

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Elaboración de prototipo de bloque ecológico con plástico reciclado para losas aligeradas -Chimbote - 2021”

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Bach. Villena Murga, Henry

Asesora:

Ms. Saavedra Vera, Janet Verónica

ORCID: 0000-0002-4195-982X

Nuevo Chimbote – Perú

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



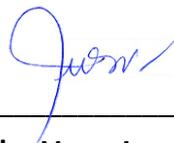
UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Elaboración de prototipo de bloque ecológico con plástico reciclado para losas aligeradas -Chimbote - 2021”

TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

REVISADA POR:



Ms. Saavedra Vera, Janet Verónica
DNI 32964440
ORCID: 0000-0002-4195-982X
ASESORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

“Elaboración de prototipo de bloque ecológico con plástico reciclado para losas aligeradas -Chimbote - 2021”

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

SUSTENTADA Y APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO

Ms. Rivasplata Díaz, Julio César
DNI 32770844
ORCID: 0000-0002-4180-9362
PRESIDENTE

Dr. López Carranza, Atilio Rubén
DNI 32965940
ORCID: 0000-0002-3631-2001
SECRETARIO

Ms. Saavedra Vera, Janet Verónica
DNI 32964440
ORCID: 0000-0002-4195-982X
INTEGRANTE



ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

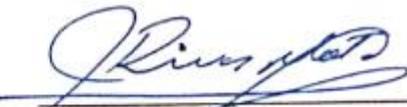
A los 28 días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, siendo las 09: 30 horas de la mañana, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 037-2023-UNS-CFI, con fecha 23.01.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Secretario), Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Integrante), y Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria), y en base a la Resolución Decanal N° 117-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "ELABORACIÓN DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLÓGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS – CHIMBOTE 2021", presentado por el Bachiller: VILLENA MURGA HENRY con cód. N° 0201313050, quien fue asesorado por la docente Ms. Janet Verónica Saavedra Vera, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 132-2021-UNS-FI, de fecha 15.03.2021.

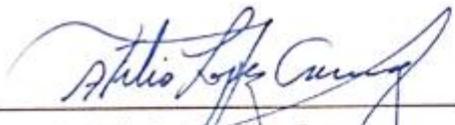
El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

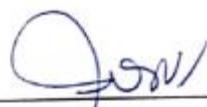
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
VILLENA MURGA HENRY	17	BUENO

Siendo las 10.30 de la mañana del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 28 febrero de 2023.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Dr. Atilio Rubén López Carranza
Secretario


Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Integrante

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y respaldarme durante toda mi etapa universitaria, ruego para que siempre guíe mi camino.

A mi familia; padres, esposa, hermanos; por ser un motor que impulsa mi vida y permite alcanzar metas.

A todos mis docentes y compañeros, los cuales me brindaron conocimientos y experiencias relacionadas con la ingeniería civil.

A mi asesora Ms. Janet Verónica Saavedra Vera, por la orientación y supervisión de la investigación.

Agradezco a la Universidad Nacional del Santa; por abrirme sus puertas, brindarme educación y formación académica.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	21
1.1 Antecedentes de estudios similares	21
1.1.1 Antecedentes internacionales.....	21
1.1.2 Antecedentes nacionales	23
1.2 Formulación del problema.....	25
1.3 Objetivos.....	27
1.3.1 Objetivo general.....	27
1.3.2 Objetivos específicos	27
1.4 Formulación de la hipótesis.....	28
1.5 Justificación	28
1.6 Limitaciones del trabajo	29
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	31
2.1 Materiales de construcción	31
2.1.1 Clasificación	31
2.1.2 Materiales pétreos artificiales	32
2.1.3 Materiales aglomerantes	34
2.1.4 Propiedades de los materiales de construcción.....	34
2.1.5 Ensayos de los materiales de construcción ntp 339.604	45
2.2 Materia prima	60

2.2.1	Cemento	60
2.2.2	Arena.....	67
2.2.3	Confitillo.....	68
2.2.4	Plástico.....	68
2.3	Viviendas de Interés Social (VIS)	73
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....		75
3.1	Tipo de investigación.....	75
3.2	Unidad de análisis.....	75
3.3	Ubicación.....	75
3.4	Población y muestra.....	75
3.5	Variables	76
3.5.1	Variable dependiente	76
3.5.2	Variable independiente	76
3.5.3	Matriz de consistencia.....	77
3.5.4	Operacionalización de variables	78
3.6	Instrumentos	80
3.7	Elaboración de prototipo	81
3.7.1	Obtención de la materia prima y maquinaria.....	82
3.7.2	Elaboración de los bloques de concreto.....	83
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		93
4.1	Análisis e interpretación de los resultados	93
4.1.1	Ensayos de los agregados.....	93

4.1.2	Ensayos de las unidades de albañilería	105
4.1.3	Análisis de costos.....	122
4.1.4	Análisis de impacto ambiental	123
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		126
5.1	Conclusiones.....	126
5.2	Recomendaciones	129
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		131
6.1	Bibliografía.....	131
CAPÍTULO VII: ANEXOS.....		135

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de corrección de la relación altura a espesor para los ensayos de compresión en segmentos de unidades de muros de contención	57
Tabla 2: Composición química del Clínter (% en masa)	62
Tabla 3: Composición química de la escoria de horno alto, puzolana natural, ceniza volante silíceo y esquistos calcinados (% en masa)	64
Tabla 4: Matriz de consistencia.....	77
Tabla 5: Operacionalización de variable independiente	78
Tabla 6: Operacionalización de variable dependiente	79
Tabla 7: Datos técnicos del Polietileno Tereftalato	81
Tabla 8: Materia prima, maquinaria y herramientas manuales	82
Tabla 9: Cantidad de materiales para 1 bloque, dosificación 1:4:2	85
Tabla 10: Cantidad de materiales, dosificación 1:4:2 +10%PET	85
Tabla 11: Cantidad de materiales, dosificación 1:4:2 +20%PET	85
Tabla 12: Cantidad de materiales, dosificación 1:4:2 + 30%PET	86
Tabla 13: Promedio de ensayo granulométrico del agregado fino.....	93
Tabla 14: Promedio de ensayo granulométrico del agregado grueso	95
Tabla 15: Peso específico agregado fino.....	96
Tabla 16: Peso específico agregado grueso	97
Tabla 17: Contenido de absorción agregado fino	97
Tabla 18: Contenido de absorción agregado grueso (confitillo).....	98
Tabla 19: Contenido de humedad agregado fino	99
Tabla 20: Contenido de humedad agregado grueso	100
Tabla 21: Peso unitario suelto - agregado fino.....	101
Tabla 22: Peso unitario suelto - agregado grueso	102

Tabla 23: Peso unitario compactado - agregado fino.....	103
Tabla 24: Peso unitario compactado - agregado grueso.....	104
Tabla 25: Variación dimensional muestra patrón 0% PET.....	105
Tabla 26: Variación dimensional muestra 10% PET.....	105
Tabla 27: Variación dimensional muestra 20% PET.....	106
Tabla 28: Variación dimensional muestra 30% PET.....	106
Tabla 29: Porcentaje de absorción para muestra 0% PET.....	108
Tabla 30: Porcentaje de absorción para muestra 10% PET.....	109
Tabla 31: Porcentaje de absorción para muestra 20% PET.....	109
Tabla 32: Porcentaje de absorción para muestra 30% PET.....	110
Tabla 33: Resultados ensayos de densidad muestras 0%, 10%, 20% y 30% de PET.....	110
Tabla 34: Resultados ensayos % contenido de humedad muestras 0%, 10%, 20% y 30% de PET.....	111
Tabla 35: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "A" 0% PET.....	113
Tabla 36: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "B" 10% PET.....	114
Tabla 37: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "C" 20% PET.....	116
Tabla 38: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "D" 30% PET.....	117
Tabla 39: Resultados ensayo de resistencia a la compresión de las muestras A, B, C y D a los 28 días.....	118
Tabla 40: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "M" bloque convencional ladrillera de la zona.....	120
Tabla 41: Resultados de resistencias muestra C vs. bloque Convencional vs. bloque Industrial.....	121
Tabla 42: Peso de bloque convencional vs bloque ecológico.....	122
Tabla 43: Análisis de precios del bloque convencional de las ladrilleras de la zona.....	122

Tabla 44: Análisis de precios del bloque ecológico con PET.....	123
Tabla 45: Cantidad de bloques para techo de una Vivienda de Interés Social	123
Tabla 46: Cantidad de botellas de 600ml por Bloque Ecológico.....	124
Tabla 47: Cantidad de botellas para techo de una Vivienda de Interés Social	124
Tabla 48: Tabla resumen de los principales ensayos realizados a las unidades de albañilería	126
Tabla 49: Anexo cuadro de datos ensayo peso específico agregado fino	138
Tabla 50: Anexo cuadro de datos ensayo absorción agregado fino	138
Tabla 51: Anexo cuadro de datos ensayo contenido de humedad agregado fino	139
Tabla 52: Anexo cuadro de datos ensayo peso unitario suelto agregado fino	140
Tabla 53: Anexo cuadro de datos ensayo peso unitario compactado agregado fino	140
Tabla 54: Anexo cuadro de datos ensayo peso específico agregado grueso.....	142
Tabla 55: Anexo cuadro de datos ensayo absorción agregado grueso.....	142
Tabla 56: Anexo cuadro de datos ensayo contenido de humedad agregado grueso	143
Tabla 57: Anexo cuadro de datos ensayo peso unitario suelto agregado grueso	144
Tabla 58: Anexo cuadro de datos ensayo peso unitario compactado agregado grueso	144
Tabla 59: Anexo cuadro de datos ensayo variación dimensional muestra A 0% PET	146
Tabla 60: Anexo cuadro de datos ensayo variación dimensional muestra B 10% PET	146
Tabla 61: Anexo cuadro de datos ensayo variación dimensional muestra C 20% PET	147
Tabla 62: Anexo cuadro de datos ensayo variación dimensional muestra D 30% PET	147
Tabla 63: Anexo cuadro de datos ensayo absorción muestra A 0% PET	148
Tabla 64: Anexo cuadro de datos ensayo absorción muestra B 10% PET	148
Tabla 65: Anexo cuadro de datos ensayo absorción muestra C 20% PET	149
Tabla 66: Anexo cuadro de datos ensayo absorción muestra D 30% PET	149
Tabla 67: Anexo cuadro de datos ensayo de densidad muestra A 0% PET.....	150

Tabla 68: Anexo cuadro de datos ensayo de densidad muestra B 10% PET	150
Tabla 69: Anexo cuadro de datos ensayo de densidad muestra C 20% PET	150
Tabla 70: Anexo cuadro de datos ensayo de densidad muestra D 30% PET	151
Tabla 71: Anexo cuadro de datos ensayo de contenido de humedad muestra A 0% PET ...	151
Tabla 72: Anexo cuadro de datos ensayo de contenido de humedad muestra B 10% PET ..	152
Tabla 73: Anexo cuadro de datos ensayo de contenido de humedad muestra C 20% PET ..	152
Tabla 74: Anexo cuadro de datos ensayo de contenido de humedad muestra D 30% PET ..	152
Tabla 75: Anexo precio de materiales por millar, bloque convencional.....	168
Tabla 76: Anexo precio de materiales por millar, bloque ecológico	168
Tabla 77: Anexo precio de bloque convencional de las ladrilleras de la zona	168
Tabla 78: Anexo cálculo de precio del bloque ecológico con PET	168

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los materiales de Construcción.	32
Figura 2. Materiales cerámicos en la construcción	33
Figura 3: Transmisión del calor	37
Figura 4: Junta de dilatación en un puente de carretera.	40
Figura 5: Absorción y reflexión del sonido	41
Figura 6: Corrosión de armadura por filtración	42
Figura 7: Ensayo de resistencia a la compresión del bloque ecológico	43
Figura 8: Muelle horizontal. Ley de Hooke	44
Figura 9: Escala de Mohs.....	45
Figura 10: Esquema de ensayo de Compresión	50
Figura 11: Polietileno tereftalato PET	71
Figura 12: Viviendas elaboradas con el bono Techo Propio	73
Figura 13: Diseño de prototipo del bloque	84
Figura 14: Molde metálico para bloque (parte inferior)	86
Figura 15: Molde metálico para bloque (parte superior)	87
Figura 16: Molde cubierto con desmoldante	87
Figura 17: Medición en peso de los materiales.....	88
Figura 18: Mezclado de los materiales	89
Figura 19: Preparación de la mezcla.....	89
Figura 20: Colocación en molde y compactación.....	90
Figura 21: Bloques recién desmoldados	90
Figura 22: Curado de los bloques	91
Figura 23: Elaboración de granulometría de arena gruesa.....	93
Figura 24: Curva granulométrica arena gruesa.....	94

Figura 25: Curva granulométrica agregado grueso (confitillo)	95
Figura 26: Ensayo de peso específico de arena gruesa	96
Figura 27: Ensayo de peso específico agregado grueso.....	97
Figura 28: Ensayo contenido de absorción agregado fino	98
Figura 29: Ensayo contenido de absorción agregado grueso (confitillo)	99
Figura 30: Ensayo de contenido de humedad de agregados	100
Figura 31: Ensayo peso unitario suelto - agregado fino	101
Figura 32: Ensayo peso unitario suelto - agregado grueso	102
Figura 33: Ensayo peso unitario compactado - agregado fino.....	103
Figura 34: Ensayo peso unitario compactado - agregado grueso	104
Figura 35: Ensayo variación dimensional muestra patrón 0% PET	105
Figura 36: Ensayo variación dimensional muestra 20% PET.....	106
Figura 37: Ensayo variación dimensional muestra 30% PET.....	107
Figura 38: Corte de los bloques para el ensayo de absorción	107
Figura 39: Muestras sumergidas por 24 horas, ensayo absorción	108
Figura 40: Secado superficial del espécimen, ensayo de densidad.....	111
Figura 41: Secado al horno de muestras, ensayo % contenido de humedad.....	112
Figura 42: Refrentado de bloques para ensayo a la compresión.....	113
Figura 43: Gráfico resistencia a la compresión muestra A	114
Figura 44: Gráfico resistencia a la compresión muestra "B"	115
Figura 45: Bloque ensayado en máquina de resistencia a la compresión, muestra B.....	115
Figura 46: Gráfico resistencia a la compresión muestra "C"	116
Figura 47: Ensayo a la compresión finalizado, máxima resistencia.	117
Figura 48: Gráfico resistencia a la compresión muestra "D"	118
Figura 49: Gráfico comparativo de resistencias a los 28 días, muestras A, B, C y D	119

Figura 50: Gráfico comparativo de incremento de resistencias, muestras A, B, C y D a los 28 días	119
Figura 51: Gráfico comparativo de resistencia muestra C vs bloque convencional vs bloque industrial.....	121
Figura 52: Triturado y lavado de las botellas plásticas recicladas.....	170
Figura 53: Análisis granulométrico de los agregados.....	170
Figura 54: Pesos de fiola con agua y agregado saturado, ensayo de peso específico agregado fino.	171
Figura 55: Obtención de peso seco de la muestra de agregado fino, mediante cocina.....	171
Figura 56: Empleo de pistola de calor para obtener muestra saturada superficialmente seca, ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.....	172
Figura 57: Muestra saturada superficialmente seca, para ensayo de absorción del agregado fino.	172
Figura 58: Secado al horno microondas de muestras para ensayo de contenido de humedad	173
Figura 59: Ensayos de peso unitario suelto y compactado, agregado grueso.....	173
Figura 60: Ensayos de peso unitario suelto y compactado, agregado fino	174
Figura 61: Método para hallar el volumen del recipiente.....	174
Figura 62: Molde metálico diseñado para la elaboración del bloque	175
Figura 63: Dosificación en peso de los materiales de acuerdo al tipo de muestra.....	175
Figura 64: Mezclado mecánico de los materiales empleando mezcladora tipo trompo	176
Figura 65: Moldeado y vibrado del bloque.....	176
Figura 66: Bloques recién desmoldados	177
Figura 67: Curado de bloques	177
Figura 68: Ensayo de variación dimensional a unidades de albañilería	178

Figura 69: Corte con disco y amoladora para obtener muestras	178
Figura 70: Muestras sumergidas durante 24 horas para obtener el peso saturado superficialmente seco.	179
Figura 71: Medición del peso sumergido de las muestras	179
Figura 72: Peso seco al horno de las muestras.....	180
Figura 73: Refrentado de unidades de albañilería.....	180
Figura 74: Unidades de albañilería refrentadas 48 horas antes del ensayo a compresión. ..	181
Figura 75: Maquina para ensayo de resistencia a la compresión.....	181
Figura 76: Tipos de fallas presentadas en los bloques al alcanzar su máxima resistencia. .	182
Figura 77: Culminación de ensayos de resistencia a la compresión	182

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Características del agregado fino	136
Anexo 2. Características del agregado grueso	141
Anexo 3: Ensayos a unidades de albañilería.....	145
Anexo 4: Análisis de costos.....	167
Anexo 4: Panel fotográfico.....	169

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físico-mecánicas, de un bloque de concreto, para losas aligeradas, con adición de plástico PET reciclado, contempladas en la Norma Técnica Peruana. Inicialmente se determinó la proporción óptima de los agregados en la mezcla de concreto, obteniendo una dosificación 1:4:2 (cemento : arena : confitillo), con la cual el bloque alcanzó una resistencia a la compresión característica a los 28 días de 38.44 kg/cm².

Posteriormente a dicha dosificación se le añadieron porcentajes de plástico triturado; obteniendo muestras con 10%, 20% y 30% de PET respecto al peso del cemento, a las cuales se les realizaron los ensayos de variación dimensional, absorción, densidad, contenido de humedad y resistencia a la compresión, contemplados en la NTP 339.604. Asimismo, se obtuvieron muestras de bloques convencionales fabricados en ladrilleras de la zona, para ser sometidos a los ensayos anteriormente mencionados.

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión característica a los 28 días para las muestras con 10%, 20%, 30% de PET y el bloque convencional; fueron 32.89 kg/cm², 38.44 kg/cm², 34.73 kg/cm² y 27.69 kg/cm² respectivamente.

Luego de la realización de todos los ensayos contemplados en la normativa peruana, se seleccionó a la muestra con adición del 20% de PET como la más óptima, por alcanzar una resistencia a la compresión característica a los 28 días de 38.44 kg/cm², manteniendo una resistencia similar a de la muestra patrón sin adición de plástico reciclado, y siendo su resistencia a la compresión aún mayor que la resistencia alcanzada por los bloques convencionales encontrados en el mercado.

Finalmente, se concluye que es factible la elaboración de bloques ecológicos con una dosificación 1:4:2 (cemento : arena : confitillo), con una adición del 20% de plástico reciclado, siendo una alternativa que posee un indicador de calidad en resistencia superior a la de un bloque convencional, favoreciendo su empleo en la construcción de losas aligeradas.

Palabras clave: PET, albañilería, bloque ecológico, resistencia a la compresión, losas aligeradas.

ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the physical-mechanical properties of a concrete block for lightened slabs, with the addition of recycled PET plastic, contemplated in the Peruvian Technical Standard. Initially, the optimal proportion of aggregates in the concrete mixture was determined, obtaining a dosage of 1:4:2 (cement: sand: confitillo), with which the block reached a characteristic compressive strength at 28 days of 12.17 kg/cm².

Subsequently, percentages of shredded plastic were added to this dosage; obtaining samples with 10%, 20% and 30% of PET with respect to the weight of the cement, to which the tests of dimensional variation, absorption, density, moisture content and compressive strength, contemplated in NTP 339.604, were carried out. Likewise, samples of conventional blocks manufactured in brick factories in the area were obtained, to be subjected to the aforementioned tests.

The results of the characteristic compressive strength tests at 28 days for samples with 10%, 20%, 30% PET and conventional block; were 32.89 kg/cm², 38.44 kg/cm², 34.73 kg/cm² and 27.69 kg/cm² respectively.

After carrying out all the tests contemplated in the Peruvian regulations, the sample was selected with the addition of 20% PET as the most optimal, for achieving a characteristic compressive strength at 28 days of 38.44 kg / cm², maintaining a resistance similar to that of the standard sample without the addition of recycled plastic, and its compressive strength being even greater than the resistance achieved by conventional blocks found on the market.

Finally, it is concluded that it is feasible to develop ecological blocks with a dosage 1:4:2 (cement: sand: confitillo), with an addition of 20% recycled plastic, being an alternative that has a quality indicator in resistance superior to that of a conventional block, favoring its use in the construction of lightened slabs.

Keywords: PET, masonry, ecological block, compressive strength, lightened slabs.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS SIMILARES

1.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

1.1.1.1 Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda.

Este proyecto fue realizado en la Universidad Católica de Colombia, en el cual se fabricaron bloques con distintos porcentajes de PET, asimismo se realizó un análisis de factibilidad económica en comparación con otros tipos de ladrillos.

En cuanto a su peso, se encontró una característica muy importante la cual destacar ya que el mismo es considerablemente mucho más liviano que el clásico bloque de mortero con cemento y arena, se observó que, al aumentar el porcentaje de PET en la dosificación, se reducía el peso de las muestras de ladrillos. El bloque con PET tuvo un peso promedio de 0.784 gr y el ladrillo convencional, tuvo 1.075 gr en promedio.

Se realizaron muestras con diversos porcentajes de PET, las muestras con 10%, 20% y 25% de PET, cumplieron con la resistencia específica requerida, sin embargo, las muestras con 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% se encontraron por debajo de la resistencia, por lo cual se descartaron.

1.1.1.2 Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible.

Esta investigación se enfocó en la fabricación de un prototipo de bloque utilizando materiales reciclados, tales como el tereftalato de polietileno (PET), papel y almidón de yuca como un adherente natural, además de los materiales tradicionales que se emplean

en el proceso de fabricación del bloque, con el fin de plantear una reutilización de los desechos, generando construcciones amigables con el medio ambiente.

La presente investigación desarrolló una metodología de investigación experimental, basada en los ensayos de laboratorio que reflejan si el prototipo de bloque cumple o supera las especificaciones que establece la normativa.

Los resultados del ensayo a la compresión demostraron que la resistencia varía de acuerdo a la cantidad de PET empleado, donde la mejor resistencia se obtuvo en la muestra 3.

Finalmente se concluyó que todos los bloques elaborados en este proyecto superan la resistencia de 1.4 Mpa, los cuales entran en la Categoría tipo C, con lo que según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 3066 pueden ser usados para mampostería no estructural tales como muros no portantes.

1.1.1.3 Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas.

Este trabajo de investigación fue desarrollado en la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca de Bolivia.

La finalidad de este trabajo fue comprobar si es posible la utilización de desechos plásticos PET (Tereftalato de Polietileno) para la fabricación de elementos de construcción como ladrillos y tejas con el fin de mejorar su resistencia, a su vez, plantear un modo de reutilización de los desechos, los cuales ocasionan un impacto negativo al medio ambiente. La principal materia prima utilizada fueron botellas descartables y plásticos procedentes de envolturas de golosinas, BOPP (Polipropileno biorientado) y PVC (Policloruro de vinilo).

La investigación se centró únicamente en el procedimiento a seguir para la elaboración de los ladrillos y tejas, además de una evaluación de los costos que conlleva.

Algunos problemas que tuvieron fue que en la mezcla no tenía fluidez ni homogeneidad debido a que el plástico que emplearon no estaba muy bien triturado, esto provocó una disminución del asentamiento.

Con respecto al análisis de los precios de materiales se llegó a la conclusión de que la teja y el ladrillo en los que se emplearon plástico resultaron ser más baratos que el ladrillo común, de 0.90 soles a 0.70. (Precios del ladrillo en mercado boliviano).

En conclusión, la investigación recomendó contar con un buen sistema de recolección de material reciclado por parte de las entidades, las cuales puedan gestionar la recuperación de envases, embalajes y residuos plásticos para ser procesados y reutilizados.

1.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

1.1.2.1 Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado

Investigación desarrollada en la Universidad Nacional de Cajamarca en el año 2017. El enfoque principal de la investigación fue determinar las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto adicionando a la mezcla plástico PET reciclado en porcentaje de 3%, 6% y 9%. La investigación plantea reciclar los recipientes plásticos PET (tereftalato de polietileno) y utilizarlos como materia prima en el sector de la construcción.

La investigación recogió una serie de información técnica de las propiedades del plástico PET y de las unidades de albañilería (Ladrillo), tales como: los procesos mecánicos para el reciclado del plástico, las características térmicas del PET, las

propiedades físico-mecánicas de cada insumo para un ladrillo convencional, el proceso de producción del ladrillo de concreto y la descripción detallada cuantitativa de cada ensayo sometido.

Se observó una disminución máxima de la resistencia a la compresión de 31.8% en los ladrillos elaborados con hojuelas de plástico PET reciclado, respecto a la muestra patrón, sin embargo, estos cumplen con los requerimientos definidos por la norma técnica E.070.

Analizando los patrones que seguía la experimentación, se observó que, al ir aumentando gradualmente el porcentaje de plástico reciclado, la mezcla no presentaba un buen acomodo de las partículas de concreto y otros agregados al ladrillo, obteniendo más poros en la superficie. Con respecto al peso, disminuyó un máximo de 14% comparándolo con un ladrillo patrón.

1.1.2.2 Diseño de un prototipo de bloque de plástico reciclado, para el uso en el sistema constructivo de una vivienda – Tarapoto

Investigación desarrollada en la Universidad César Vallejo en el año 2021. La investigación contiene información sobre el diseño de un prototipo de bloque de plástico reciclado y su aplicación en el sistema constructivo de una vivienda.

Se realizaron bloques empleando materiales en diferentes dosificaciones tales como: la arena y el aserrín, en combinación con el plástico reciclado.

La investigación tuvo como principal objetivo validar el diseño de un prototipo de bloques de plástico reciclado, que cumpla con las normas para su uso en el sistema constructivo, a su vez, diseñar un prototipo de bloque de plástico reciclado, calcular la resistencia a la compresión y evaluar cómo influye la dosificación en la resistencia.

Se diseñaron dos tipos de bloques con dosificaciones diferentes la primera con un peso de 2.30kg y dosificación de 17% de arena fina, 9% de aserrín, 74% de plástico, obtuvo una resistencia a la compresión de 81.61kg/cm², la segunda con un peso de 2.80kg y dosificación de 9% de arena fina, 4% de aserrín, 87% de plástico, obtuvo una resistencia a la compresión de 101.97kg/cm², con estos resultados se concluyó que el segundo bloque cumple con la norma para su uso en el sistema constructivo de una vivienda, el cual es 100 kg/cm² como mínimo según la norma ASTM.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El material plástico y sus derivados, por sus características de flexibilidad, peso y bajo costo, ha sido uno de los productos derivados del petróleo que ha tenido mayor acogida en todo el mundo, provocando una producción masiva de estos.

El problema de la contaminación relacionada con la fabricación excesiva y exponencial de materiales plásticos en los últimos años, ha causado un gran impacto negativo y deterioro en los diversos ecosistemas, ocasionando grandes pérdidas de flora y fauna.

En los años cincuenta, llegó el boom del plástico, el cual ha ido aumentando exponencialmente con el paso de los años, llegándose a producirse según el último reporte en año 2020 alrededor de 500 millones de toneladas de plástico, que tardan entre 200 a 1000 años en descomponerse. (Ministerio del Ambiente, 2020)

En el mundo se utilizan 5 billones de bolsas al año, siendo casi 10 millones de bolsas por cada minuto. Asimismo, cada año se vierten hasta 8 millones de toneladas de plástico en los océanos. (Ellen MacArthur Foundation, 2016)

Los tipos de plásticos que se producen en mayor medida son el polietileno, polyester, polipropileno y cloruro de polivinilo; la mayor parte de estos se emplean en fabricación de envases que se utilizan una sola vez.

La ONU afirma lo siguiente:

La contaminación causada por el plástico en los ecosistemas acuáticos ha crecido considerablemente en los últimos años y se prevé que se duplique para 2030, con consecuencias nefastas para la salud, la economía, la biodiversidad y el clima, advierte que el reciclaje no es suficiente y denuncia las falsas soluciones que se están dando frente a este problema. (Noticias ONU, 2021)

Sin lugar a duda, es el medio marítimo en el cual la acumulación de plástico genera mayor impacto. En 2017, *Algalita Marine Research and Education*, descubrió unas islas de plástico, frente a las costas de Chile y Perú. Estimaron que tiene una superficie aproximada de 2.6 millones de kilómetros cuadrados, casi dos veces la superficie de Perú.

Según (Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company, 2016), si los actuales patrones de producción y consumo de plástico permanecen, en 2050: habrá más plástico que peces en el océano, la basura marina perjudicará a 600 especies marinas, el 15% de especies afectadas por ingestión y enredamiento con basura marina plástica se encontrarán en peligro de extinción, a su vez, aproximadamente 99% de aves habrán ingerido plástico.

Una de las razones o causas que ha originado este problema de índole mundial es que el 50% del total de residuos plásticos son plásticos de un solo uso. (Geyer, Jambeck, & Law, 2017)

Debido a este problema existente, se vienen realizando grandes esfuerzos a nivel mundial, ya sea desde la implementación de leyes o incremento de impuestos, hasta la fomentación de una cultura de reciclaje y reutilización de los materiales plásticos.

Por otro lado, en nuestro país tenemos habitantes que carecen de una vivienda digna o poseen viviendas construidas con materiales precarios como: adobe, carrizo, calamina o madera. Estas viviendas están más propensas a ocasionar en sus habitantes ciertas enfermedades como la enfermedad de Chagas, el Dengue o Malaria.

La apuesta por brindar nuevas propuestas sobre alternativas sostenibles que minimicen impacto ambiental y cubran las necesidades de la comunidad, es la implementación de materiales ecológicos, como los provenientes del reciclaje, como materia prima para la construcción.

Por ello, se considera desarrollar elementos de construcción en los cuales se pueda emplear cierto porcentaje de los plásticos reciclados para su fabricación, en este caso, desarrollar bloques ecológicos los cuales se empleen en la construcción de losas aligeradas.

Respecto a lo anteriormente expuesto se formula la siguiente pregunta: **¿Cómo fabricar un bloque ecológico a partir de plástico reciclado, que sirva de alternativa viable para la construcción de losas aligeradas y que cumpla la normatividad vigente?**

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Elaborar el diseño de bloque ecológico con plástico reciclado, cuyos indicadores de calidad sean similares o superiores a los de un bloque convencional, fabricado en ladrilleras de la zona, para la construcción de losas aligeradas.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un bloque de 30x30x15 cm con dosificaciones óptimas en cemento, arena, confitillo, PET y agua; la cual cumpla con los requerimientos mínimos de la NTP. 339.604.

- Establecer los procesos óptimos que necesitan realizarse para que el bloque ecológico cumpla con las especificaciones requeridas en la NTP. 339.604. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA DE CONCRETO.
- Analizar los resultados de las pruebas en laboratorio, y comparar los bloques con agregados de plástico reciclado vs propiedades de sistemas tradicionales.
- Promover la reutilización y reciclaje del plástico para la elaboración de los bloques ecológicos.
- Disminuir el impacto ambiental ocasionado por los desechos, mediante esta alternativa de reutilización del plástico.

1.4 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La implementación de los bloques ecológicos con polímeros de plástico reciclado, pueden transformarse en una alternativa para la construcción de losas aligeradas, los cuales cumplirán con las características y normas de los sistemas convencionales constructivos y a su vez brindarían un menor peso a la estructura.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Por las razones expuestas anteriormente en el planteamiento del problema, en el que la fabricación y acumulación exponencial de materiales plásticos ocasionan un gran impacto ambiental negativo y deterioro de los diversos ecosistemas, generando grandes pérdidas de flora y fauna.

Asimismo, la necesidad existente, en muchos sectores de la población, por una vivienda segura y confortable; hace apostar por brindar nuevas propuestas o alternativas sostenibles que minimicen el impacto ambiental y cubran las necesidades de la comunidad.

1.6 LIMITACIONES DEL TRABAJO

Para el desarrollo de este proyecto se presentan las siguientes limitaciones:

- Debido a la situación sanitaria por la Covid-19, no se cuenta con la disposición de equipos e instrumentos del laboratorio de mecánica de suelos y tecnología del concreto de la universidad.
- Debido a la razón expuesta en el ítem anterior, el proyecto requerirá una mayor inversión económica, en alquiler o compra de equipos e instrumentos, para llevarse a cabo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo abordaremos los conceptos teóricos necesarios para realizar la ejecución del proyecto. Desde los materiales empleados como materia prima, los procesos de recolección y transformación de los materiales; hasta las normativas y ensayos requeridos a las muestras.

2.1 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Desde sus inicios, los seres humanos han ido adaptando el entorno a sus necesidades, construyendo desde lugares para vivienda, caminos, canales, hasta lugares en los cuales rendían culto a sus dioses.

Según (Florián, 2008), los materiales de construcción son aquellos cuerpos que conforman las obras de construcción, pudiendo estos variar en naturaleza, composición y forma.

2.1.1 CLASIFICACIÓN

Los materiales de construcción se pueden clasificar en 6 grupos: pétreos, aglomerantes, metálicos, orgánicos, pinturas y artificiales. Asimismo, dentro del grupo de pétreos se pueden subdividir en naturales y artificiales; en los cuales encaja la presente investigación. (Florián, 2008).



Figura 1. Clasificación de los materiales de Construcción.

2.1.2 MATERIALES PÉTREOS ARTIFICIALES

Se denomina materiales pétreos artificiales a aquellos que poseen características similares a los naturales, obtenidos mediante por un proceso de fabricación, a partir de rocas naturales como materias primas, con el fin de mejorar alguna de las propiedades de los materiales pétreos naturales, permitiendo conseguir piezas complejas con un simple moldeo.

“Estos gozan de una dureza considerable, un buen aislamiento del calor y de la electricidad, así como de una alta resistencia térmica y a ataques químicos; además son fáciles de moldear” (Hidalgo Sevilla, 2013).

Según (Florián, 2008), “Se clasifican en productos cerámicos cuando obtienen la consistencia pétreo por procesos físicos como al cocer las tierras arcillosas; vidrios cuando se da por fusión de óxidos y aglomerados cuando se preparan con materiales comprimidos o unidos mediante el proceso químico del fraguado”.

2.1.2.1 PRODUCTOS CERÁMICOS

La cerámica es uno de los materiales de construcción más antiguos, empleándose en diferentes usos en las primeras civilizaciones.

“El término cerámica es usado para referirse al arte de la alfarería, de obtener el producto por medio de la cocción de materias arcillosas naturales previamente moldeados. Comprende dos ramas clasificado según su textura: la primera es la tejería que es la elaboración de materiales de construcción porosos con fractura terrosa como ladrillos, tejas, tubos y la segunda es la alfarería que fabrica la cerámica fina como loza y porcelana siendo productos compactos e impermeables”. (Florián, 2008).

En la Figura 2 observamos los principales materiales cerámicos empleados en la construcción tales como: ladrillos, bloques, adoquines, tableros, tejas, bovedillas, etc.

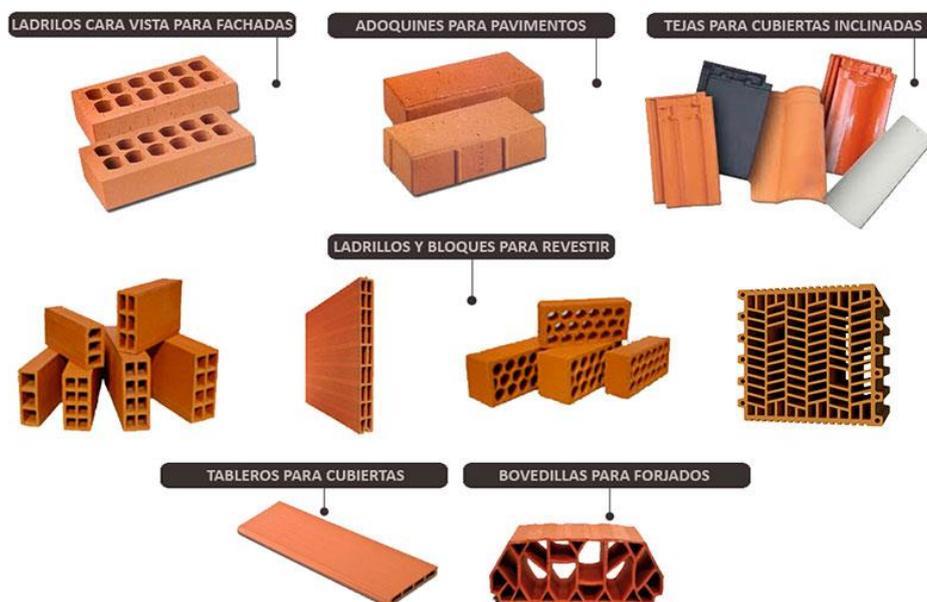


Figura 2. Materiales cerámicos en la construcción

Fuente: Jornada técnica sobre construcción sostenible con materiales cerámicos el 25 de mayo en Madrid • CONSTRUIBLE

2.1.3 MATERIALES AGLOMERANTES

Según (Hidalgo Sevilla, 2013), “son materiales capaces de unir fragmentos de uno o más materiales para formar un conjunto compacto”.

Los materiales aglomerantes no son más que los cuerpos que tienen la propiedad de unirse a otros, y son usados para enlazar materiales que por lo general son pétreos, formando pastas plásticas conocidas como morteros y hormigones, los cuales permiten extenderse y moldearse de acuerdo a las necesidades requeridas antes de endurecer y adquirir el estado sólido. (Florián, 2008).

Los materiales aglomerantes más comunes son el cemento, el yeso, el mortero, el concreto y la cal. En la sección de materia prima desarrollaremos con mayor profundidad el cemento, el cual será utilizado para construir el prototipo de bloque ecológico.

2.1.4 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Los materiales de construcción poseen diversas propiedades características en cada tipo de material, con el cual se puede evaluar su uso, calidad y rendimiento.

Según (Jové, 2018), los materiales poseen propiedades organolépticas, físicas, térmicas, acústicas, ópticas, eléctricas, químicas y mecánicas.

2.1.4.1 PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS

“Las propiedades organolépticas son aquellas relacionadas con la impresión que producen en nuestros sentidos” (Jové, 2018). Asimismo, señala las siguientes características, de acuerdo con la sensación que se percibe:

- **Visión:** color, brillo, reflejos
- **Tacto:** textura (lisa o rugosa)

- **Olfato:** olores característicos de algunos materiales orgánicos, o asociados a la humedad.
- **Calor:** fríos o cálidos (mármol, madera)
- **Oído:** respuesta sonora frente a impactos

2.1.4.2 PROPIEDADES FÍSICAS

Son aquellas relacionadas con la composición física del material. (Jové, 2018) menciona las siguientes propiedades físicas:

- **Dimensión y Forma:** Medidas que definen el tamaño del material (largo, ancho, alto, espesor, etc.)
- **Densidad y peso específico:**

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}^1}{V_a(\text{volumen aparente}^2)}$$

$$\text{peso específico} = \frac{\text{peso}^3}{V_r(\text{volumen real}^4)}$$

- **Porosidad:** “La resistencia mecánica de un material disminuye al aumentar la porosidad. Las características de los poros (tamaño, forma, número y distribución) influyen respecto a diferentes aspectos: el ataque químico, la conductividad térmica y la resistencia al choque térmico.” (Jové, 2018)

$$P(\text{porosidad}) = \frac{E_v(\text{espacios vacíos})}{V_a}$$

$$E_v = V_a(\text{volumen aparente}) - V_r(\text{volumen real})$$

- **Compacidad:**

¹ Propiedad intrínseca de la materia

² Incluye los poros o vacíos del material poroso (madera, hormigón) o material disgregado (cemento, cal)

³ $\text{Peso} = \text{masa} * \text{aceleración de la gravedad}$

⁴ Volumen del material compacto, sin poros o vacíos.

$$C(\text{compacidad}) = \frac{Vr(\text{volumen real})}{Va(\text{volumen aparente})}$$

(Jové, 2018) señala que: Cuanto más poroso sea un cuerpo, será menos compacto. Asimismo, si un cuerpo posee una alta compacidad, tendrá una mayor aislación hidrófuga y acústica; pero si la compacidad es baja, tendrá una mayor aislación térmica.

- **Contenido de humedad:** Es la cantidad de agua retenida en un cuerpo respecto a su peso seco. Se expresa generalmente en forma porcentual. (Jové, 2018)

$$H\% = \frac{(\text{peso húmedo}) - (\text{peso seco})}{(\text{peso seco} \times 100)}$$

Según (Jové, 2018), también puede referirse la cantidad de agua al volumen total del cuerpo. Las variaciones del contenido de agua pueden afectar a la durabilidad de algunos materiales; ya sea por succión, absorción o saturación.

- **Absorción:** Es la cantidad de agua que un material puede incorporar cuando se encuentra en un estado saturado. Se expresa en forma porcentual respecto a su peso seco. (Jové, 2018)

$$A\% = \frac{(\text{peso saturado}^5) - (\text{peso seco})}{(\text{peso seco} \times 100)}$$

- **Higroscopicidad:** Es la propiedad que tienen algunos materiales de absorber la humedad del medio que los rodea y modificar su volumen.

Dependiendo del tipo de material puede ser beneficiosa (sal, arroz; como desecantes) o negativas (arcillas expansivas; hinchamiento del terreno donde se apoya el edificio). (Jové, 2018)

⁵ Aquel en el que el agua llena todos sus poros. Saturado superficialmente seco

- **Permeabilidad:** Es la facilidad con que un material puede ser atravesado por fluidos (líquidos y gases) sin alterar su estructura interna.

Un material es permeable si deja pasar a través de él una cierta cantidad de fluido en un tiempo dado, asimismo es impermeable si no deja pasar nada. (Jové, 2018)

En construcción se considera permeabilidad al agua (líquido) y permeabilidad al vapor de agua (gaseoso).

- **Transpirabilidad:** Es la capacidad que tiene un material de dejar pasar la humedad o el vapor de agua. “Los materiales transpirables permiten “respirar” a los edificios a través de sus cerramientos minimizando en el interior las concentraciones en el aire de sustancias contaminantes, limitando las patologías derivadas del denominado síndrome del Edificio Enfermo y evitando la proliferación de microorganismos.” (Jové, 2018)

2.1.4.3 PROPIEDADES TÉRMICAS

Son aquellas propiedades relacionadas con la respuesta del material ante una variación en la temperatura.

- **Transmisión del calor:** Es calor es una forma de energía, que puede viajar de un cuerpo a otro. (Jové, 2018)



Figura 3: Transmisión del calor

Fuente: Enciclopedia CONCEPTO 2021

- **Por Conducción:** Según (Jové, 2018), se da en los sólidos a nivel molecular y sin movimiento visible.

Cantidad de calor (Q) que atraviesa un muro homogéneo durante un tiempo:

$$Q(Kcal) = \frac{\lambda(\Delta t * S * T)}{e}$$

Donde:

λ : Coeficiente de conductividad térmica del material del muro (Kcal/m.h.°C)

Δt : Diferencia de temperatura entre ambas caras del muro (°C)

S: Superficie de la cara del muro (m²)

T: Tiempo (h horas)

e: Espesor del muro (m)

- **Por Convección:** “Se da en los fluidos (líquidos y gases). El fluido caliente asciende y el frío baja.” (Jové, 2018)
 - **Por Radiación:** Se da en sólidos, líquidos, gases y en el vacío. La radiación es producida a través de ondas sin la intervención de medio material.
“Todos los cuerpos desprenden energía en forma de radiación. Cuanta más temperatura tienen, más radiación desprenden. La radiación es luz.” (Jové, 2018)
- **Clasificación:** Los materiales de construcción se clasifican según la facilidad que poseen para transmitir el calor a través de ellos.

- **Conductores:** Son aquellos materiales que permiten pasar el calor a través de ellos fácilmente. Por ejemplo, materiales conductores para utensilios de cocina, aparatos de calefacción, fabricación de células solares, etc. (Jové, 2018)
 - **Aislantes:** Son aquellos materiales de dificultan el paso del calor a través de ellos. Por ejemplo, trajes ignífugos para incendios, recubrimiento de materiales para las salas de cine, teatros y discotecas, mangos aislantes, termos, trajes de astronauta, etc. (Jové, 2018)
- **Reflexión y absorción del calor:** La energía solar como su mismo nombre lo menciona, proviene directamente del sol. La cantidad disponible de esta energía depende del clima, si los días son soleados o nublados.
- “Existen materiales que pueden absorber o reflejar la energía solar, se pueden utilizar por ejemplo en la envolvente de un edificio, cerramientos y techos. Las condiciones de reflexión y absorción de un material dependen de las características superficiales (color, brillo, etc.)” (Jové, 2018).
- **Dilatabilidad térmica:** La dilatabilidad térmica es la capacidad que poseen los materiales para modificar sus dimensiones con los cambios de temperatura. De acuerdo a la medida del coeficiente de dilatación, puede ser: lineal, superficial o volumétrico. (Jové, 2018)

$$\alpha(\text{Coef. de dilatación lineal})^6 = \frac{\Delta L}{L_i * \Delta T}$$

$$\Delta L = \text{Longitud final } (L_f) - \text{Longitud inicial } (L_i)$$

⁶ Se mide en 1/°C.

En la figura 4 observamos junta de dilatación en un puente de carretera utilizada para evitar daños por dilatación térmica.

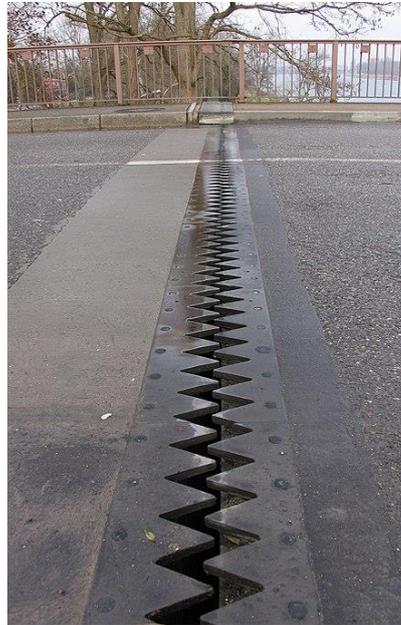


Figura 4: Junta de dilatación en un puente de carretera.

2.1.4.4 PROPIEDADES ACÚSTICAS

El sonido es propagado en el aire o a través de un cuerpo mediante vibraciones u ondas. Al chocar el sonido contra un cuerpo, este puede ser reflejado, absorbido o ambos a la vez. Se considera que un material es acústico, cuando tienen la propiedad de absorber el sonido, por ejemplo: las lanas minerales, de vidrio, de roca, etc. (Jové, 2018)

Según (Jové, 2018), existen 2 factores que influyen en la capacidad de aislamiento en un material:

- **Factor másico:** Cuando el aislamiento acústico se consigue principalmente por la masa de los elementos que lo componen; es decir, cuanto mayor sea la masa, esta opone mayor resistencia al choque de la onda sonora y mayor es la atenuación.

- **Factor multicapa:** Cuando el aislamiento acústico se obtiene por materiales multicapa; es decir, la colocación adecuada de las capas mejorará el aislamiento acústico y este será mucho mayor a la suma del aislamiento individual de cada una de las capas de un material.

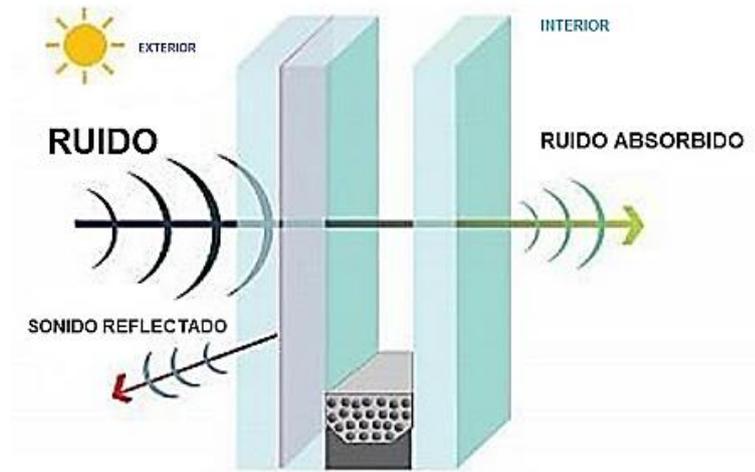


Figura 5: Absorción y reflexión del sonido

Fuente: ipmontajes.cl

2.1.4.5 PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Es la capacidad que poseen los materiales para permitir el paso de la energía eléctrica a través de su masa. Un material puede ser conductor o no de la energía eléctrica. (Jové, 2018). Por ejemplo, el cobre y aluminio son buenos conductores de la energía eléctrica, es por ello que son usados generalmente como conductores en instalaciones eléctricas comerciales, domiciliarias, etc.

2.1.4.6 PROPIEDADES ÓPTICAS

Es la propiedad de los materiales en la cual se manifiesta su comportamiento respecto a la absorción y transmisión de la luz.

Según (Jové, 2018), estos pueden clasificarse en:

- **Transparentes:** La luz puede atravesar sus componentes y permite ser visible a través de ellos.
- **Translúcidos:** Permiten el paso de la luz, sin embargo, no es posible ver nítidamente a través de él. Es ligeramente opaco.
- **Opacos:** No permiten el paso de la luz y no es posible ver objetos a través de ellos.

2.1.4.7 PROPIEDADES QUÍMICAS

Es la propiedad relacionada con la composición química del material, en el cual el paso del tiempo y la acción del medio ambiente modifican las propiedades originales del material. Según (Jové, 2018), lo clasifica de acuerdo al fenómeno que lo produce:

- **Oxidación:** (Fenómeno químico) Producido por la acción del oxígeno sobre los metales, originando una película de óxido sobre la superficie del metal.
La película puede ser cerrada (no porosa), transformándose en una capa protectora que impide el avance de la oxidación (aluminio), o porosa; permitiendo la penetración del oxígeno y carcomiendo el interior (hierro).
- **Corrosión:** (Fenómeno electroquímico) Producido por ataques de su entorno (aire, agua, etc.), originando el deterioro del metal.



Figura 6: Corrosión de armadura por filtración

2.1.4.8 PROPIEDADES MECÁNICAS

Según (Jové, 2018):

- **Resistencia mecánica:** Es la resistencia que presenta un material a las fuerzas que tratan de deformarlo como: tracción, compresión, flexión, corte y torsión. Depende tanto de la composición del material como de la geometría de este. “La resistencia mecánica es la medida del esfuerzo requerido para alcanzar la rotura.” (Jové, 2018).



Figura 7: Ensayo de resistencia a la compresión del bloque ecológico

El grado de resistencia (R) se mide como el cociente entre la fuerza que se ejerce sobre el cuerpo, y el área de sección que la soporta (Jové, 2018).

$$\sigma^7 = \frac{\text{Fuerza}}{\text{área de la sección}}$$

- **Tenacidad:** Es la medida de energía requerida para hacer fallar un material. Podemos decir que un material es tenaz, cuando este admite una gran deformación antes de la rotura.

⁷ Unidades: kg/cm², T/cm², Pa (Newton/m²), etc.

- **Ductilidad:** Es la capacidad de presentar una alta deformación plástica antes de llegar a la ruptura. (Jové, 2018)
- **Fragilidad:** Es la propiedad que poseen los materiales a romperse admitiendo una pequeña deformación, es decir, se requiere una menor cantidad de energía para lograr alcanzar la rotura.
- **Elasticidad:** Es la capacidad que posee un material al recuperar su forma inicial luego de sufrir una deformación. “No existen materiales que sean perfectamente elásticos, ya que queda una cierta deformación permanente o residual. Un material es elástico cuando las deformaciones residuales son reducidas.” (Jové, 2018)

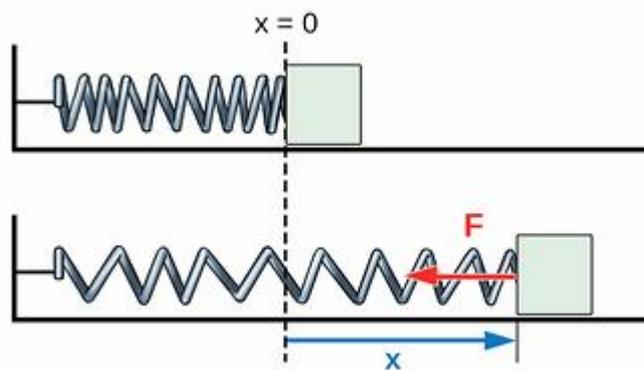


Figura 8: Muelle horizontal. Ley de Hooke

Fuente: Labster Theory

- **Plasticidad:** La plasticidad es lo opuesto a la elasticidad, es decir, un material es considerado plástico cuando mantiene su deformación aún después de haber quitado el esfuerzo que lo ocasionó sin haber llegado a la rotura.
- **Rigidez:** Es la capacidad que posee un cuerpo en soportar esfuerzos sin deformarse o dentro del periodo de deformaciones elásticas. El módulo de elasticidad es el indicador que mide la rigidez de un material; cuanto mayor es, más rígido será el material.

- **Isotropía:** Un material es considerado isótropo si posee las mismas propiedades en todos sus componentes. Estos materiales poseen el mismo comportamiento y deformación cualquiera sea la dirección de la aplicación del esfuerzo.
- **Dureza:** “La dureza es la oposición que ofrecen los materiales a la penetración, la abrasión, el rayado o la cortadura.” (Jové, 2018).

En la Figura N°9 tenemos la Escala de Mohs, la cual expresa la relación de los materiales con su capacidad de dureza.

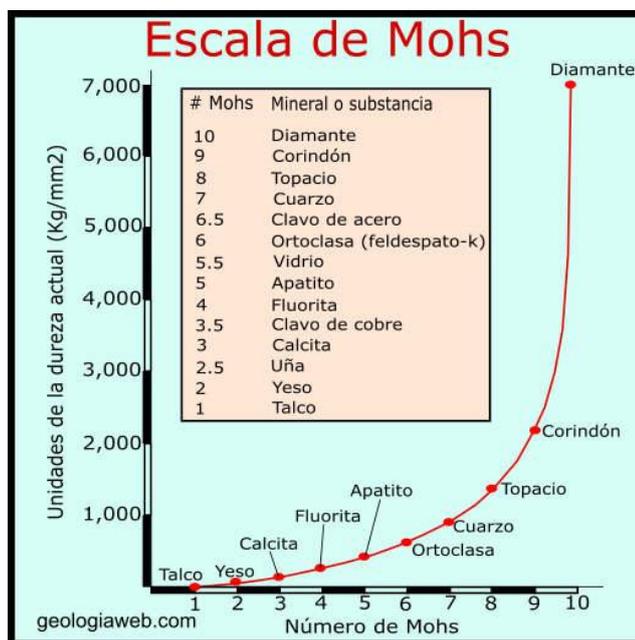


Figura 9: Escala de Mohs

Fuente: geologiaweb.com

2.1.5 ENSAYOS DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN NTP 339.604

De acuerdo a las normativas, existen diversas pruebas que se pueden realizar para evaluar la calidad de los materiales de construcción, y específicamente en este caso para materiales de albañilería, los cuales incluyen bloques y ladrillos empleados en la construcción; dado que el objetivo de esta investigación es elaborar un prototipo de bloque ecológico como alternativa para ser empleado en la construcción de losas aligeradas, se describirán las normativas y ensayos necesarios para comprobar su

calidad. Se describirán los ensayos detallados en la Norma Técnica Peruana 399.604, la cual indica los procedimientos a realizarse para el muestreo, preparación de especímenes y ensayos (pruebas) para controlar la calidad de ladrillos de concreto, empleados en la construcción en nuestro país.

2.1.5.1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Técnica Peruana establece el procedimiento para el muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto para obtener dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, peso unitario (densidad), y contenido de humedad. (NTP 399.604, 2002)

Esta Norma Técnica Peruana se aplica al control de calidad de los bloques de concreto con huecos, utilizados como unidades de albañilería estructural y no estructural y a los ladrillos de concreto. (NTP 399.604, 2002)

2.1.5.2 MEDICIÓN DE ESPECÍMENES

- **Aparatos:**

Medir todas las dimensiones con una regla de acero graduada en divisiones de 1,0 mm. Los espesores de las paredes laterales y los tabiques se medirán con un calibre Vernier (pie de rey), graduado en divisiones de 0,4 mm y con quijadas paralelas de no menos de 12,7 mm ni más de 25,4 mm de longitud. (NTP 399.604, 2002)

- **Especímenes:**

Se medirán tres unidades enteras para el ancho, la altura, longitud, y los espesores mínimos de las paredes laterales y tabiques. (NTP 399.604, 2002). Los mismos especímenes podrán utilizarse en otros ensayos.

- **Dimensiones:**

Para cada unidad, se medirá y registrará, el ancho (A) en la longitud media de las superficies de apoyo superior e inferior, la altura (H) en la longitud media de cada cara, y la longitud (L) en la altura media de cada cara. (NTP 399.604, 2002)

Para cada unidad, se medirá el espesor de la pared lateral y el espesor del tabique en la parte más delgada de cada elemento a 12,7 mm encima del plano de la cama de mortero y a la división más cercana de la regla o calibrador. Cuando la parte más delgada lateral opuesta de la pared difiera en espesor por lo menos en 3,0.mm, promediar sus medidas para determinar el espesor mínimo de pared lateral de la unidad. No considerar los surcos de la banda, los empalmes simulados, y detalles similares en las mediciones. (NTP 399.604, 2002)

2.1.5.3 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

- **Aparatos:**

- **Máquina de ensayo:** La máquina será equipada con dos bloques de soporte de acero⁸, uno de los cuales es una rótula con plato que transmitirá la carga a la superficie superior del espécimen de albañilería, y la otra un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen. Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir la sección del espécimen de albañilería refrentado, se colocará entre éstos y el espécimen placas de acero que cumplan los requisitos del apartado siguiente (bloques de soporte de acero y platos), después que el centroide de la superficie de apoyo de la albañilería se haya alineado con el centro de la rótula. (NTP 399.604, 2002)

⁸ Es deseable que las caras de apoyo de los bloques y placas usadas para la prueba de la compresión de hormigón (concreto) de albañilería tengan una dureza Rockwell de no menos que HRC 60 (BHN 620).

- **Bloques de soporte de acero y platos:** Las superficies de los bloques de soporte de acero y las placas no se apartarán de un plano por más de 0,025 mm en cualquier dimensión de 152,4 mm. El centro de la esfera de la rótula coincidirá con el centro de su cara de apoyo. Si se utiliza placa de apoyo, el centro de la esfera de la rótula reposará en una línea que pasa verticalmente a través del centroide de la cara de apoyo del espécimen. El plato de la rótula podrá girar en cualquier dirección. El diámetro de la cara de los bloques de soporte será por lo menos de 152,4 mm. Cuando el área de los bloques no sea suficiente para cubrir el área del espécimen, se colocará entre éstos y el espécimen refrentado, placas de acero con un espesor no menor de 25,4 mm. La longitud y el ancho de la placa de acero serán de por lo menos 15 mm. mayor que la longitud y ancho del espécimen. (NTP 399.604, 2002)
- **Especímenes de prueba:**
 - a. De las seis unidades muestreadas, tres serán ensayadas en compresión. Después de la llegada al laboratorio, almacene (no apiladas y separadas por no menos de 13 mm. en todos sus lados) en aire a una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de menos de 80 % por no menos de 48 horas. Alternativamente, si los resultados de la compresión son requeridos prontamente, almacene unidades no apiladas en el mismo ambiente descrito arriba con una corriente de aire proporcionada por un ventilador eléctrico que pase sobre ellas por un período no menor de 4 horas. Se continúa hasta que dos pesadas sucesivas a intervalos de 2 horas muestren un incremento de pérdida no mayor que 0,2 % del peso previo determinado del espécimen y hasta que ninguna humedad o

mancha de humedad sea visible sobre cualquiera de las superficies de la unidad. Los especímenes no serán sometidos a secado en horno. Los especímenes serán unidades enteras excepto según lo modificado en los apartados b hasta d. (NTP 399.604, 2002)

- b.** Las proyecciones sin apoyo que tienen una longitud mayor que su espesor serán removidas por cortadora. Para unidades con tabiques rebajados, se cortarán las caras laterales al mismo nivel para proporcionar una superficie de sustento completa sobre la sección transversal neta de la unidad. Cuando la altura de la unidad que resulta quede reducida por más de un tercio de la altura original de la unidad, la unidad cortada será ensayada de acuerdo con el apartado d. (NTP 399.604, 2002)
- c.** Cuando las unidades enteras para el ensayo de compresión sean demasiado grandes para los bloques de la máquina de ensayo o excedan la capacidad de carga de la misma, cortar las unidades para adecuarlas correctamente con las capacidades de la máquina de ensayo. El espécimen resultante no tendrá proyecciones de las caras laterales ni tabiques irregulares y constará de celda o celdas completas de 4 caras. La resistencia a la compresión del segmento será considerada como la resistencia a la compresión de la unidad entera. (NTP 399.604, 2002)
- d.** Cuando las unidades del ensayo de compresión tengan dimensiones y formas inusuales (tales como, pero no limitadas a, unidades en enlace de vigas, unidades del extremo abierto, y unidades de pilastras), los especímenes serán aserrados para quitar cualquier proyección de la cara lateral. El espécimen resultante será una celda o celdas que contienen cuatro caras que aseguren una superficie de apoyo del 100 %. Cuando el

este corte no dé lugar a una unidad con cuatro lados, el espécimen será un segmento cortado de la cara lateral de cada unidad. Este segmento cortado tendrá una relación altura espesor de 2 a 1 antes del refrentado y una relación de longitud a espesor de 4 a 1. El segmento será cortado de la unidad de modo que su altura esté en la misma dirección que la altura de la unidad entera. La resistencia a la compresión del segmento será la resistencia a la compresión del área neta de la unidad entera. (NTP 399.604, 2002)

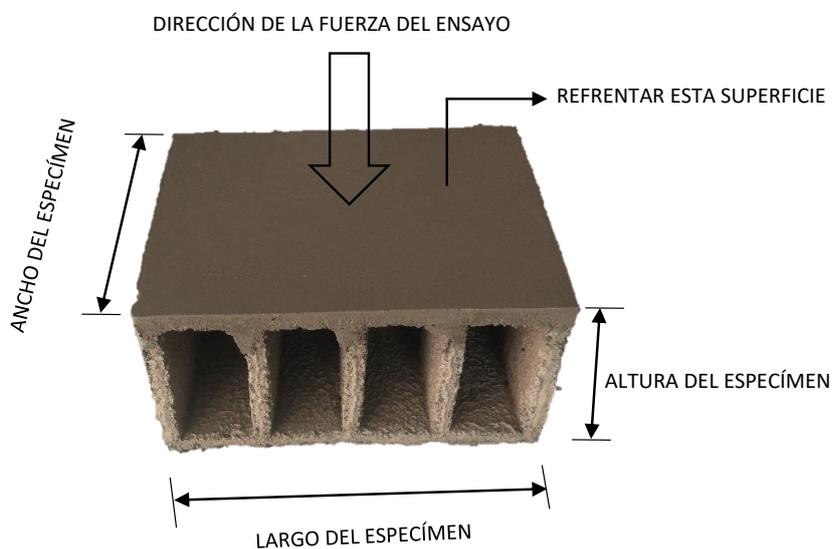


Figura 10: Esquema de ensayo de Compresión

- e. Para el ensayo de resistencia a la compresión de segmentos cortados de muros, los especímenes ensayados serán no menos del 75 % sólidos y tendrán una relación de altura a espesor de no menos que 1:1 y no más que 2:1. Si es necesario el corte del espécimen en el ensayo, será realizado de acuerdo con los apartados c y f. (NTP 399.604, 2002)
- f. El aserrado será realizado de una manera exacta y competente sometiendo al espécimen a la mínima vibración posible de la sierra. Utilizar una sierra de diamante con dureza apropiada. Si el espécimen se

moja durante el aserrado, permita que el espécimen se seque a las condiciones del aire del laboratorio antes del ensayo utilizando los procedimientos indicados en el apartado a. (NTP 399.604, 2002)

- g.** Si los especímenes del ensayo de compresión han sido cortados de unidades enteras de acuerdo con las provisiones de los apartados b hasta d y el área neta de compresión de los especímenes de prueba no puede ser determinada por el apartado d), cortar tres unidades adicionales con las dimensiones y configuración de los tres especímenes del ensayo de compresión. El área neta promedio de los especímenes de compresión cortados será el promedio del área neta de las tres unidades adicionales cortadas calculada de acuerdo a lo referido en el apartado d). Los volúmenes netos calculados de los especímenes cortados no deberán usarse en el cálculo del espesor equivalente. (NTP 399.604, 2002)

- **Refrentado de los especímenes de prueba:**

- i.)** Refrentar las superficies de apoyo de las unidades por uno de los métodos de los apartados ii.) ó iii.).
- ii.) Azufre y materiales granulares:** Extender uniformemente en una superficie de refrentado no absorbente que haya sido cubierta ligeramente con aceite⁹ o rociada con una capa de TFE – fluoro- carbono. Utilizar mezclas preparadas por el propietario o el laboratorio de 40 % a 60 % de azufre por peso, el resto es bentonita molida convenientemente u otro material inerte que pase por el tamiz N.º 100 (150 µm) con o sin plastificante. Calentar la mezcla de azufre en una olla de calefacción controlada por termostato a una temperatura suficiente para mantener la

⁹ El uso del aceite en las placas de refrentado puede ser omitido si se encuentra que la placa y la unidad pueden ser separadas sin dañar el refrentado.

fluidez después del contacto con la superficie de refrentado. Tener cuidado para evitar el sobrecalentamiento, y revolver el líquido en la olla momentos antes de su uso. La superficie de refrentado será plana dentro de los 0,08 mm en 406,4 mm y será lo suficientemente rígida para no flexionarse durante la operación de refrentado. Colocar cuatro barras de acero cuadradas de 25 mm sobre la placa superficial del refrentado para formar un molde rectangular aproximadamente de 12,7 mm mayor en cualquier dimensión interior que la unidad de albañilería. Llene a una profundidad de 6,4 mm con material fundido de azufre. Lleve la superficie de la unidad para ser refrentada rápidamente en contacto con el líquido e inserte el espécimen, manteniéndolo de modo que su eje sea perpendicular a la superficie del líquido de refrentado. Permitir que la unidad no sea perturbada hasta que la solidificación este completa. Permitir que el refrentado enfríe por un mínimo de 2 horas antes de ensayar los especímenes. No se permitirá el parchado del refrentado. Quitar los refrentados imperfectos y substituirlos por nuevos. (NTP 399.604, 2002)

iii.) Refrentado con yeso-cemento: Extender uniformemente en una superficie de refrentado no absorbente que haya sido cubierta ligeramente con aceite o rociado con una capa de TFE–fluorocarbono, una pasta de yeso-cemento de alta resistencia¹⁰ y agua. Este yeso-cemento cuando esté mezclado con agua a la consistencia de refrentado, tendrá una resistencia a la compresión a las 2 horas no menor de 24,1

¹⁰ Los dos yeso-cementos siguientes se consideran dentro de esta clasificación: yeso-cemento blanco Hydrostone e Hydrocal. Otros yeso-cementos no deben ser utilizados a menos que se demuestre por ensayos estar dentro de los requerimientos del ensayo de resistencia.

MPa ensayada en cubos de 50,8 mm. La superficie de la placa del bastidor estará conforme con los requisitos descritos en el apartado ii.). Poner la superficie de la unidad para ser refrentada en contacto con la pasta de refrentado; presionar firmemente hacia abajo el espécimen con un solo movimiento, manteniéndolo de modo que su eje sea perpendicular a la superficie de refrentado. El espesor medio del refrentado no excederá de 3,2 mm. No se permitirá el parchado del refrentado. Retirar capas imperfectas y reemplazar con capas nuevas. El refrentado se realizará al menos 2 horas antes del ensayo de los especímenes. (NTP 399.604, 2002)

- **Procedimiento:**

- **Colocación de los especímenes:** Ensayar los especímenes con el centroide de sus superficies de apoyo alineada verticalmente con el centro de empuje de la rótula de la máquina de ensayo¹¹. A excepción de unidades especiales para uso con sus paredes en una dirección horizontal, ensayar todas las unidades huecas de la albañilería de concreto con sus paredes en dirección vertical. Las unidades de albañilería que sean 100 % sólidas y unidades huecas especiales previstas para su uso, ensayarlas con sus huecos en dirección horizontal, en la misma dirección de servicio. (NTP 399.604, 2002)

¹¹ Para las unidades de albañilería que sean simétricas respecto a un eje, la localización del eje puede ser determinada geoméricamente dividiendo la dimensión perpendicular a ese eje (pero en el mismo plano) por dos. Para unidades de albañilería que sean asimétricas respecto a un eje, la localización de ese eje puede ser determinada balanceando la unidad de albañilería sobre el borde de un cuchillo o una barra metálica colocada paralela a dicho eje. Si se utiliza una barra de metal, la barra será recta, cilíndrica (capaz de rodar libremente en una superficie plana), tener un diámetro de no menos de 6,4 mm y no más que 19,1 mm, y su longitud sobrepasará cada extremo del espécimen cuando está colocado sobre ella. La barra de metal será colocada sobre una superficie lisa y plana. Determinado el eje centroidal será marcado en el extremo de la unidad usando un lápiz o etiqueta de plástico que tenga un ancho de marca no mayor que 1,3 mm. Una barra de chuceo usada para la consolidación del concreto y para el ensayo de asentamiento conformadas de acuerdo con la NTP 339.035 se utiliza a menudo como barra de balanceo.

- **Condición de humedad de los especímenes:** Cuando se ensayen los especímenes, estarán libres de humedad visible o manchas de humedad.
- **Velocidad de ensayo:** Aplicar la carga hasta la mitad de la máxima prevista a cualquier velocidad conveniente, después ajustar los controles de la máquina para dar un recorrido uniforme del cabezal móvil tal que la carga restante sea aplicada en no menos de 1 minuto y no más de 2 minutos.
- **Carga máxima:** Registrar la carga de compresión máxima en Newtons como $P_{m\acute{a}x}$.

2.1.5.4 ABSORSIÓN

- **Aparato:** La balanza utilizada será sensible dentro del 0,5 % del peso del espécimen más pequeño probado.
- **Ensayo de especímenes:** Se utilizarán tres unidades enteras que hayan sido marcadas, pesadas, y registradas. Las pruebas serán realizadas en unidades enteras cuando los resultados de la prueba deben ser utilizados para determinar el contenido de humedad de acuerdo con el apartado b) o espesor equivalente de acuerdo con el apartado g). (NTP 399.604, 2002)
 - Las pruebas serán realizadas en unidades enteras o especímenes cortados de unidades enteras. Los valores calculados de absorción y densidad de piezas reducidas serán considerados como representativas de la unidad entera. La razón de la reducción será incluida en el informe del ensayo.
- **Procedimiento:**

- **Saturación:** Sumergir los especímenes de prueba en agua a una temperatura de 15,6 °C a 26,7 °C por 24 horas. Pesar los especímenes mientras están suspendidos por un alambre de metal y sumergidos totalmente en agua y registrar W_i (peso sumergido). Sacar del agua y permitir el drenado por 1 minuto colocándolo en una malla de alambre más grueso de 9,5 mm, retirando el agua superficial visible con un paño húmedo; pesar y registrar como W_s (peso saturado). (NTP 399.604, 2002)
- **Secado:** Subsecuente a la saturación, secar los especímenes en un horno ventilado a 100 °C a 115 °C por no menos de 24 horas y hasta que dos pesadas sucesivas en intervalos de 2 horas muestren un incremento de la pérdida no mayor que 0,2 % del peso último previamente determinado del espécimen. Registrar los pesos de los especímenes secados W_d (peso secado al horno). (NTP 399.604, 2002)

2.1.5.5 CÁLCULOS

- a) **Absorción:** Calcular la absorción como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Absorción, kg/m}^3 = ((W_s - W_d)/(W_s - W_i)) * 1000$$

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

Donde:

W_s : peso saturado del espécimen, (kg)

W_i : peso sumergido del espécimen, (kg)

W_d : peso seco al horno del espécimen, (kg)

- b) Contenido de humedad:** Calcular el contenido de humedad como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Contenido de humedad, \% de absorción total} = ((Wr - Wd)/(Ws - Wd)) * 100$$

Donde:

Wr: peso recibido de la unidad, (kg)

Wd: peso seco al horno de la unidad, (kg)

Ws: peso saturado de la unidad, (kg)

- c) Densidad:** Calcular la densidad seca al horno como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Densidad (D), kg/m}^3 = (Wd/(Ws - Wi)) * 1000$$

Donde:

Wi: peso sumergido del espécimen, (kg)

Wd: peso seco al horno del espécimen, (kg)

Ws: peso saturado del espécimen, (kg)

- d) Área neta media:** Calcular el área neta media como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Volumen neto (Vn), mm}^3 = Wd/D = (Ws - Wi) * 10^4$$

$$\text{Área neta media (An), mm}^2 = Vn/H$$

Donde:

Vn: Volumen neto del espécimen

Wd: peso seco al horno del espécimen, (kg)

D: Densidad seca al horno del espécimen, kg/m^3

Ws: peso saturado del espécimen, (kg)

Wi: peso sumergido del espécimen, (kg)

An: Área neta media del espécimen, mm^2

H : Altura media del espécimen, mm

- A excepción de los especímenes de forma irregular, tales como aquellos con superficies con hendiduras, calcular el área neta de los segmentos de ensayo y aquellos especímenes cuyas áreas de la sección transversal neta en cada plano paralelo a la superficie de apoyo sea el área bruta de la sección transversal medida en el mismo plano, como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Área neta } (A_n), mm^2 = L * W$$

Donde:

A_n : Área neta del segmento de ensayo o espécimen, mm^2

L : Longitud promedio del segmento de ensayo del espécimen, mm

W : Anchura promedio del segmento de ensayo o espécimen, mm

Tabla 1: Factores de corrección de la relación altura a espesor para los ensayos de compresión en segmentos de unidades de muros de contención

h/t^A	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
Factor de corrección	0.85	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00

Fuente: NTP 339.604

h/t^A = Relación de altura del espécimen a la menor dimensión lateral medida.

- e) **Área bruta:** Calcular el área bruta como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Área bruta } (A_g), mm^2 = L * W$$

Donde:

A_g : Área bruta del espécimen, mm^2

L : Longitud promedio del espécimen, mm

W : Ancho promedio del espécimen, mm

El área bruta de la sección transversal de un espécimen es el área total de la sección perpendicular a la dirección de la carga, incluyendo áreas dentro de las celdas y espacios reentrantes, a menos que estos espacios vayan a ser ocupados por porciones de la albañilería adyacente. (NTP 399.604, 2002)

f) Esfuerzo de compresión:

- **Esfuerzo de compresión del área neta:** Calcular el esfuerzo de compresión del área neta del espécimen como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Esfuerzo de compresión del área neta, MPa} = P_{\text{máx}}/A_n$$

Donde:

$P_{\text{máx}}$: Carga de compresión máxima, N

A_n : Área neta promedio del espécimen, mm^2

- **Esfuerzo de compresión del área bruta:** Calcular el esfuerzo de compresión del área bruta del espécimen como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Esfuerzo de compresión del área bruta, MPa} = P_{\text{máx}}/A_g$$

Donde:

$P_{\text{máx}}$: Carga de compresión máxima, N

A_g : Área bruta del espécimen, mm^2

- **Resistencia a la compresión del área neta corregida para especímenes cortados de muros de contención:** Multiplique la fuerza de compresión del área neta calculada de cada espécimen por el factor de corrección de la relación altura a espesor de la tabla 1.

- g) **Espesor equivalente del tabique¹²**: El espesor equivalente del tabique de cada unidad igual a la suma de los espesores medidos de todos los tabiques en la unidad multiplicada por 12 y dividida por la longitud de la unidad. (NTP 399.604, 2002)
- h) **Espesor equivalente**: El espesor equivalente para la albañilería de concreto se define como el espesor promedio del material sólido en la unidad y se calcula como sigue: (NTP 399.604, 2002)

$$Te, mm = (Vn / (L * H))$$

Donde:

Te: Espesor equivalente, *mm*

Vn: Volumen neto promedio de unidades enteras, *mm*³

L: Longitud promedio de las unidades enteras, *mm*

H: Altura promedio de las unidades enteras, *mm*

2.1.5.6 INFORME

Un informe completo incluirá lo siguiente: (NTP 399.604, 2002)

- La resistencia a la compresión del área bruta con aproximación a las 0,1 MPa por separado para cada espécimen y como el promedio para de especímenes según lo determinado por el apartado f). (NTP 399.604, 2002)
 - Para las unidades segmentadas de muros, reportar la resistencia a la compresión con aproximación a 0,1 MPa, la relación altura espesor, y la resistencia a la compresión corregida por separado para cada espécimen según lo determinado por el apartado f). También, reportar la resistencia

¹² El espesor equivalente del tabique no se aplica a la porción de la unidad que se llenará con lechada. La longitud de esa porción se debe deducir de la longitud total de la unidad.

a la compresión del promedio corregida para el conjunto de tres especímenes.

- La absorción y la densidad resultante por separado para cada unidad y como el promedio para las tres unidades según lo determinado por los apartados a) y c). También, en caso sea necesario, reportar la razón de la reducción de medida de los especímenes utilizados en el ensayo de absorción. (NTP 399.604, 2002)
- El ancho, la altura, y la longitud promedios de cada espécimen.
- El espesor mínimo de la pared lateral del bloque como promedio de las medidas en cada uno de los tres especímenes.
- El espesor mínimo del tabique como promedio del espesor mínimo del tabique registrado para cada uno de tres especímenes.
- El espesor equivalente del tabique como promedio de tres especímenes.
- El espesor equivalente como promedio de tres especímenes según lo determinado en el apartado h), cuando sea requerido.
- El contenido de humedad, como promedio de tres especímenes, según lo determinado en el apartado b), cuando sea requerido.

2.2 MATERIA PRIMA

Son aquellos materiales e insumos con los que se construirá el bloque ecológico. En este apartado se describirán sus características y propiedades de cada uno de ellos.

2.2.1 CEMENTO

“Son conglomerantes hidráulicos, esto es, materiales artificiales de naturaleza inorgánica y mineral, que finamente molidos y convenientemente amasados con agua forman pastas que fraguan y endurecen a causa de las reacciones de hidrólisis e hidratación de sus constituyentes, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto al aire como al agua.” (UNE-EN 197-1 , 2011). Este

endurecimiento hidráulico del cemento portland se debe principalmente a la formación de silicatos cálcicos hidratados y de aluminatos hidratados producto de la reacción entre componentes del cemento y el agua. Esta propiedad de conglomerante hidráulico ha convertido al cemento portland en un material básico en la construcción, imprescindible para la construcción de estructuras.

2.2.1.1 COMPONENTES PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND

La norma europea UNE-EN 197-1:2011, define los componentes que en la actualidad forman parte de un cemento portland. Los requisitos de los componentes especificados se determinarán siguiendo los métodos de ensayo descritos en las normas UNE-EN 196.

- Clínker de cemento Portland

El clínker de cemento portland es obtenido por sinterización de una mezcla homogénea de materias primas: caliza, arcilla, arena, compuestos de hierro y otros componentes en proporciones definidas (crudo, pasta o harina) conteniendo elementos, normalmente expresados en forma de óxidos, CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ y pequeñas cantidades de otras materias. Esta mezcla es calentada hasta llegar a los rangos de la temperatura de sinterización y se forman nuevos compuestos. El clínker aparece paulatinamente. En la tabla 2 observamos la composición química del clínker. El clínker de cemento portland es un material hidráulico que está constituido al menos en dos tercios de su masa por silicatos de calcio [3CaO . SiO₂] y [2CaO.SiO₂], estando constituido el resto por fases del clínker conteniendo aluminio, hierro y por otros compuestos. La relación en masa (CaO)/ (SiO₂) no será menor de 2,0 y el contenido de óxido de magnesio (MgO) no excederá del 5,0 % en masa. (UNE-EN 197-1 , 2011)

Tabla 2: Composición química del Clínker (% en masa)

Fase	Fórmula	Abreviatura	Rango	Valor medio
Silicato tricálcico	3CaO SiO_2	C_3S	46-79	61
Silicato bicálcico	2CaO SiO_2	C_2S	5-30	15
Ferritoaluminato tetracálcico	$4\text{CaO (Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3)$	$\text{C}_4(\text{A, F})$	4-16	8
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO Al}_2\text{O}_3$	C_3A	6-18	12
Cal libre	CaO	C	0,1-4	1
Óxido de magnesio libre	MgO	M	0,7-1,5	1,5

Fuente: UNE-EN 197-1

- **Escoria granulada de horno alto**

La escoria granulada de horno alto se obtiene por enfriamiento rápido de una escoria fundida de composición adecuada, es obtenida por la fusión del hierro en un horno alto, está compuesta principalmente por escoria vítrea, asimismo, posee propiedades hidráulicas cuando se activa de manera adecuada. Durante la fusión de la mena en un horno alto se retira del horno, bien por separado, o bien conjuntamente con la fundición bruta licuada, a temperaturas de aproximadamente 1350-1550 °C y se solidifica a unos 1250°C. La escoria vítrea de horno alto es producida enfriando rápidamente la escoria fundida con agua o aire a fin de conseguir un material granulado. El contenido de vidrio, que es decisivo para conseguir las propiedades hidráulicas, debe mantenerse lo más alto posible, por lo que suele sobrepasar el 90%. La escoria granulada húmeda se almacena durante un tiempo limitado en grandes montones drenantes para disminuir su humedad y homogeneizar las diferentes cargas del horno. La escoria granulada retiene un 7-20 % de humedad residual y se debe secar. La molienda de cementos que contienen escoria granulada de alto horno, demanda más energía que la molienda del cemento portland. La molienda de la escoria y del clínker se suele hacer por separado.

La escoria granulada de horno alto debe estar compuesta al menos en dos tercios de su masa por la suma de óxido de calcio (CaO), óxido de magnesio (MgO) y

dióxido de silicio (SiO_2). El resto contiene óxido de aluminio (Al_2O_3) junto con pequeñas cantidades de otros compuestos. La relación en masa ($\text{CaO} + \text{MgO}$)/(SiO_2) será superior a 1,0. (UNE-EN 197-1 , 2011).

La norma Europea UNE-EN 197-1:2011, señala que, la escoria vítrea de horno alto es un material hidráulico latente, al contrario que la escoria cristalina enfriada lentamente. La escoria se debe activar para que endurezca hidráulicamente, siendo el clínker, en el caso del cemento portland, el activador. En el caso del cemento sobresulfatado, el activador es la anhidrita o el yeso (activación por sulfatos). Las propiedades hidráulicas de la escoria vítrea de horno alto dependen del contenido de vidrio y de su composición química detallada en la Tabla 3.

En la reactividad hidráulica de la escoria vítrea de horno alto, mientras que el CaO aumenta la reactividad, el MgO disminuye las propiedades hidráulicas debido a la formación de espinela cristalina ($\text{MgO}.\text{Al}_2\text{O}_3$). Un mayor contenido de óxido de aluminio aumenta la resistencia inicial y el contenido de sulfuros promueve la formación vítrea ya que los iones sulfuro, de mayor tamaño, son incorporados en la estructura vítrea.

Tabla 3: Composición química de la escoria de horno alto, puzolana natural, ceniza volante silícea y esquistos calcinados (% en masa)

Componente	escoria de horno alto	puzolana natural	ceniza volante silícea	Esquistos calcinados
SiO ₂	30-39	45-89	35-53	12-51
Al ₂ O ₃	9-18	3-20	21-30	5-16
TiO ₂	0,3-1,4		0,7-1,5	
P ₂ O ₅	0,1-0,4		0,1-0,8	
Fe ₂ O ₃	0,1-1,0*	1-10	6-12	6-7
Mn ₂ O ₃	0,2-3,0*		0,1-0,4	
CaO	33-48	2-9,	0,5-10	18-60
MgO	2-13	1-5	2-5	1-4
Na ₂ O	02-1,2	1-7	04-2,0	1-2
K ₂ O	0,4-1,3	1-11	1,0-5,0	1-2
SO ₃	0,0-0,2	0,0-0,8	0,3-1,5	5-10
S ⁼	0,5-1,8			

*Calculado a partir de FeO y del MnO

- Cenizas volantes

Las cenizas volantes son obtenidas por la precipitación electrostática o mecánica de partículas pulverulentas arrastradas por los flujos gaseosos de hornos alimentados con carbón pulverizado en las centrales termoeléctricas. Las cenizas obtenidas por otros métodos no deberán emplearse en los cementos. Por tanto, no deben emplear cenizas de co-combustión ni de lecho fluidizado. Las cenizas volantes pueden ser de naturaleza silícea o calcárea. Las primeras tienen propiedades puzolánicas; las segundas pueden tener, además, propiedades hidráulicas.

La pérdida por calcinación de las cenizas volantes determinada conforme a la norma UNE-EN 196-2, pero empleando un tiempo de calcinación de una hora debe encontrarse dentro de alguno de las siguientes categorías definidas en la norma (UNE-EN 450-1, 2008)

- Categoría A: $\leq 5,0$ por ciento en masa.
- Categoría B: $\leq 7,0$ por ciento en masa.
- Categoría C: $\leq 9,0$ por ciento en masa.

“El límite superior de la pérdida por calcinación de la ceniza volante, empleada como componente principal del cemento, debe indicarse en el envase o en el albarán. Las cenizas con una elevada pérdida por calcinación pueden afectar negativamente a la durabilidad de hormigones o morteros, especialmente en lo que concierne a la resistencia al hielo-deshielo y la compatibilidad con los aditivos.” (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes).

- **Esquisto calcinado**

El esquisto calcinado, particularmente el bituminoso, se produce en un horno especial a temperaturas de aproximadamente 800°C. Debido a su composición natural y al proceso de producción, el esquisto calcinado contiene fases del clínker, principalmente silicato bicálcico y aluminato monocálcico. También contiene proporciones mayores de óxidos puzolanicamente reactivos, especialmente dióxido de silicio, además de pequeñas cantidades de óxido de calcio libre y de sulfato de calcio. Por lo tanto, en estado finamente molido, el esquisto calcinado presenta propiedades hidráulicas, como las del cemento portland, así como propiedades puzolánicas.

El esquisto de petróleo es capaz de endurecer hidráulicamente cuando es calcinado, debido a su contenido en silicato dicálcico y en aluminatos cálcicos. Su composición química se puede observar anteriormente en la Tabla 3. El esquisto bituminoso se calcina en un horno de lecho fluidizado a 800°C. la energía liberada se utiliza para generar electricidad (cogeneración), y la ceniza es molida con clínker de cemento como adición.

El esquisto calcinado deberá tener una resistencia a compresión de al menos 25,0 MPa a 28 días, ensayado conforme con la norma UNE-EN 1961.

Si el contenido en sulfatos (expresado como SO_3) del esquistó calcinado excede el límite superior permitido para el contenido de sulfatos en el cemento, el fabricante del cemento lo deberá tener en cuenta reduciendo convenientemente los constituyentes que contienen sulfato de calcio. (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes).

- **Caliza**

La caliza debido a sus propiedades físicas, especialmente su distribución de tamaño de partículas, mejora las propiedades de la pasta de cemento tanto fresca como endurecida. Este efecto se basa en el relleno de espacios vacíos entre las partículas del cemento, es decir, la caliza actúa como un elemento de relleno en el cemento ya que no participa en las reacciones de endurecimiento de los componentes hidráulicos activos.

La demanda de agua de la pasta, del mortero y del hormigón se ve reducida y su docilidad mejorada. Esto lleva a una estructura más densa que compensa el efecto diluyente. Además, el clínker de cemento portland deberá ser molido más fino. La cantidad de caliza que participa como un elemento de relleno no deberá exceder el 20 % en peso y no deberá perjudicar otras propiedades; por ejemplo, no deberá disminuir la resistencia al hielo-deshielo del hormigón fabricado con este tipo de cemento. (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes)

- **Humo de sílice**

El humo de sílice es originado por la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón en hornos de arco eléctrico, para la producción de silicio y aleaciones de ferrosilicio, y consiste en partículas esféricas muy finas conteniendo al menos el 85 % en masa de dióxido de silicio amorfo. Consta de partículas muy finas y principalmente, esféricas con un área de superficie específica BET de al menos

15 m²/g, pero normalmente mayor de 20 m²/g. (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes)

En consecuencia, “el humo de sílice tiene una densidad aparente baja. Esta es la razón por la que este material es compactado y granulado antes de su transporte y se maneja como si fuese una pasta dispersa en agua (slurry) cuando se utiliza como adición del hormigón. Suele tener una marcada reactividad puzolánica ya que reacciona con el hidróxido cálcico para formar hidratos de silicato cálcico. Además de su utilización como un constituyente principal del cemento, el humo de sílice se utiliza también como adición en el hormigón de alta resistencia (HAR) y de altas prestaciones (HAP). La elevada finura del humo de sílice incrementa la demanda de agua de la pasta, del mortero y del hormigón. Así pues, es necesaria la utilización de aditivos reductores de agua y modificadores de viscosidad.” (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes)

2.2.2 ARENA

Se puede definir a las arenas como “Materiales granulares inertes formados por fragmentos de roca o arenas utilizados en la construcción (edificación e infraestructuras) y en numerosas aplicaciones industriales” (Márquez Ortiz, 2012). Asimismo, el Instituto Geológico Minero de España (IGME), en la publicación Panorama Minero, define los áridos como “Una serie de rocas, que tras un proceso de tratamiento industrial (simple clasificación por tamaños, en el caso de los áridos naturales, u obtenidos por trituración, molienda y clasificación en el caso de los áridos de machaqueo); se emplean en la industria de la construcción en múltiples aplicaciones, que van desde la elaboración (junto con un material Ligante) de hormigones, morteros y aglomerados asfálticos; hasta la construcción de Bases y Sub-bases para carreteras, Balasto y Sub-balasto para vías de ferrocarril, o escolleras para la defensa y construcción de puertos marítimos”

En función del tipo del origen de la roca, las arenas se pueden clasificar en arenas naturales, recicladas o artificiales. Sus aplicaciones van desde el sector de la industria, formando parte de la fabricación del cemento, o como material abrasivo; hasta el sector de la construcción, con múltiples aplicaciones, como balasto para la construcción de vías férreas, o para fabricación de hormigón estructural. (Márquez Ortiz, 2012)

2.2.3 CONFITILLO

Es un agregado obtenido por trituración artificial de rocas o gravas y en tamaño, que va desde $\frac{1}{4}$ " a $\frac{3}{8}$ ". Junto con la arena gruesa, forma el hormigón.

Es usado para el afirmado de carreteras y como relleno ornamental en áreas de estacionamiento de vehículos, jardines, etc. El confitillo, a su vez, es también ampliamente usado en la fabricación de diversos tipos de ladrillos y bloques de concreto.

2.2.4 PLÁSTICO

Plástico es el nombre genérico y común que se le da a una serie de sustancias de estructura molecular y características físico-químicas semejantes, cuya característica fundamental es contar con elasticidad y flexibilidad durante un intervalo de temperaturas, permitiendo así su moldeado y adaptación a diversas formas. Este nombre proviene de su gran plasticidad, es decir, su facilidad para adquirir ciertas formas. (Ondarse Álvarez, julio de 2021.)

Ondarse Álvarez:2021, señala que, “la mayoría de los plásticos son, concretamente, materiales sintéticos y derivados del petróleo, obtenidos mediante procesos de polimerización, es decir, procesos de síntesis de largas cadenas de átomos de carbono, que dan origen a una sustancia orgánica maleable en caliente y resistente al frío. También existen plásticos que no son derivados del petróleo, como los plásticos derivados del almidón, la celulosa y ciertas bacterias.” Este material es sumamente

versátil gracias a su liviandad, tacto agradable y resistencia tanto a la degradación biológica como a la ambiental (excepto por la exposición prolongada a rayos UV en algunos casos).

2.2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Según Ondarse Álvarez:2021, clasifica a los plásticos según el origen de los monómeros que lo componen, según su reacción al calor, elastómeros y según su estructura molecular.

- **Según el origen de los monómeros que lo componen**

- **Naturales:** Los monómeros provienen de sustancias naturales como el caucho, la celulosa y la caseína (proteína presente en la leche). Por ejemplo: el celofán y la goma.
- **Artificiales:** Los monómeros provienen de sustancias sintéticas, principalmente derivadas del petróleo. Por ejemplo: el polietileno.

- **Según su reacción al calor**

- **Termoplásticos:** Cuando se calientan adquieren una consistencia líquida y cuando se enfrían adquieren un estado vítreo (similar al vidrio). Este tipo de plástico puede ser calentado y moldeado muchas veces y adquirir una nueva forma. Por ejemplo: el polietileno y el caucho.
- **Termoestables:** Cuando se calientan, se moldean y se enfrían para tomar cierta forma, luego es imposible recalentarlos para fundirlos nuevamente. Por eso se dice que son rígidos o termoduros. Por ejemplo: la baquelita y los poliésteres.

- **Elastómeros**

También llamados “cauchos”, son polímeros con elevada elasticidad. Si se les aplica una fuerza que los deforme, tienen alta capacidad de recuperar su forma original cuando se le retira dicha fuerza. Por ejemplo: el neopreno.

- **Según su estructura molecular**

- **Amorfos:** Sus moléculas están desorganizadas y no tienden a formar ninguna estructura ordenada, razón por la cual dejan grandes espacios entre sus partículas para que penetre la luz, logrando así plásticos transparentes. Por ejemplo: el poliestireno atáctico.
- **Cristalizables:** Tienden a formar cristales rígidos y resistentes a la deformación. Dependiendo de la velocidad de enfriamiento de un polímero puede aumentar o disminuir su cristalinidad. Si se enfría rápido disminuye su cristalinidad, y si se enfría lento, aumenta su cristalinidad. En el caso de los plásticos amorfos, no tendrán ningún nivel de cristalinidad, sin importar la velocidad a la que estos se enfríen. Por ejemplo: el polipropileno es un plástico cristalizabile.
- **Semicristalizables.** Tienen características intermedias entre amorfos y cristalizables, pues tienen zonas desordenadas y otras zonas ordenadas. El paso de la luz a través de ellos dependerá del espesor que los compone. Por ejemplo: el polietileno de baja densidad.

Definiremos el polietileno Tereftalato PET, ya que será el componente empleado en la fabricación de los bloques ecológicos.

2.2.4.2 POLIETILENO TEREFTALATO PET

El polietileno tereftalato, PET, es un poliéster saturado estructura molecular se presenta en la Figura 11. El PET se sintetizó por primera vez en 1941, sin embargo, recién en el

año 1953 se produjo comercialmente para su uso en la industria textil por la compañía estadounidense DuPont. Años después, en la década de los 80 se empezó a utilizar en la producción de botellas desechables, artículos e incluso envases para alimentos. (Elgegren Lituma , 2012)

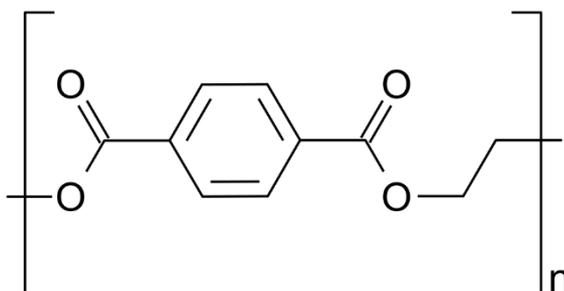


Figura 11: Polietileno tereftalato PET

Fuente: www.pngwing.com

“La síntesis de PET se realiza comercialmente mediante una reacción de esterificación entre ácido tereftálico y etilenglicol o entre tereftalato de dimetilo y etilenglicol. En ambos casos se forma, en la primera etapa, el monómero tereftalato de bis(2-hidroxi-etileno) o BHET y posteriormente, se van formando cadenas más largas durante la policondensación. Los pesos moleculares alcanzados varían entre 20 000 y 30 000 g/mol dependiendo del uso que se requiera del producto final.” (Elgegren Lituma , 2012)

- **Propiedades y aplicaciones**

El PET se presenta en tres productos principales: fibras, películas y botellas. Para la producción de fibras, el material es directamente fundido, mientras que para el caso de películas y botellas el material fundido es enfriado rápidamente y luego calentado aproximadamente a 30°C para ser moldeado. Por lo tanto, el PET puede existir tanto en forma amorfa como cristalina, como fue descrito anteriormente, pudiendo llegar esta última a 60% por lo que su densidad se

encuentra entre valores de 1,34 - 1,52 g/cm³. Para el estado amorfo la temperatura de transición vítrea es de 67°C mientras que para el cristalino es de 81°C, además, la temperatura de fusión es de 250 - 265°C para el PET comercial. (Elgegren Lituma , 2012)

Según Farikov:2002, en el caso de fibras y películas de PET la viscosidad intrínseca del material se encuentra en un rango de 0,40 - 0,70 dL/g, lo cual corresponde a pesos moleculares alrededor de 20 000 g/mol, además, presenta una distribución de pesos moleculares estrecha. A diferencia, para el caso de botellas, la viscosidad intrínseca está en un rango de 0,70 - 0,85 dL/g lo cual corresponde a pesos moleculares cercanos a 30 000 g/mol debido a que se necesita una alta viscosidad del material para ser moldeado y, en este caso, la distribución de pesos moleculares es mucho más amplia.

En cuanto a propiedades químicas, el PET es resistente al agua y a ácidos minerales diluidos. Del mismo modo, presenta una muy buena resistencia a la degradación fotoquímica; sin embargo, es sensible a bases y es degradado por ácido nítrico y sulfúrico concentrado. (Feldman & Barbalata, 1996).

“El PET es utilizado en la manufactura de cintas de audio y video, así como en la elaboración de bolsas, juguetes, películas fotográficas o radiográficas y como diversas piezas moldeadas. Sin embargo, se utiliza en mayor proporción en la industria textil para la elaboración de prendas de vestir y sobre todo es empleado masivamente en la fabricación de envases desechables debido a que presenta las características de ser liviano y transparente. Adicionalmente, presenta una alta resistencia mecánica, baja permeabilidad de gases (principalmente al CO₂) y lo más importante es que no presenta ningún efecto secundario en el organismo humano”. (Feldman & Barbalata, 1996)

En conclusión, el PET, debido a sus excelentes propiedades, tanto físicas como químicas, es un material ampliamente utilizado, por lo tanto, es importante considerar la disposición y el manejo de los residuos que ocasiona; debido a ello, la importancia de la presente investigación radica en buscar una alternativa de reciclaje y reutilización.

2.3 VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL (VIS)

Vivienda de Interés Social (VIS), es toda vivienda promovida por el Estado, cuya finalidad se encuentra dirigida a reducir la brecha del déficit habitacional cualitativo y cuantitativo de sus habitantes. Son aquellas que están destinadas a las personas menos favorecidas o a los afectados por alguna cuestión ambiental. La Vivienda de Interés Social de Tipo Prioritaria está dirigida a favor de las personas ubicadas en los sectores I, II y III de la población agrupada según quintiles de ingreso y en especial a favor de aquellas que se encuentran asentadas en zonas de riesgo no mitigable o en situación de vulnerabilidad social. (Congreso de la República, 2021)



Figura 12: Viviendas elaboradas con el bono Techo Propio

Fuente: *mivienda.pe*

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

- POR SU NATURALEZA: **Explicativa**, debido a que, mediante la experimentación y discusión de resultados obtenidos de los ensayos a realizar al bloque ecológico, se buscará obtener la dosificación óptima en cemento, arena, confitillo, plástico reciclado (PET) y agua; las cuales cumplan con los requerimientos de las Normas Técnicas Peruanas.
- POR SU PROPÓSITO: **Aplicada**, debido a que mediante la elaboración de dichos bloques ecológicos se busca generar una alternativa de reutilización del plástico (PET) y con ello disminuir el impacto ambiental generado por este.

3.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

Diseño de bloque ecológico para losas aligeradas.

3.3 UBICACIÓN

REGIÓN : ANCASH

PROVINCIA : SANTA

DISTRITO : NUEVO CHIMBOTE

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Construcción de bloques ecológicos con dosificación C:AF:AG 1:4:2 en Nuevo Chimbote.

- VARIACIÓN DIMENSIONAL: 12 unidades de albañilería
- DENSIDAD: 12 unidades de albañilería
- ABSORCIÓN: 12 unidades de albañilería
- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN: 15 unidades de albañilería

3.5 VARIABLES

3.5.1 VARIABLE DEPENDIENTE

- Bloque ecológico para losas aligeradas.

3.5.2 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Polímeros de plástico reciclado.

3.5.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 4: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	HIPÓTESIS	MÉTODO
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cómo fabricar un bloque ecológico a partir de plástico reciclado, que sirva de alternativa viable para la construcción de losas aligeradas y que cumpla la normatividad vigente?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diseñar el molde metálico con las especificaciones requeridas, para la fabricación de los bloques. - Verificar si el diseño de la unidad de albañilería cumple con los criterios mínimos de la Norma E-070. - Buscar una alternativa de reciclaje y reutilización del plástico PET, para reducir el impacto ambiental ocasionado por sus desechos, 	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Elaborar el diseño de bloque ecológico con plástico reciclado, cuyos indicadores de calidad sean similares o superiores a los de un bloque convencional empleado en la construcción de losas aligeradas.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Elaborar un bloque de 15x30x30 cm con dosificaciones óptimas en cemento, arena, confitillo, PET y agua; la cual cumpla con los requerimientos de las Normas Técnicas Peruanas. -Analizar los resultados de las pruebas en laboratorio, y comparar con agregados de plástico reciclado vs propiedades de sistemas tradicionales. -Promover la reutilización y reciclaje del plástico para la elaboración de los bloques ecológicos. -Disminuir el impacto ambiental ocasionado por los desechos, mediante esta alternativa de reutilización del plástico 	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Polímeros de plástico reciclado</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Diseño del bloque ecológico para losas aligeradas</p>	<p>La implementación de los bloques ecológicos con polímeros de plástico reciclado, pueden transformarse en una alternativa para la construcción de losas aligeradas, los cuales cumplirán con las características y normas de los sistemas convencionales constructivos y a su vez brindarían un menor peso a la estructura.</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN POR SU NATURALEZA:</p> <p>Explicativa, debido a que, mediante la experimentación y discusión de resultados obtenidos de los ensayos a realizar al bloque ecológico, se buscará obtener la dosificación óptima en cemento, arena, (PET) y agua; las cuales cumplan con los requerimientos de la NTP.</p> <p>POR SU PROPÓSITO:</p> <p>Aplicada, debido a que mediante la elaboración de dichos bloques ecológicos se busca generar una alternativa de reutilización del (PET) y con ello disminuir el impacto ambiental generado por este.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5: Operacionalización de variable independiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	MÉTODO
VARIABLE INDEPENDIENTE Polímeros de plástico reciclado	Polímeros de plástico reciclado: El polietileno tereftalato, PET, es un poliéster saturado, cuya característica fundamental es contar con elasticidad y flexibilidad. En este caso, el PET es un material ya utilizado y reciclado, que pasó un proceso de triturado y posterior limpieza, para ser empleado como componente variable del diseño del bloque ecológico.	Se refiere la variación de porcentajes de plástico reciclado que se irán añadiendo a la mezcla, para luego evaluar su comportamiento. En este caso, se partirá desde una muestra patrón con 0% de PET, luego se incrementará a 10%, 20% y 30% respecto al peso del cemento.	Físico	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad del plástico reciclado PET. - Tamaño máximo nominal del PET triturado. - Porcentajes de plástico para posterior adición a la mezcla. 	Empleo de bibliografía y estudios previos relacionados con el tema.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	MÉTODO
VARIABLE DEPENDIENTE Bloque ecológico para losas aligeradas	Diseño del bloque ecológico para losas aligeradas: Es un bloque con dimensiones 30x30x15 cm para emplearse específicamente en la construcción de losas aligeradas. Asimismo, tiene la particularidad de emplear como uno de sus componentes para su fabricación, plástico reciclado PET.	Se refiere a las especificaciones técnicas, para el bloque, que se obtendrán luego de analizar los resultados de los diversos ensayos ejecutados.	Técnica y normativa	<ul style="list-style-type: none"> - Variación dimensional - Resistencia a la compresión - Absorción - Contenido de humedad - Densidad 	Aplicación de la NTP 339.604 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto

Fuente: Elaboración propia

3.6 INSTRUMENTOS

Se usaron diversas técnicas para recolectar información, también se llevaron a cabo los ensayos en el laboratorio: estos fueron:

- **Técnicas:**

- Revisión y recolección de investigaciones anteriores en referencia al tema.
- Observación directa, para contemplar una adecuada dosificación y que cumpla con los requerimientos de las NTP.
- Cotejo, para verificar si la investigación cumple sus objetivos.

- **Ensayos de los materiales:**

- Granulometría
- Peso unitario suelto y compactado
- Contenido de Humedad
- Contenido de absorción
- Peso específico

- **Ensayos a los bloques:**

- Variación dimensional
- Densidad
- Absorción
- Resistencia a la compresión
- Contenido de humedad
- Espesor equivalente

3.7 ELABORACIÓN DE PROTOTIPO

En esta sección se describirán las tareas realizadas para la obtención del prototipo de bloque basado en plástico reciclado. Esto incluye la determinación de la base teórica y el procedimiento de experimentación.

El plástico PET ha sido considerado como un buen sustituto de material inerte en las mezclas de concreto, pues este se caracteriza por presentar una alta resistencia térmica y mecánica, un buen coeficiente de deslizamiento, y una alta resistencia química. En la siguiente tabla se muestran los datos técnicos del PET, para usos relacionados con la construcción:

Tabla 7: Datos técnicos del Polietileno Tereftalato

Propiedades Mecánicas		
<i>Peso específico</i>	134	g/cm^3
<i>Resistencia a la tracción</i>	825	kg/cm^2
<i>Resistencia a la flexión</i>	1450	kg/cm^2
<i>Alargamiento a la rotura</i>	15	%
<i>Módulo de elasticidad (tracción)</i>	28550	kg/cm^2
<i>Resistencia al desgaste por roce</i>	MUY BUENA	
<i>Absorción de humedad</i>	0.25	%
Propiedades Térmicas		
<i>Temperatura de fusión</i>	255	$^{\circ}C$
<i>Conductividad térmica Baja</i>	Baja	
<i>Temperatura de deformabilidad por calor</i>	170	$^{\circ}C$
<i>Temperatura de ablandamiento de Vicat</i>	175	$^{\circ}C$
<i>Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 $^{\circ}C$</i>	0.00008	$mm / ^{\circ}C$
Propiedades Químicas		
<i>Resistencia a álcalis débiles a Temperatura Ambiente</i>	Buena	
<i>Resistencia a ácidos débiles a Temperatura Ambiente</i>	Buena	
<i>Comportamiento a la combustión</i>	Arde con mediana dificultad	
<i>Propagación de llama</i>	Mantienen la llama	
<i>Comportamiento de quemado</i>	Gotea	

Fuente: Elaboración propia a partir de Echevarría:2017

La experimentación se dividió en tres segmentos de trabajo: Obtención de la materia prima y maquinaria; elaboración de los bloques de concreto; y finalmente los ensayos a los bloques de concreto. En esta sección se describirá a detalle los procedimientos realizados.

3.7.1 OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA Y MAQUINARIA

La lista de materias primas, herramientas y maquinarias utilizadas; asimismo, el modo de obtención de estas, se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 8: Materia prima, maquinaria y herramientas manuales

	M.P. / insumo / maquinaria	Modo de obtención
Materia Prima		
1	Hojuelas de plástico triturado.	Fueron compradas en recicladora (sin nombre) en Nuevo Chimbote, Ancash.
2	Arena gruesa	Recolección cantera “Tres cabezas”
3	Piedra zarandeada de cantera (3/8”)	Recolección cantera “La sorpresa”
4	Cemento Extraforte de Pacasmayo	Comprado en ferretería
Maquinaria y herramientas		
5	Molde metálico para bloques	Mediante fabricación en taller de soldadura “Dickersol” de la zona.
6	Balde para la mezcla	
7	Tamiz de 3/8”	
8	Balanza gravimétrica pequeña (12 kg.) (Precisión de 0.1 gr.)	
9	Balanza gravimétrica grande (100kg.) (Precisión de 0.01 gr.)	
10	Balde para medición de sólidos de alto peso.	
11	Probeta, Jarra para medición de	

	masa de líquido.	Facilitado por el laboratorio externo de mecánica de suelos y tecnología del concreto KAE Ingeniería, adquisición propia.
12	Tara para medición de masa de sólidos.	
13	Martillo	
14	Palas, cucharas	
15	Varillas compresoras	
16	Amoladora para corte de bloques	
17	Hornos de secado	
18	Pie de Rey, flexómetro	
19	Máquina de ensayo de compresión	
20	Mezcladora de concreto	
21	Cuña metálica	
22	Cocina	
23	Nivel de mano	

Fuente: Elaboración propia

3.7.2 ELABORACIÓN DE LOS BLOQUES DE CONCRETO

Debido a la situación por la pandemia COVID 19, la fabricación de los bloques y parte de los ensayos se realizaron en el domicilio del investigador, teniendo en cuenta los procedimientos dictados en las Normas Técnicas Peruanas. Se dividió en tres etapas: Diseño de mezcla; preparación de mezcla; y procedimientos finales.

3.7.2.1 DISEÑO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA

Se plasmó el diseño del bloque, cuyas dimensiones óptimas fueron: ancho 30cm, largo, 30cm, altura 15cm. Posee 4 aberturas paralelas a su superficie de asiento, permitiendo un espesor promedio de 2cm.

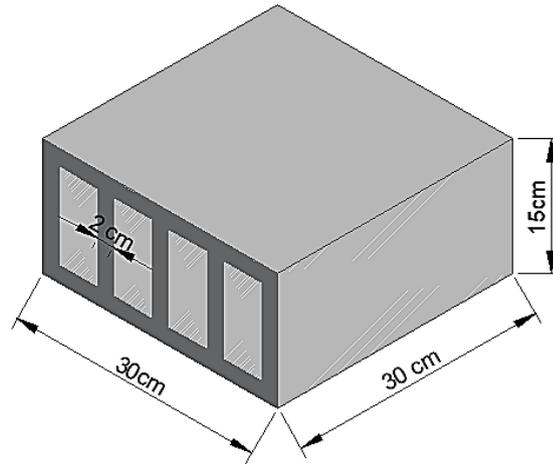


Figura 13: Diseño de prototipo del bloque

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2 DISEÑO DE MEZCLA

Se tuvo en consideración diversas proporciones potenciales. El primer paso fue determinar un diseño para concreto con cemento, arena, confitillo y agua, para posteriormente ir adicionando las hojuelas de plástico, proporcionalmente en porcentajes de 10%, 20% y 30% respecto al peso del cemento.

En la tabla 9, observamos las cantidades de cada material necesarias para elaborar un bloque, con las dimensiones anteriormente detalladas. El volumen de mezcla para un bloque, incluyendo un 5% de desperdicio es $7.245 \times 10^{-3} m^3$.

De acuerdo al diseño de mezcla y la contrastación con investigaciones relacionadas al tema, se decidió considerar una dosificación 1:4:2, en cemento, arena gruesa y confitillo respectivamente.

Tabla 9: Cantidad de materiales para 1 bloque, dosificación 1:4:2

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	kg	1.585
Arena gruesa	kg	6.456
Confitillo	kg	3.211
Agua	lts	2.25

Fuente: Elaboración propia

Luego, se realizó la adición de las hojuelas de plástico reciclado PET, en un porcentaje de 10% respecto al peso del cemento, obteniendo nuestro segundo diseño de mezcla.

Tabla 10: Cantidad de materiales, dosificación 1:4:2 +10%PET

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	kg	1.585
Arena gruesa	kg	6.456
Confitillo	kg	3.211
Agua	lts	2.28
PET	kg	0.159

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se realizó la adición de las hojuelas de plástico reciclado PET, en un porcentaje de 20% respecto al peso del cemento, obteniendo el tercer diseño de mezcla.

Tabla 11: Cantidad de materiales, dosificación 1:4:2 +20%PET

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	kg	1.585
Arena gruesa	kg	6.456
Confitillo	kg	3.211
Agua	lts	2.327
PET	kg	0.317

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se realizó la adición de las hojuelas de plástico reciclado PET, en un porcentaje de 30% respecto al peso del cemento, obteniendo nuestro cuarto diseño de mezcla.

Tabla 12: Cantidad de materiales, dosificación 1:4:2 + 30%PET

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Cemento	kg	1.585
Arena gruesa	kg	6.456
Confitillo	kg	3.211
Agua	lts	2.350
PET	kg	0.476

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.3 ELABORACIÓN DE MOLDE METÁLICO

Luego de haber diseñado las dimensiones finales del bloque, se procedió a realizar el molde, en este caso se decidió hacerlo de metal, debido a las ventajas de durabilidad, resistencia y desmolde que este material ofrece.



Figura 14: Molde metálico para bloque (parte inferior)

Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Molde metálico para bloque (parte superior)
Fuente: Elaboración propia

3.7.2.4 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Una vez listos los diseños de mezcla, se procedió a la preparación. Primero la mezcla sin hojuelas de PET y después las que sí la incluían. El procedimiento para estas dos mezclas fue el mismo (con la única diferencia de que en el primero se omite el paso de la adición del PET). Por lo tanto, se describirá únicamente el proceso para los bloques con plástico.

El primer paso fue preparar el molde, añadiéndole un desmoldante en todas las superficies internas, con el fin de facilitar su desmolde.



Figura 16: Molde cubierto con desmoldante
Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso fue medir, en la balanza gravimétrica, las cantidades en masa determinadas en las Tablas 9, 10, 11 y 12; de acuerdo al diseño de mezcla.

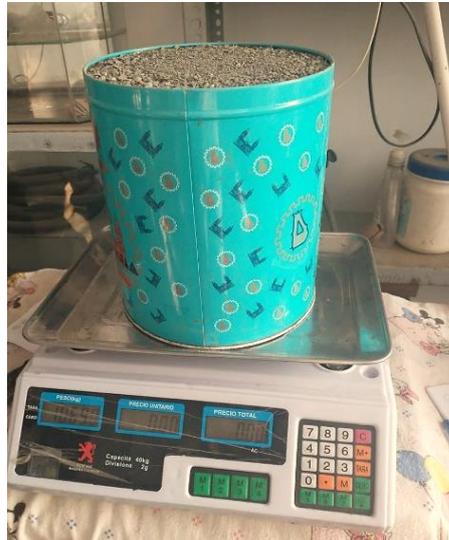


Figura 17: Medición en peso de los materiales
Fuente: Elaboración propia

Para medir la masa de los sólidos se emplearon taras y jarras graduadas para medición del líquido (agua). Los materiales se colocaron en los recipientes (previamente tarados en las balanzas), utilizando una cuchara, eran medidos hasta conseguir la masa necesaria.

Mientras se realizaba el proceso anterior, los materiales ya pesados se colocaban en la mezcladora para su respectivo mezclado. El orden de colocación fue el siguiente: agua, confitillo, arena y las hojuelas de plástico reciclado, según era necesario para el tipo de diseño de mezcla.



Figura 18: Mezclado de los materiales
Fuente: Elaboración propia

Los materiales fueron mezclados aproximadamente durante 90 segundos, luego se procedió a verter la mezcla sobre una superficie de plástico, para evitar la pérdida de humedad de la mezcla.



Figura 19: Preparación de la mezcla
Fuente: Elaboración propia

Una vez lista la mezcla, se procedió a colocar en los moldes para bloques. Para esto, se empleó la pala y cucharas; y, una vez colocados, se compactó con la ayuda de una madera y golpes con el martillo.



Figura 20: Colocación en molde y compactación

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procedió al desmolde. Inicialmente hubo problemas con el desmolde del bloque, este se deformaba o simplemente no había manera de desmoldarse, pero con la práctica se obtuvieron mejores resultados.



Figura 21: Bloques recién desmoldados

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, luego de 24 horas de secado, se procedió a acopiar los bloques para realizar el curado de los mismos. El curado consistió en añadir agua a los bloques durante un periodo de 7 días.



Figura 22: Curado de los bloques

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.1 ENSAYOS DE LOS AGREGADOS

4.1.1.1 GRANULOMETRÍA

a. AGREGADO FINO



Figura 23: Elaboración de granulometría de arena gruesa

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Promedio de ensayo granulométrico del agregado fino

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	% que pasa	Módulo de fineza
3/8"	9.500	0.000	0.000	0.000	100.000	1.70
N° 04	4.750	2.600	0.119	0.119	99.881	
N° 08	2.360	26.300	1.203	1.322	98.678	
N° 16	1.180	160.400	7.336	8.658	91.342	
N° 30	0.600	290.800	13.300	21.958	78.042	
N° 50	0.300	414.600	18.962	40.919	59.081	
N° 100	0.150	1231.100	56.305	97.224	2.776	
N° 200	0.075	36.900	1.688	98.912	1.088	
Cazoleta		23.800	1.088	100.000	0.000	
TOTAL		2186.500	100.000			

Fuente: Elaboración propia

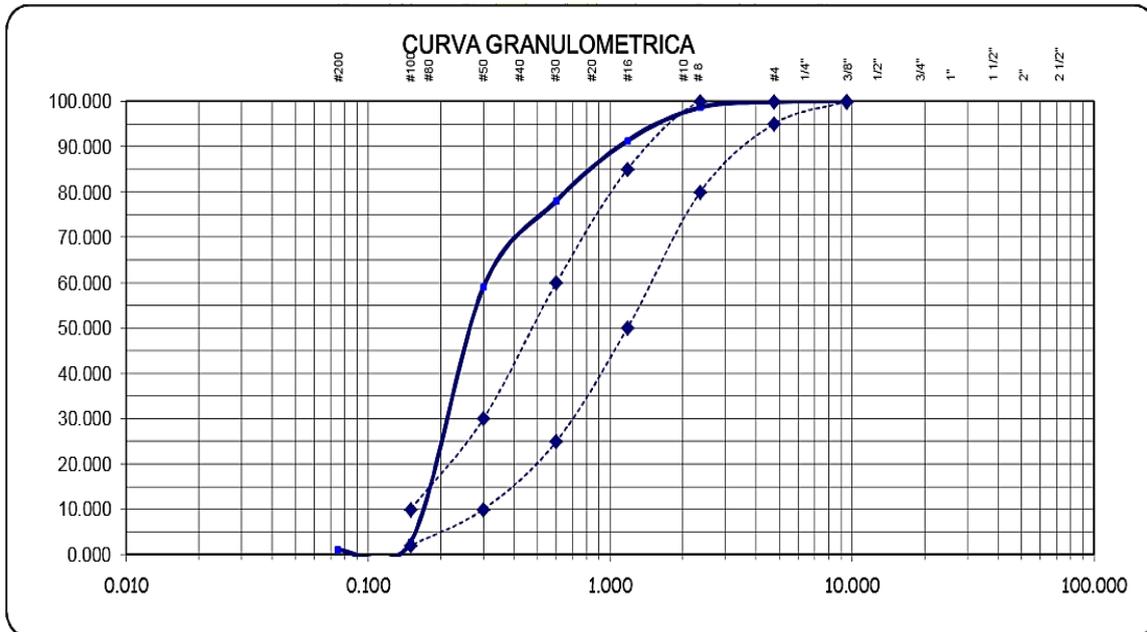


Figura 24: Curva granulométrica arena gruesa
Fuente: Elaboración propia

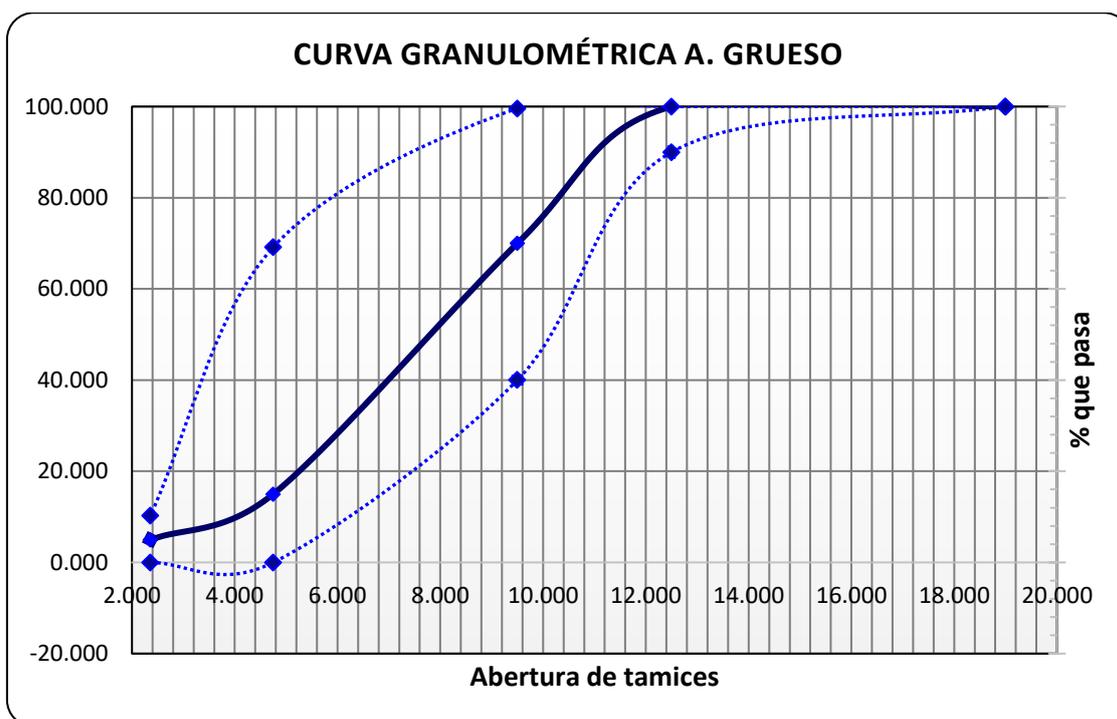
- **Interpretación:**

De acuerdo a los ensayos de granulometría del agregado fino se obtiene un módulo de fineza igual **1.70**. Este resultado puede que no cumpla con los requerimientos de módulo de fineza de una arena para la elaboración de concreto, que debería corresponder entre el rango 2.5 y 3.0; sin embargo, en este caso, se requiere que la mezcla tenga mayor cantidad de finos, para favorecer la adherencia de los agregados con las hojuelas de plástico, es por ello que la arena empleada en la preparación del bloque fue una combinación de arena gruesa y arena fina, en proporciones 1:1.

b. AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)
Tabla 14: Promedio de ensayo granulométrico del agregado grueso

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	Retenido parcial (%)	Retenido acumulado (%)	% que pasa	Módulo de fineza
1/2"	12.700	0.00	0.000	0.000	100.000	5.15
3/8"	9.500	12.00	0.400	0.400	99.600	
N° 04	4.750	912.00	30.430	30.831	69.169	
N° 08	2.360	1764.00	58.859	89.690	10.310	
N° 16	1.180	240.00	8.008	97.698	2.302	
<i>Cazoleta</i>		69.00	2.302	100.000	0.000	
<i>TOTAL</i>		2997.00	100.000	-		

Fuente: Elaboración propia


Figura 25: Curva granulométrica agregado grueso (confitillo)

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

De acuerdo a los ensayos de granulometría del agregado grueso, se obtiene un tamaño máximo de 1/2" y un tamaño máximo nominal de 3/8".

4.1.1.2 PESO ESPECÍFICO

a. AGREGADO FINO

Tabla 15: Peso específico agregado fino

<i>Muestra</i>	<i>Peso específico kg/m³</i>
<i>M1</i>	2504.14
<i>M2</i>	2551.50
<i>M3</i>	2527.70
PROMEDIO	2527.78

Fuente: Elaboración propia



Figura 26: Ensayo de peso específico de arena gruesa

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los ensayos realizados a la arena gruesa, esta posee un peso específico promedio de **2527.78 kg/m³**.

b. AGREGADO GRUESO (CONFITILLO)

Tabla 16: *Peso específico agregado grueso*

<i>Muestra</i>	<i>Peso específico kg/m³</i>
<i>M1</i>	1962.20
<i>M2</i>	1993.00
<i>M3</i>	1979.01
PROMEDIO	1978.07

Fuente: Elaboración propia



Figura 27: *Ensayo de peso específico agregado grueso*

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los ensayos realizados al agregado grueso (confitillo), este posee un peso específico promedio de **1978.07 kg/m³**.

4.1.1.3 ABSORCIÓN

c. AGREGADO FINO

Tabla 17: *Contenido de absorción agregado fino*

<i>Muestra</i>	<i>% Absorción</i>
<i>M1</i>	3.32
<i>M2</i>	2.88
<i>M3</i>	3.10
PROMEDIO	3.10

Fuente: Elaboración propia



Figura 28: Ensayo contenido de absorción agregado fino

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los ensayos realizados al agregado fino, este posee un porcentaje de absorción promedio de **3.10 %**.

d. AGREGADO GRUESO

Tabla 18: Contenido de absorción agregado grueso (confitillo)

<i>Muestra</i>	<i>% Absorción</i>
<i>M1</i>	1.47
<i>M2</i>	0.60
<i>M3</i>	1.01
PROMEDIO	1.03

Fuente: Elaboración propia



Figura 29: Ensayo contenido de absorción agregado grueso (confitillo)

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los ensayos realizados al agregado grueso, este posee un porcentaje de absorción promedio de **1.03%**.

4.1.1.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

a. AGREGADO FINO

Tabla 19: Contenido de humedad agregado fino

<i>Muestra</i>	<i>% Humedad</i>
<i>M1</i>	0.50
<i>M2</i>	0.50
<i>M3</i>	0.55
PROMEDIO	0.52

Fuente: Elaboración propia



Figura 30: Ensayo de contenido de humedad de agregados

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los ensayos realizados al agregado fino, este posee un porcentaje de contenido de humedad promedio de **0.52 %**.

b. AGREGADO GRUESO

Tabla 20: Contenido de humedad agregado grueso

<i>Muestra</i>	<i>% Humedad</i>
<i>M1</i>	0.37
<i>M2</i>	0.25
<i>M3</i>	0.30
PROMEDIO	0.31

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los ensayos realizados al agregado grueso, este posee un porcentaje de contenido de humedad promedio de **0.31 %**.

4.1.1.5 PESO UNITARIO

a. PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO FINO

Tabla 21: Peso unitario suelto - agregado fino

<i>Muestra</i>	<i>Peso unitario suelto kg/m³</i>
<i>M1</i>	1521.01
<i>M2</i>	1539.05
<i>M3</i>	1523.37
PROMEDIO	1527.81

Fuente: Elaboración propia



Figura 31: Ensayo peso unitario suelto - agregado fino

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el resultado de los ensayos anteriores, el peso unitario suelto de la arena gruesa es de **1521.81 kg/m³**, la cual cumple con la Norma NTP 400.017 que indica que el intervalo es de 1400 kg/m³ – 1600 kg/m³.

b. PESO UNITARIO SUELTO - AGREGADO GRUESO

Tabla 22: Peso unitario suelto - agregado grueso

<i>Muestra</i>	<i>Peso unitario suelto kg/m³</i>
<i>M1</i>	1520.12
<i>M2</i>	1534.91
<i>M3</i>	1505.33
PROMEDIO	1520.12

Fuente: Elaboración propia



Figura 32: Ensayo peso unitario suelto - agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el resultado de los ensayos anteriores, el peso unitario suelto del agregado grueso-confitillo es de **1520.12 kg/m³**, la cual cumple con la Norma NTP 400.017 que indica que el intervalo es de 1400 kg/m³ – 1600 kg/m³.

c. PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO FINO

Tabla 23: Peso unitario compactado - agregado fino

<i>Muestra</i>	<i>Peso unitario compactado kg/m³</i>
<i>M1</i>	1667.75
<i>M2</i>	1678.70
<i>M3</i>	1676.04
PROMEDIO	1674.16

Fuente: Elaboración propia



Figura 33: Ensayo peso unitario compactado - agregado fino

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el resultado de los ensayos anteriores, el peso unitario compactado del agregado fino es de **1674.16 kg/m³**, la cual cumple con la Norma NTP 400.017 que indica que el intervalo es de 1500 kg/m³ – 1700 kg/m³.

d. PESO UNITARIO COMPACTADO - AGREGADO GRUESO

Tabla 24: Peso unitario compactado - agregado grueso

<i>Muestra</i>	<i>Peso unitario compactado kg/m³</i>
<i>M1</i>	1657.40
<i>M2</i>	1663.02
<i>M3</i>	1679.88
PROMEDIO	1666.77

Fuente: Elaboración propia



Figura 34: Ensayo peso unitario compactado - agregado grueso

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el resultado de los ensayos anteriores, el peso unitario compactado del agregado grueso - confitillo es de **1666.77 kg/m³**, la cual cumple con la Norma NTP 400.017 que indica que el intervalo es de 1500 kg/m³ – 1700 kg/m³.

4.1.2 ENSAYOS DE LAS UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

4.1.2.1 VARIACIÓN DIMENSIONAL

- MUESTRA 0%PET

Tabla 25: Variación dimensional muestra patrón 0% PET

<i>Muestra</i>	<i>Variación Dimensional (%)</i>			
	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Espesor</i>
<i>M-1</i>	3.15	1.00	1.08	-5.88
<i>M-2</i>	3.52	1.08	1.33	0.00
<i>M-3</i>	0.19	1.25	1.17	2.94

Fuente: Elaboración propia



Figura 35: Ensayo variación dimensional muestra patrón 0% PET

Fuente: Elaboración propia

- MUESTRA 10%PET

Tabla 26: Variación dimensional muestra 10% PET

<i>Muestra</i>	<i>Variación Dimensional (%)</i>			
	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Espesor</i>
<i>M-4</i>	0.93	1.17	1.25	-2.94
<i>M-5</i>	-1.11	1.67	1.50	2.94
<i>M-6</i>	-2.41	1.67	1.67	2.94

Fuente: Elaboración propia

- **MUESTRA 20%PET**

Tabla 27: Variación dimensional muestra 20% PET

<i>Muestra</i>	<i>Variación Dimensional (%)</i>			
	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Espesor</i>
<i>M-7</i>	-0.65	1.58	1.50	-2.94
<i>M-8</i>	0.19	1.50	1.50	-2.94
<i>M-9</i>	0.00	1.42	1.75	-2.94

Fuente: Elaboración propia



Figura 36: Ensayo variación dimensional muestra 20% PET

Fuente: Elaboración propia

- **MUESTRA 30%PET**

Tabla 28: Variación dimensional muestra 30% PET

<i>Muestra</i>	<i>Variación Dimensional (%)</i>			
	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>	<i>Espesor</i>
<i>M-10</i>	-1.48	1.33	1.08	-1.47
<i>M-11</i>	-3.33	1.50	1.00	2.94
<i>M-12</i>	-1.85	1.50	1.08	4.41

Fuente: Elaboración propia



Figura 37: Ensayo variación dimensional muestra 30% PET

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, la variación dimensional máxima debe ser $\pm 7\%$ en dimensiones hasta 100mm, $\pm 6\%$ en dimensiones hasta 150mm y $\pm 4\%$ en dimensiones mayores de 150mm. Dado que nuestro bloque de diseño posee las siguientes dimensiones: largo 27cm, ancho 30cm, alto 15cm y de espesor 1.7 cm; como podemos observar en las Tablas N°25, N°26, N°27 y N°28, en todos los casos está cumpliendo con los porcentajes de variación estipulados en la normativa.

4.1.2.2 ENSAYO PORCENTAJE DE ABSORCIÓN

- **MUESTRA 0%PET**



Figura 38: Corte de los bloques para el ensayo de absorción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Porcentaje de absorción para muestra 0% PET

Muestra 0%PET	%Absorción
M-1	10.225
M-2	10.210
M-3	10.887
PROMEDIO	10.441

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, la absorción para un bloque de concreto no portante, no será mayor que 15 %. En este caso inicial, la muestra patrón sin contenido de PET, posee un porcentaje de absorción promedio de **10.441 %**, cumpliendo así con la Norma Técnica Peruana.

- **MUESTRA 10%PET**



Figura 39: Muestras sumergidas por 24 horas, ensayo absorción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Porcentaje de absorción para muestra 10% PET

Muestra 10%PET	%Absorción
M-4	10.080
M-5	10.582
M-6	10.531
PROMEDIO	10.398

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, la absorción para un bloque de concreto no portante, no será mayor que 15 %. En este caso, la muestra con un 10% PET, posee un porcentaje de absorción promedio de **10.398** %, cumpliendo así con la Norma Técnica Peruana.

- **MUESTRA 20%PET**

Tabla 31: Porcentaje de absorción para muestra 20% PET

Muestra 20%PET	%Absorción
M-7	9.524
M-8	10.005
M-9	10.280
PROMEDIO	9.936

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, la absorción para un bloque de concreto no portante, no será mayor que 15 %. En este caso, la muestra con un 20% PET, posee un porcentaje de absorción promedio de **9.936** %, cumpliendo así con la Norma Técnica Peruana.

- MUESTRA 30%PET

Tabla 32: Porcentaje de absorción para muestra 30% PET

Muestra 30%PET	%Absorción
M-10	10.217
M-11	10.347
M-12	10.156
PROMEDIO	10.240

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, la absorción para un bloque de concreto no portante, no será mayor que 15 %. En este caso, la muestra con un 30% PET, posee un porcentaje de absorción promedio de **10.240%**, cumpliendo así con la Norma Técnica Peruana.

4.1.2.3 DENSIDAD

Tabla 33: Resultados ensayos de densidad muestras 0%, 10%, 20% y 30% de PET

Muestras		Densidad (kg/m³)
0% PET	M-1	2079.349
	M-2	2034.791
	M-3	2017.893
	Promedio	2044.011
10% PET	M-4	2053.320
	M-5	2007.656
	M-6	2023.460
	Promedio	2028.145
20% PET	M-7	2054.918
	M-8	2093.186
	M-9	2137.807
	Promedio	2095.304
30% PET	M-10	2055.809
	M-11	2017.745

	M-12	2087.666
	Promedio	2053.740

Fuente: Elaboración propia



Figura 40: Secado superficial del espécimen, ensayo de densidad

- **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°33, podemos notar que, al ir adicionando los diversos porcentajes de PET a las muestras, los resultados de su densidad no se ven tan influenciados. El resultado promedio de la muestra sin PET fue 2044.011 kg/m³ y el promedio de la muestra con 30% de PET fue 2053.740 kg/m³.

4.1.2.4 CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla 34: Resultados ensayos % contenido de humedad muestras 0%, 10%, 20% y 30% de PET

Muestras		% Contenido de humedad
0% PET	M-1	17.225
	M-2	13.876
	M-3	13.575
	Promedio	14.892
10% PET	M-4	17.330
	M-5	17.568
	M-6	17.431

	Promedio	17.443
20% PET	M-7	14.286
	M-8	16.268
	M-9	17.949
	Promedio	16.167
30% PET	M-10	14.976
	M-11	15.000
	M-12	13.942
	Promedio	14.639

Fuente: Elaboración propia



Figura 41: Secado al horno de muestras, ensayo % contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°34, podemos notar que, al ir adicionando los diversos porcentajes de PET a las muestras, los resultados del porcentaje de contenido de humedad varían, desde un promedio mínimo de 14.639%, en la muestra con 30% de PET, hasta un máximo promedio de 17.443%, en la muestra con adición del 10% de PET.

4.1.2.5 ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La última prueba realizada fue la de compresión, que determina qué tanto esfuerzo soporta el bloque antes de destruirse. Es el ensayo más importante, pues determina si el bloque podrá resistir cargas suficientes para ser usado dentro en un proyecto de

construcción. La prueba se realizó con el bloque a una edad de 7 días, 14 días y 28 días, en la máquina de ensayo de compresión. Previamente al ensayo de compresión, se realizó el refrendado de cada uno de los bloques, para así obtener una superficie uniforme de contacto. Los bloques se colocaron entre dos planchas metálicas conforme a NTP 399.604, para distribuir uniformemente el esfuerzo. La máquina de ensayo arroja un valor de kilopondio (kg.f), para determinar el valor de resistencia a la compresión, ese valor de fuerza es dividido por el área de contacto en cm^2 , obteniendo el valor del esfuerzo de compresión del área bruta en kg/cm^2 .



Figura 42: Refrentado de bloques para ensayo a la compresión

Fuente: Elaboración propia

- MUESTRA “A” 0% PET

Tabla 35: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "A" 0% PET

Resistencia a la Compresión (kg/cm^2)			
Muestra	7 días	14 días	28 días
“A” 0% PET	14.65	25.37	40.19
	16.68	23.61	40.89
	14.29	28.67	37.63
Promedio	15.21	25.88	39.57
Desviación estándar	1.29	2.57	1.72
f'_b	13.92	23.31	37.85

Fuente: Elaboración propia

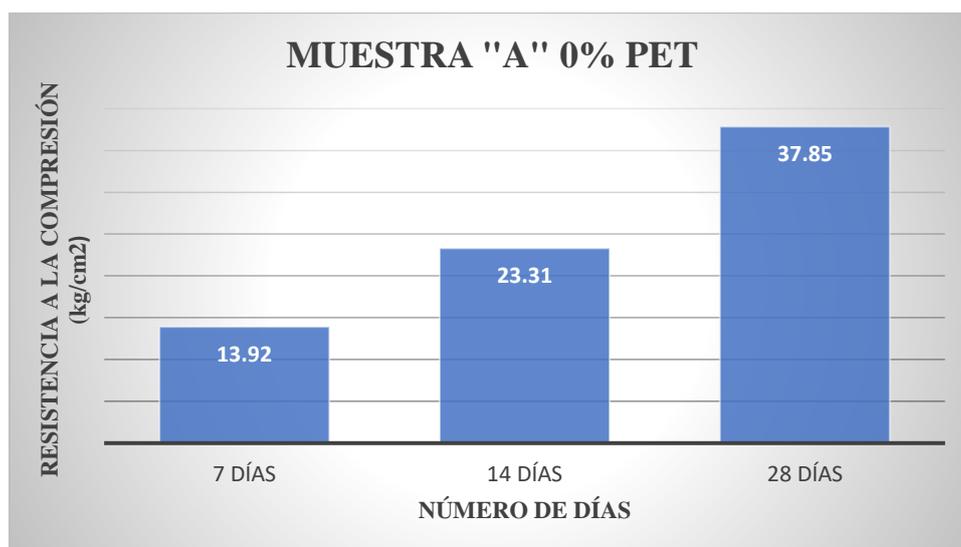


Figura 43: Gráfico resistencia a la compresión muestra A

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°35 del ensayo de resistencia a la compresión, la muestra “A”, sin adición de hojuelas de plástico reciclado, obtiene una resistencia característica a los 28 días de 37.85 kg/cm².

- **MUESTRA “B” 10% PET**

Tabla 36: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "B" 10% PET

Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
Muestra	7 días	14 días	28 días
“B” 10% PET	41.05	36.13	32.47
	37.43	36.17	38.91
	25.25	45.25	37.41
Promedio	34.58	39.18	36.26
Desviación estándar	8.28	5.25	3.37
<i>f'</i>_b	26.30	33.93	32.89

Fuente: Elaboración propia

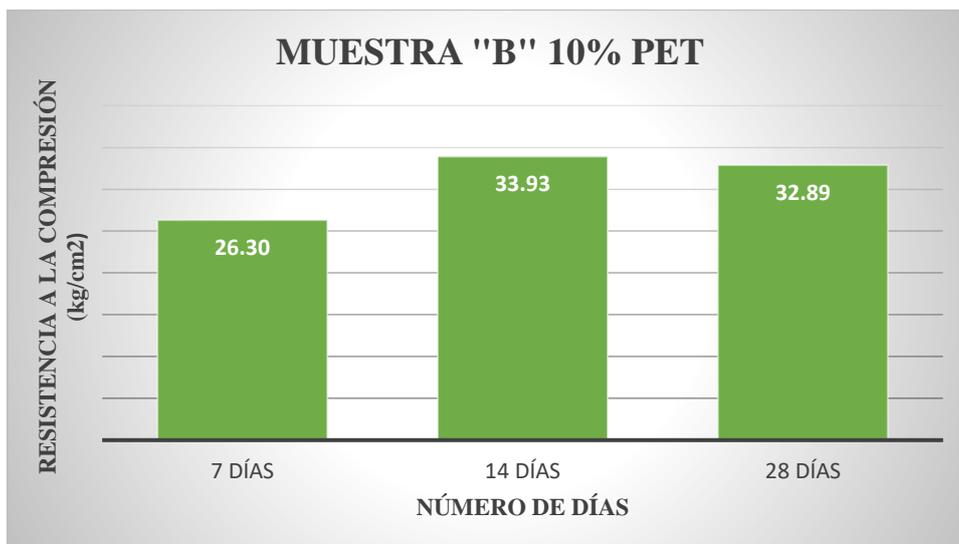


Figura 44: Gráfico resistencia a la compresión muestra "B"

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°36 del ensayo de resistencia a la compresión, la muestra “B”, con adición del 10% de PET, respecto al peso del cemento, obtiene una resistencia característica a los 28 días de 32.89 kg/cm².



Figura 45: Bloque ensayado en máquina de resistencia a la compresión, muestra B

Fuente: Elaboración propia

- MUESTRA “C” 20% PET

Tabla 37: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "C" 20% PET

Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
Muestra	7 días	14 días	28 días
“C” 20% PET	28.69	38.21	38.28
	30.55	31.27	40.68
	29.6	29.07	41.95
Promedio	29.61	32.85	40.30
Desviación estándar	0.93	4.77	1.86
f'_b	28.68	28.08	38.44

Fuente: Elaboración propia

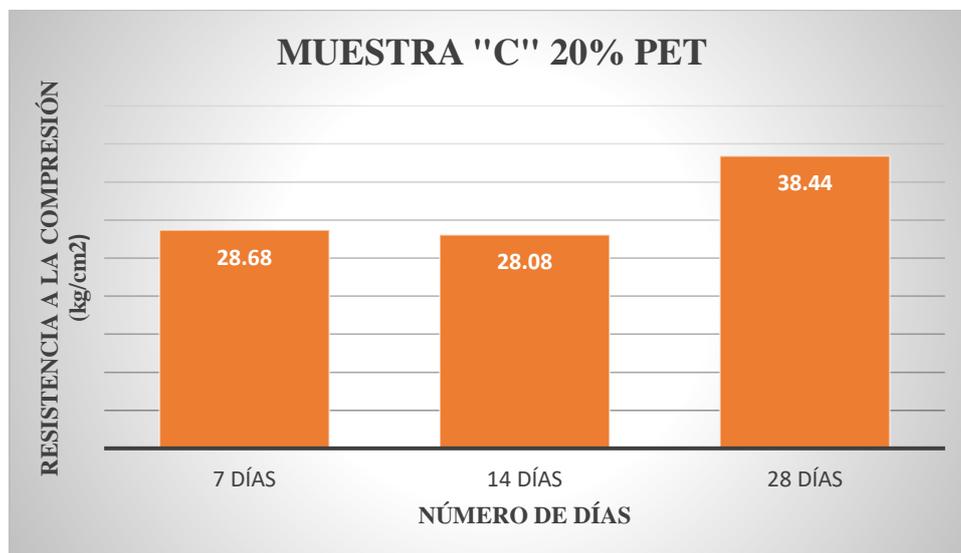


Figura 46: Gráfico resistencia a la compresión muestra "C"

Fuente: Elaboración propia

• Interpretación:

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°37 del ensayo de resistencia a la compresión, la muestra “C”, con adición del 20% de PET, respecto al peso del cemento, obtiene una resistencia característica a los 28 días de 38.44 kg/cm².



Figura 47: Ensayo a la compresión finalizado, máxima resistencia.

Fuente: Elaboración propia

- **MUESTRA “D” 30% PET**

Tabla 38: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "D" 30% PET

Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)			
Muestra	7 días	14 días	28 días
“C” 20% PET	28.28	34.58	37.92
	24.4	31.35	43.46
	27.72	30.57	35.31
Promedio	26.80	32.17	38.90
Desviación estándar	2.10	2.13	4.16
f'_b	24.70	30.04	34.73

Fuente: Elaboración propia

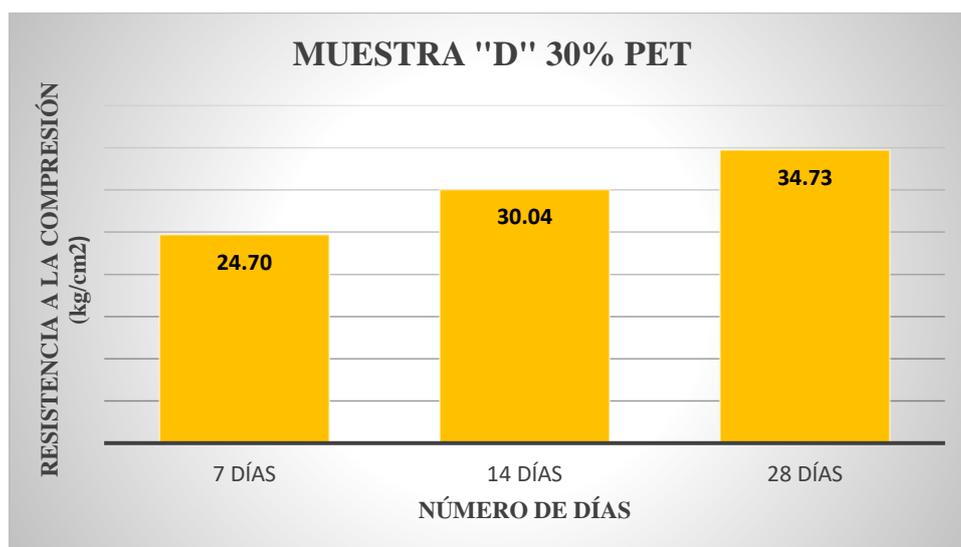


Figura 48: Gráfico resistencia a la compresión muestra "D"

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°38 del ensayo de resistencia a la compresión, la muestra “C”, con adición del 30% de PET, respecto al peso del cemento, obtiene una resistencia característica a los 28 días de 34.73 kg/cm².

- COMPARACIÓN DE RESISTENCIAS DE LAS MUESTRAS A LOS 28 DÍAS

Tabla 39: Resultados ensayo de resistencia a la compresión de las muestras A, B, C y D a los 28 días

Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	
28 días	f'_b
Muestra "A" 0% PET	37.85
Muestra "B" 10% PET	32.89
Muestra "C" 20% PET	38.44
Muestra "D" 30% PET	34.73

Fuente: Elaboración propia

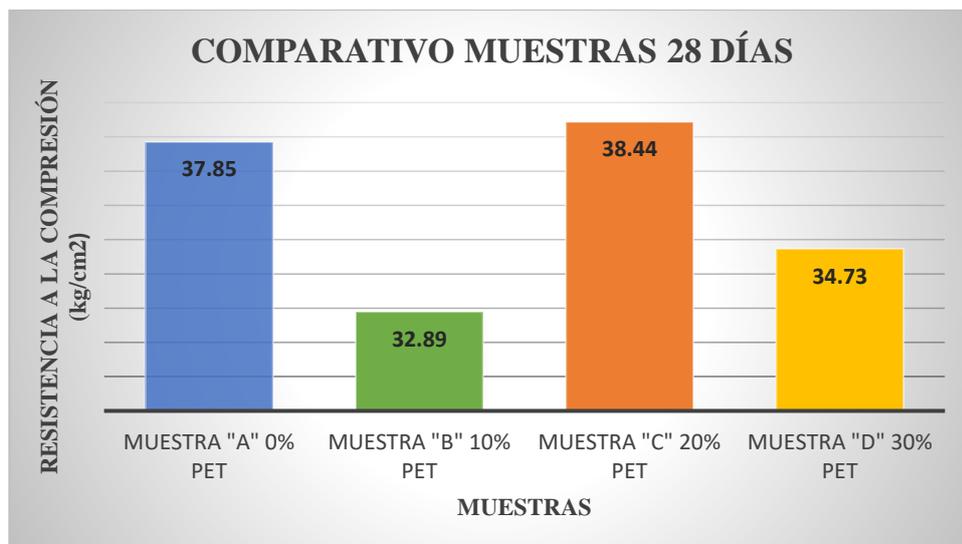


Figura 49: Gráfico comparativo de resistencias a los 28 días, muestras A, B, C y D

Fuente: Elaboración propia



Figura 50: Gráfico comparativo de incremento de resistencias, muestras A, B, C y D a los 28 días

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla N°39 y de manera representativa en las Figuras N°49 y N°50, observamos el comparativo de las resistencias; desde la muestra A, sin adición de hojuelas de plástico reciclado PET, hasta la muestra D, la cual posee una adición del 30 % de PET respecto al

peso del cemento. De los resultados obtenidos se observa que la muestra C con 20% de PET tiene un mejor comportamiento, llegando a superar en resistencia a la muestra patrón A, y las muestras B y D con 10% PET y 30%PET respectivamente.

- MUESTRA “M” BLOQUE CONVENCIONAL LADRILLERA DE LA ZONA

Tabla 40: Resultados ensayo resistencia a la compresión muestra "M" bloque convencional ladrillera de la zona

Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)		
Muestra		28 días
"M" Ladrillera Díaz	M1	32.32
	M2	37.78
	M3	27.87
Promedio		32.66
Desviación estándar		4.96
f'_b		27.69

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°40 del ensayo de resistencia a la compresión, la muestra “M”, que representa a un bloque convencional, la cual fue obtenida en una ladrillera de la zona, obtuvo una resistencia característica a los 28 días de 27.69 kg/cm².

- **COMPARATIVO MUESTRA “C” 20 % PET VS. MUESTRA “M” BLOQUE CONVENCIONAL VS. MUESTRA LADRILLO INDUSTRIAL DE ARCILLA**

Tabla 41: Resultados de resistencias muestra C vs. bloque Convencional vs. bloque Industrial

Resistencia a la Compresión (kg/cm²)	
28 días	f'_b
Muestra "C" 20% PET	38.44
Muestra "M" bloque convencional Ladrillera	27.69
Muestra bloque Industrial de arcilla	73.06

Fuente: Elaboración propia

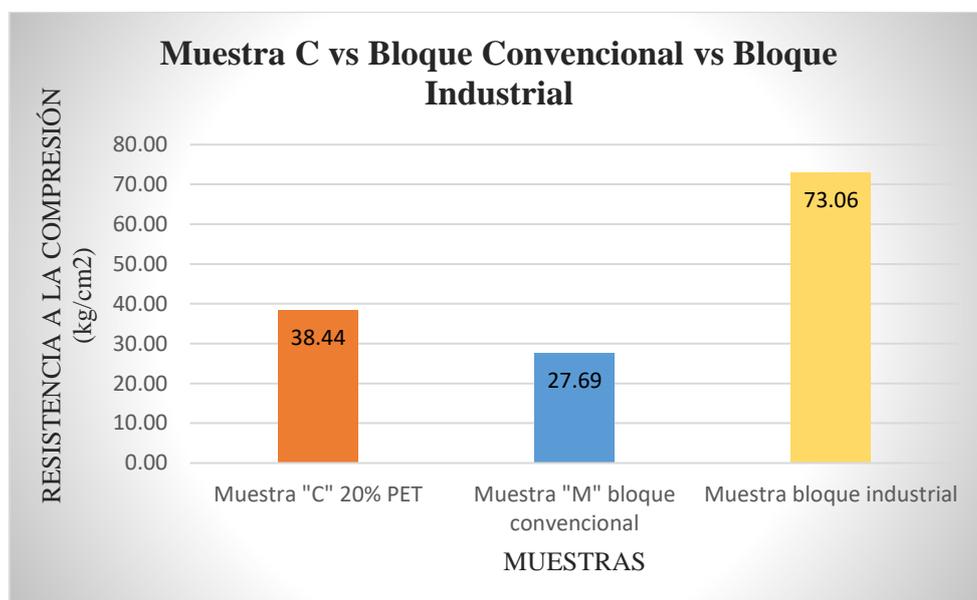


Figura 51: Gráfico comparativo de resistencia muestra C vs bloque convencional vs bloque industrial.

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los resultados de la Tabla N°41 y la Figura N°51, se observa el comparativo de resistencias a los 28 días de la muestra C, con adición del 20% de PET, de un bloque convencional, obtenido en una ladrillera de la zona, y la de un bloque industrial de arcilla. Analizando los resultados, la muestra C, con

adición del 20% de PET, es aproximadamente un 40% más resistente que un bloque convencional y aproximadamente un 47% menos resistente que un bloque industrial de arcilla.

- COMPARATIVO PESO DE BLOQUE CONVENCIONAL DE LADRILLERA VS PESO DE BLOQUE ECOLÓGICO

Tabla 42: Peso de bloque convencional vs bloque ecológico

Peso de Bloque Convencional Vs Bloque Ecológico				
Muestras	m1	m2	m3	Promedio
Peso de bloque convencional	12.156	12.180	12.158	12.165
Peso de bloque ecológico	12.058	11.924	12.01	11.997

Fuente: Elaboración propia

- Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°42, el bloque ecológico en promedio, pesa 168gr menos que el bloque convencional, es decir, es 2% menos pesado que el bloque fabricado artesanalmente en las ladrilleras de la zona.

4.1.3 ANÁLISIS DE COSTOS

Tabla 43: Análisis de precios del bloque convencional de las ladrilleras de la zona

LADRILLERAS DE LA ZONA	
	Precio S/
Materiales	851.00
Mano de obra / Utilidad	1349.00
Precio por Millar	2200.00
Precio Unitario de Bloque	2.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44: Análisis de precios del bloque ecológico con PET

BLOQUE ECOLÓGICO PET	
	Precio S/
Materiales	1221.36
Mano de obra / Utilidad	1349.00
Precio por Millar	2570.36
Precio Unitario de Bloque Ecológico	2.57

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Analizando los resultados obtenidos en las Tablas N°42 y N°43, el precio unitario del bloque convencional, fabricado en las ladrilleras de la zona, es S/ **2.20** y el precio unitario del bloque ecológico, teniendo en cuenta la dosificación y procesos descritos en la investigación, es de S/ **2.57**.

4.1.4 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

Para el siguiente análisis se tomó en cuenta una Vivienda de Interés Social (VIS), promovida por el estado. Dicha vivienda posee un área techada aproximada de 40m², de acuerdo a ello, se realizó una estimación de la cantidad de plástico reciclado necesaria para la construcción de la losa aligerada.

Tabla 45: Cantidad de bloques para techo de una Vivienda de Interés Social

Cantidad de Bloques para una (VIS)		
Área techada VIS (m ²)	cantidad por m ²	Total (und)
40.00	8.75	350.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 46: Cantidad de botellas de 600ml por Bloque Ecológico

Cantidad de Botellas de 600ml por Bloque Ecológico		
Cant. PET por bloque (gr)	Peso botella 600ml (gr)	Total
189.24	30.00	6.31

Fuente: Elaboración propia

Tabla 47: Cantidad de botellas para techo de una Vivienda de Interés Social

Cantidad de botellas para techo de una (VIS)		
Cant. Bloques(und)	Cant. Botellas 600ml/bloque	Total
350.00	6.31	2208

Fuente: Elaboración propia

- **Interpretación:**

Según los resultados obtenidos en la Tabla N°46, para una Vivienda de Interés Social, cuya área techada es 40 m², se emplearán 2208 botellas de 600ml de plástico PET reciclado.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Es factible la elaboración de bloques ecológicos de 30x30x15 cm con una dosificación (1:4:2) en cemento, arena y confitillo respectivamente, con una adición del 20% de plástico reciclado PET respecto al peso del cemento, siendo una alternativa que posee un indicador de calidad en resistencia superior a la de un bloque convencional adquirido en las ladrilleras de la zona, favoreciendo su empleo en la construcción de losas aligeradas. Entonces, la implementación de los bloques ecológicos con polímeros de plástico reciclado, pueden transformarse en una alternativa para la construcción de losas aligeradas, los cuales cumplirán con las características y normas de los sistemas convencionales constructivos y a su vez brindarían un menor peso a la estructura.
- Se establecieron los procesos óptimos para la realización de la dosificación, el mezclado de los agregados, la verificación de calidad de los mismos, el moldeado del bloque, el posterior curado y finalmente el acopio de los bloques para que posteriormente sean trasladados al lugar de construcción.

Tabla 48: Tabla resumen de los principales ensayos realizados a las unidades de albañilería

Dosificación	f'b (kg/cm ²)	Absorción (%)	Densidad (kg/m ³)	Cont. Humedad (%)
Muestra A 0%PET	37.85	10.441	2044.011	14.892
Muestra B 10%PET	32.89	10.398	2028.145	17.443
Muestra C 20%PET	38.44	9.936	2095.304	16.167
Muestra D 30%PET	34.73	10.240	2053.740	14.639

Fuente: Elaboración propia

- Se analizaron varias muestras con dosificaciones distintas: muestras “A”, “B”, “C” y “D” con adición del 0%, 10%, 20% y 30% de plástico reciclado PET respectivamente. Todas las muestras fueron sometidas a los ensayos de laboratorio, considerando finalmente, la muestra “C” como la más óptima, obteniendo el más alto valor de resistencia a la compresión a los 28 días.
- Se analizaron los resultados de las pruebas de laboratorio, sobre todo el indicador de resistencia a la compresión. Se concluye que, la muestra “C” la cual posee una adición del 20% de PET respecto al peso del cemento, posee el más alto valor de resistencia a los 28 días de todas las muestras con adiciones de plástico reciclado evaluadas. Este valor de resistencia fue de 38.44 kg/cm², siendo incluso superior a la resistencia de un bloque convencional adquirido en una ladrillera de la zona, que obtiene una resistencia característica a los 28 días de 27.69 kg/cm².
- Las muestras “B” con 10% de PET y “D” con 30% de PET obtuvieron resultados de resistencia a los 28 días de 32.89 kg/cm² y 34.73 kg/cm² respectivamente. Aunque estos valores de resistencia aún son superiores a la obtenida de un bloque convencional (27.69 kg/cm²), se descartaron por no ser lo más óptimos.
- Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, la absorción para un bloque de concreto no portante, no será mayor que 15 %. En este caso, se concluye que la muestra “C” seleccionada, la cual posee un 20% de PET, obtiene un porcentaje de absorción promedio de 9.936%, cumpliendo así con el reglamento peruano.
- Según el Reglamento Nacional de Edificaciones E-070, la variación dimensional máxima debe ser $\pm 7\%$ en dimensiones hasta 100mm, $\pm 6\%$ en

dimensiones hasta 150mm y $\pm 4\%$ en dimensiones mayores de 150mm. Dado que el bloque de diseño posee las siguientes dimensiones: largo 27cm, ancho 30cm, alto 15cm y de espesor 1.7 cm; se concluye que, como podemos observar en las Tablas N°25, N°26, N°27 y N°28, en todas las muestras evaluadas está cumpliendo con los porcentajes de variación dimensional estipulados en la normativa.

- Se concluye que la calidad de los bloques depende de cada etapa del proceso de fabricación: la selección de los agregados, la correcta determinación de la dosificación, el adecuado mezclado, moldeado y vibrado.
- Mediante la propuesta de construcción de viviendas de interés social, empleando los bloques ecológicos, se fomenta el reciclaje y reutilización de los materiales plásticos, los cuales cada año aumentan su porcentaje de fabricación a nivel mundial, por ser económico y fácil de producir, a su vez, es uno de los materiales que ocasiona mayor contaminación de los ecosistemas terrestres y marítimos.
- Por cada Vivienda de Interés Social, cuya área techada es de 40 m², entrarían aproximadamente 2208 botellas plásticas de 600ml, generando una disminución en el impacto ambiental ocasionado por estos desechos plásticos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe supervisar la calidad de los agregados involucrados en la dosificación de la mezcla, que cumplan con la granulometría requerida, estén libres de materias extrañas; asimismo que la cantidad del agua en la mezcla sea la mínima posible, evitando la variación en la relación agua-cemento y que posteriormente se vea influenciado en la pérdida de resistencia del bloque.
- Se recomienda retirar previamente todas las envolturas y los residuos líquidos de las botellas plásticas, antes del proceso de triturado y posterior a ello, lavar con agua potable el producto triturado, denominado hojuelas de plástico reciclado, para evitar materiales extraños en la mezcla que puedan afectar la resistencia final de los bloques.
- Se recomienda realizar la construcción de losas aligeradas empleando los bloques ecológicos, con adición de plástico reciclado, y evaluar su comportamiento de resistencia y durabilidad con el paso del tiempo.
- Realizar ensayos con un mayor número de muestras con otros porcentajes de plástico como adición a la mezcla y un mayor número de especímenes por cada muestra, incrementando el número de resultados y obteniendo una desviación estándar más real, elevando así, la confiabilidad de la experimentación.
- Se recomienda respecto a las dimensiones del molde metálico, en el sentido longitudinal, diseñar 3cm más de la longitud requerida, es decir, si queremos que nuestro bloque final posea dimensiones de 30x30x15 cm, el molde debe tener dimensiones de 33x30x15cm, esto debido al asentamiento de la mezcla en el proceso de desmoldado.
- Se recomienda continuar con las investigaciones empleando aditivos que favorezcan la trabajabilidad de la mezcla y el desmolde de los bloques.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1 BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, A. J., Torres, J. A., y Valle, A. W. (2021). *Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible*. Guayaquil, Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.
- Blanco, M., y Matus, I. (2012). *Guías de Laboratorio – Materiales de construcción*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Congreso de la República. (2021). *Reglamento Ley N° 31313. Desarrollo Urbano Sostenible*. Lima, Perú.
- Echeverría, E. R. (2017). *LADRILLOS DE CONCRETO CON PLÁSTICO PET RECICLADO (Tesis de grado)*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Elgegren, M. (2012). *POLIÉSTERES INSATURADOS ELABORADOS A PARTIR DEL RECICLAJE QUÍMICO DE POLI(TEREFTALATO DE ETILENO), PET, Y SU APLICACIÓN COMO MATRIZ DE ENCAPSULAMIENTO DE SALES (Tesis de grado)*. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *The New Economy Plastic*.
- Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company. (2016). *The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics*. World Economic Forum.
- Farikov, S. (2002). *Handbook of thermoplastic polymers: Homopolymers, copolymers*. Weinheim: Wiley.
- Feldman, D., y Barbalata, A. (1996). *Synthetic polymers: technology, properties*. London: Chapman and May.

Flores , V., Rojas, J., Torres , R., Vallejos , R., Flores, P., y Flores , M. (2020). *Mezclas de cemento y agregados de plástico para la construcción de viviendas ecológicas* . Sucre, Bolivia: Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca.

Florián, A. (2008). *Caracterización de la Cantera para Propagación de Señales de RF* . Puebla, México: (Tesis profesional). Capítulo 2. Universidad de las Américas Puebla.

Geyer, Jambeck, y Law. (2017). *Presente en el reporte Single Use Plastic de ONU-Medio Ambiente*.

Hidalgo, A. (2013). *TecnoOcho*. Obtenido de http://tecno8demarzo.weebly.com/uploads/5/6/7/6/56762661/t3_materiales_de_construcci%C3%93n.pdf

Jové, F. (2018). *Tema 1: LOS MATERIALES Y SUS PROPIEDADES*. España: Universidad de Valladolid.

Márquez, C. (2012). *Caracterización de un árido granítico para fabricación de hormigón*. Tesis para optar el Título de Ing. Minas. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas y.

Ministerio del Ambiente. (2020). Obtenido de Cifras del mundo y el Perú: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

Noticias ONU. (22 de Octubre de 2021). *Noticias ONU: Mirada global historias humanas*. Obtenido de Cambio climático y medio ambiente: <https://news.un.org/es/story/2021/10/1498752>

- NTP 339.185 . (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*. Lima, Perú .
- NTP 399.604. (2002). *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*.
- NTP 400.017. (1999). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado*. Lima, Perú.
- NTP 400.021 . (2013 (revisada el 2018)). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso* . Lima, Perú .
- NTP 400.022 . (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino* . Lima, Perú.
- Ondarse, D. (julio de 2021.). "*Plástico*". Argentina: Para: Concepto.de. Disponible en:
<https://concepto.de/plastico/> . .
- Piñeros, M. E., y Herrera Muriel, R. D. (2018). *PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES CON AGREGADOS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET), APLICADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA (Tesis de grado)*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Rengifo, R. R., y Romero, A. (2021). *Diseño de un prototipo de bloque de plástico reciclado, para el uso en el sistema constructivo de una vivienda - Tarapoto (Tesis de grado)*. Tarapoto, Perú: Universidad César Vallejo.
- Sanjuán, M. Á., y Chinchón Yepes, S. (s.f.). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. Universidad de Alicante.

UNE-EN 196-2. (2006). *Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos.*

UNE-EN 197-1 . (2011). *Norma Europea EN197-1.*

UNE-EN 450-1. (2008). *Cenizas volantes para hormigón. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad.*

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO I

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO FINO

✓ GRANULOMETRÍA



INGEOTECNIA CONSULTORES & EJECUTORES S.A.C.

Código Ejecutor Obras: 12776

R.U.C. 20445586537

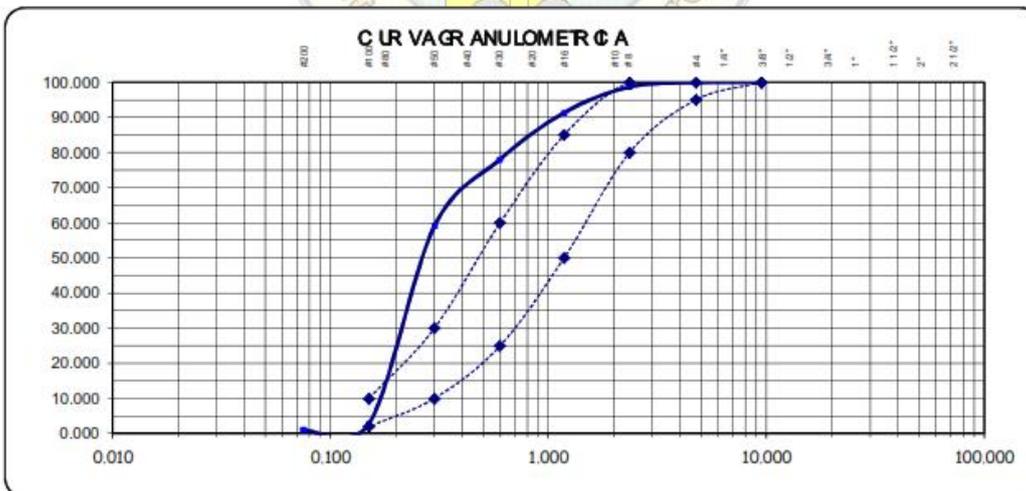
Ejecución de Obras Civiles, Metal Mecánicas, Hidráulicas, viales, portuarias y todo tipo de construcciones afines.
Alquiler y/o Venta de Bienes en General - Prestación de Servicios Generales - Asesoría y Consultoría de obras.
Suministro de Maquinaria, Equipos, Herramientas y Materiales en general - Laboratorio de Ensayos de Control de Calidad

PROYECTO : ELABORACIÓN DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLÓGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS-CHIMBOTE-2021
UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH
TESISTA : HENRY VILLENA MURGA
FECHA : 06 DE JUNIO DEL 2022
MUESTRA : ARENA

ANALISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136 / NTP 400.037)

Peso inicial seco (gr) 2186.50

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% que Pasa	Modulo de Fineza
3/8"	9.500	0.000	0.000	0.000	100.000	1.70
Nº 04	4.750	2.600	0.119	0.119	99.881	
Nº 08	2.360	26.300	1.203	1.322	98.678	
Nº 16	1.180	160.400	7.336	8.658	91.342	
Nº 30	0.600	290.800	13.300	21.957	78.043	
Nº 50	0.300	414.600	18.962	40.919	59.081	
Nº 100	0.150	1231.100	56.305	97.224	2.776	
Nº 200	0.075	36.900	1.688	98.912	1.088	
Cazoleta		23.800	1.088	100.000	0.000	
TOTAL		2186.500	100.000			



Observaciones:

- Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.
- Se recomienda un control periodico de la muestra para garantizar su homogeneidad.
- Los resultados son validos a la fecha.



[Signature]
POL RAIN AGUILAR OLGUIN
ING. CIVIL - CIP. N° 81029
CONSULTOR - REG. C4009

✓ **PESO ESPECÍFICO** (NTP 400.022 , 2013)

$$(OD), kg/m^3 = 997.5A/(B + S - C)$$

Donde:

A: masa de la muestra seca al horno, (g)

B: masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración, (g)

C: masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración, (g)

S: masa de la muestra de saturado superficialmente seca (utilizado en el procedimiento gravimétrico para la densidad y la densidad relativa (gravedad específica), o para la absorción con ambos procedimientos), (g)

Tabla 49: Anexo cuadro de datos ensayo peso específico agregado fino

Muestra	Pesos (gr)				Peso Específico (kg/m ³)
	A	B	C	S	
M-1	482	1544	1850	498	2504.14
M-2	486	1544	1854	500	2551.50
M-3	484	1544	1852	499	2527.70
Promedio					2527.78

Fuente: Elaboración propia

 ✓ **PORCENTAJE DE ABSORCIÓN** (NTP 400.022 , 2013)

$$Absorción, \% = 100 * ((S - A)/A)$$

Tabla 50: Anexo cuadro de datos ensayo absorción agregado fino

Muestra	Pesos (gr)				Absorción %
	A	B	C	S	
M-1	482	1544	1850	498	3.32
M-2	486	1544	1854	500	2.88
M-3	484	1544	1852	499	3.10
Promedio					3.10

Fuente: Elaboración propia

✓ **CONTENIDO DE HUMEDAD** (NTP 339.185 , 2013)

$$P, \% = 100 * ((W - D)/D)$$

Donde:

P: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos

D: Masa de la muestra seca en gramos

Tabla 51: Anexo cuadro de datos ensayo contenido de humedad agregado fino

Muestra	Pesos (gr)		Contenido de Humedad %
	W	D	
M-1	1998	1988	0.50
M-2	2000	1990	0.50
M-3	2000	1989	0.55
Promedio			0.52

Fuente: Elaboración propia

 ✓ **PESO UNITARIO SUELTO** (NTP 400.017, 1999)

$$M, kg/m^3 = (G - T)/V$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado, kg/m^3

G: Peso del recipiente de medida más el agregado suelto, kg

T: Peso del recipiente de medida, kg

V: Volumen de la medida, m^3

Tabla 52: Anexo cuadro de datos ensayo peso unitario suelto agregado fino

Muestra	Pesos (kg)		V(m3)	PU Suelto kg/m3
	G	T		
M-1	10.594	0.312	0.00676	1521.01
M-2	10.716	0.312	0.00676	1539.05
M-3	10.610	0.312	0.00676	1523.37
Promedio				1527.81

Fuente: Elaboración propia

✓ **PESO UNITARIO COMPACTADO** (NTP 400.017, 1999)

$$M, \text{kg/m}^3 = (G - T)/V$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado, kg/m^3

G: Peso del recipiente de medida más el agregado compactado, kg

T: Peso del recipiente de medida, kg

V: Volumen de la medida, m^3

Tabla 53: Anexo cuadro de datos ensayo peso unitario compactado agregado fino

Muestra	Pesos (kg)		V(m3)	PU Compactado kg/m3
	G	T		
M-1	11.586	0.312	0.00676	1667.75
M-2	11.660	0.312	0.00676	1678.70
M-3	11.642	0.312	0.00676	1676.04
Promedio				1674.16

Fuente: Elaboración propia

ANEXO II

CARACTERÍSTICAS DEL AGREGADO GRUESO

✓ **PESO ESPECÍFICO** (NTP 400.021 , 2013 (revisada el 2018))

$$(OD), kg/m^3 = 997.5A/(B - C)$$

Donde:

A: Masa de la muestra seca al horno, (g)

B: Masa de la muestra de ensayo de superficie saturada seca en aire, (g)

C: Masa aparente de la muestra de ensayo saturada en agua, (g)

Tabla 54: Anexo cuadro de datos ensayo peso específico agregado grueso

Muestra	Pesos (gr)			Peso Específico (kg/m ³)
	A	B	C	
M-1	2034	2064	1030	1962.20
M-2	1994	2006	1008	1993.00
M-3	1980	2000	1002	1979.01
Promedio				1978.07

Fuente: Elaboración propia

 ✓ **PORCENTAJE DE ABSORCIÓN** (NTP 400.021 , 2013 (revisada el 2018))

$$Absorción, \% = 100 * (B - A)/A$$

Tabla 55: Anexo cuadro de datos ensayo absorción agregado grueso

Muestra	Pesos (gr)			Absorción %
	A	B	C	
M-1	2034	2064	1030	1.47
M-2	1994	2006	1008	0.60
M-3	1980	2000	1002	1.01
Promedio				1.03

Fuente: Elaboración propia

✓ **CONTENIDO DE HUMEDAD** (NTP 339.185 , 2013)

$$P, \% = 100 * ((W - D)/D)$$

Donde:

P: Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W: Masa de la muestra húmeda original en gramos

D: Masa de la muestra seca en gramos

Tabla 56: Anexo cuadro de datos ensayo contenido de humedad agregado grueso

Muestra	Pesos (gr)		Contenido de Humedad %
	W	D	
M-1	2156	2148	0.37
M-2	2019	2014	0.25
M-3	2004	1998	0.30
Promedio			0.31

Fuente: Elaboración propia

 ✓ **PESO UNITARIO SUELTO** (NTP 400.017, 1999)

$$M, kg/m^3 = (G - T)/V$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado, kg/m^3

G: Peso del recipiente de medida más el agregado suelto, kg

T: Peso del recipiente de medida, kg

V: Volumen de la medida, m^3

Tabla 57: Anexo cuadro de datos ensayo peso unitario suelto agregado grueso

Muestra	Pesos (kg)		V(m3)	PU Suelto kg/m3
	G	T		
M-1	10.590	0.314	0.00676	1520.12
M-2	10.690	0.314	0.00676	1534.91
M-3	10.490	0.314	0.00676	1505.33
Promedio				1520.12

Fuente: Elaboración propia

✓ **PESO UNITARIO COMPACTADO** (NTP 400.017, 1999)

$$M, \text{kg/m}^3 = (G - T)/V$$

Donde:

M: Peso unitario del agregado, kg/m^3

G: Peso del recipiente de medida más el agregado compactado, kg

T: Peso del recipiente de medida, kg

V: Volumen de la medida, m^3

Tabla 58: Anexo cuadro de datos ensayo peso unitario compactado agregado grueso

Muestra	Pesos (kg)		V(m3)	PU Compactado kg/m3
	G	T		
M-1	11.518	0.314	0.00676	1657.40
M-2	11.556	0.314	0.00676	1663.02
M-3	11.670	0.314	0.00676	1679.88
Promedio				1666.77

Fuente: Elaboración propia

ANEXO III

ENSAYOS A UNIDADES DE ALBAÑILERÍA

✓ **VARIACIÓN DIMENSIONAL** (NTP 399.604, 2002)

Tabla 59: Anexo cuadro de datos ensayo variación dimensional muestra A 0% PET

Muestra	Dimensiones de diseño (cm)				Dimensiones reales (cm)										Variación Dimensional (%)			
	Largo	Ancho	Alto	Espesor	Largo		Ancho		Alto				Espesor Lateral		Largo	Ancho	Alto	Espesor
					L1	L2	A1	A2	H1	H2	H3	H4	E1	E2				
M-1	27.00	30.00	15.00	1.70	27.90	27.80	30.30	30.30	14.90	15.20	15.15	15.40	1.50	1.70	3.15	1.00	1.08	-5.88
M-2	27.00	30.00	15.00	1.70	27.90	28.00	30.35	30.30	14.90	15.20	15.20	15.50	1.60	1.80	3.52	1.08	1.33	0.00
M-3	27.00	30.00	15.00	1.70	26.90	27.20	30.40	30.35	15.00	15.25	15.25	15.20	1.70	1.80	0.19	1.25	1.17	2.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 60: Anexo cuadro de datos ensayo variación dimensional muestra B 10% PET

Muestra	Dimensiones de diseño (cm)				Dimensiones reales (cm)										Variación Dimensional (%)			
	Largo	Ancho	Alto	Espesor	Largo		Ancho		Alto				Espesor Lateral		Largo	Ancho	Alto	Espesor
					L1	L2	A1	A2	H1	H2	H3	H4	E1	E2				
M-4	27.00	30.00	15.00	1.70	26.70	27.80	30.40	30.30	14.90	15.30	15.25	15.30	1.60	1.70	0.93	1.17	1.25	-2.94
M-5	27.00	30.00	15.00	1.70	26.40	27.00	30.50	30.50	15.00	15.30	15.30	15.30	1.70	1.80	-1.11	1.67	1.50	2.94
M-6	27.00	30.00	15.00	1.70	26.20	26.50	30.50	30.50	14.90	15.40	15.30	15.40	1.60	1.90	-2.41	1.67	1.67	2.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 61: Anexo cuadro de datos ensayo variación dimensional muestra C 20% PET

Muestra	Dimensiones de diseño (cm)				Dimensiones reales (cm)										Variación Dimensional (%)			
	Largo	Ancho	Alto	Espesor	Largo		Ancho		Alto				Espesor Lateral		Largo	Ancho	Alto	Espesor
					L1	L2	A1	A2	H1	H2	H3	H4	E1	E2				
M-7	27.00	30.00	15.00	1.70	27.25	26.40	30.60	30.35	14.90	15.30	15.30	15.40	1.60	1.70	-0.65	1.58	1.50	-2.94
M-8	27.00	30.00	15.00	1.70	27.10	27.00	30.40	30.50	15.00	15.20	15.30	15.40	1.60	1.70	0.19	1.50	1.50	-2.94
M-9	27.00	30.00	15.00	1.70	26.90	27.10	30.40	30.45	14.90	15.50	15.35	15.30	1.65	1.65	0.00	1.42	1.75	-2.94

Fuente: Elaboración propia

Tabla 62: Anexo cuadro de datos ensayo variación dimensional muestra D 30% PET

Muestra	Dimensiones de diseño (cm)				Dimensiones reales (cm)										Variación Dimensional (%)			
	Largo	Ancho	Alto	Espesor	Largo		Ancho		Alto				Espesor Lateral		Largo	Ancho	Alto	Espesor
					L1	L2	A1	A2	H1	H2	H3	H4	E1	E2				
M-10	27.00	30.00	15.00	1.70	26.70	26.50	30.40	30.40	15.00	15.20	15.15	15.30	1.65	1.70	-1.48	1.33	1.08	-1.47
M-11	27.00	30.00	15.00	1.70	25.80	26.40	30.40	30.50	14.90	15.20	15.30	15.20	1.70	1.80	-3.33	1.50	1.00	2.94
M-12	27.00	30.00	15.00	1.70	26.70	26.30	30.50	30.40	14.90	15.20	15.25	15.30	1.75	1.80	-1.85	1.50	1.08	4.41

Fuente: Elaboración propia

✓ **ABSORCIÓN** (NTP 399.604, 2002)

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

Donde:

Ws: peso saturado del espécimen, (kg)

Wi: peso sumergido del espécimen, (kg)

Wd: peso seco al horno del espécimen, (kg)

Tabla 63: Anexo cuadro de datos ensayo absorción muestra A 0% PET

Muestra	Pesos (kg)			%Absorción
	Wi	Ws	Wd	
M-1	2.540	4.506	4.088	10.225
M-2	2.500	4.512	4.094	10.210
M-3	2.490	4.502	4.060	10.887
Promedio				10.441

Fuente: Elaboración propia

Tabla 64: Anexo cuadro de datos ensayo absorción muestra B 10% PET

Muestra	Pesos (kg)			%Absorción
	Wi	Ws	Wd	
M-4	2.600	4.663	4.236	10.080
M-5	2.550	4.640	4.196	10.582
M-6	2.530	4.576	4.140	10.531
Promedio				10.398

Fuente: Elaboración propia

Tabla 65: Anexo cuadro de datos ensayo absorción muestra C 20% PET

Muestra	Pesos (kg)			%Absorción
	Wi	Ws	Wd	
M-7	2.505	4.508	4.116	9.524
M-8	2.600	4.596	4.178	10.005
M-9	2.650	4.602	4.173	10.280
Promedio				9.936

Fuente: Elaboración propia

Tabla 66: Anexo cuadro de datos ensayo absorción muestra D 30% PET

Muestra	Pesos (kg)			%Absorción
	Wi	Ws	Wd	
M-10	2.495	4.466	4.052	10.217
M-11	2.350	4.266	3.866	10.347
M-12	2.550	4.512	4.096	10.156
Promedio				10.240

Fuente: Elaboración propia

- ✓ **DENSIDAD** (NTP 399.604, 2002)

$$Densidad (D), kg/m^3 = (Wd / (Ws - Wi)) * 1000$$

Donde:

Wi: peso sumergido del espécimen, (kg)

Wd: peso seco al horno del espécimen, (kg)

Ws: peso saturado del espécimen, (kg)

Tabla 67: Anexo cuadro de datos ensayo de densidad muestra A 0% PET

Muestra	Pesos (kg)			Densidad (kg/m ³)
	Wi	Ws	Wd	
M-1	2.540	4.506	4.088	2079.349
M-2	2.500	4.512	4.094	2034.791
M-3	2.490	4.502	4.060	2017.893
Promedio				2044.011

Fuente: Elaboración propia

Tabla 68: Anexo cuadro de datos ensayo de densidad muestra B 10% PET

Muestra	Pesos (kg)			Densidad (kg/m ³)
	Wi	Ws	Wd	
M-4	2.600	4.663	4.236	2053.320
M-5	2.550	4.640	4.196	2007.656
M-6	2.530	4.576	4.140	2023.460
Promedio				2028.145

Fuente: Elaboración propia

Tabla 69: Anexo cuadro de datos ensayo de densidad muestra C 20% PET

Muestra	Pesos (kg)			Densidad (kg/m ³)
	Wi	Ws	Wd	
M-7	2.505	4.508	4.116	2054.918
M-8	2.600	4.596	4.178	2093.186
M-9	2.650	4.602	4.173	2137.807
Promedio				2095.304

Fuente: Elaboración propia

Tabla 70: Anexo cuadro de datos ensayo de densidad muestra D 30% PET

Muestra	Pesos (kg)			Densidad (kg/m ³)
	Wi	Ws	Wd	
M-10	2.495	4.466	4.052	2055.809
M-11	2.350	4.266	3.866	2017.745
M-12	2.550	4.512	4.096	2087.666
Promedio				2053.740

Fuente: Elaboración propia

✓ **CONTENIDO DE HUMEDAD** (NTP 399.604, 2002)

$$\text{Contenido de humedad, \%} = ((Wr - Wd)/(Ws - Wd)) * 100$$

Donde:

Wr: peso recibido de la unidad, (kg)

Wd: peso seco al horno de la unidad, (kg)

Ws: peso saturado de la unidad, (kg)

Tabla 71: Anexo cuadro de datos ensayo de contenido de humedad muestra A 0% PET

Muestra	Pesos (kg)				% Contenido de Humedad
	Wr	Wi	Ws	Wd	
M-1	4.160	2.540	4.506	4.088	17.225
M-2	4.152	2.500	4.512	4.094	13.876
M-3	4.120	2.490	4.502	4.060	13.575
Promedio					14.892

Fuente: Elaboración propia

Tabla 72: Anexo cuadro de datos ensayo de contenido de humedad muestra B 10% PET

Muestra	Pesos (kg)				% Contenido de Humedad
	Wr	Wi	Ws	Wd	
M-4	4.310	2.600	4.663	4.236	17.330
M-5	4.274	2.550	4.640	4.196	17.568
M-6	4.216	2.530	4.576	4.140	17.431
Promedio					17.443

Fuente: Elaboración propia

Tabla 73: Anexo cuadro de datos ensayo de contenido de humedad muestra C 20% PET

Muestra	Pesos (kg)				% Contenido de Humedad
	Wr	Wi	Ws	Wd	
M-7	4.172	2.505	4.508	4.116	14.286
M-8	4.246	2.600	4.596	4.178	16.268
M-9	4.250	2.650	4.602	4.173	17.949
Promedio					16.167

Fuente: Elaboración propia

Tabla 74: Anexo cuadro de datos ensayo de contenido de humedad muestra D 30% PET

Muestra	Pesos (kg)				% Contenido de Humedad
	Wr	Wi	Ws	Wd	
M-10	4.114	2.495	4.466	4.052	14.976
M-11	3.926	2.350	4.266	3.866	15.000
M-12	4.154	2.550	4.512	4.096	13.942
Promedio					14.639

Fuente: Elaboración propia

✓ **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN** (NTP 399.604, 2002)

- Muestra “A” 0% PET 7 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLASTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-01
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA ROTURA: 20/06/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra A1	310.0	239.96	161.04	743.88	235.16
2 Muestra A2	305.0	243.55	160.91	742.83	238.68
3 Muestra A3	304.0	246.07	161.95	748.05	241.15
PROMEDIO	306.33	243.19	161.30	744.92	238.33

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		UNIDAD	AREA DE VACIOS (%)
	VACIOS			
1 Muestra A1	5595.87		11979.38	46.71
2 Muestra A2	5545.63		11952.84	46.40
3 Muestra A3	5575.95		12114.72	46.03
PROMEDIO	5572.48		12015.64	46.38

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra A1	3445	4.63	14.65
2 Muestra A2	3980	5.36	16.68
3 Muestra A3	3445	4.61	14.29
PROMEDIO	3622.89	4.86	15.20

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 16907



- Muestra “A” 0% PET 14 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-04
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 27/06/2022

**ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67**

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra A4	301.9	242.1	161.0	730.90	237.26
2 Muestra A5	303.6	240.9	158.9	731.37	236.08
3 Muestra A6	303.4	245.5	161.7	744.85	240.59
PROMEDIO	302.97	242.83	160.53	735.71	237.98

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		UNIDAD	AREA DE VACIOS (%)
	VACIOS			
1 Muestra A4	5430.06		11767.49	46.14
2 Muestra A5	5448.19		11621.51	46.88
3 Muestra A6	5546.83		12044.18	46.05
PROMEDIO	5475.03		11811.06	46.36

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra A4	6019	8.24	25.37
2 Muestra A5	5574	7.62	23.61
3 Muestra A6	6897	9.26	28.67
PROMEDIO	6163.33	8.37	25.88

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 19007



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

- Muestra “A” 0% PET 28 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-09
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 13/07/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra A7	303.9	232.0	164.3	705.05	227.36
2 Muestra A8	306.0	232.8	162.7	712.37	228.14
3 Muestra A9	305.0	231.1	164.2	704.86	226.48
PROMEDIO	304.97	231.97	163.73	707.42	227.33

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra A7	5254.57	11583.94	45.36
2 Muestra A8	5326.46	11590.23	45.96
3 Muestra A9	5262.15	11573.72	45.47
PROMEDIO	5281.06	11582.63	45.59

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra A7	9138	12.96	40.19
2 Muestra A8	9329	13.10	40.89
3 Muestra A9	8522	12.09	37.63
PROMEDIO	8996.33	12.72	39.57

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIV. N° 15007



• Muestra “B” 10% PET 7 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-02
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 22/06/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra B1	300.5	244.18	160.99	733.76	239.30
2 Muestra B2	301.1	244.45	160.50	736.04	239.56
3 Muestra B3	304.5	239.95	159.52	730.65	235.15
PROMEDIO	302.03	242.86	160.34	733.48	238.00

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra B1	5439.11	11812.82	46.04
2 Muestra B2	5461.26	11813.43	46.23
3 Muestra B3	5450.46	11655.29	46.76
PROMEDIO	5450.28	11760.51	46.35

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra B1	9824	13.39	41.05
2 Muestra B2	8966	12.18	37.43
3 Muestra B3	5938	8.13	25.25
PROMEDIO	8242.67	11.23	34.58

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 16067



• Muestra “B” 10% PET 14 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-05
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 30/06/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra B4	301.8	232.1	162.6	700.48	227.46
2 Muestra B5	304.9	231.9	164.3	707.06	227.26
3 Muestra B6	302.5	229.7	162.4	694.84	225.11
PROMEDIO	303.07	231.23	163.10	700.79	226.61

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra B4	5203.22	11389.77	45.68
2 Muestra B5	5277.81	11617.05	45.43
3 Muestra B6	5167.10	11284.24	45.79
PROMEDIO	5216.04	11430.35	45.64

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra B4	8219	11.73	36.13
2 Muestra B5	8219	11.62	36.17
3 Muestra B6	10187	14.66	45.25
PROMEDIO	9203.18	12.67	39.18

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. C.O.F. N° 116087



- Muestra “B” 10% PET 28 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-08
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 13/07/2022

**ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67**

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra B7	305.2	230.7	165.0	704.10	226.09
2 Muestra B8	304.0	233.8	164.7	710.75	229.12
3 Muestra B9	306.6	221.4	164.9	678.81	216.97
PROMEDIO	305.27	228.63	164.87	697.89	224.06

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra B7	5258.11	11617.59	45.26
2 Muestra B8	5297.91	11706.09	45.26
3 Muestra B9	5080.24	11193.62	45.39
PROMEDIO	5212.09	11505.76	45.30

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra B7	7341	10.43	32.47
2 Muestra B8	8916	12.54	38.91
3 Muestra B9	8118	11.96	37.41
PROMEDIO	8125.00	11.64	36.27

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 115087



• Muestra “C” 20% PET 7 días



KAE Ingeniería

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-03
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 24/06/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra C1	306.3	240.59	164.81	736.93	235.78
2 Muestra C2	305.5	243.80	161.84	744.81	238.92
3 Muestra C3	303.5	243.65	164.01	739.48	238.78
PROMEDIO	305.10	242.68	163.55	740.40	237.83

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra C1	5512.64	12145.30	45.39
2 Muestra C2	5564.74	12053.99	46.17
3 Muestra C3	5507.71	12128.17	45.41
PROMEDIO	5528.36	12109.15	45.66

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra C1	6765	9.18	28.69
2 Muestra C2	7300	9.80	30.55
3 Muestra C3	7068	9.56	29.60
PROMEDIO	7044.33	9.51	29.62

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.



Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. COE N° 15087



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

- Muestra “C” 20% PET 14 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-06 PÁGINA N°: 01 de 02
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 02/07/2022

**ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67**

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra C4	306.2	233.8	165.7	715.90	229.12
2 Muestra C5	303.8	232.6	161.9	706.64	227.95
3 Muestra C6	305.7	232.9	166.7	711.98	228.24
PROMEDIO	305.23	233.10	164.77	711.50	228.44

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra C4	5354.49	11862.39	45.14
2 Muestra C5	5265.60	11440.48	46.03
3 Muestra C6	5321.07	11868.63	44.83
PROMEDIO	5313.72	11723.83	45.33

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra C4	8754	12.23	38.21
2 Muestra C5	7129	10.09	31.27
3 Muestra C6	6634	9.32	29.07
PROMEDIO	7505.67	10.54	32.85

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Miguel Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIE N° 015067



- Muestra “C” 20% PET 28 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLASTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-11
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 16/07/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra C7	306.7	233.1	162.3	714.92	228.44
2 Muestra C8	307.5	232.5	162.0	714.94	227.85
3 Muestra C9	300.7	232.6	160.4	699.43	227.95
PROMEDIO	304.97	232.73	161.57	709.76	228.08

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra C7	5351.28	11603.11	46.12
2 Muestra C8	5357.96	11581.99	46.26
3 Muestra C9	5186.28	11218.83	46.23
PROMEDIO	5298.51	11467.98	46.20

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f _b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra C7	8744	12.23	38.28
2 Muestra C8	9269	12.96	40.68
3 Muestra C9	9562	13.67	41.95
PROMEDIO	9191.67	12.96	40.30

f_b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 119087



- Muestra “D” 30% PET 7 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-06
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 02 de 02
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 02/07/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
4 Muestra D1	305.5	229.2	166.3	700.21	224.62
5 Muestra D2	305.6	230.2	161.8	703.49	225.60
6 Muestra D3	303.6	232.7	164.6	706.48	228.05
PROMEDIO	304.90	230.70	164.23	703.39	226.09

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
4 Muestra D1	5231.49	11644.43	44.93
5 Muestra D2	5256.85	11382.49	46.18
6 Muestra D3	5262.74	11628.61	45.26
PROMEDIO	5250.36	11551.84	45.46

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
4 Muestra D1	6352	9.07	28.28
5 Muestra D2	5504	7.82	24.40
6 Muestra D3	6321	8.95	27.72
PROMEDIO	5912.54	8.61	26.80

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Ingeniero Civil
Miguel Alfonso Herrera Lázaro
REG. CIP N° 15087



Pje. Fátima - Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com

- Muestra “D” 30% PET 14 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-07
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 09/07/2022

**ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67**

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra D6	303.0	233.6	162.7	707.81	228.93
2 Muestra D5	305.1	230.4	163.9	702.95	225.79
3 Muestra D4	306.0	231.8	165.7	709.31	227.16
PROMEDIO	304.70	231.93	164.10	706.69	227.29

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra D6	5267.68	11516.04	45.74
2 Muestra D5	5248.74	11521.36	45.56
3 Muestra D4	5303.58	11753.23	45.12
PROMEDIO	5273.34	11596.88	45.47

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra D6	6998	9.89	30.57
2 Muestra D5	7078	10.07	31.35
3 Muestra D4	7856	11.08	34.58
PROMEDIO	7467.02	10.34	32.17

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CH. N° 110067



- Muestra “D” 30% PET 28 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLÓGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-12 PÁGINA N°: 01 de 01
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 23/07/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra D7	305.0	231.5	162.5	706.02	448.02
2 Muestra D8	304.0	234.2	161.9	711.95	457.86
3 Muestra D9	308.5	230.5	164.1	710.94	463.88
PROMEDIO	305.83	232.07	162.83	709.71	227.43

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra D7	5271.26	11473.72	45.94
2 Muestra D8	5306.97	11526.76	46.04
3 Muestra D9	5337.23	11669.03	45.74
PROMEDIO	5305.15	11556.50	45.91

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra D7	8603	12.18	37.92
2 Muestra D8	9975	14.01	43.46
3 Muestra D9	7977	11.22	35.31
PROMEDIO	8851.67	12.47	38.90

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Víctor Alfonso Huérfano Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CH. N° 15087



- Muestra “M” bloque convencional ladrillera Díaz 28 días



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-10
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA: 16/07/2022

**ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67**

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra M1	307.8	239.1	135.2	735.95	234.32
2 Muestra M2	307.8	225.5	135.1	694.09	220.99
3 Muestra M3	307.6	233.7	134.9	718.86	229.03
PROMEDIO	307.73	232.77	135.07	716.30	228.11

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra M1	4013.05	9950.04	40.33
2 Muestra M2	3784.79	9377.14	40.36
3 Muestra M3	3918.68	9697.44	40.41
PROMEDIO	3905.51	9674.87	40.37

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f'b (kg/cm2)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra M1	7573	10.29	32.32
2 Muestra M2	8350	12.03	37.78
3 Muestra M3	6382	8.88	27.87
PROMEDIO	7435.00	10.40	32.66

f'b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm2

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087



• **Muestra Bloque Industrial de arcilla**



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	: ELABORACION DE PROTOTIPO DE BLOQUE ECOLOGICO CON PLÁSTICO RECICLADO PARA LOSAS ALIGERADAS - CHIMBOTE 2021	REGISTRO: CC-EPB-RC-03
SOLICITA	: HENRY VILLENA MURGA	PÁGINA N°: 01 de 01
UBICACIÓN	: Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA ROTURA: 22/06/2022

ENSAYOS EN LADRILLOS DE CONCRETO
ASTM C-67

TABLA N°01 CARACTERISTICAS GEOMETRICAS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	DIMENSIONES (mm)			AREA (cm2)	
	L	A	H	BRUTA	NETA
1 Muestra N°01 Ladrillo de Arcilla Pirámide	298.7	242.03	145.49	722.82	181.52
PROMEDIO	298.65	242.03	145.49	722.82	181.52

TABLA N°02 AREA DE VACIOS

IDENTIFICACION ESPECIMEN	VOLUMEN (cm3)		AREA DE VACIOS
	VACIOS	UNIDAD	(%)
1 Muestra N°01 Ladrillo de Arcilla Pirámide	5683.65	10516.35	54.05
PROMEDIO	5683.65	10516.35	54.05

TABLA N°03 COMPRESION DE UNIDADES

IDENTIFICACION ESPECIMEN	P max (Kg)	f _b (kg/cm ²)	
		BRUTA	NETA
1 Muestra N°01 Ladrillo de Arcilla Pirámide	13262	18.35	73.06
PROMEDIO	13262	18.35	73.06

f_b: Resistencia a la compresion de la unidad, referida al area bruta y neta, en kg/cm²

Observacion: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Victor Alfonso Herrera Lazaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 15087



ANEXO IV

ANÁLISIS DE COSTOS

✓ **PRECIO DEL BLOQUE ECOLÓGICO**

Tabla 75: Anexo precio de materiales por millar, bloque convencional

Precio de Materiales por Millar, Ladrilleras de la Zona				
Componentes	Und	Cantidad	Precio U.	Parcial
Cemento	bls	19.790	26.00	514.54
A. Fino	m3	3.623	26.00	94.20
A. Grueso	m3	2.818	70.00	197.26
Agua	m3	2.25	20	45.00
TOTAL				851.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 76: Anexo precio de materiales por millar, bloque ecológico

Precio de Materiales por Millar Bloque con PET				
Componentes	Und	Cantidad	Precio U.	Parcial
Cemento	bls	22.270	26.00	579.02
A. Fino	m3	3.624	26.00	94.22
A. Grueso	m3	1.812	70.00	126.84
PET	kg	189.240	2.00	378.48
Agua	m3	2.14	20.00	42.80
TOTAL				1221.36

Fuente: Elaboración propia

Tabla 77: Anexo precio de bloque convencional de las ladrilleras de la zona

LADRILLERAS DE LA ZONA	
	Precio S/
Materiales	851.00
Mano de obra / Utilidad	1349.00
Precio por Millar	2200.00
Precio Unitario de Bloque	2.20

Fuente: Elaboración propia

Tabla 78: Anexo cálculo de precio del bloque ecológico con PET

BLOQUE ECOLÓGICO PET	
	Precio S/
Materiales	1221.36
Mano de obra / Utilidad	1349.00
Precio por Millar	2570.36
Precio Unitario de Bloque Ecológico	2.57

Fuente: Elaboración propia

ANEXO IV

PANEL FOTOGRAFICO

✓ ANÁLISIS DE LOS MATERIALES



Figura 52: Triturado y lavado de las botellas plásticas recicladas

Fuente: Elaboración propia



Figura 53: Análisis granulométrico de los agregados

Fuente: Elaboración propia



Figura 54: Pesos de fiola con agua y agregado saturado, ensayo de peso específico agregado fino.

Fuente: Elaboración propia



Figura 55: Obtención de peso seco de la muestra de agregado fino, mediante cocina

Fuente: Elaboración propia



Figura 56: Empleo de pistola de calor para obtener muestra saturada superficialmente seca, ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia



Figura 57: Muestra saturada superficialmente seca, para ensayo de absorción del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia



Figura 58: Secado al horno microondas de muestras para ensayo de contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia



Figura 59: Ensayos de peso unitario suelto y compactado, agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia



Figura 60: Ensayos de peso unitario suelto y compactado, agregado fino

Fuente: Elaboración propia



Figura 61: Método para hallar el volumen del recipiente.

Fuente: Elaboración propia

✓ **PROCESO DE ELABORACIÓN DEL BLOQUE**



Figura 62: Molde metálico diseñado para la elaboración del bloque

Fuente: Elaboración propia



Figura 63: Dosificación en peso de los materiales de acuerdo al tipo de muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura 64: Mezclado mecánico de los materiales empleando mezcladora tipo trompo

Fuente: Elaboración propia



Figura 65: Moldeado y vibrado del bloque

Fuente: Elaboración propia



Figura 66: Bloques recién desmoldados

Fuente: Elaboración propia



Figura 67: Curado de bloques

Fuente: Elaboración propia

✓ **ENSAYOS CLASIFICATORIOS Y NO CLASIFICATORIOS DE LAS
UNIDADES DE ALBAÑILERÍA**



Figura 68: Ensayo de variación dimensional a unidades de albañilería

Fuente: Elaboración propia



Figura 69: Corte con disco y amoladora para obtener muestras

Fuente: Elaboración propia



Figura 70: Muestras sumergidas durante 24 horas para obtener el peso saturado superficialmente seco.

Fuente: Elaboración propia



Figura 71: Medición del peso sumergido de las muestras

Fuente: Elaboración propia



Figura 72: Peso seco al horno de las muestras

Fuente: Elaboración propia



Figura 73: Refrentado de unidades de albañilería

Fuente: Elaboración propia



Figura 74: Unidades de albañilería refrentadas 48 horas antes del ensayo a compresión.

Fuente: Elaboración propia



Figura 75: Maquina para ensayo de resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia



Figura 76: Tipos de fallas presentadas en los bloques al alcanzar su máxima resistencia.

Fuente: Elaboración propia



Figura 77: Culminación de ensayos de resistencia a la compresión

Fuente: Elaboración propia



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, **Janet Verónica Saavedra Vera**, docente de

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
-----------	----------	--	-----------	--	------------	----------

Departamento Académico	Civil y Sistemas					
------------------------	-------------------------	--	--	--	--	--

Escuela de Posgrado	Maestría:		Doctorado	
---------------------	-----------	--	-----------	--

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa. Asesor / Unidad de Investigación revisora del trabajo de Investigación intitulado:

**“Elaboración de prototipo de bloque ecológico con plástico reciclado para losas aligeradas
Chimbote – 2021”**

Del docente:

De la escuela / departamento académico: **Ingeniería Civil**

Constato que la investigación presentada tiene un porcentaje de similitud del el cual se verifica con el reporte de originalidad de la aplicación Turnitin adjunto.

Quién suscribe la presente, declaro el haber analizado dicho reporte y concluyo que las coincidencias detectadas no se conforman como plagio. A mi claro saber y entender, la investigación cumple con las normas de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional del Santa.

Nuevo Chimbote, 28 de Febrero del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos del Asesor **Janet Verónica Saavedra Vera**

DNI: **32964440**



DECLARACION JURADA DE AUTORÍA

Yo, **Henry Villena Murga**, bachiller de la

Facultad:	Ciencias		Educación		Ingeniería	X
Escuela Profesional:	Ingeniería Civil					
Departamento Académico:	Civil y Sistemas					
Escuela de Posgrado	Maestría			Doctorado		

Programa:

De la Universidad Nacional del Santa; Declaro que el trabajo de investigación titulado:

“Elaboración de prototipo de bloque ecológico con plástico reciclado para losas aligeradas Chimbote – 2021”

presentado en folios, para la obtención del Grado académico: ()

Título profesional: (**X**) Investigación anual: ()

- He citado todas las fuentes empleadas, no he utilizado otra fuente distinta a las declaradas en el presente trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido presentado con anterioridad ni completa ni parcialmente para la obtención de grado académico o título profesional.
- Comprendo que el trabajo de investigación será público y por lo tanto sujeto a ser revisado electrónicamente para la detección de plagio por el VRIN.
- De encontrarse uso de material intelectual sin el reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el proceso disciplinario.

Nuevo Chimbote, 28 de Febrero del 2023

Firma:

Nombres y Apellidos: **Henry Villena Murga**

DNI: **76324891**