molde.
- Pesamos el molde con la muestra en la balanza.
- Anotamos el peso dado en kilogramos (kg) por la balanza y vaciamos el recipiente. Repetimos el procedimiento 3 a 4 veces para sacar un promedio del peso de la muestra.

Cálculo:

Para el cálculo del peso unitario seco suelto, se emplea la siguiente fórmula:

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del Material}}{\text{Volumen del Recipiente}}$$

3.5.1.6 Contenido de Humedad

NTP 339.185 / ASTM C 70 - Método de ensayo para el contenido de humedad de los agregados.

Definición:

Los agregados contienen poros, los cuales se encuentran en la intemperie y pueden estar llenos con agua, estos poseen un grado de humedad el cual es de importancia ya que con él podríamos saber si el agregado aporta o no agua a la mezcla; también nos permite explicar el comportamiento que tendrá como el volumen, cohesión y estabilidad mecánica.

En el laboratorio se usarán los agregados parcialmente secos para la determinación del contenido de humedad. Este método consiste en someter los agregados a un proceso de secado, determinando la diferencia de pesos de su estado natural. Esta diferencia es la humedad total con la que cuenta el agregado.

Materiales y Equipos:

- Muestra de Agregados
- Balanza
- Tara
- Horno

Procedimiento:

- Obtenemos el peso de la tara que contendrá la muestra en estado natural
- Tomamos una muestra de 400.0 gr a 600.0 gr de material en la tara.
- Pesamos la tara con la muestra la cual corresponde al peso húmedo natural del agregado.
- Procedemos a meter la muestra de agregado en el horno de 110 ± 5 °C dejando transcurrir un intervalo de tiempo antes de sacarlo entre 18 a 24 horas.
- Luego de extraer la muestra del horno, dejamos enfriar la tara hasta que lleguen a una temperatura ambiente. Luego procedemos a pesar nuevamente la tara con la muestra la cual corresponde al peso seco del agregado.

- Repetimos el mismo procedimiento 1 o 2 veces para sacar un promedio del contenido de humedad.

Cálculo:

Para el cálculo del contenido de humedad, se emplea la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \% w = \frac{H - S}{S} \times 100$$

Donde,

H = Muestra húmeda.

S = Muestra sec.

3.5.2 Concreto

3.5.2.1 Diseño de Mezcla

Selección de las Proporciones del Concreto a través del Método ACI – 211.1 - 91(R2009).

3.5.2.2 Conceptos Generales:

El comité 211 del ACI ha perfeccionado un procedimiento de diseño de mezclas suficientemente simple el cual, estableciendo datos en algunas tablas, permite conseguir valores de los diferentes materiales que componen el metro cubico de concreto.

3.5.2.3 Especificaciones

Se desea calcular las proporciones de los materiales integrantes de una mezcla de concreto la ser empleada en una construcción en la Provincia de Tacna con diferentes productos reciclados (plástico, papel y vidrio) como reemplazo total o parcial de agregados. Se desea que estos cumplan con los requisitos mínimos de normativa para tipo de uso.

3.5.2.4 Secuencia de Diseño:

Paso 1. Cálculo de la resistencia promedio requerida (f'_{cr})

Tabla 6: Resistencia Promedio Requerida

f_c (kg/cm ²)	f_{cr} (kg/cm ²)
Menos de 210	$f_c + 70$
210 a 350	$f_c + 84$
Sobre 350	$1,1 f_c + 50$

Fuente: (Norma E060 Concreto Armado, 2009)

Paso 2. Selección del Slump:

Si el asentamiento de la mezcla a diseñar no está señalada en las especificaciones de obra, se utiliza la tabla de Asentamientos recomendados, obtendremos un valor apropiado para la determinada labor que se va a ejecutar.

Tabla 7: Asentamientos recomendados según Tipo de Construcción

Tipo de Construcción	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Zapatas simples, cajones y muros de subestructura	3"	1"
Vigas y muros reforzados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Pavimentos y losas	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: ACI 211

Si no se utiliza el método de vibración, el asentamiento puede acrecentarse en 1". Los concretos bombeables han de tener como mínimo un asentamiento de 5" (slump):

Tabla 8: Asentamiento según Consistencia

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	$= o > 5"$

Fuente: ACI 211

Paso 3. Selección del tamaño máximo nominal del agregado

El concreto que poseen agregados de mayor tamaño, piden menos mortero por metro cúbico de concreto que aquello con menor tamaño.

El tamaño máximo del agregado comprometerá ser el más grande que sea desde el punto de vista económico concurrente con el tamaño de la estructura; en la medida en que el tamaño máximo del agregado grueso no sea más grande que:

- 1/5 de la dimensión más pequeña entre las caras del encofrado.
- 1/3 del grosor de las losas.
- 3/4 de la distancia libre entre las barras o paquetes de barras o cables pretensores.

Paso 4. Estimación del agua de mezclado y contenido del aire

La cantidad de agua por metro cúbico de concreto para conseguir el asentamiento esperado, obedece la cantidad de aire incorporado, como el tamaño máximo, perfil y granulometría de los agregados, pero no es afectada por la cantidad del concreto.

La tabla N° 3, nos provee una inicial estimación del agua de mezclado para concretos preparados con disímiles tamaños máximos de agregado y sin considerar el aire incorporado. Como se apreciará, la tabla N° 3 no toma en consideración la granulometría para la estimación del agua de mezclado, esta también nos muestra, la cantidad próxima de aire atrapado.

Tabla 9: *Requerimientos de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados*

REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS								
Asentamiento o Slump	Agua de litros/m ³ de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	
Cantidad aproximada de aire atrapado, en %	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	
Contenido total de aire incorporado en % (exposición suave)	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0
Contenido total de aire incorporado en % (exposición moderada)	6.0	5.5	5.0	4.5	4.5	4.0	3.5	3.0
Contenido total de aire incorporado en % (exposición severa)	7.5	7.0	6.0	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0

Fuente: ACI 211

Paso 5. Elección de la relación agua/cemento

La relación agua-cemento requerida es hallada teniendo en cuenta la resistencia promedio (f'_{cr}) esta deberá exceder a la resistencia especificada en el proyecto (f'_c) en un intervalo suficiente como para conservar el número de pruebas dentro de los términos especificados.

Tabla 10: Relación Agua- Cemento

Resistencia a la compresión a los 28 días (f'_{cr}) (kg/cm ²)	Relación de agua - cemento diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	
400	0.43	
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Fuente: ACI 211

Paso 6. Calculo del contenido de cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (paso N° 4) dividido entre la relación agua – cemento (paso N° 5).

Paso 7. Hallar el contenido de agregados**Tabla 11: Modulo de Fineza del Agregado Fino**

Tamaño Máximo de agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado (*) por unidad de volumen de concreto, para diferenciar módulos de fineza de agregado fino. b/b_o			
	Módulo de fineza del agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: ACI 211

Los volúmenes de agregado grueso que se muestran en la tabla, están en condición seca y compactada, lo que se puntualiza en la norma ASTM C29. Estos volúmenes han sido elegidos a partir de relaciones ideales para realizar concretos

con un grado conveniente de trabajabilidad para construcciones armadas habituales.

Obtenido b/b_0 procedemos a calcular la cantidad de agregado grueso multiplicando este valor por el valor del PUSC del agregado grueso.

Para hallar el volumen de agregado fino, se calcula los volúmenes del resto de componentes, dividiendo las cantidades entre los pesos específicos, y se le resta la sumatoria de estos a 1 m³. Para hallar su cantidad se multiplica por su peso específico.

Paso 8. Corrección por humedad

Primero hallaremos los pesos húmedos de nuestros agregados aplicando las siguientes formulas:

$$\text{Peso Agregado} = \text{Peso Seco Ag.} \times \left(1 + \frac{\%w}{100}\right)$$

Y los aportes de agua de los agregados serán:

$$\text{Agua en Agregado} = \text{Peso Seco Ag.} \times \left(\frac{\%w - \%a}{100}\right)$$

Estos aportes se restan a la cantidad de agua, y es así como obtenemos los pesos de todos los materiales por m³.

3.5.2.5 Elaboración de Briquetas

- Se preparan todos los materiales y equipos que se emplearán para el proceso de la mezcla.
- Se pesa cada material con los resultados obtenidos de cada diseño.
- Inicialmente colocamos en el tambor el contenido de agregado grueso pesado y agregamos un porcentaje pequeño de agua.
- Con el tambor girando con el agregado grueso y el pequeño porcentaje de agua, agregamos todo el contenido de cemento pesado para la mezcla.
- Agregamos todo el contenido de agregado fino y vaciamos el agua restante.
- Esperamos que todos los materiales se mezclen homogéneamente.

- Se vacía la mezcla preparada de concreto en 3 capas, compactando con 25 golpes en cada capa. Se golpea por lo menos 15 veces con un martillo de goma cada lado del molde y retiramos el exceso de mezcla.
- Se espera un día para poder desencofrar las briquetas y proceder con el curado.

3.5.2.6 Ensayo de Resistencia a la Compresión

- Para analizar las propiedades de cada briqueta realizada se sometieron a una prueba de compresión.
- Las briquetas deben estar secas para la prueba.
- Se colocan en la máquina compresora, la cual automáticamente para cuando la briqueta falla.
- Esta nos da la fuerza en kN aplicada.
- Para hallar la resistencia a la compresión se convierten los kN en kg y se divide entre el área de la superficie sobre la que se aplicó la fuerza.

3.5.3 Albañilería

3.5.3.1 Propiedades Físicas de los Ladrillos:

a) Ensayo de Medición de dimensiones.

Las dimensiones acogidas para el diseño del ladrillo son las más usadas en el mercado actual: 24x13x9 cm, largo, ancho y altura respectivamente; aptas para edificaciones con asientos de cabeza y soga. Adicionalmente su diseño lleva 2 alveolos que mantiene su condición de unidad de albañilería sólida porque la dimensión de los huecos no excede el 25% del área de la superficie de asiento del ladrillo, (NTP 399.604, Revisada 2015).

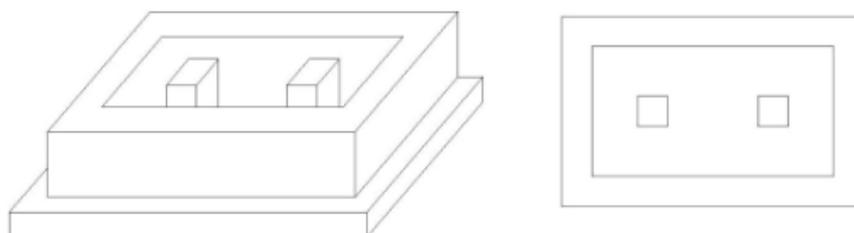


Figura 6: *Detalle en elevación y planta de molde para Eco-ladrillos de Concreto*

Fuente: propia



Figura 7: *Detalle de la Geometría de los Eco-ladrillos de Concreto*

Fuente: propia

Materiales y/o Equipos:

- ✓ 8 unidades de eco ladrillos.
- ✓ Regla de acero graduada de 30 cm (divisiones de 1 mm)

Procedimientos:

Medir las 8 unidades secas y enteras. Al medir se registrará el ancho (A) medio, la altura (H) media y finalmente la longitud (L) media de cada una de las unidades a prueba. Posteriormente se apuntan las medidas con una proximidad de 1 mm.

b) Ensayo de Alabeo

El alabeo es la forma deformada de la sección transversal del espécimen, cuyo análisis está relacionado directamente con el cálculo de tensiones en caso de flexión, torsión y cortante combinados. El alabeo se representará como la concavidad o convexidad en las caras de mayor área de las unidades de ladrillo. (NTP 399.613, 217)

Materiales y/o Equipos:

- ✓ 8 unidades de eco ladrillos.
- ✓ Varilla de acero con borde recto.
- ✓ Superficie plana, no menor de 300 mm x 300 mm
- ✓ Una escobilla de cerdas suaves.

Procedimientos:

Las muestras se ensayaran eliminando el polvo adherido en las áreas superficiales con la escobilla de cerdas suaves.

Superficies cóncavas:

Al visualizar una superficie cóncava, con características similares a la mostrada en el gráfico 7, posicionar la varilla metálica recta sobre la superficie de mayor área, el cual será examinado. La distancia a tomarse es la perpendicular entre la superficie del eco ladrillo y el fondo de la varilla, por defecto esta distancia perpendicular variará a los largo de toda la superficie de la muestra, en este ensayo se pide tomar y registrar la máxima medida con aproximación de 1 mm, con la regla de acero.

Superficies convexas:

En el caso de visualizar una superficie convexa, similar a la imagen mostrada en el gráfico 7 y medir su distorsión, se apoya el eco-ladrillo sobre una superficie plana, al igual que el ensayo anterior se registra la distancia con aproximación de 1 mm mayor obtenida con la regla de acero.



Figura 8: *Medida del alabeo en superficie Cóncavo o Convexo*

Fuente: Norma técnica Peruana 399.613 (2017)

c) Ensayo de Absorción

Para iniciar este ensayo es fundamental contar con una balanza, que sea sensible dentro del 0.5% del peso de las muestras.

Fueron seleccionados 3 unidades enteras por cada tipo de muestra, es decir tres muestras de concreto con 25% y tres con 50 % de plástico triturado que reemplaza el 25% y 50 % del volumen de agregado grueso. (NTP 399.613, 217)

Materiales y/o Equipos:

- ✓ 6 unidades de eco ladrillos.
- ✓ Una balanza con una aproximación de 0.5g.
- ✓ Un gran recipiente con agua
- ✓ Horno con libre circulación de aire que permita mantener una temperatura comprendida entre 110°C y 115°C.

Procedimiento:

- En primer lugar, registramos el peso (W_i) in situ de los ecoladrillos
- Posteriormente a esto, se sumerge las muestras durante 24 horas en agua.
- Retirar las muestras y secarlas con un paño superficialmente y proceder a pesar y registrarlo como peso saturado (W_s).
- Finalmente introducir los ecoladrillos saturado a un horno a una temperatura de 110 °C por 24 horas, después del tiempo especificado, retirar y registrar los pesos secos (W_d) de las muestras.

Cálculo de la absorción:

$$\text{Absorción, \%} = [(W_s - W_d)/W_d] \times 100$$

Donde;

W_i = Peso del espécimen (kg).

W_s = Peso del espécimen saturado (kg).

W_d = Peso del espécimen secado al horno (kg).

- Ladrillo con 25% de plástico PET

$$\text{Absorción M - 1, \%} = [(5.910 - 5.750)/5.750] \times 100 = 2.78 \%$$

$$\text{Absorción M - 2, \%} = [(5.890 - 5.725)/5.725] \times 100 = 2.88 \%$$

$$\text{Absorción M - 3, \%} = [(5.895 - 5.733)/5.733] \times 100 = 2.82 \%$$

- Ladrillo con 50% de plástico PET

$$\text{Absorción M - 1, \%} = [(5.550 - 5.300)/5.300] \times 100 = 4.72 \%$$

$$\text{Absorción M - 2, \%} = [(5.547 - 5.328)/5.328] \times 100 = 4.11 \%$$

$$\text{Absorción M - 3, \%} = [(5.569 - 5.332)/5.332] \times 100 = 4.44 \%$$

d) Ensayo de Succión

En este ensayo se calcula la rapidez inicial de la unidad de albañilería tomada por capilaridad medida por área de superficie.

Cuando la succión es muy alta, el mortero debido a la rápida pérdida de agua que es absorbida por la unidad, se deforma y endurece, lo que impide un contacto completo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. El resultado de una adhesión pobre e incompleta, dejando uniones de baja resistencia y permeables de agua, (NTP 399.613, 217).

Materiales y/o Equipos:

- Bandejas y recipientes
- Soporte para ladrillos
- Agua
- Balanza
- Horno
- 3 unidades de ladrillo
- Regla
- Cronometro

Procedimiento:

Se pesa cada ladrillo con precisión de 0.5 g, para este ensayo se utilizaron 6 unidades de albañilería, 3 unidades con 25 % y 3 unidades con 50 % de plástico PET.

En un recipiente, agregar agua hasta que su nivel sea de 3,18 mm ± 0,25 mm sobre los puntales utilizando un ladrillo completamente saturado de prueba;

teniendo las condiciones expuestas extraer el ladrillo de prueba e iniciar el ensayo de succión para los ecoladrillos sumergiendo cada unidad por 1 min. Posterior al tiempo especificado secar, pesar y anotar los resultados obtenidos.

$$S = \frac{200 * (P_m - P_s)}{A}$$

Donde:

P_m = Peso en gramos del ladrillo después de la inmersión

P_s = Peso en gramos del ladrillo antes de la inmersión.

A = Área en centímetros cuadrados de la unidad de ladrillo.

S = Aumento de peso corregido en gramos

- Ladrillo con 25% de plástico PET

$$\text{Succión M - 1, gr/200 cm}^2\cdot\text{min} = 200 * (5.821 - 5.750)/24 \times 13 = 7.69$$

$$\text{Succión M - 2, gr/200 cm}^2\cdot\text{min} = 200 * (5.795 - 5.725)/24 \times 13 = 7.58$$

$$\text{Succión M - 3, gr/200 cm}^2\cdot\text{min} = 200 * (5.798 - 5.733)/24 \times 13 = 7.04$$

- Ladrillo con 50% de plástico PET

$$\text{Succión M - 1, gr/200 cm}^2\cdot\text{min} = 200 * (5.420 - 5.300)/24 \times 13 = 13$$

$$\text{Succión M - 2, gr/200 cm}^2\cdot\text{min} = 200 * (5.446 - 5.328)/24 \times 13 = 12.78$$

$$\text{Succión M - 3, gr/200 cm}^2\cdot\text{min} = 200 * (5.451 - 5.332)/24 \times 13 = 12.89$$

3.5.3.2 Propiedades Mecánicas de los Ladrillos:

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

Este ensayo se basa en la aplicación de una carga progresiva de compresión a diferentes unidades de eco ladrillos para determinar su resistencia máxima admisible. (NTP 399.604, Revisada 2015)

Materiales y/o Equipos:

- ✓ Unidades de eco ladrillos.
- ✓ Máquina de ensayo
- ✓ Bloques de soporte de acero y platos

Procedimientos:

Para iniciar, si se observa que las unidades de albañilería presentan irregularidades primero se debe nivelar las caras superficiales de mayor área con mortero (yeso, cemento y agua) y comprobarse que ambas caras estén paralelas.

- *Colocación de los especímenes:* Experimentar las unidades con el centroide de sus áreas de apoyo alineada verticalmente con el eje de empuje de la rótula de la máquina de ensayo.
- *Condición de humedad de los especímenes:* Cuando se ensayen las unidades, deberán estar libres de humedad.
- *Velocidad de ensayo:* Emplear la carga hasta la mitad de la unidad, después pactar los controles de la máquina para dar un recorrido parejo de cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.
- *Carga máxima:* Anotar la carga de compresión máxima en Newton como $P_{m\acute{a}x}$.

Calculo de la resistencia a la compresión:

La resistencia a la compresión se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$MPa = \frac{P_{m\acute{a}x}}{A_n}$$

$$A_n = L \times A$$

Donde;

$P_{m\acute{a}x}$ = Carga de compresión Máxima

A_n = Área de la sección

A = ancho de la muestra, en centímetros.

L = largo de la muestra, en centímetros

3.5.4 Selección, obtención y elaboración de materiales reciclados.

Para que se cumpla el término de eco-materiales, se recomienda que estos materiales sean fáciles de obtener en el sector, por la simple razón de cuanto menor sea el uso de transporte, mitigará el impacto causado por el mismo.

Al no desear dañar los suelos, nuestro objetivo principal fue reemplazar los agregados. Para esto buscamos diversa información bibliográfica con distintas opciones, pero muchas de ellas no admisibles en esta provincia, ya sea por escasez del recurso o lejanía de este. Las opciones evaluadas que se consideraron óptimas fueron:

- **Plástico moldeado como agregado grueso:** Se derrite el plástico de botellas cortadas y se le da un tamaño de $\frac{3}{4}$ " en molde metálico para así reemplazar el agregado grueso.
Se hayan sus propiedades a través de los ensayos conocidos de agregados y se utiliza el método ACI 211.
- **Plástico picado como reemplazo parcial de volumen de agregados o como reemplazo parcial de agregado grueso:** El material se compró, aunque con dificultad debido a que se suele vender en toneladas a Chile y no deseaban vender en pequeña escala, luego de realizar el diseño ACI de concreto y conociendo su peso específico se reemplaza un porcentaje del volumen total de agregados o del volumen de agregado grueso por este material.
- **Vidrio como agregado grueso:** El proceso de obtención, fue a través de restaurantes, clubs, discotecas y similares, la cantidad de desperdicios de vidrio son de gran cantidad; se procedió a la rotura del mismo dentro de agua luego se tamizo para que no hubieran pedazos muy grandes y se reemplazaron los datos de este agregado en el Diseño ACI 211.
- **Papel:** Para el Papercrete, se obtuvo la pulpa del papel remojándolo primero y luego de 24 horas licuándolo. Esta pulpa se adiciono a un concreto realizado con Diseño ACI 211, en reemplazo de un porcentaje de los agregados.

3.5.5 Análisis de Agregados para Diseño de Mezcla.

3.5.5.1 Granulometría Agregado Fino (Arena).

Tabla 12: Tabla Granulométrica Agregado Fino y Modulo de Fineza.

Tamices	Abertura mm	Peso del tamiz (kg)	Peso del tamiz + Peso retenido (kg)	Peso retenido (kg)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa
3/8"	9.525	0.542	0.546	0.004	0.65%	0.65%	99.35%
No 4	4.750	0.508	0.577	0.069	11.22%	11.87%	88.13%
No 8	2.360	0.485	0.550	0.065	10.57%	22.44%	77.56%
No 16	1.180	0.421	0.471	0.05	8.13%	30.57%	69.43%
No 30	0.600	0.377	0.469	0.092	14.96%	45.53%	54.47%
No 50	0.300	0.392	0.508	0.116	18.86%	64.39%	35.61%
No 100	0.150	0.344	0.460	0.116	18.86%	83.25%	16.75%
No 200	0.075	0.309	0.382	0.073	11.87%	95.12%	4.88%
Base		0.480	0.510	0.03	4.88%	100.00%	0.00%
Masa representativa (kg)						0.615	

MFAF 2.59

Fuente: Elaboración Propia

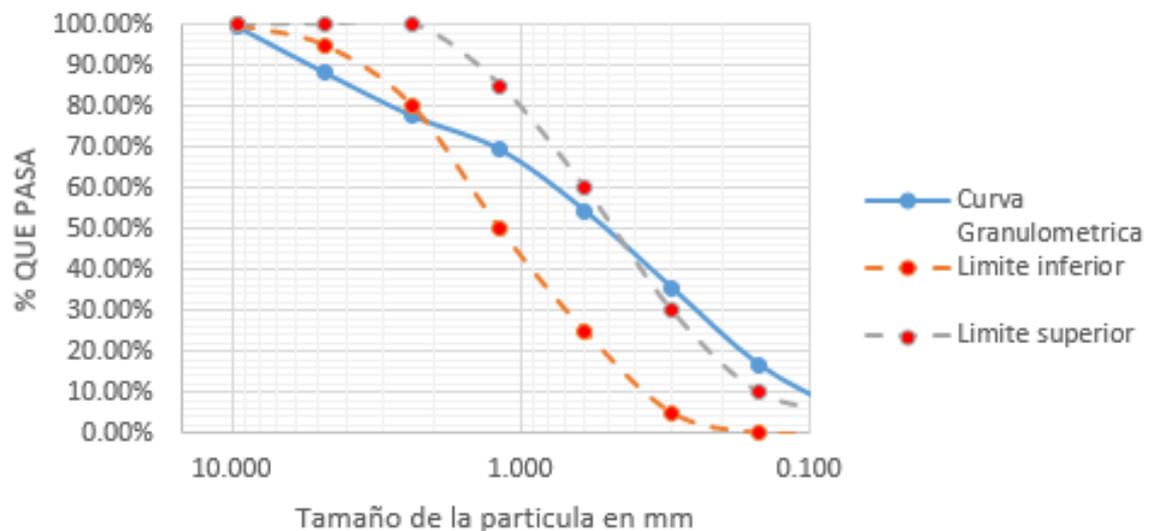


Figura 9: Curva Granulométrica Agregado Fino

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.2 Granulometría Agregado Grueso (Grava).

Tabla 13: Tabla Granulométrica Agregado Grueso y Modulo de Fineza

Primera parte del cuarteo				
Tamices	Abertura mm	Peso del tamiz (kg)	Peso del tamiz + Peso retenido (kg)	Peso retenido (kg)
1 1/2"	38.100	0.553	0.553	0.000
1"	25.400	0.546	0.546	0.000
3/4"	19.050	0.550	0.574	0.024
1/2"	12.700	0.543	1.123	0.580
3/8"	9.525	0.542	1.037	0.495
No 4	4.760	0.508	0.668	0.160
Masa representativa (kg)				1.259

Segunda Parte del Cuarteo				
Tamices	Abertura mm	Peso del tamiz (kg)	Peso del tamiz + Peso retenido (kg)	Peso retenido (kg)
1 1/2"	38.100	0.553	0.553	0.000
1"	25.400	0.546	0.546	0.000
3/4"	19.050	0.550	0.550	0.000
1/2"	12.700	0.543	1.229	0.686
3/8"	9.525	0.542	1.025	0.483
No 4	4.760	0.508	0.724	0.216
Masa representativa (kg)				1.385

Tercera Parte del Cuarteo				
Tamices	Abertura mm	Peso del tamiz (kg)	Peso del tamiz + Peso retenido (kg)	Peso retenido (kg)
1 1/2"	38.100	0.553	0.553	0.000
1"	25.400	0.546	0.546	0.000
3/4"	19.050	0.550	0.589	0.039
1/2"	12.700	0.543	1.206	0.663
3/8"	9.525	0.542	0.965	0.423
No 4	4.750	0.508	0.679	0.171
Masa representativa (kg)				1.296

Cuarta Parte del Cuarteo				
Tamices	Abertura mm	Peso del tamiz (kg)	Peso del tamiz + Peso retenido (kg)	Peso retenido (kg)
1 1/2"	38.100	0.553	0.553	0.000
1"	25.400	0.546	0.546	0.000
3/4"	19.050	0.550	0.600	0.050
1/2"	12.700	0.543	1.301	0.758
3/8"	9.525	0.542	0.872	0.330
No 4	4.750	0.508	0.652	0.144
Masa representativa (kg)				1.282

Muestra general

Tamices	Abertura mm	Peso retenido (kg)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa
1 1/2"	38.100	0.000	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.000	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.050	0.113	2.16%	2.16%	97.84%
1/2"	12.700	2.687	51.46%	53.62%	46.38%
3/8"	9.525	1.731	33.15%	86.77%	13.23%
No 4	4.750	0.691	13.23%	100.00%	0.00%
No 8	2.360	0.000	0.00%	100.00%	0.00%
No 16	1.180	0.000	0.00%	100.00%	0.00%
No 30	0.600	0.000	0.00%	100.00%	0.00%
No 50	0.300	0.000	0.00%	100.00%	0.00%
No 100	0.150	0.000	0.00%	100.00%	0.00%
Masa representativa (kg)					5.222

MFAG	6.89
------	------

Fuente: Elaboración Propia

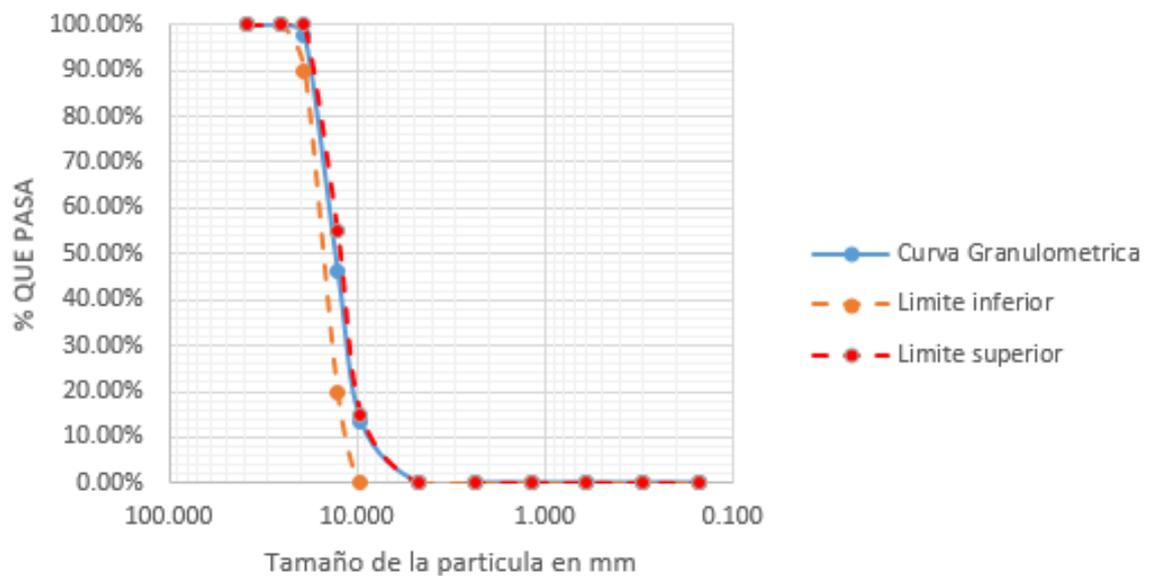


Figura 10: Curva Granulométrica Agregado Grueso

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.3 Absorción Agregado Fino (Arena)

Tabla 14: Cálculo de Porcentaje de Absorción Agregado Fino

Muestra 1	
Peso tara (gr)	51.4
Peso tara+ Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	602.3
Peso tara+ Peso muestra seca extraída del horno (gr)	590.5
Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	550.9
Peso de la muestra seca extraída en el horno (gr)	539.1
ABSORCION	2.19%
Muestra 2	
Peso tara (gr)	62
Peso tara+ Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	598.2
Peso tara+ Peso muestra seca extraída del horno (gr)	586.9
Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	536.2
Peso de la muestra seca extraída en el horno (gr)	524.9
ABSORCION	2.15%
ABSORCION PROMEDIO	2.17%

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.4 Absorción Agregado Grueso (Grava)

Tabla 15: Cálculo de Porcentaje de Absorción Agregado Grueso

Muestra 1	
Peso tara (gr)	0
Peso tara+ Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	641.5
Peso tara+ Peso muestra seca extraída del horno (gr)	632.6
Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	641.5
Peso de la muestra seca extraída en el horno (gr)	632.6
ABSORCION	1.41%

Muestra 2

Peso tara (gr)	60.6
Peso tara+ Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	650.6
Peso tara+ Peso muestra seca extraida del horno (gr)	642.3
Peso muestra saturada y superficialmente seca (gr)	590
Peso de la muestra seca extraida en el horno (gr)	581.7
ABSORCION	1.43%
ABSORCION PROMEDIO	1.42%

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.5 Peso Específico Agregado Fino (Arena).**Tabla 16:** Cálculo Peso Específico Arena

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la fiola+muestra+agua	gr	976.90	957.70	954.40
Peso de la fiola+ agua	gr	668.60	649.30	646.50
Peso de la muestra	gr	500.00	500.00	500.00
Volumen desplazado	cc	191.70	191.60	192.10
Peso específico	gr/cc	2.61	2.61	2.60
Peso específico promedio			2.61	

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.6 Peso Específico Agregado Grueso (Grava).**Tabla 17:** Cálculo Peso Específico Grava

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Volumen inicial	cc	500.00	500.00	500.00
Volumen final	cc	690.00	690.00	690.00
Peso de la muestra	gr	500.10	500.20	500.00
Volumen desplazado	cc	190.00	190.00	190.00
Peso específico	gr/cc	2.63	2.63	2.63
Peso específico promedio			2.63	

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.7 Peso Unitario Seco Suelto Agregado Fino (Arena)

Tabla 18: Cálculo de PUSS Agregado Fino

DATOS DEL RECIPIENTE		
	Peso del molde (kg)	4.029
	Volumen del molde (m3)	0.0094
DATOS DE LA MUESTRA		
No de pruebas	Peso de la muestra +molde (kg)	Peso de la muestra (kg)
P-1	19.174	15.145
P-2	19.391	15.362
P-3	19.112	15.083
P-4	19.201	15.172
P-5	19.241	15.212
P-6	19.131	15.102
	Valor Peso Promedio	15.179
PESO UNITARIO SECO SUELTO (kg/m3)		1614.822695

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.8 Peso Unitario Seco Suelto Agregado Grueso

3.5.5.8.1. Grava

Tabla 19: Cálculo de PUSS Grava

DATOS DEL RECIPIENTE		
	Peso del molde (kg)	4.476
	Volumen del molde (m3)	0.0094
DATOS DE LA MUESTRA		
No de pruebas	Peso de la muestra +molde (kg)	Peso de la muestra (kg)
P-1	16.873	12.397
P-2	16.865	12.389
P-3	16.871	12.395
P-4	16.875	12.399
P-5	16.874	12.398
P-6	16.869	12.393
	Valor Peso Promedio	12.395
PESO UNITARIO SECO SUELTO (kg/m3)		1318.634752

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.8.2. Plástico Moldeado

Tabla 20: Cálculo de PUSS Plástico Moldeado

DATOS DEL RECIPIENTE		
	Peso del molde (kg)	2.15
	Volumen del molde (m3)	0.004
DATOS DE LA MUESTRA		
No de pruebas	Peso de la muestra +molde (kg)	Peso de la muestra (kg)
P-1	5.590	3.440
P-2	5.589	3.439
P-3	5.590	3.440
P-4	5.591	3.441
P-5	5.591	3.441
P-6	5.590	3.440
	Valor Peso Promedio	3.440
PESO UNITARIO SECO SUELTO (kg/m3)		860.042

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.8.3. Vidrio

Tabla 21: Cálculo de PUSS Vidrio

DATOS DEL RECIPIENTE		
	Peso del molde (kg)	4.029
	Volumen del molde (m3)	0.009
DATOS DE LA MUESTRA		
No de pruebas	Peso de la muestra +molde (kg)	Peso de la muestra (kg)
P-1	16.650	12.621
P-2	16.650	12.621
P-3	16.650	12.621
P-4	16.650	12.621
P-5	16.650	12.621
P-6	16.650	12.621
	Valor Peso Promedio	12.621
PESO UNITARIO SECO SUELTO (kg/m3)		1342.660

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.9 Peso Unitario Seco Compactado Agregado Fino (Arena).

Tabla 22: Cálculo de PUSC Arena

DATOS DEL RECIPIENTE		
	Peso del molde (kg)	4.029
	Volumen del molde (m3)	0.0094
DATOS DE LA MUESTRA		
No de pruebas	Peso de la muestra +molde (kg)	Peso de la muestra (kg)
P-1	21.466	17.437
P-2	21.384	17.355
P-3	21.497	17.468
P-4	21.519	17.490
P-5	21.397	17.368
P-6	21.485	17.456
	Valor Peso Promedio	17.429
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (kg/m3)		1854.149

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.10 Peso Unitario Seco Compactado Agregado Grueso

3.5.5.10.1. Grava

Tabla 23: Cálculo de PUSC Grava

DATOS DEL RECIPIENTE		
	Peso del molde (kg)	4.476
	Volumen del molde (m3)	0.0094
DATOS DE LA MUESTRA		
No de pruebas	Peso de la muestra +molde (kg)	Peso de la muestra (kg)
P-1	18.192	13.716
P-2	18.199	13.723
P-3	18.194	13.718
P-4	18.196	13.720
P-5	18.182	13.706
P-6	18.201	13.725
	Valor Peso Promedio	13.718
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (kg/m3)		1459.362

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.10.2. Plástico

Tabla 24: Cálculo de PUSC Plástico Moldeado

DATOS DEL RECIPIENTE		
	Peso del molde (kg)	2.15
	Volumen del molde (m3)	0.004
DATOS DE LA MUESTRA		
No de pruebas	Peso de la muestra +molde (kg)	Peso de la muestra (kg)
P-1	5.689	3.539
P-2	5.692	3.542
P-3	5.695	3.545
P-4	5.692	3.542
P-5	5.694	3.544
P-6	5.692	3.542
	Valor Peso Promedio	3.542
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (kg/m3)		885.583

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.10.3. Vidrio

Tabla 25: Cálculo de PUSC Vidrio

DATOS DEL RECIPIENTE		
	Peso del molde (kg)	4.029
	Volumen del molde (m3)	0.009
DATOS DE LA MUESTRA		
No de pruebas	Peso de la muestra +molde (kg)	Peso de la muestra (kg)
P-1	17.300	13.271
P-2	17.300	13.271
P-3	17.300	13.271
P-4	17.300	13.271
P-5	17.300	13.271
P-6	17.300	13.271
	Valor Peso Promedio	13.271
PESO UNITARIO SECO COMPACTADO (kg/m3)		1411.809

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.11. Contenido De Humedad Agregado Grueso (Grava)

Tabla 26: Cálculo de Contenido de Humedad Grava

Muestra 1	
Peso tara (gr)	0
Peso tara+ Peso muestra humeda (gr)	463.4
Peso tara+ Peso muestra seca extraida del horno (gr)	461.6
Peso muestra humeda (gr)	463.4
Peso de la muestra seca extraida en el horno (gr)	461.6
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.39%
Muestra 2	
Peso tara (gr)	0
Peso tara+ Peso muestra humeda (gr)	494.2
Peso tara+ Peso muestra seca extraida del horno (gr)	492
Peso muestra humeda (gr)	494.2
Peso de la muestra seca extraida en el horno (gr)	492
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.45%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	0.42%

Fuente: Elaboración Propia

3.5.5.12. Contenido De Humedad Agregado Fino (Arena)

Tabla 27: Cálculo de Contenido de Humedad Arena

Muestra 1	
Peso tara (gr)	0
Peso tara+ Peso muestra humeda (gr)	443.2
Peso tara+ Peso muestra seca (extraida del horno) (gr)	438.1
Peso muestra humeda (gr)	443.2
Peso de la muestra seca extraida en el horno (gr)	438.1
CONTENIDO DE HUMEDAD	1.16%

Muestra 2

Peso tara (gr)	0
Peso tara+ Peso muestra humeda (gr)	562.1
Peso tara+ Peso muestra seca extraida del horno (gr)	556.8
Peso muestra humeda (gr)	562.1
Peso de la muestra seca extraida en el horno (gr)	556.8
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.95%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO	1.06%

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6 Diseño de Mezclas Basadas en el Método ACI**3.5.6.1 Concreto con Plástico Moldeado como Agregado Grueso****3.5.6.1.1 Opción 1****Tabla 28:** Calculo del diseño de mezcla de concreto con plástico moldeado como agregado grueso - OPCIÓN 1

f_c deseado	210 kg/cm ²
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m ³
TMN	3/4" pulg
Slump	3 pulg
f _{cr}	294 kg/cm ²

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	1260.00	kg/m ³
PUSS	1614.82	860.04	kg/m ³
PUSC	1761.31	885.58	kg/m ³
Cont. Humedad	1.06	0.00	%
Absorción	2.17	0.00	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatasy muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Plastica	3	4	Trabajable

Aire	No incorporado
Agua	205.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
Relacion agua/cemento	0.56
Cemento	367.12 kg/m ³
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	567.66
Por volúmenes absolutos:	
Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.2050 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m ³
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.4505 m ³
Volumen Absoluto del agregado fino	0.2079 m ³
Cantidad Agregado fino	544.89 kg/m ³
VALORES DE DISEÑO (para 1 m³ de concreto)	
Cemento	367.12 kg
Agua de diseño	205.00 lts
A. Fino	544.89 kg
A. Grueso	567.66 kg
CORRECCION POR HUMEDAD	
Cemento	367.12 kg
Agua efectiva	211.05 lts
A. Fino	550.66 kg
A. Grueso	567.66 kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.1.2 Opción 2

Tabla 29: Calculo del diseño de mezcla de concreto con plástico moldeado como agregado grueso - OPCIÓN 2

f'c deseado	350 kg/cm ²
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m ³
TMN	3/4" pulg
Slump	3 pulg
f'cr	434 kg/cm ²

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	1260.00	kg/m ³
PUSS	1614.82	860.04	kg/m ³
PUSC	1761.31	885.58	kg/m ³
Cont. Humedad	1.06	0.00	%
Absorción	2.17	0.00	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Plastica	3	4	Trabajable

Aire	No incorporado
Agua	205.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
Relacion agua/cemento	0.40
Cemento	517.68 kg/m ³
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	567.66

Por volúmenes absolutos:

Volumen Absoluto del cemento	0.1643 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.2050 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m ³
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.4505 m ³
Volumen Absoluto del agregado fino	0.1601 m ³
Cantidad Agregado fino	419.64 kg/m ³

VALORES DE DISEÑO (para 1 m³ de concreto)

Cemento	517.68 kg
Agua de diseño	205.00 lts
A. Fino	419.64 kg
A. Grueso	567.66 kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	517.68 kg
Agua efectiva	209.66 lts
A. Fino	424.09 kg
A. Grueso	567.66 kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.1.3 Opción 3

Tabla 30: Calculo del diseño de mezcla de concreto con plástico moldeado como agregado grueso - OPCIÓN 3

f'c deseado	360 kg/cm2
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m3
TMN	3/4" pulg
Slump	3 pulg
fcr	446 kg/cm2

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	1260.00	kg/m3
PUSS	1614.82	860.04	kg/m3
PUSC	1761.31	885.58	kg/m3
Cont. Humedad	1.06	0.00	%
Absorción	2.17	0.00	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Plastica		3	4 Trabajable

Aire	No incorporado
Agua	205.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
Relacion agua/cemento	0.38
Cemento	533.85 kg/m3
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	567.66

Por volúmenes absolutos:

Volumen Absoluto del cemento	0.1695 m3
Volumen Absoluto del agua	0.2050 m3
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m3
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.4505 m3
Volumen Absoluto del agregado fino	0.1550 m3
Cantidad Agregado fino	406.18 kg/m3

VALORES DE DISEÑO (para 1 m³ de concreto)

Cemento	533.85 kg
Agua de diseño	205.00 lts
A. Fino	406.18 kg
A. Grueso	567.66 kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	533.85 kg
Agua efectiva	209.51 lts
A. Fino	410.49 kg
A. Grueso	567.66 kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.2 Plástico Picado como reemplazo Parcial de volumen de Agregados**3.5.6.2.1 Reemplazo del 20% del Volumen****Tabla 31:** Calculo del diseño de mezcla de concreto con plástico picado como reemplazo parcial del volumen de agregados al 20%.

f_c deseado	210 kg/cm ²
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m ³
TMN	3/4" pulg
Slump	3 pulg
f _{cr}	294 kg/cm ²

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	2632.11	kg/m ³
PUSS	1614.82	1318.63	kg/m ³
PUSC	1761.31	1433.74	kg/m ³
Cont. Humedad	1.06	0.42	%
Absorción	2.17	1.42	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatasy muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Plastica		3	4 Trabajable

Aire	No incorporado
Agua	205.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %

Relacion agua/cemento	0.56
Cemento	367.12 kg/m ³
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	919.03

Por volúmenes absolutos:

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.2050 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m ³
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.3492 m ³

Volumen Absoluto del agregado fino	0.3093 m ³
------------------------------------	-----------------------

CON PLASTICO

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.205 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.02 m ³
Volumen Final Absoluto del agregado grueso	0.3143 m ³
Volumen Final Absoluto del agregado fino	0.2784 m ³
Volumen Absoluto del Plástico (10% V. Ag. Fino+10% V. Ag. Grueso)	0.0658 m ³

CON PLASTICO

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.205 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.02 m ³
Volumen Final Absoluto del agregado grueso	0.3143 m ³
Volumen Final Absoluto del agregado fino	0.2784 m ³
Volumen Absoluto del Plástico (10% V. Ag. Fino+10% V. Ag. Grueso)	0.0658 m ³

VALORES DE DISEÑO (para 1 m³ de concreto)

Cemento	367.12	Kg
A. Fino	729.55	Kg
A. grueso	827.12	Kg
Agua diseño	205	Lts
Plástico	82.9	kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	367.12	Kg
Agua efectiva	221.37	Lts
A. Fino corregido	737.17	Kg
A. grueso corregido	830.59	Kg
Plástico	82.9	kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.2.2 Reemplazo del 40% del Volumen

Tabla 32: Cálculo del diseño de mezcla de concreto con plástico picado como reemplazo parcial del volumen de agregados al 40%

f'c deseado	210 kg/cm ²
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m ³
TMN	3/4" pulg
Slump	3 pulg
fcr	294 kg/cm ²

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	2632.11	kg/m ³
PUSS	1614.82	1318.63	kg/m ³
PUSC	1761.31	1433.74	kg/m ³
Cont. Humedad	1.06	0.42	%
Absorción	2.17	1.42	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Plastica		3	4 Trabajable

Aire	No incorporado
Agua	205.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %

Relacion agua/cemento	0.56
-----------------------	------

Cemento	367.12 kg/m ³
---------	--------------------------

Volumen Agregado Grueso	0.6410
-------------------------	--------

Cantidad Agregado Grueso	919.03
--------------------------	--------

Por volúmenes absolutos:

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m ³
------------------------------	-----------------------

Volumen Absoluto del agua	0.2050 m ³
---------------------------	-----------------------

Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m ³
------------------------------------	-----------------------

Volumen Absoluto del agregado grueso	0.3492 m ³
--------------------------------------	-----------------------

Volumen Absoluto del agregado fino	0.3093 m ³
------------------------------------	-----------------------

CON PLASTICO

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m3
Volumen Absoluto del agua	0.205 m3
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.02 m3
Volumen Final Absoluto del agregado grueso	0.2793 m3
Volumen Final Absoluto del agregado fino	0.2474 m3
Volumen Absoluto del Plástico (20% V. Ag. Fino+20% V. Ag. Grueso)	0.1317 m3

VALORES DE DISEÑO (para 1 m3 de concreto)

Cemento	367.12	Kg
A. Fino	648.4	Kg
A. grueso	735.22	Kg
Agua diseño	205	Lts
Plástico	165.79	kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	367.12	Kg
Agua efectiva	219.56	Lts
A. Fino corregido	655.26	Kg
A. grueso corregido	830.59	Kg
Plástico	165.79	kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.3 Plástico picado como reemplazo Parcial de volumen de Agregado Grueso.

3.5.6.3.1 Reemplazo de Agregado Grueso al 25%

Tabla 33: Cálculo del diseño de mezcla de concreto con plástico picado como reemplazo parcial del volumen de agregado grueso al 25%

f_c deseado	210 kg/cm ²
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m ³
TMN	3/4" pulg
Slump	2 pulg
f _{cr}	294 kg/cm ²

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	2632.11	kg/m ³
PUSS	1614.82	1318.63	kg/m ³
PUSC	1761.31	1433.74	kg/m ³
Cont. Humedad	1.06	0.42	%
Absorción	2.17	1.42	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Seca		0	2 Poco trabajable

Aire	No incorporado
Agua	190.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
Relacion agua/cemento	0.56
Cemento	340.26 kg/m3
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	919.03

Por volúmenes absolutos:

Volumen Absoluto del cemento	0.1080 m3
Volumen Absoluto del agua	0.1900 m3
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m3
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.3492 m3
Volumen Absoluto del agregado fino	0.3328 m3

CON PLASTICO

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m3
Volumen Absoluto del agua	0.205 m3
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.02 m3
Volumen Final Absoluto del agregado grueso	0.2618 m3
Volumen Final Absoluto del agregado fino	0.3328 m3
Volumen Absoluto del Plástico (25% V. Ag. Grueso)	0.0873 m3

VALORES DE DISEÑO (para 1 m3 de concreto)

Cemento	367.12	Kg
A. Fino	872.16	Kg
A. grueso	689.27	Kg
Agua diseño	205	Lts
Plástico	109.89	kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	367.12	Kg
Agua efectiva	206.59	Lts
A. Fino corregido	881.39	Kg
A. grueso corregido	692.16	Kg
Plástico	109.89	kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.3.2 Reemplazo de Agregado Grueso al 50%

Tabla 34: Cálculo del diseño de mezcla de concreto con plástico picado como reemplazo parcial del volumen de agregado grueso al 50%

f_c deseado	210 kg/cm ²
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m ³
TMN	3/4" pulg
Slump	2 pulg
f _{cr}	294 kg/cm ²

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	2632.11	kg/m ³
PUSS	1614.82	1318.63	kg/m ³
PUSC	1761.31	1433.74	kg/m ³
Cont. Humedad	1.06	0.42	%
Absorción	2.17	1.42	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatasy muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Seca		0	2 Poco trabajable

Aire	No incorporado
Agua	190.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
Relacion agua/cemento	0.56
Cemento	340.26 kg/m ³
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	919.03

Por volúmenes absolutos:

Volumen Absoluto del cemento	0.1080 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.1900 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m ³
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.3492 m ³
Volumen Absoluto del agregado fino	0.3328 m ³

CON PLASTICO

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m3
Volumen Absoluto del agua	0.205 m3
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.02 m3
Volumen Final Absoluto del agregado grueso	0.1746 m3
Volumen Final Absoluto del agregado fino	0.3328 m3
Volumen Absoluto del Plástico (50% V. Ag. Grueso)	0.1746 m3

VALORES DE DISEÑO (para 1 m3 de concreto)

Cemento	367.12	Kg
A. Fino	872.16	Kg
A. grueso	459.51	Kg
Agua diseño	205	Lts
Plástico	219.79	kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	367.12	Kg
Agua efectiva	204.29	Lts
A. Fino corregido	881.39	Kg
A. grueso corregido	461.44	Kg
Plástico	219.79	kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.4 Vidrio como Agregado Grueso**3.5.6.4.1 Opción 1****Tabla 35:** Calculo del diseño de mezcla de concreto con vidrio como agregado grueso A/C=0.56

f'c deseado	210 kg/cm2
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m3
TMN	3/4" pulg
Slump	3 pulg
f'cr	294 kg/cm2

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	2500.00	kg/m3
PUSS	1614.82	1342.66	kg/m3
PUSC	1761.31	1411.81	kg/m3
Cont. Humedad	1.06	0.00	%
Absorción	2.17	0.00	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Plastica		3	4 Trabajable

Aire	No incorporado
Agua	205.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
Relacion agua/cemento	0.56
Cemento	367.12 kg/m3
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	904.97

Por volúmenes absolutos:

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m3
Volumen Absoluto del agua	0.2050 m3
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m3
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.3620 m3
Volumen Absoluto del agregado fino	0.2965 m3
Cantidad Agregado fino	776.89 kg/m3

VALORES DE DISEÑO (para 1 m3 de concreto)

Cemento	367.12 kg
Agua de diseño	205.00 lts
A. Fino	776.89 kg
A. Grueso	904.97 kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	367.12 kg
Agua efectiva	213.62 lts
A. Fino	785.12 kg
A. Grueso	904.97 kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.4.2 Opción 2

Tabla 36: Calculo del diseño de mezcla de concreto con vidrio como agregado grueso A/C=0.45.

f'c deseado	300 kg/cm ²
--------------------	------------------------

DATOS

P.e. cemento	3150 kg/m ³
TMN	3/4" pulg
Slump	3 pulg
fcr	384 kg/cm ²

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	2500.00	kg/m ³
PUSS	1614.82	1342.66	kg/m ³
PUSC	1761.31	1411.81	kg/m ³
Cont. Humedad	1.06	0.00	%
Absorción	2.17	0.00	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Plastica		3	4 Trabajable

Aire	No incorporado
Agua	205.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
Relacion agua/cemento	0.45
Cemento	459.64 kg/m ³
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	904.97
Por volúmenes absolutos:	
Volumen Absoluto del cemento	0.1459 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.2050 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m ³
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.3620 m ³
Volumen Absoluto del agregado fino	0.2671 m ³
Cantidad Agregado fino	699.92 kg/m ³

VALORES DE DISEÑO (para 1 m3 de concreto)

Cemento	459.64 kg
Agua de diseño	205.00 lts
A. Fino	699.92 kg
A. Grueso	904.97 kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	459.64 kg
Agua efectiva	212.77 lts
A. Fino	707.34 kg
A. Grueso	904.97 kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.4.3 Opción 3**Tabla 37:** Calculo del diseño de mezcla de concreto con vidrio como agregado grueso A/C=0.40

f'c deseado	350 kg/cm2
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m3
TMN	3/4" pulg
Slump	3 pulg
fcr	434 kg/cm2

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	2500.00	kg/m3
PUSS	1614.82	1342.66	kg/m3
PUSC	1761.31	1411.81	kg/m3
Cont. Humedad	1.06	0.00	%
Absorción	2.17	0.00	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatatas y muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Plastica		3	4 Trabajable

Aire	No incorporado
Agua	205.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
<hr/>	
Relacion agua/cemento	0.40
<hr/>	
Cemento	517.68 kg/m ³
<hr/>	
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	904.97
<hr/>	
Por volúmenes absolutos:	
Volumen Absoluto del cemento	0.1643 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.2050 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m ³
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.3620 m ³
<hr/>	
Volumen Absoluto del agregado fino	0.2487 m ³
Cantidad Agregado fino	651.64 kg/m ³

VALORES DE DISEÑO (para 1 m³ de concreto)

Cemento	517.68 kg
Agua de diseño	205.00 lts
A. Fino	651.64 kg
A. Grueso	904.97 kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	517.68 kg
Agua efectiva	212.23 lts
A. Fino	658.55 kg
A. Grueso	904.97 kg

Fuente: Elaboración Propia

3.5.6.5 Papercrete

3.5.6.5.1 Reemplazo del 40% del Volumen de Agregados.

Tabla 38: Cálculo del diseño de mezcla de Papercrete, papel como reemplazo parcial del volumen de agregados al 40%.

f'c deseado	210 kg/cm ²
<hr/>	
DATOS	
P.e. cemento	3150 kg/m ³
TMN	3/4" pulg
Slump	2 pulg
fcr	294 kg/cm ²

CARACTERISTICAS DE LOS AGREGADOS

Propiedad	Agregado fino	Agregado grueso	Unidad
P.e.	2620.50	2632.11	kg/m ³
PUSS	1614.82	1318.63	kg/m ³
PUSC	1761.31	1433.74	kg/m ³
Cont. Humedad	1.06	0.42	%
Absorción	2.17	1.42	%
Modulo de fineza	2.59		

SLUMP (pulg)

Tipo de estructura	Maximo*	Minimo
Zapatas y muros de cimentacion reforzado	3	1

*El asentamiento puede aumentar 1" si se emplea un metodo de consolidacion diferente a la vibracion

Consistencia	Slump (pulg)		Trabajabilidad
	Minimo	Maximo	
Seca		0	2 Poco trabajable

Aire	No incorporado
Agua	190.00 lts
Aire atrapado o incorporado	2.00 %
Relacion agua/cemento	0.56
Cemento	340.26 kg/m ³
Volumen Agregado Grueso	0.6410
Cantidad Agregado Grueso	919.03

Por volúmenes absolutos:

Volumen Absoluto del cemento	0.1080 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.1900 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.0200 m ³
Volumen Absoluto del agregado grueso	0.3492 m ³
Volumen Absoluto del agregado fino	0.3328 m ³

CON PULPA DE PAPEL

Volumen Absoluto del cemento	0.1165 m ³
Volumen Absoluto del agua	0.205 m ³
Volumen Absoluto del aire atrapado	0.02 m ³
Volumen Final Absoluto del agregado grueso	0.2793 m ³
Volumen Final Absoluto del agregado fino	0.2474 m ³
Volumen Absoluto del Plástico (20% V. Ag. Grueso+ 20% V. Ag. Fino)	0.1317 m ³

VALORES DE DISEÑO (para 1 m3 de concreto)

Cemento	367.12	Kg
A. Fino	648.4	Kg
A. grueso	735.22	Kg
Agua diseño	205	Lts
Papel	17.12	kg

CORRECCION POR HUMEDAD

Cemento	367.12	Kg
Agua efectiva	236.68	Lts
A. Fino corregido	655.26	Kg
A. grueso corregido	830.59	Kg
Papel	17.12	kg

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Costo de producción de agregados de material reciclado**3.6.1 Plástico Moldeado****Tabla 39:** Cálculo del costo y tiempo de producción del agregado grueso de plástico moldeado considerando inversión propia**Tiempo Invertido para 8 kg: 11 días**

Material Utilizado	Costo para 8 kg
Plástico	S/. 0.00
Gas	S/. 50.00
Fósforo	S/. 1.00
Depósito para derretir	S/. 15.00
Molde	S/. 50.00
Costo total	S/. 116.00

Costo aproximado para 15 kg: 22 días

Material Utilizado	Costo para 15 kg
Plástico	S/. 0.00
Gas	S/. 100.00
Fósforo	S/. 2.00
Depósito para derretir	S/. 15.00
Molde	S/. 50.00
Costo total	S/. 167.00

Fuente: Elaboración Propia

3.6.2 Plástico Picado**Tabla 40:** Cálculo del costo y tiempo de producción del agregado plástico picado considerando inversión propia

Tiempo Invertido para 15 kg: 0-1 días

Material Utilizado	Costo para 15 kg
Plástico	S/. 0.00
Planta para triturado de plástico	S/. 67.00
Costo total	S/. 67.00

Fuente: Elaboración Propia

3.6.3 Vidrio

Tabla 41: Cálculo del costo y tiempo de producción del agregado grueso de vidrio triturado considerando inversión propia

Tiempo Invertido para 15 kg: 0-1 días

Material Utilizado	Costo para 15 kg
Vidrio Triturado	S/. 54.00
Costo total	S/. 54.00

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Resistencia A La Compresión- Rotura de Briquetas

4.1.1 Plástico Moldeado como Agregado Grueso

4.1.1.1 Opción 1 (a/c = 0.56)

Tabla 42: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto (a/c=0.56) utilizando plástico moldeado como agregado grueso

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	159.91	165.45	160.22
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	179.08	179.08	179.08
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	91.06	94.21	91.23

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.2 Opción 2 (a/c = 0.40)

Tabla 43: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto (a/c=0.40) utilizando plástico moldeado como agregado grueso

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	163.23	165.21	164.93
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	78.54	78.54	78.54
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	211.93	214.50	213.13

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.3 Opción 3 (a/c = 0.38)

Tabla 44: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto (a/c=0.38) utilizando plástico moldeado como agregado grueso

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	110.25	109.35	109.97
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	78.54	78.54	78.54
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	143.14	141.97	142.78

Fuente: Elaboración Propia

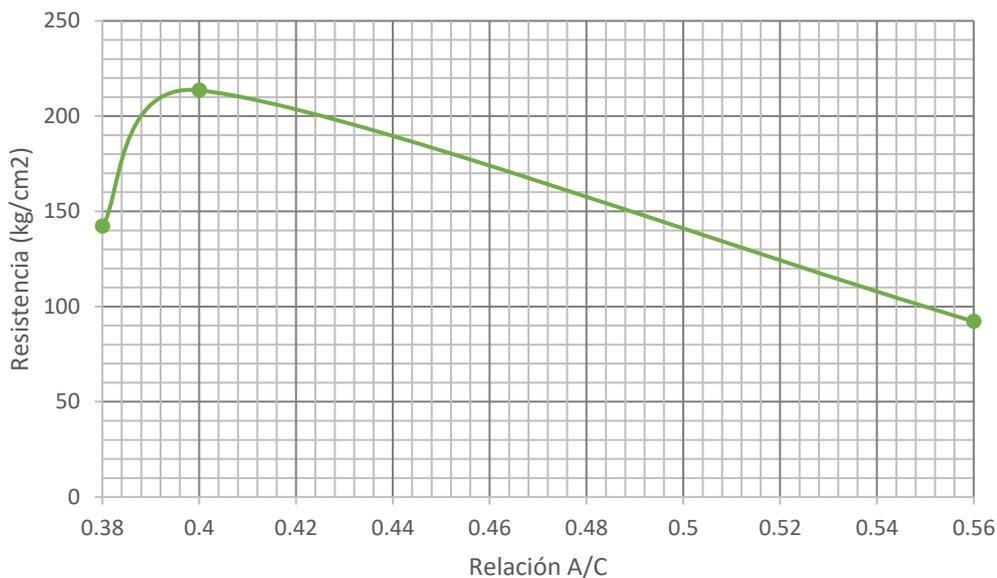


Figura 11: Resistencia vs Relación A/C

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Plástico Picado como reemplazo Parcial de Volumen de Agregados

4.1.2.1 Reemplazo del 20 %

Tabla 45: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto utilizando plástico picado como reemplazo del 20% del volumen total de agregados.

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	365.27	372.78	369.82
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	179.08	179.08	179.08
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	207.99	212.27	210.58

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.2 Reemplazo del 40 %

Tabla 46: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto utilizando plástico picado como reemplazo del 40% del volumen total de agregados.

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	204.81	183.19	198.25
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	179.08	179.08	179.08
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	116.62	104.31	112.89

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Vidrio Molido Como Agregado Grueso

4.1.3.1 Opción 1 ($a/c=0.56$)

Tabla 47: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto ($a/c=0.56$) utilizando vidrio molido como agregado grueso

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	223.36	222.15	220.61
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	179.08	179.08	179.08
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	127.18	126.43	125.62

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.2 Opción 2 ($a/c =0.45$)

Tabla 48: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto ($a/c=0.45$) utilizando vidrio molido como agregado grueso

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	152.14	159.45	153.38
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	78.54	78.54	78.54
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	197.53	207.02	199.14

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3.3 Opción 3 ($a/c =0.40$)

Tabla 49: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto ($a/c=0.40$) utilizando vidrio molido como agregado grueso

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	174.96	176.21	177.35
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	78.54	78.54	78.54
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	227.15	228.78	240.26

Fuente: Elaboración Propia

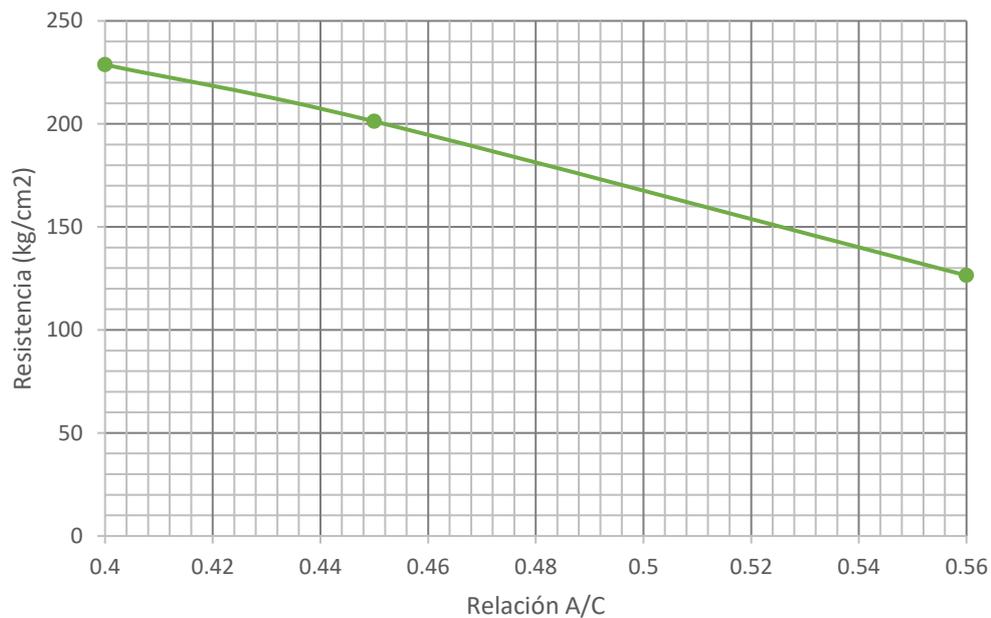


Figura 12: Resistencia vs Relación A/C

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Papercrete

4.1.4.1 Reemplazo del 40% del volumen de Agregados

Tabla 50: Resistencia a la compresión de las muestras de concreto reemplazando con pulpa de papel el 40% del volumen total de agregados

Descripción	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fuerza Aplicada por la Maquina	kN	55.58	55.72	55.67
Área de aplicación de la fuerza	cm ²	78.54	78.54	78.54
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	71.16	72.34	72.28

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Ensayos de Albañilería (Ladrillos de Concreto)

4.2.1. Medición de dimensiones.

Tabla 51: Datos de medición de dimensiones

Muestra	Datos	Dimensiones de ladrillos con 25% de PET	Dimensiones de ladrillos con 50% de PET
1	Largo (cm)	23.95	24.05
	Ancho (cm)	13.00	12.95
	Alto (cm)	9.00	8.90
2	Largo (cm)	23.75	23.85
	Ancho (cm)	12.85	12.90
	Alto (cm)	8.95	8.90
3	Largo (cm)	23.90	23.95
	Ancho (cm)	13.00	12.85
	Alto (cm)	8.85	8.95
4	Largo (cm)	23.85	23.90
	Ancho (cm)	12.90	13.00
	Alto (cm)	8.90	8.85
5	Largo (cm)	23.95	23.85
	Ancho (cm)	12.80	12.90
	Alto (cm)	8.90	8.95
6	Largo (cm)	23.80	23.80
	Ancho (cm)	13.00	12.95
	Alto (cm)	8.85	8.70
7	Largo (cm)	23.90	24.00
	Ancho (cm)	12.95	12.80
	Alto (cm)	9.05	8.95
8	Largo (cm)	24.00	23.95
	Ancho (cm)	12.90	13.00
	Alto (cm)	9.00	8.90

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. Ensayo de Alabeo

Tabla 52: Resultados Alabeo

Muestra	Datos	Ladrillos con 25% de PET	Ladrillos con 50% de PET
1	Convexidad (mm)	0.00	0.00
	Concavidad (mm)	2.00	1.50
2	Convexidad (mm)	0.00	0.00
	Concavidad (mm)	1.50	2.00
3	Convexidad (mm)	0.50	2.00
	Concavidad (mm)	0.00	0.00
4	Convexidad (mm)	0.00	1.50
	Concavidad (mm)	2.50	0.00
5	Convexidad (mm)	0.00	0.50
	Concavidad (mm)	1.00	0.00
6	Convexidad (mm)	0.00	0.00
	Concavidad (mm)	0.50	2.00
7	Convexidad (mm)	2.00	0.00
	Concavidad (mm)	0.00	1.00
8	Convexidad (mm)	3.00	2.50
	Concavidad (mm)	0.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Ensayo de Absorción

Tabla 53: Resultados Ensayo de Absorción

Muestra	Ladrillos con 25% de PET (%)	Ladrillos con 50% de PET (%)
M - 1	2.78%	4.72%
M - 2	2.88%	4.11%
M - 3	2.82%	4.44%
PROMEDIO	2.83%	4.42%

Fuente: Elaboración propia

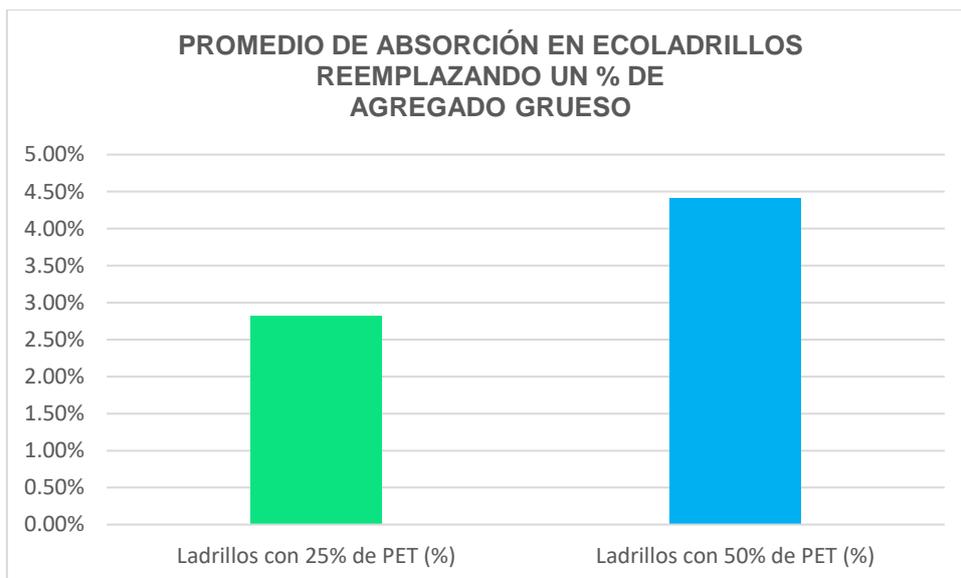


Figura 13: *Absorción en eco ladrillos*

Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Ensayo de Succión

Tabla 54: Resultados Ensayo de Succión

Muestra	Ladrillos con 25% de PET (gr/200 cm².min)	Ladrillos con 50% de PET (gr/200 cm².min)
M - 1	7.69	13.00
M - 2	7.58	12.78
M - 3	7.04	12.89
PROMEDIO	7.44	12.89

Fuente: Elaboración propia

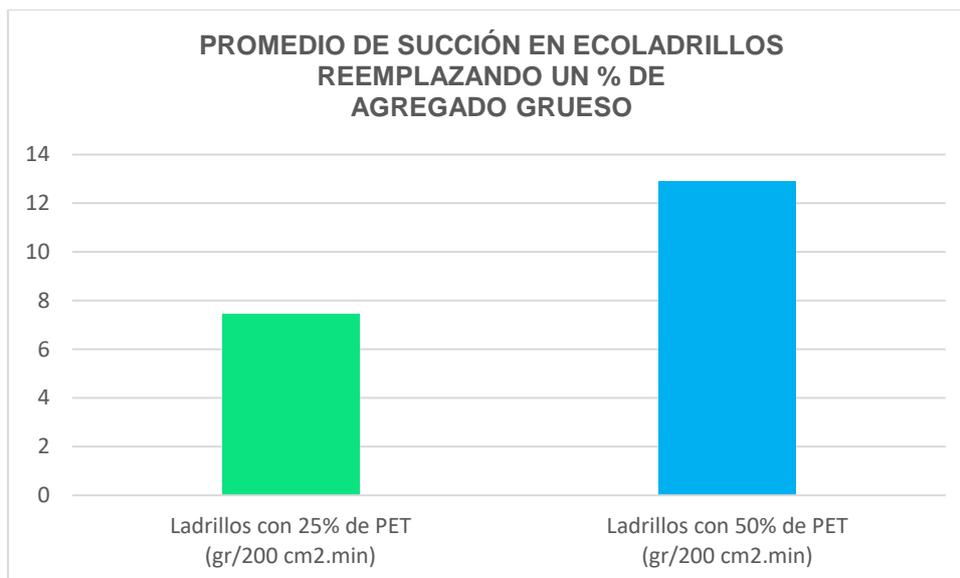


Figura 14: *Succión en eco ladrillos*

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5. Resistencia a la compresión

4.2.5.1. Plástico Picado como reemplazo parcial de Volumen de Agregados.

4.2.5.1.1. Reemplazo del 25 %

Tabla 55: Cuadro Comparativo Resistencia a la Compresión

Muestra	Descripción	UNIDAD	PILA (3 UNIDADES)
1	Fuerza Aplicada por la Maquina (kN)	475.79	572.84
	Área de aplicación de la fuerza (cm ²)	312.00	312.00
	Resistencia (kg/cm ²)	155.50	172.51
2	Fuerza Aplicada por la Maquina (kN)	480.12	532.12
	Área de aplicación de la fuerza (cm ²)	312.00	312.00
	Resistencia (kg/cm ²)	156.92	173.91
3	Fuerza Aplicada por la Maquina (kN)	478.27	530.97
	Área de aplicación de la fuerza (cm ²)	312.00	312.00
	Resistencia (kg/cm ²)	156.31	173.54
Resistencia Promedio		156.24	173.32

Fuente: Elaboración Propia

4.2.5.1.2. Reemplazo del 50 %

Tabla 56: Cuadro Comparativo Resistencia a la Compresión

Muestra	Descripción	UNIDAD	PILA (3 UNIDADES)
1	Fuerza Aplicada por la Maquina (kN)	376.36	415.23
	Área de aplicación de la fuerza (cm ²)	312.00	312.00
	Resistencia (kg/cm ²)	123.00	135.71
2	Fuerza Aplicada por la Maquina (kN)	379.27	413.79
	Área de aplicación de la fuerza (cm ²)	312.00	312.00
	Resistencia (kg/cm ²)	123.96	135.24
3	Fuerza Aplicada por la Maquina (kN)	380.15	413.95
	Área de aplicación de la fuerza (cm ²)	312.00	312.00
	Resistencia (kg/cm ²)	124.24	135.29
Resistencia Promedio		123.73	135.41

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Comparación y Análisis de Resultados

4.3.1. Concreto

Comparativa resistencia a la compresión:

Procederemos a realizar una comparación entre los mejores resultados en resistencia a la compresión de cada tipo de concreto con material reciclado, el papel será descartado de antemano por su muy reducida resistencia.

Tabla 57: Cuadro Comparativo Resistencia a la Compresión

Fuente: Elaboración Propia

Plástico Moldeado como Agregado Grueso (a/c=0.40)	Plástico Picado reemplazando el 20% del volumen total de agregados (a/c=0.56)	Vidrio como Agregado Grueso (a/c=0.40)
213.52	210.28	228.73

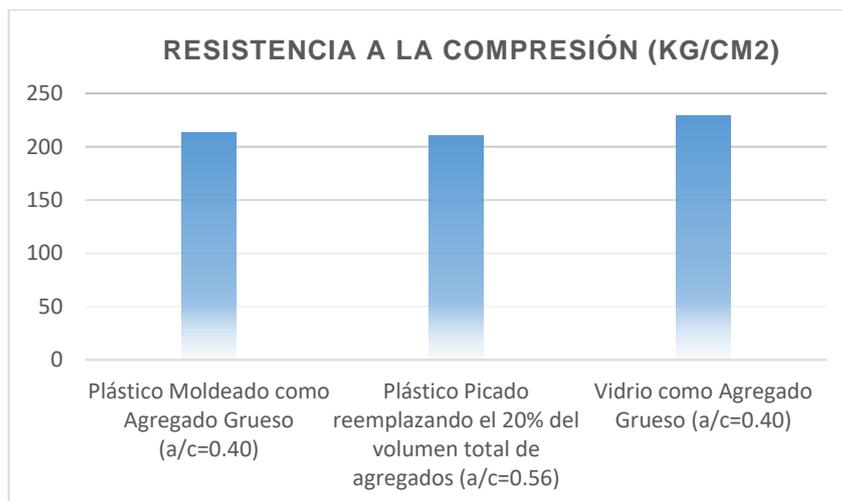


Figura 15: Gráfico Comparativo Resistencia a la Compresión

Fuente: Elaboración Propia

Comparativa de costos de producción de agregados de materiales reciclados:

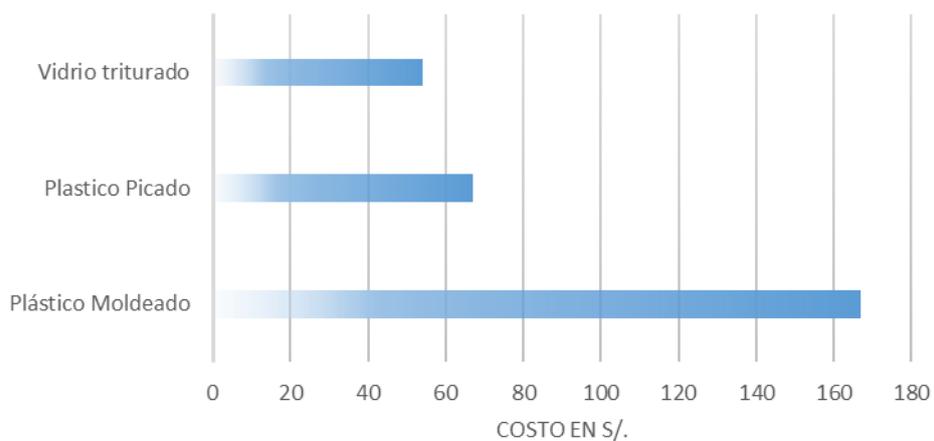


Figura 16: Comparativo Costos de Producción de Agregados (15 kg)

Fuente: Elaboración Propia.

Comparativa de la Cantidad de Materiales no reciclados:

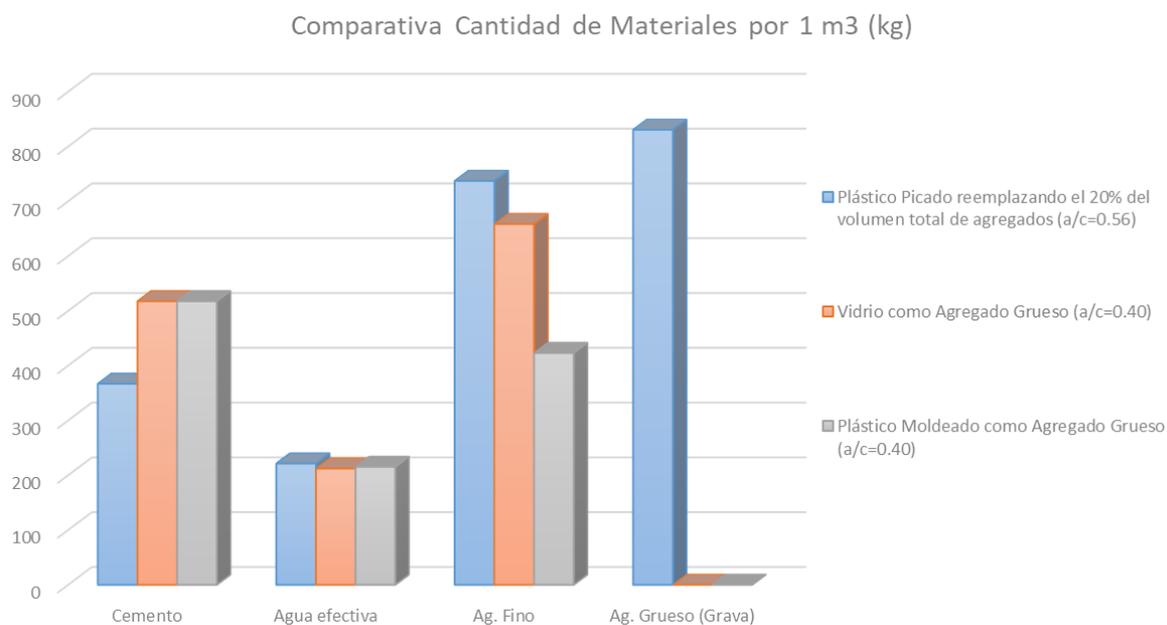


Figura 17: Grafico Comparativo Cantidad de materiales no reciclados por 1 m³ en Kg

Fuente: Elaboración Propia

Comparativa de Volumen de Material reciclado:

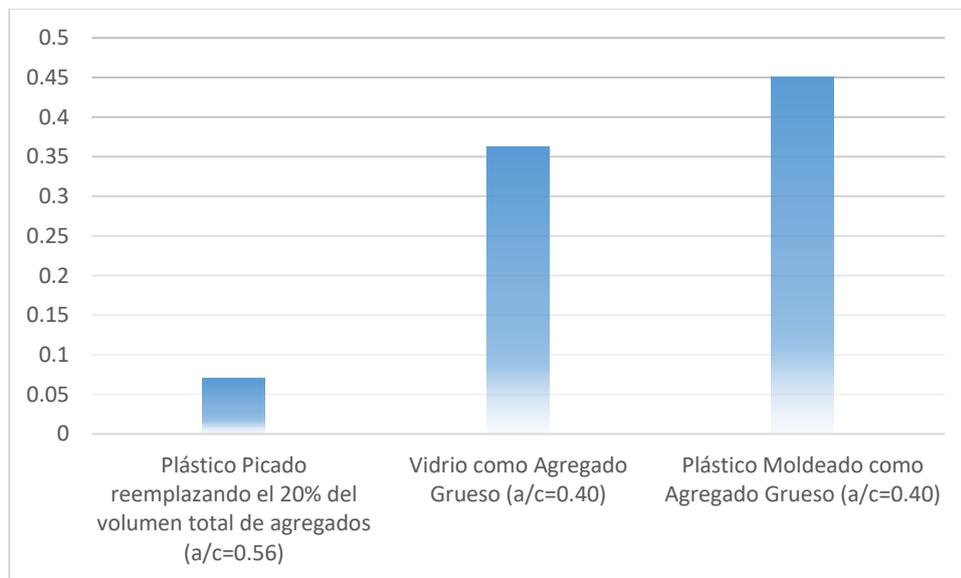


Figura 18: Grafico Comparativo Volumen de material reciclado por 1 m³

Fuente: Elaboración Propia

Comparativa de costos aproximados de elaboración del concreto:

Tabla 58: Costo en Soles de los Materiales no reciclados con IGV

Material no reciclado	Costo (S/.)
Cemento (Kg)	0.48
Agua (Its)	0.003
Arena (kg)	0.015
Grava (kg)	0.021

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59: Cuadro Comparativo de Costos de Concreto por m³

Tipo	Costo total (S/.)
Plástico Picado reemplazando el 20% del volumen total de agregados (a/c=0.56)	575.43
Vidrio como Agregado Grueso (a/c=0.40)	3517.92
Plástico Moldeado como Agregado Grueso (a/c=0.40)	8523.34

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de los gráficos:

Las tres opciones cumplen con resistencias comúnmente utilizadas en un proyecto de construcción.

El plástico moldeado tiene el costo de producción más alto, y con una notable diferencia respecto a los otros dos tipos de agregados.

El concreto con plástico picado, presentó una resistencia buena sin disminuir su relación agua/ cemento, es decir sin aumentar la cantidad de cemento a utilizar.

Existe una gran probabilidad de que los resultados dados en la resistencia a la compresión del concreto con plástico moldeado y del vidrio como agregado grueso sean las máximas, a diferencia del concreto con plástico picado que aún tiene rango de diseño para mejoras con cambios en la relación agua/cemento.

El que menos agua utiliza es el Concreto con vidrio como agregado grueso, pero como todos poseen materiales no absorbentes utilizarán menos agua efectiva que el concreto tradicional. El único que utiliza Grava es el concreto de plástico picado, el concreto con menor uso de Arena fue el concreto con vidrio como agregado grueso obteniendo una gran diferencia respecto al concreto con plástico moldeado.

El costo total más bajo lo posee el concreto de plástico moldeado, pero aun así mucho más elevado que el costo promedio de concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ tradicional.

4.1.1. Albañilería

Comparativa resistencia a la compresión:

Tabla 60: Cuadro Comparativo de Resistencia Promedio a la compresión

Muestra	UNIDAD	PILA (3 UNIDADES)
Resistencia Promedio (Opción 25%)	156.24	173.32
Resistencia Promedio (Opción 50%)	123.73	135.41

Fuente: Elaboración Propia

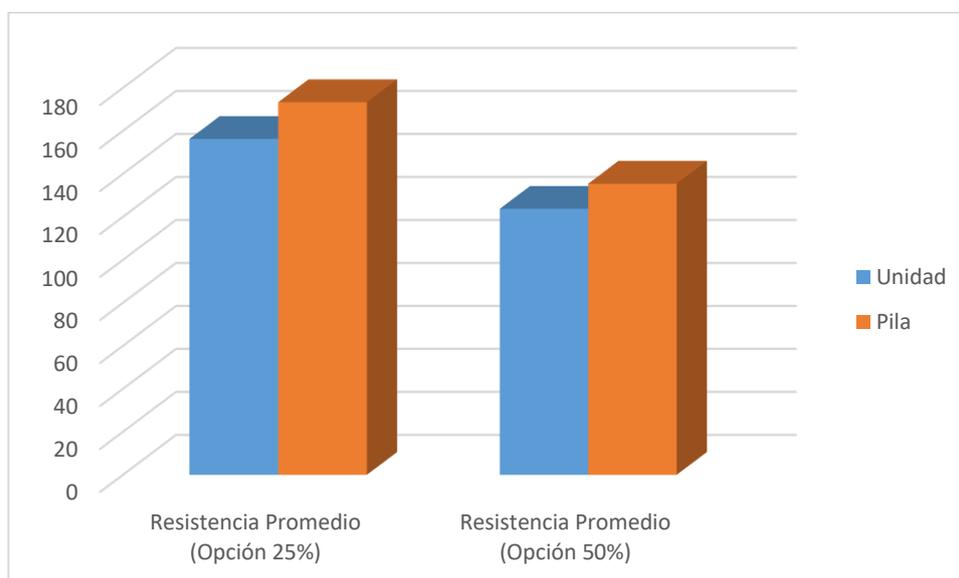


Figura 19: *Grafico Comparativo de Resistencia Promedio*

Fuente: Elaboración Propia

Costos aproximados de elaboración de la unidad de albañilería (ladrillo de concreto):

Tabla 61: Costo en Soles de los Materiales no reciclados con IGV

Material no reciclado	Costo (S/.)
Cemento (Kg)	0.48
Agua (lts)	0.003
Arena (kg)	0.015
Grava (kg)	0.021

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 62: Cuadro Comparativo de Costos de eco-ladrillos

Plástico Picado reemplazando el 25% del volumen total de agregados	Plástico Picado reemplazando el 50% del volumen total de agregados
2.09	2.97

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de los gráficos y resultados:

El que posee mayor resistencia a la compresión promedio es la opción de reemplazo del 25% del volumen de agregado grueso, sus características cumplen con el ladrillo de concreto tipo 17 según normativa, el cual es adecuado para la zona en la que se encuentra la Provincia de Tacna, por tanto, esta será la unidad de albañilería a utilizar. El costo asevera la decisión, ya que aumentara directamente proporcional a la cantidad de material que se utilice, todo esto se debe al alto costo del material procesado.

4.2. Propuesta de Módulo de Infraestructura Educativa con Eco-materiales

Para el Modulo Propuesto se eligió concreto con plástico picado que reemplaza el 20% del total del volumen de agregados, como sustituto de cualquier concreto no estructural, debido a que a pesar de que la resistencia alcanzó los 213.52 kg/cm², estuvo en condiciones ideales, por tanto, no se puede asegurar si alcanzará dicha resistencia en campo. Se escogió también, los eco-ladrillos a base de concreto con plástico picado como reemplazo de agregado grueso al 25%, para sustituir la albañilería ya que estos cumplen con lo especificado en normativa. El módulo consta de dos aulas con sus respectivos depósitos y dos baterías de baños, los planos se encuentran en el *Anexo N°1*.

4.2.1. Criterios del Diseño:

El diseño del módulo de educación inicial se ha realizado para un máximo de 25 estudiantes por aula (50 estudiantes) superando los 1.5 metros cuadrados por estudiante en el ambiente requeridos en la Norma A.040 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Se tendrá un baño de varones y uno de mujeres que tendrán cada uno tres lavabos y dos inodoros, en el baño

de varones se incluirán dos urinarios; para así cumplir con los requerimientos mínimos de la norma anteriormente mencionada. Además, se contará en cada aula con un depósito al ser necesario para almacenar los materiales requeridos y para que estos no causen incomodidad en la circulación del espacio del aula. Todas las puertas tendrán abertura de 180 grados para la correcta evacuación.

Considerando el Código Técnico Peruano de Construcción sostenible es que se toma en cuenta el diseño bioclimático que es especificado en la Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética.

Tabla 63: Ubicación de Provincias por Zona Bioclimática (Tacna)

Fuente: Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética

UBICACIÓN DE PROVINCIAS POR ZONA BIOCLIMÁTICA									
Departamento	1 Desértico Marino	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Suptropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
Tacna		Jorge Basadre	Jorge Basadre	Tacna	Tacna	Candarave			
		Tacna				Tarata			

La provincia de Tacna se encuentra mayormente en la zona desértica, por tanto, se tomará en consideración esta para el diseño arquitectónico. Para zonas desérticas los límites de transmitancia térmica para confort térmico son los siguientes:

Tabla 64: Valores Límites Máximos de Transmitancia Térmica (U) en W/m²K

Fuente: Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U_{muro})	Transmitancia térmica máxima del techo (U_{techo})	Transmitancia térmica máxima del piso (U_{piso})
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Para calcular el cumplimiento de la transmitancia térmica se tomará la fórmula para hallarla que se encuentra en la Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética, y se tomarán los datos de conductividad térmica del anexo 3 de la misma norma donde menciona las características higrométricas de los materiales de construcción. Al no existir dato de conductividad térmica del PET dentro de este anexo se utilizará como valor 0.24 W/Mk que es el valor encontrado vía web en la página Wikipedia que señala como fuente: A.K. van der Vegt & L.E. Govaert, Polymeren, van keten tot kunststof.

Tabla 65: Características higrométricas de los materiales de construcción

Fuente: Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética

Nº	Material	Densidad ρ (kg / m ³)	Coefficiente de Transmisión Térmica o de Conductividad térmica k (W / m K)	Transmitancia térmica U (W/m ² K)	Calor Específico C_p (J / kg °C)	Factor de Resistencia a la difusión de vapor de agua μ (adimensional)
CONCRETO						
17	Concreto armado	2400	1.63	---	1000	80
18	Concreto simple	2300	1.51	---	1000	80
19	Cemento pulido (pisos de 5 cm. de espesor)	---	0.53	---	---	---
MAMPOSTERIA						
20	Bloque de arcilla - Ladrillo corriente	1700	0.84	---	800	10
21	Bloque de arcilla - Ladrillo tipo King Kong	1000	0.47	---	930	10
22	Bloque de arcilla - Ladrillo pandereta	900	0.44	---	---	10
23	Bloque de arcilla - Ladrillo hueco de techo	600	0.35	---	---	10
24	Bloque de arcilla - Ladrillo pasteleiro	1450	0.71	---	---	10
25	Bloque de concreto - Unidad hueca	1200	0.50	---	1000	6
26	Adobe	1100 - 1800	0.90	---	---	---
MORTEROS Y ENLUCIDOS						
27	Mortero cemento-arena	2000	1.40	---	1000	10
28	Mortero cemento y cal o yeso	1850	0.87	---	1000	10
29	Enlucido de yeso	≤ 1000	0.40	---	1000	6

Fórmula de transmitancia térmica:

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + R_{se}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Donde:

U : Transmitancia térmica

R : Resistencias térmicas de superficie (interior o exterior)

e : espesor

λ : conductividad térmica

Transmitancia térmica de los muros:

A continuación, tenemos las unidades de albañilería vista desde ambos lados incluyendo el mortero debido a que esta es la figura que se repetirá en todo el muro, se consideraron situaciones ideales, al obtener un 4.87% de

plástico del volumen total del ladrillo (valor que se obtuvo gracias al diseño de mezcla), este se colocó como un recubrimiento sobre un ladrillo de concreto tradicional ya que no existe dato de conductividad térmica de esta clase de concreto. En muros tipo 1A según la Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética, se debe utilizar $R_{si} = 0.11 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $R_{se} = 0.06 \text{ W/m}^2\text{K}$.

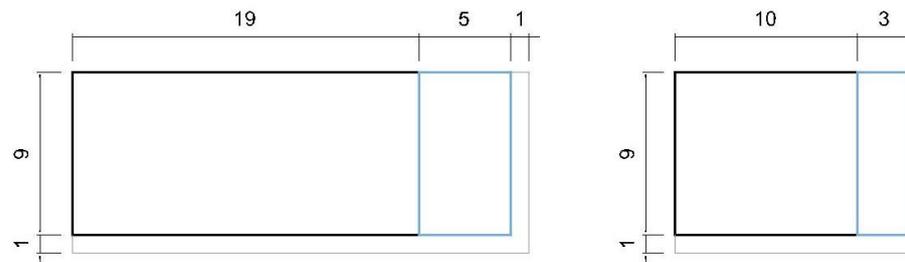


Figura 20: Elemento heterogéneo representativo del muro de eco ladrillos

Fuente: Elaboración Propia

$$U_{Ladrillo\ concreto} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.10}{0.50} + 0.06} = 2.70 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{Ladrillo\ plástico} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.03}{0.24} + 0.06} = 3.39 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{mortero} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.13}{1.40} + 0.06} = 3.80 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Luego se halla el área de la superficie expuesta (cara) de cada elemento para finalmente hallar la transmitancia ponderada o del muro.

$$A_{Ladrillo\ concreto} = 0.19 * 0.09 = 0.0171 \text{ m}^2$$

$$A_{Ladrillo\ plástico} = 0.05 * 0.09 = 0.0045 \text{ m}^2$$

$$A_{mortero} = (0.01 * 0.24) + (0.01 * 0.09) = 0.0033 \text{ m}^2$$

$$U_{ponderada} = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

$$U_{MURO} = \frac{(0.0171 * 2.70) + (0.0045 * 3.39) + (0.0033 * 3.80)}{0.0171 + 0.0045 + 0.0033}$$

$$U_{MURO} = 2.97 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

El valor obtenido cumple con la normativa. Un muro tradicional tiene la siguiente transmitancia térmica:

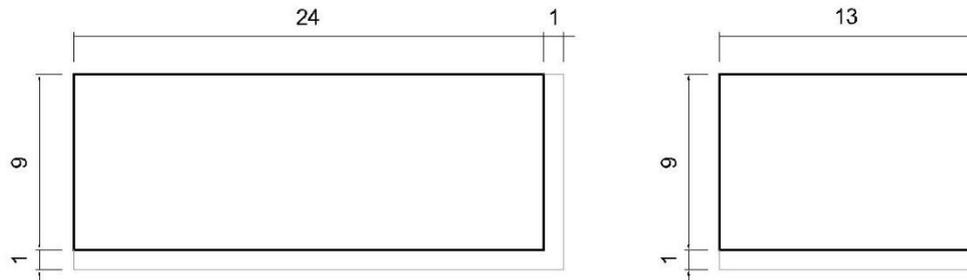


Figura 21: *Elemento heterogéneo representativo de un muro tradicional*

Fuente: Elaboración Propia

$$U_{Ladrillo} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.13}{0.47} + 0.06} = 2.24 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{mortero} = \frac{1}{0.11 + \frac{0.13}{1.40} + 0.06} = 3.80 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Luego se halla el área de la superficie expuesta (cara) de cada elemento para finalmente hallar la transmitancia ponderada o del muro.

$$A_{Ladrillo\ concreto} = 0.24 * 0.09 = 0.0216\ m^2$$

$$A_{mortero} = (0.01 * 0.24) + (0.01 * 0.09) = 0.0033\ m^2$$

$$U_{ponderada} = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

$$U_{MURO} = \frac{(0.0216 * 2.24) + (0.0033 * 3.80)}{0.0216 + 0.0033}$$

$$U_{MURO} = 2.45 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Tiene menor transmitancia térmica, pero ambos cumplen la normativa para la zona bioclimática.

Transmitancia térmica del techo:

A continuación, tenemos una muestra representativa de la losa a utilizar. En losas y pisos tipo 4A según la Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética, se debe utilizar $R_{si} = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $R_{se} = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$ en la zona bioclimática en que nos encontramos.

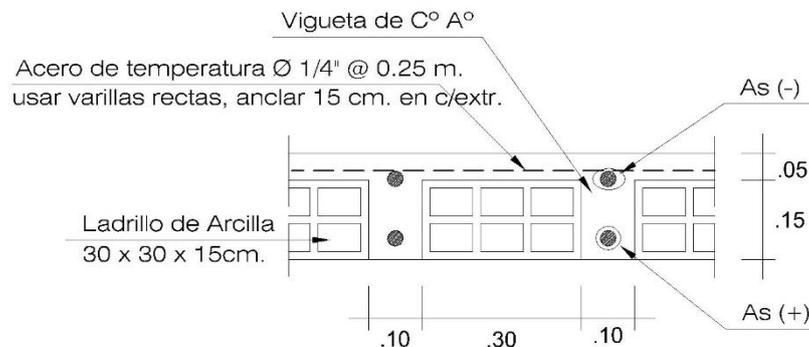


Figura 22: *Elemento heterogéneo representativo de un techo aligerado*

Fuente: Elaboración Propia

$$U_{\text{Concreto armado}} = \frac{1}{0.17 + \frac{0.20}{1.63} + 0.17} = 2.16 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{\text{ladrillo hueco de techo}} = \frac{1}{0.17 + \frac{0.20}{0.35} + 0.17} = 1.10 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Luego se halla el área de la cara de cada elemento para finalmente hallar la transmitancia ponderada o de la losa.

$$A_{\text{concreto armado}} = (0.30 * 0.30) + 2 * (0.10 * 0.30) = 0.15 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ladrillo hueco de techo}} = 0.30 * 0.30 = 0.09 \text{ m}^2$$

$$U_{\text{ponderada}} = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

$$U_{\text{Losa}} = \frac{(0.15 * 2.16) + (0.09 * 1.10)}{0.15 + 0.09}$$

$$U_{\text{Losa}} = 1.76 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

El valor obtenido cumple con la normativa.

Transmitancia térmica del piso:

El piso a utilizar tendrá un espesor de 4 pulgadas que equivale a 0.10 m. En losas y pisos tipo 4A según la Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética, se debe utilizar $R_{si} = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $R_{se} = 0.17 \text{ W/m}^2\text{K}$ en la zona bioclimática en que nos encontramos.

$$U_{\text{Piso tradicional}} = \frac{1}{0.17 + \frac{0.10}{1.51} + 0.17} = 2.46 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Para hallar la transmitancia térmica del piso a base de concreto ecológico a utilizar, se tomará una muestra representativa de 1 m². Con cálculos utilizando el diseño de mezcla obtenemos que el plástico equivale al 3.70% del volumen total de concreto por m³, separaremos en condiciones ideales en una capa de piso tradicional y una capa de plástico PET. La representación se dará de la siguiente manera.

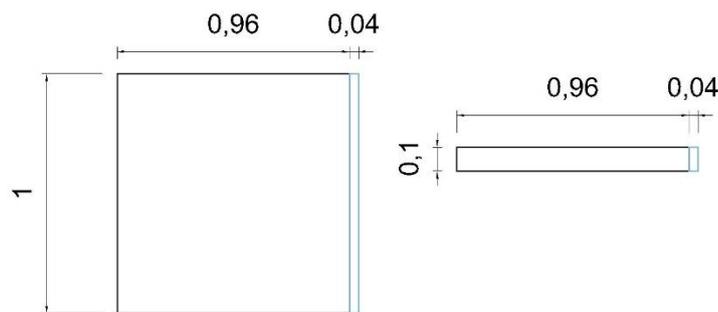


Figura 23: *Elemento heterogéneo representativo del piso ecológico*

Fuente: Elaboración Propia

$$U_{\text{Piso Tradicional}} = \frac{1}{0.17 + \frac{0.10}{1.51} + 0.17} = 2.46 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

$$U_{\text{Piso Plástico}} = \frac{1}{0.17 + \frac{0.10}{0.24} + 0.17} = 1.32 \left[\frac{W}{m^2K} \right]$$

Luego se halla el área de la cara de cada elemento para finalmente hallar la transmitancia ponderada o del piso ecológico.

$$A_{\text{Piso Tradicional}} = 0.96 * 1 = 0.96 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{Piso Plástico}} = 0.04 * 1 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$U_{ponderada} = \frac{U_1 A_1 + U_2 A_2 + \dots}{A_1 + A_2 + \dots}$$

$$U_{PISO} = \frac{(0.96 * 2.46) + (0.04 * 1.32)}{0.96 + 0.04}$$

$$U_{PISO} = 2.41 \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

En ambos casos la transmitancia térmica cumple con la normativa.

La normativa también pide para confort térmico que se consideren las condensaciones superficiales ya que estas pueden degradar sus condiciones, es decir exige que la temperatura superficial interna sea superior a la temperatura de rocío.

$$\text{Para muros: } T_{si} = T_i - U_{muro} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

$$\text{Para techos: } T_{si} = T_i - U_{techo} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

$$\text{Para pisos: } T_{si} = T_i - U_{piso} \times R_{si} \times (T_i - T_e)$$

T_{si}: Temperatura superficial interna

T_i: Temperatura ambiente interior por uso de edificación

U: Transmitancia térmica

R_{si}: Resistencia Térmica Superficial Interior

T_e: Temperatura del ambiente exterior

Tabla 66: Valores de la temperatura del Ambiente Interior por tipo de usos en edificaciones

Fuente: Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética

Edificación o local	Temperatura del ambiente interior (T_i) en °C
Hospitales - Salas de reconocimiento y de tratamiento - Salas de hospitalización	24 20 – 22
Cocinas	20
Tiendas	20
Escuelas - Aula	20
- Gimnasios	15 – 18
- Piscinas de aprendizaje cubiertas	24
Salas de actos	20
Salas de juntas	18

Tabla 67: Valores de la T_e , $T_{e\max}$ y humedad Relativa Media (HR %) por zona bioclimática

Fuente: Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética

Zona bioclimática	Valor de T_e (°C)	Valor de $T_{e\max}$ (°C)	Valor de HR (%)
1	18	30	80
2	24	33	70
3	20	30	50
4	12	21	50
5	6	15	50
6	0	-	50
7	26	31	70
8	22	31	70
9	27	32	70

Para obtener el valor de la temperatura de rocío se utiliza el ábaco psicrométrico como detalla la normativa.

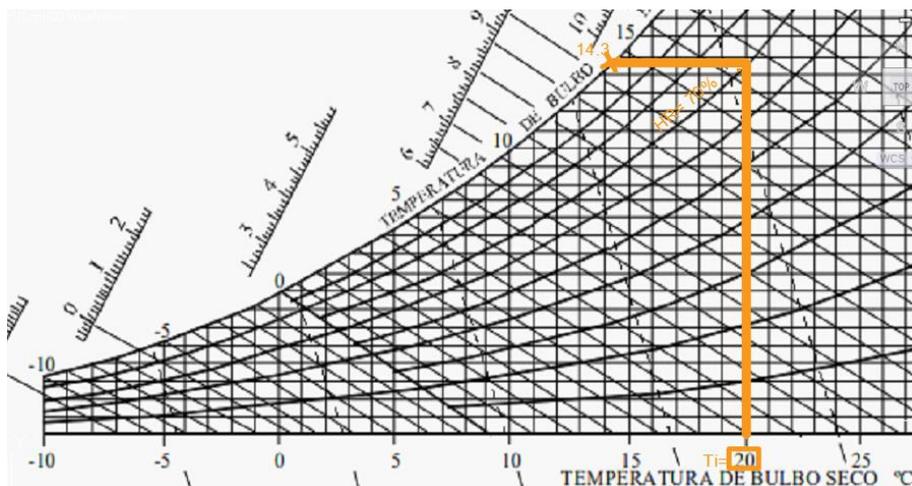


Figura 24: Intersección de T_i con HR para hallar la temperatura de rocío

Fuente: Norma EM.110 Confort Técnico y Lumínico con Eficiencia Energética, y Elaboración Propia.

Los valores de R_{si} son los mismos que se aplicaron en las formulas anteriores para obtener la transmitancia térmica.

Temperatura superficial interna de muros:

Para el muro de eco ladrillos:

$$T_{si} = T_i - U_{muro} * R_{si} * (T_i - T_e)$$

$$T_{si} = 20 - 2.97 * 0.11 * (20 - 24)$$

$$T_{si} = 21.31$$

$$T_{si} > T_r$$

$$21.31 > 14.3$$

Para el muro tradicional:

$$T_{si} = T_i - U_{muro} * R_{si} * (T_i - T_e)$$

$$T_{si} = 20 - 2.45 * 0.11 * (20 - 24)$$

$$T_{si} = 21.08$$

$$T_{si} > T_r$$

$$21.08 > 14.3$$

Ambos cumplen con lo exigido por la normativa.

Temperatura superficial interna de la losa:

$$T_{si} = T_i - U_{losa} * R_{si} * (T_i - T_e)$$

$$T_{si} = 20 - 1.76 * 0.17 * (20 - 24)$$

$$T_{si} = 21.20$$

$$T_{si} > T_r$$

$$21.20 > 14.3$$

Cumple con lo exigido por la norma.

Temperatura superficial interna del piso:

Piso con concreto ecológico:

$$T_{si} = T_i - U_{piso} * R_{si} * (T_i - T_e)$$

$$T_{si} = 20 - 2.41 * 0.17 * (20 - 24)$$

$$T_{si} = 21.64$$

$$T_{si} > T_r$$

$$21.64 > 14.3$$

Piso con concreto tradicional:

$$T_{si} = T_i - U_{piso} * R_{si} * (T_i - T_e)$$

$$T_{si} = 20 - 2.46 * 0.17 * (20 - 24)$$

$$T_{si} = 21.67$$

$$T_{si} > T_r$$

$$21.67 > 14.3$$

Al cumplir estos con la norma de igual forma, podemos concluir entonces que se tendrá confort térmico.

También tenemos que considerar el ámbito del confort lumínico, al no tener una ubicación exacta, se harán ventanas altas apuntando al sur a fin de que el ángulo del sol no incremente los luxes de manera exagerada dentro de la habitación y para que en verano no aporten demasiado calor dentro de las instalaciones, en las aulas se tendrán mamparas de vidrio con su respectiva banda de seguridad, apuntando al sur con objetivo de dar gran cantidad de luz aportando el calor necesario.

4.3. Análisis Económico de la Propuesta

En la actualidad el precio de las partidas se acrecienta enormemente por el uso de estos materiales, ya que por su poca disponibilidad poseen precios muy elevados. Se tienen las siguientes partidas en la propuesta con eco-materiales:

Partida	01.03.06	SARDINEL DE CONCRETO PLASTICO PICADO 20%					
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3		721.59	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1333	23.77	3.17	
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	22.92	30.56	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.36	12.24	
0147010004	PEON	hh	10.0000	6.6667	16.55	110.33	
							156.30
Materiales							
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.3143	45.76	14.38	
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.2784	42.00	11.69	
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		8.6381	17.28	149.27	
0234010053	GASOLINA	gln		0.0500	10.42	0.52	
0239050000	AGUA	m3		0.2050	7.22	1.48	
0299010001	PLASTICO PICADO	kg		82.9000	4.47	370.56	
							547.90
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	156.30	4.69	
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0001	0.6667	6.35	4.23	
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP 9 P3	hm	1.0001	0.6667	12.71	8.47	
							17.39

Partida	01.04.07.01	MESON DE CONCRETO: CONCRETO PLASTICO PICADO 20%					
Rendimiento	m3/DIA	18.0000	EQ. 18.0000	Costo unitario directo por : m3		621.30	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0444	23.77	1.06	
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.4444	22.92	10.19	
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.4444	18.36	8.16	
0147010004	PEON	hh	6.0000	2.6667	16.55	44.13	
							63.54
Materiales							
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.3143	45.76	14.38	
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.2784	42.00	11.69	
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		8.6381	17.28	149.27	
0239050000	AGUA	m3		0.2050	7.22	1.48	
0299010001	PLASTICO PICADO	kg		82.9000	4.47	370.56	
							547.38
Equipos							
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	63.54	1.91	
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.4444	6.35	2.82	
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP 9 P3	hm	1.0000	0.4444	12.71	5.65	
							10.38

Partida	01.05.01 MURO DE SOGA LADRILLO DE CONCRETO TIPO 17 MEZCLA 1:5					
Rendimiento	m2/DIA	9.0000	EQ. 9.0000	Costo unitario directo por : m2	114.67	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0889	23.77	2.11
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	22.92	20.37
0147010004	PEON	hh	0.5000	0.4444	16.55	7.35
						29.83
Materiales						
0202020055	ECO-LADRILLO	und		36.0000	2.09	75.24
0202100100	CLAVOS CON CABEZA PROMEDIO	kg		0.0200	3.22	0.06
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0500	42.00	2.10
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.2300	17.28	3.97
0239050000	AGUA	m3		0.0100	7.22	0.07
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		0.5800	4.32	2.51
						83.95
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	29.83	0.89
						0.89

Partida	01.05.02 MURO DE CABEZA LADRILLO DE CONCRETO TIPO 17 MEZCLA 1:5					
Rendimiento	m2/DIA	6.0000	EQ. 6.0000	Costo unitario directo por : m2	200.39	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1333	23.77	3.17
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	22.92	30.56
0147010004	PEON	hh	0.5000	0.6667	16.55	11.03
						44.76
Materiales						
0202020055	ECO-LADRILLO	und		68.0000	2.09	142.12
0202100100	CLAVOS CON CABEZA PROMEDIO	kg		0.0200	3.22	0.06
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0580	42.00	2.44
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.4080	17.28	7.05
0239050000	AGUA	m3		0.0150	7.22	0.11
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		0.5800	4.32	2.51
						154.29
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	44.76	1.34
						1.34

Partida	01.07.03 PISO CEMENTO PULIDO PLASTICO PICADO 20% E=4" INC. BRUÑADO					
Rendimiento	m2/DIA	76.0000	EQ. 76.0000	Costo unitario directo por : m2	91.05	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0211	23.77	0.50
0147010002	OPERARIO	hh	4.0000	0.4211	22.92	9.65
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.1053	18.36	1.93
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.8421	16.55	13.94
						26.02
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.0314	45.76	1.44
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0500	42.00	2.10
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.8638	17.28	14.93
0234010053	GASOLINA	gln		0.3708	10.42	3.86
0239050000	AGUA	m3		0.0182	7.22	0.13
0299010001	PLASTICO PICADO	kg		8.9000	4.47	39.78
						62.24
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	26.02	0.78
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.1053	6.35	0.67
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP 9 Fhm		1.0000	0.1053	12.71	1.34
						2.79

Partida	01.07.04 PISO CEMENTO PULIDO Y COLOREADO CON PLASTICO PICADO 20% E=4" INC. BRUÑADO					
Rendimiento	m2/DIA	65.0000	EQ. 65.0000	Costo unitario directo por : m2	99.21	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0246	23.77	0.58
0147010002	OPERARIO	hh	4.0000	0.4923	22.92	11.28
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.1231	18.36	2.26
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.9846	16.55	16.30
						30.42
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.0314	45.76	1.44
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0500	42.00	2.10
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.8638	17.28	14.93
0230520000	OCRE	kg		0.2600	12.71	3.30
0234010053	GASOLINA	gln		0.3708	10.42	3.86
0239050000	AGUA	m3		0.0182	7.22	0.13
0299010001	PLASTICO PICADO	kg		8.9000	4.47	39.78
						65.54
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	30.42	0.91
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.1231	6.35	0.78
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP 9 Fhm	Fhm	1.0000	0.1231	12.71	1.56
						3.25

Partida	01.07.06 SARDINEL SUMERGIDO: CONCRETO PLASTICO PICADO					
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3	721.40	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1333	23.77	3.17
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	22.92	30.56
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.36	12.24
0147010004	PEON	hh	10.0000	6.6667	16.55	110.33
						156.30
Materiales						
0205000004	PIEDRA CHANCADA DE 3/4"	m3		0.3143	45.76	14.38
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.2784	42.00	11.69
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		8.6381	17.28	149.27
0234010053	GASOLINA	gln		0.0320	10.42	0.33
0239050000	AGUA	m3		0.2050	7.22	1.48
0299010001	PLASTICO PICADO	kg		82.9000	4.47	370.56
						547.71
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	156.30	4.69
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.6667	6.35	4.23
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP 9 Fhm	Fhm	1.0000	0.6667	12.71	8.47
						17.39

Las partidas anteriores con materiales tradicionales son las siguientes:

Partida	01.03.06 SARDINEL DE CONCRETO F'C=175 KG/CM2					
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3	368.54	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1333	23.77	3.17
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	22.92	30.56
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.36	12.24
0147010004	PEON	hh	10.0000	6.6667	16.55	110.33
						156.30
Materiales						
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.5400	42.00	22.68
0205030007	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.5500	45.76	25.17
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		8.4300	17.28	145.67
0239050000	AGUA	m3		0.1840	7.22	1.33
						194.85
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	156.30	4.69
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.6667	6.35	4.23
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP	hm	1.0000	0.6667	12.71	8.47
						17.39

Partida	01.04.07.01 MESON DE CONCRETO: CONCRETO F'C=175 KG/CM2					
Rendimiento	m3/DIA	18.0000	EQ. 18.0000	Costo unitario directo por : m3	268.78	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0444	23.77	1.06
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.4444	22.92	10.19
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.4444	18.36	8.16
0147010004	PEON	hh	6.0000	2.6667	16.55	44.13
						63.54
Materiales						
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.5400	42.00	22.68
0205030007	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.5500	45.76	25.17
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		8.4300	17.28	145.67
0239050000	AGUA	m3		0.1850	7.22	1.34
						194.86
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	63.54	1.91
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.4444	6.35	2.82
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP	hm	1.0000	0.4444	12.71	5.65
						10.38

Partida	01.05.01 MURO DE SOGA LADRILLO DE ARCILLA HERCULES I C/MEZCLA 1:5					
Rendimiento	m2/DIA	9.0000	EQ. 9.0000	Costo unitario directo por : m2	86.59	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0889	23.77	2.11
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	0.8889	22.92	20.37
0147010004	PEON	hh	0.5000	0.4444	16.55	7.35
						29.83
Materiales						
0202100100	CLAVOS CON CABEZA PROMEDIO	kg		0.0200	3.22	0.06
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0500	42.00	2.10
0217010028	LADRILLO DE ARCILLA HERCULES I DE 24x	und		36.0000	1.31	47.16
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.2300	17.28	3.97
0239050000	AGUA	m3		0.0100	7.22	0.07
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		0.5800	4.32	2.51
						55.87
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	29.83	0.89
						0.89

Partida	01.05.02 MURO DE CABEZA LADRILLO DE ARCILLA HERCULES I C/MEZCLA 1:5					
Rendimiento	m2/DIA	6.0000	EQ. 6.0000	Costo unitario directo por : m2	147.35	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.1000	0.1333	23.77	3.17
0147010002	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	22.92	30.56
0147010004	PEON	hh	0.5000	0.6667	16.55	11.03
						44.76
Materiales						
0202100100	CLAVOS CON CABEZA PROMEDIO	kg		0.0200	3.22	0.06
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0580	42.00	2.44
0217010028	LADRILLO DE ARCILLA HERCULES I DE 24x	und		68.0000	1.31	89.08
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.4080	17.28	7.05
0239050000	AGUA	m3		0.0150	7.22	0.11
0243010003	MADERA TORNILLO	p2		0.5800	4.32	2.51
						101.25
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	44.76	1.34
						1.34

Partida	01.07.03 PISO DE CEMENTO PULIDO F'C=175 KG/CM2 E=4" SIN COLOREAR					
Rendimiento	m2/DIA	75.0000	EQ. 75.0000	Costo unitario directo por : m2	51.91	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0213	23.77	0.51
0147010002	OPERARIO	hh	4.0000	0.4267	22.92	9.78
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.1067	18.36	1.96
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.8533	16.55	14.12
						26.37
Materiales						
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0500	42.00	2.10
0205030007	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.0800	45.76	3.66
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.7500	17.28	12.96
0234010053	GASOLINA	gln		0.3708	10.42	3.86
0239050000	AGUA	m3		0.0182	7.22	0.13
						22.71
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	26.37	0.79
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.1067	6.35	0.68
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP	hm	1.0000	0.1067	12.71	1.36
						2.83

Partida	01.07.04 PISO DE CEMENTO PULIDO Y COLOREADO F'C=175 KG/CM2 E=4" INC. BRUÑADO S/DISEÑO					
Rendimiento	m2/DIA	65.0000	EQ. 65.0000	Costo unitario directo por : m2	55.72	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.0246	23.77	0.58
0147010002	OPERARIO	hh	4.0000	0.4923	22.92	11.28
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.1231	18.36	2.26
0147010004	PEON	hh	8.0000	0.9846	16.55	16.30
						30.42
Materiales						
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.0500	42.00	2.10
0205030007	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.0800	45.76	3.66
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		0.7140	17.28	12.34
0230520000	OCRE	kg		0.2600	12.71	3.30
0234010053	GASOLINA	gln		0.0500	10.42	0.52
0239050000	AGUA	m3		0.0182	7.22	0.13
						22.05
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	30.42	0.91
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.1231	6.35	0.78
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP	hm	1.0000	0.1231	12.71	1.56
						3.25

Partida	SARDINEL SUMERGIDO: CONCRETO F'C=175 KG/CM2					
Rendimiento	m3/DIA	12.0000	EQ. 12.0000	Costo unitario directo por : m3	356.34	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0147010001	CAPATAZ	hh	0.2000	0.1333	23.77	3.17
0147010002	OPERARIO	hh	2.0000	1.3333	22.92	30.56
0147010003	OFICIAL	hh	1.0000	0.6667	18.36	12.24
0147010004	PEON	hh	10.0000	6.6667	16.55	110.33
						156.30
Materiales						
0205010004	ARENA GRUESA	m3		0.5000	42.00	21.00
0205030007	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3		0.8000	45.76	36.61
0221000093	CEMENTO PORTLAND TIPO IP (42.5KG)	BOL		7.1400	17.28	123.38
0234010053	GASOLINA	gln		0.0320	10.42	0.33
0239050000	AGUA	m3		0.1840	7.22	1.33
						182.65
Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	156.30	4.69
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"	hm	1.0000	0.6667	6.35	4.23
0349100011	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 8 HP	hm	1.0000	0.6667	12.71	8.47
						17.39

Por tanto, aquí tenemos el resumen comparativo:

Tabla 68: Cuadro Comparativo de costos de partidas hechas con eco-materiales y con materiales tradicionales

PARTIDA	ECO-MATERIALES (S/.)	MATERIALES TRADICIONALES (S/.)
SARDINEL DE CONCRETO	721.59	368.54
MESON DE CONCRETO	621.30	268.78
MURO DE SOGA	114.67	86.59
MURO DE CABEZA	200.39	147.35
PISO PULIDO SIN COLOREAR	91.05	51.91
PISO PULIDO Y COLOREADO	99.21	55.72
SARDINEL SUMERGIDO	721.40	356.34

Fuente: Elaboración Propia

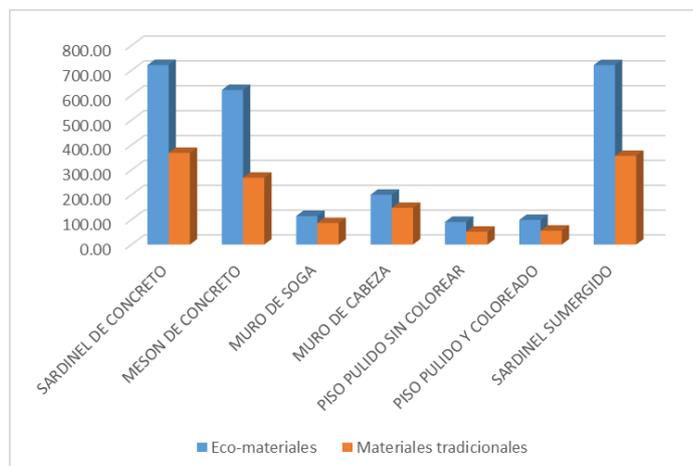


Figura 25: Comparativa en barras de cada partida

Fuente: Elaboración Propia

Se observa el claro aumento de costo de las partidas al utilizar eco-materiales, el porcentaje de aumento es el que se procede a detallar:

Tabla 69: Porcentaje de aumento de costo por partida

PARTIDA	PORCENTAJE DE AUMENTO
SARDINEL DE CONCRETO	95.80%
MESON DE CONCRETO	131.16%
MURO DE SOGA	32.43%
MURO DE CABEZA	36.00%
PISO PULIDO SIN COLOREAR	75.40%
PISO PULIDO Y COLOREADO	78.05%
SARDINEL SUMERGIDO	102.45%

Fuente: Elaboración Propia

Si se aprecia los análisis de costos unitarios, el aumento se da principalmente en la suma del costo de los materiales, específicamente por el costo alto del plástico picado. Si la infraestructura fuera hecha en escala muy pequeña y artesanal, el costo del concreto disminuiría ya que el plástico como residuo sólido tiene costo cero, es decir existirá disminución del costo en relación a la cantidad de plástico utilizada. Caso contrario, sería ideal que la Municipalidad intentara poseer una planta de molido de plástico para reducir el costo industrial actual del mercado.

El hecho económico anteriormente mencionado, ha sido estudiado en tesis como "EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA PARA IMPLEMENTAR UNA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE PLASTICO RECICLADO EN CHINCHA" de Cristian Enrique Villar Navarro; que pesar de no ser la misma localidad, se encuentra en el mismo país por lo cual el costo de la maquinaria a utilizar y los pagos a realizar no varían de manera sustancial, es decir, el costo que vemos en esta tabla será el costo referencial estimado.

Tabla 70: Costo del Kg de los distintos tipos de plástico

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costo producción	313,750.02	327,343.13	341,615.88	356,602.28	372,337.99
Gasto Administrativo	119,245.33	119,245.33	119,245.33	119,245.33	119,245.33
Gasto de ventas	51,400.00	53,800.00	56,200.00	58,600.00	61,800.00
Gasto financiero	14,435.02	28,870.04	28,870.04	0.00	0.00
COSTO TOTAL	498,830.38	529,258.50	545,931.26	534,447.61	553,383.32
Costo Kg PET	1.00	1.02	1.00	0.98	0.96
Costo Kg PEAD	1.79	1.81	1.79	1.68	1.66
Costo Kg PP	1.79	1.81	1.79	1.68	1.66

Fuente: (NAVARRO, 2013)

Sabiendo que el costo a los cinco años sería de 0.96 soles, redondearemos el costo de venta a un sol, lo cual reduciría en un 77.63% el costo industrial en el mercado actual.

Con las opciones mencionadas, procederemos a realizar las comparaciones respectivas.

Tabla 71: Comparativas del costo de eco-materiales con distintas opciones de fabricación.

<i>COSTO DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA (s/.)</i>		
Con los costos actuales del mercado	Con el plástico picado de manera artesanal	Con el costo estimado de una planta de la Municipalidad
2.09	0.62	0.95
<i>COSTO DE ECO-CONCRETO (s/.)</i>		
Con los costos actuales del mercado	Con el plástico picado de manera artesanal	Con el costo estimado de una planta de la Municipalidad
575.43	205.14	284.73

Fuente: Elaboración Propia

Conociendo a través de las partidas que el costo de los materiales para un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ es de 229 soles con 93/100, el eco-concreto con el costo estimado de producción a través de la municipalidad es 284 soles con 73/100, la diferencia se disminuiría.

Además, el costo actual de la unidad de ladrillo Hércules es de 1 sol con 31/100, es decir el eco-ladrillo cuesta un 59.54% más. Más si este fuera con la producción de plástico supuesto para la municipalidad sería de un 27.48% menos.

4.4. Análisis Ambiental de la Propuesta

Con la obtención del material a reciclar en una planta de manejo de plástico de la Municipalidad, existe beneficio ambiental, que es ayudar a mitigar el impacto del mal manejo de residuos de plástico incentivando al reciclaje y su reutilización, además de que este material tiene una lenta biodegradación (aproximadamente de 100 años).

Considerando el peso de 30 gr de una botella PET de tres litros, se reciclarán aproximadamente 1500 botellas por un metro cúbico de concreto ecológico utilizado y 10 botellas por unidad de eco-ladrillo. Según cálculo en la lista de insumos, se

utilizará en la propuesta 4 toneladas de plástico picado total en concreto unidades de eco-ladrillos. Todo esto equivale a un aproximado de 134'573 botellas.

A continuación, veremos los residuos sólidos de la ciudad de Tacna para el 2002 en la cual se basa el manejo de residuos sólidos actual.

Tabla 72: Composición de los residuos sólidos – Ciudad de Tacna

Fuente: Municipalidad Provincial de Tacna

**COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS – CIUDAD DE TACNA
2002**

MATERIAL	CANTIDAD/TN/DIARIA	PORCENTAJE
Orgánico	55,48	44,10
Cartón y papel	10,44	8,30
Textil	3,51	2,79
Plástico	9,69	7,70
Metal	3,06	2,43
Vidrio	6,60	5,25
Otros	37,02	29,43
Total	125,80	100,00

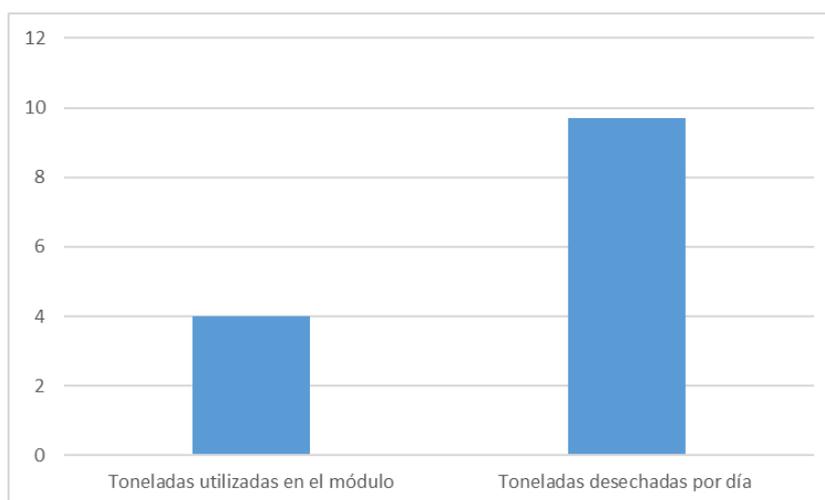


Figura 26: *Grafico Comparativo de plástico reciclado por el modulo versus las toneladas diarias desechadas.*

Fuente: Elaboración Propia

Si bien estos datos anteriormente mencionados, parecen no cubrir más que el 41% de toneladas diarias de la ciudad de Tacna, hay que considerar que tan solo es un módulo pequeño, es decir, cuando se realicen más construcciones y de mayor envergadura con eco-materiales, el reciclaje será mayor.

Es de importancia ambiental el señalar que por cada kilogramo de plástico reciclado se ahorra 1.5 kilogramos de CO₂ es decir se contribuye a la reducción de

gases de efecto invernadero, ayudando a disminuir la huella de carbono que dejan la producción de arena (5.1 kilogramos de CO₂/kg) y grava (7.9 kilogramos de CO₂/kg). Datos de producción de huella de carbono obtenidos de A. Pedreño, 2014 en su tesis titulada “Desarrollo de una nueva aplicación para el cálculo de la huella de carbono en proyectos de construcción”.

El reemplazar en parcialidad los agregados por plástico también será una posible solución para la explotación insostenible de arena y grava que viene siendo de preocupación para la ONU, ya que la demanda de estos recursos ha ido aumentando con los años en relación al aumento poblacional.

4.5. Análisis Social de la Propuesta

Cualquier tipo de infraestructura educativa tiene como por objetivo llevar el derecho de educación a su área de influencia, a pesar de que en nuestra región existe un muy bajo porcentaje de analfabetismo no quiere decir que seamos ajenos a esta necesidad, debido a que hay sectores que no se encuentran dentro del área de influencia de una institución educativa, y para lo cual deben movilizarse hasta lugares alejados de donde viven.

Nuestro modulo propuesta es de educación inicial y según Pituk (2001) la educación inicial es fundamental para el desarrollo social y para incrementar las posibilidades de aprendizaje y potencialización de las capacidades infantiles; es decir, la educación inicial es importante por servir como la base de cómo te desarrollarás en tu educación futura.

Según el censo escolar realizado por la UGEL en el 2018, se registró en la provincia de Tacna matriculados en el nivel inicial a 15013 estudiantes y en toda la región 15959 estudiantes y según cifras del sistema de información distrital del INEI, en el 2016 se encontraban 31764 niños en su primera infancia (1-5 años), dejando así un aproximado de 6000 estudiantes por edad, y considerando que la educación inicial inicia a los 3 años tendríamos un déficit de asistencia de aproximadamente 2000 estudiantes.

Estos 2000 estudiantes probablemente se encuentren en sectores alejados de este tipo de educación, y por la lejanía los padres no pueden enviarlos, este es el sector al que está abocada nuestra propuesta.

CAPITULO V: DISCUSIÓN

Esta tesis tuvo como propósito desarrollar la evaluación del beneficio del uso de eco-materiales para la construcción de infraestructura educativa sostenible e innovadora en la provincia de Tacna, se pretendió determinar las características técnicas de eco-materiales y proponer un módulo de infraestructura educativa utilizándolos para así realizar una comparación con un módulo tradicional. A continuación, se discutirán los principales hallazgos.

De los resultados obtenidos en esta tesis, podemos deducir que de los distintos tipos de eco-materiales que se plantearon todos podrían ser utilizados, a excepción del papercrete. Por tanto, se escogieron por sus propiedades y costo en el caso del concreto, la mezcla que reemplaza el 20% del volumen total de agregados por plástico picado, y en el caso de la albañilería, el ladrillo de concreto a base de una mezcla que reemplaza el 25% del volumen de agregado grueso por plástico picado.

Con la elección hecha, se utilizarían estos en elementos no estructurales para que con una propuesta de un módulo de infraestructura educativa sostenible e innovadora, hacer una comparativa holística con un módulo de materiales tradicionales. Lo que se procedió a analizar es el confort térmico ideal que podrían tener estos eco-materiales y los beneficios de utilizarlos.

Las elaboraciones de los diseños de mezcla son con metodología propia, por lo que no podríamos tener una comparativa exacta de resultados con otras investigaciones.

CONCLUSIONES

Se desarrolló la evaluación del beneficio del uso de eco-Materiales para la construcción de infraestructura educativa sostenible e innovadora en la provincia de Tacna.

Se lograron obtener las propiedades básicas de los eco-materiales a través de ensayos de laboratorio, para poder notar así el más conveniente. En el caso de concreto, se obtuvo que por resistencia todos menos el papercrete podrían ser utilizados en la provincia, pero económicamente el Concreto con plástico picado reemplazando al 20% del volumen total de agregados, fue el más exitoso con un costo de 575.43 con 42/100 soles. En el caso de albañilería, se hicieron ladrillos de concreto, se utilizaron mezclas de concreto, pero con otros tipos de planteamiento, entre ellos el reemplazar por plástico picado el 25% del volumen de agregado grueso, el cual nos dio resultados satisfactorios, es decir un ladrillo de concreto tipo 17. Por tanto, todos los eco-materiales dentro de esta tesis pueden ser utilizados, aunque no todos dentro de la provincia según normativa, y siempre y cuando se tengan los recursos económicos para su realización.

Se propuso un módulo de infraestructura educativa con eco-materiales, en el cual se utilizaron los materiales más exitosos en elementos no estructurales, tomando en cuenta todas las variables (economía y propiedades).

Se analizó los beneficios de la propuesta comparada con un modelo tradicional, si bien no existen beneficios económicos con los costos actuales del mercado, pudimos notar basándonos en tesis realizadas que en el caso de hacer que se instale una planta de manejo de plástico municipal, los eco-ladrillos tendrían un beneficio económico de 27.48 % menos por unidad; existen beneficios ambientales, en este caso como se eligieron concretos que utilizan plástico picado, podremos reciclar 4 toneladas de plástico PET con el módulo propuesto. En el ámbito social llevamos el derecho a la educación a distintos sectores poblacionales.

RECOMENDACIONES

Las municipalidades son las que cuentan con el material plástico PET de forma gratuita en los basurales, por tanto, de poseer una planta de manejo de plástico podría generar puestos de trabajo y disminuir el costo de la producción de los eco materiales, los cuales podrían utilizarse no solo en infraestructura educativa, sino en casas de índole social.

Plantear normas técnicas peruanas que sean validadas e incluidas dentro del RNE como lo hacen en Bolivia y otros países latinoamericanos como Brasil, México, Colombia y Argentina, los cuales son pioneros en este tipo de construcciones con materiales ecológicos.

Incentivar futuras tesis, complementarias a este trabajo, probando este tipo de materiales en elementos estructurales e infraestructuras de mayor magnitud.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abanto Castillo, F. (2014). Tecnología del concreto (Teoría y problemas). Lima, Perú: San Marcos.
- About EDGE: Edge Buildings. (s.f.). Recuperado el 29 de Abril de 2019, de Edge Buildings: <https://www.edgebuildings.com/marketing/edge/>
- ASTM D – 422: Granulometría por tamizado. (s.f.).
- Astopilco, A. (2015). Comparación de las propiedades Físico - Mecánicas de unidades de ladrillo de concreto y otros elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015. (Tesis, título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Bardalez, E. M. (2014). "Prácticas sostenibles en la construcción de edificaciones". (Tesis de Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Bartolomé, S. (2006). "Comentarios a la Norma E.070 Albañilería". Lima. Perú: SENCICO.
- Betancur Sierra, L. M. (s.f.). LOS ECO-MATERIALES EN LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: DE LA ACADEMIA A LA CREACIÓN DE EMPRESAS.
- Certificaciones: Perú Green Building Council. (s.f.). Recuperado el 03 de Mayo de 2019, de Perú Green Building Council: <https://www.perugbc.org.pe/site/certificaciones>
- Certify: Edge Buildings. (s.f.). Recuperado el 29 de Abril de 2019, de Edge Buildings: <https://www.edgebuildings.com/certify/>
- Decreto Supremo N° 015-2015-VIVIENDA. (28 de Agosto de 2015). El Peruano, págs. 560155-560158.
- E-070 Albañilería. (10 de Junio de 2006). Lima, Perú: ICG - Instituto e la Construcción y Gerencia.
- Echevarría Garro, E. R. (2017). Ladrillos de Concreto con Plástico PET reciclado. (Tesis de título Profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Eficiencia de Recursos, Cambio Climático: ONU ambiente. (s.f.). Recuperado el 05 de Mayo de 2019, de UN Environment Program: <http://web.unep.org/es/rolac/eficiencia-de-recursos>
- EM.110 Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética. (13 de Mayo de 2014). El Peruano, págs. 523069-523118.
- <http://www.protossmetales.com>. (s.f.). Recuperado el 05 de Mayo de 2019, de <http://www.protossmetales.com/la-regla-de-las-3r.html>

- <https://www.unenvironment.org>. (s.f.). Obtenido de https://www.unenvironment.org/explore-topics/resource-efficiency?_ga=2.182418400.673471882.1559865147-1180412866.1559865147
- Ian Thomson & Susan Joyce - On Common Ground Consultants Inc. (Marzo de 2008). The social license to operate: what it is and seems so hard to obtain. Obtenido de On Common Ground Consultants Inc. : What we've written?
- Lanting, R. (1996). Sustainable Construction in The Netherlands -A perspective to the year 2010. Working paper for CIB W82 Future Studies in Construction. TNO Bouw Publication number 96-BKR-.
- LEED certification is green building: US Green Building Council. (s.f.). Recuperado el 23 de Abril de 2019, de US Green Building Council: <https://new.usgbc.org/leed>
- Nguyen X.H., Honda T., Wang Y., and Yamamoto R., University of Tokyo. (s.f.). Eco-Materials, Module H: D4S. Recuperado el 04 de Mayo de 2019, de Design for Sustainability (D4S): <http://www.d4s-sbs.org/MH.pdf>
- Norma Técnica Peruana 370.101-2 "Guía de la Etiqueta de Eficiencia Energética". (12 de Enero de 2019). Obtenido de Minem: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/normatividad/guia_etiqueta_energe.pdf
- Nosotros: Perú Green Building Council. (s.f.). Recuperado el 23 de Abril de 2019, de Perú Green Building Council: <http://www.perugbc.org.pe/site/conocenos>
- Organización Panamericana de la Salud OPS. (15 de Marzo de 2018). Obtenido de Organización Mundial de la Salud OMS: https://www.paho.org/arg/index.php?option=com_content&view=article&id=10210:advierten-sobre-las-consecuencias-del-cambio-climatico-en-la-salud&Itemid=228
- Our Green Building Councils: World Green Building Council. (s.f.). Recuperado el 6 de Abril de 2019, de World Green Building Council: <https://www.worldgbc.org/our-green-building-councils>
- Post, E. (2009). Estudio advierte sobre efectos del calentamiento global en el Ártico: CIENCIACALENTAMIENTO GLOBAL. Madrid: EFE News Services, Inc.
- Quevedo, E. (2017). Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del distrito de nuevo Chimbote, Ancash. (Tesis de Maestro en Gestión Ambiental). Universidad Nacional de Santa, Chimbote.
- Ramirez, A. (2016). La construcción sostenible. Física y Sociedad.

- Rating Tools: World Green Building Council. (s.f.). Recuperado el 23 de Abril de 2019, de World Green Building Council: <https://www.worldgbc.org/rating-tools>
- Rivva Lopez, E. (1992). Diseño de Mezclas. Lima - Perú: En R. L. Enrique, Diseño de Mezclas.
- Sierra, L. M. (s.f.). "Los eco-materiales en la construcción sostenible: de la academia a la creación de empresas" .
- socialicense.com. (s.f.). Recuperado el 29 de Abril de 2019, de https://socialicense.com/definition_spanish.html
- Susunaga Monroy, J. M. (2014). Construcción Sostenible, una alternativa para la edificación de viviendas de interes social y prioritario. Bogota: Universidad Catolica de Colombia.
- United Nations. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.
- Universidad Cesar Vallejo. (s.f.). Infraestructura y Calidad Educativa.
- Uribe Vélez, C. (2012). MATERIALES Y PRACTICAS DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE.

ANEXOS

ANEXO N°1: PLANIMETRIA ARQUITECTONICA DEL MODULO PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA

ANEXO N°2A: PRESUPUESTO MODULO PROPUESTA CON MATERIALES TRADICIONALES

ANEXO N°2B: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS MODULO PROPUESTA CON MATERIALES TRADICIONALES

ANEXO N°3A: PRESUPUESTO MODULO PROPUESTA CON ECOMATERIALES

ANEXO N°3B: ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS MODULO PROPUESTA CON ECOMATERIALES

ANEXO N°4: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO N°5: MATRIZ DE CONSISTENCIA