

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Análisis de esfuerzo de carga en el Ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la Provincia de Abancay-Apurímac, 2022.

Asesor:

Dra. Vera Teves, Rosa Marina

Autor:

Vilca Ticona, Edgar William

Para optar el título profesional de: Ingeniero Civil

Abancay - Apurímac - Perú

2025

Acta de sustentación



**Universidad
Tecnológica de los Andes**

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 053



En la ciudad de Abancay, a los veinte días del mes de agosto del 2025, siendo las 11:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0655-2025-EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 08 de agosto del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	MS.c. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante :	Ing. Cayo Baca, Holguer
Replicante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Análisis de esfuerzo de carga en el ladrillo King Kong de concreto incorporando vidrio sodocalcico reciclado en la Provincia de Abancay – Apurímac, 2022

Desarrollado por las (los) Bachilleres (es):

Br: Vilca Ticona, Edgar William

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Vilca Ticona, Edgar William	Aprobado

Siendo las 12:15m horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MS.c. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

(.....)

Dictaminante: Ing. Cayo Baca, Holguer

(.....)

Replicante: Ing. Gamarra Mota, Rubén

(.....)

Abancay 26 de agosto del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 349

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

(*): Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud






23% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el Informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 20%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de Integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos

Datos del autor		
Nombres y Apellidos	:	Vilca Ticona, Edgar William
Tipo de Documento de identidad	:	DNI
Numero de Documento de identidad	:	31053935
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0002-5544-4843
Datos del Asesor		
Nombres y apellidos	:	Dra. Vera Teves, Rosa Marina
Tipo de Documento de identidad	:	DNI
Numero de Documento de identidad	:	45400628
URL ORCID	:	https://orcid.org/0000-0001-6401-416X
Datos de la Investigación		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años que se realizó la investigación	:	2022
Fuente de financiamiento	:	Autofinanciado
Porcentaje de Similitud	:	23%
URL de OCDE	:	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

Dedico el presente a Dios Jehová de los ejércitos, a mi Mamá Juanita Ticona de Vilca, a mi linda esposa Elizabeth Pacheco Ramos y a mis cuatro lindas hijas, Edeli Esperanza Vilca Pacheco, Jana Loyda Vilca Pacheco, Hefziba Vilca Pacheco y Elizabeth Valeria Vilca Pacheco, quienes son el motor y motivo de mi superación y de esta manera hacer realidad el tan anhelado sueño que tuve desde muy niño de ser un gran profesional que esté al servicio de Dios y de la comunidad.

Edgar William Vilca Ticona.

Agradecimiento

A Dios porque siempre está acompañándome en todo momento más aun en mi formación profesional, agradeciendo a la plana administrativa y educadores de la escuela de ingeniería civil UTEA, que supieron guiarme en mi formación profesional que Dios les Bendiga a toda la plana administrativa y docente de la E.P.I.C. UTEA

Edgar William Vilca Ticona.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar el comportamiento de esfuerzo de carga en el ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la Provincia de Abancay-Apurímac, 2022". El aumento en la producción de desechos vítreos y su manejo inapropiado ha motivado la exploración de alternativas ecológicas aplicables a la industria constructiva. Para ello, se implementó un diseño experimental, enfoque cuantitativo, tipo de investigación descriptivo correlacional, tipo aplicada por que buscaba evaluar cómo este material reutilizado afecta la capacidad físico-mecánicas de los ladrillos. Se fabricaron especímenes de prueba incorporando distintos porcentajes de vidrio reciclado (5%, 10% y 15%), analizando posteriormente su capacidad para soportar presión, su nivel de absorción y sus cambios dimensionales mediante protocolos de prueba estandarizados.

Los hallazgos indicaron que la inclusión reciclada de vidrio optimizó la resistencia mecánica del Ladrillo king kong de concreto, con un rendimiento óptimo en la muestra con un 10% de vidrio, la cual logró 150.47 kg/cm^2 a los 28 días, sobrepasando al concreto patrón. Asimismo, se observó una disminución en la absorción de agua y una mejor estabilidad dimensional en contraste con los bloques tradicionales de arcilla. Estos hallazgos sugieren que la reutilización de vidrio sodocálcico como agregado parcial puede optimizar las características estructurales del ladrillo sin comprometer su desempeño, promoviendo así una alternativa ecológica para la construcción. En conclusión, la incorporación de vidrio reciclado representa una estrategia viable con el objetivo de potenciar las prácticas ecológicas y optimizar el rendimiento productivo de materiales constructivos.

Palabras clave: vidrio reciclado, resistencia a la compresión, ladrillo de concreto, sostenibilidad.

Abstract

The present investigation evaluates the effect of incorporating recycled soda-lime glass on the strength of King Kong concrete bricks in the province of Abancay, Apurímac. The increase in the production of glass waste and its improper management has motivated the exploration of eco-friendly alternatives applicable to the construction industry. To this end, an experimental approach was implemented to assess how this recycled material affects the physical and mechanical properties of the bricks. Test specimens were produced by incorporating different percentages of recycled glass (5%, 10%, and 15%), and their compressive strength, water absorption, and dimensional changes were subsequently analyzed through standardized testing protocols.

The findings indicated that the inclusion of recycled glass improved the mechanical strength of the King Kong concrete brick, with optimal performance observed in the sample containing 10% glass, which achieved a compressive strength of 150.47 kg/cm² at 28 days, surpassing the reference concrete. Additionally, a reduction in water absorption and better dimensional stability were observed in comparison to traditional clay bricks. These findings suggest that reusing soda-lime glass as a partial aggregate can enhance the structural characteristics of the brick without compromising its performance, thereby promoting an environmentally friendly alternative for construction. In conclusion, the incorporation of recycled glass represents a viable strategy to enhance sustainable practices and optimize the productive performance of construction materials.

Keywords: recycled glass, compressive strength, concrete brick, sustainability.

Índice

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice	ix
Índice de tablas	xi
Índice de figuras	xv
Índice de anexos	xvi
I. Introducción	17
II. Planteamiento del problema	19
2.1.Descripción y formulación del problema.....	19
2.1.1. Problema general.....	21
2.1.2. Problemas específicos	21
2.2. Objetivos.....	21
2.2.1.Objetivo general.	21
2.2.2. Objetivos específicos	22
2.3. Justificación e importancia	22
2.4. Hipótesis	24
2.4.1. Hipótesis general.....	24
2.4.2. Hipótesis específica.....	24

2.5. Variables	24
III. Marco Teórico	26
3.1. Antecedentes.....	26
3.2. Bases teóricas.....	31
3.3. Definición de términos	51
IV. Metodología.....	53
4.1. Tipo y nivel de investigación.....	53
4.2. Ámbito temporal y espacial	55
4.3. Población y muestra.....	55
4.4. Instrumento	56
4.5. Procedimiento	57
4.6. Análisis de datos	59
4.7. Consideraciones éticas.....	60
V. Resultados y discusión	62
VI. Conclusiones	136
VII. Recomendaciones	137
VIII. Referencias.....	138
IX. Anexos	149

Índice de tablas

Tabla 1 Matriz de operacionalización.....	25
Tabla 2 Requisitos de resistencia y absorción	36
Tabla 3 Clasificación del ladrillo según su resistencia.....	39
Tabla 4 Granulometría agregado grueso.....	62
Tabla 5 Granulometría del agregado Fino	63
Tabla 6 Peso Unitario Suelto y vacíos del agregado grueso.....	65
Tabla 7 Peso Unitario varillado y vacíos del agregado grueso.....	65
Tabla 8 Peso Unitario Suelto y vacíos del agregado fino.....	66
Tabla 9 Peso Unitario varillado y vacíos del agregado fino.....	67
Tabla 10 Peso específico y absorción del agregado grueso.....	67
Tabla 11 Peso específico y absorción del agregado fino.....	68
Tabla 12 Contenido de Humedad del Agregado grueso.....	68
Tabla 13 Contenido de humedad del agregado fino.....	69
Tabla 14 Porcentaje que pasa la malla 200 del agregado grueso.....	69
Tabla 15 Porcentaje que pasa la malla 200 del agregado fino.....	70
Tabla 16 Ensayo de abrasión	70
Tabla 17 Resumen de los ensayos del agregado Grueso	71
Tabla 18 Resumen de los ensayos del agregado fino	71
Tabla 19 Resistencia Deseada	72
Tabla 20 Valores del agregado fino.....	72
Tabla 21 Valores del agregado grueso.....	73
Tabla 22 Datos Generales del diseño.....	73
Tabla 23 Datos de diseño del agregado fino.....	74
Tabla 24 Datos de diseño del agregado grueso	74

Tabla 25 Procesamiento para diseño	75
Tabla 26 Volumen absoluto.....	75
Tabla 27 Contenido de agregado fino.....	76
Tabla 28 Valores de diseño.....	76
Tabla 29 Corrección por humedad	76
Tabla 30 Pesos corregidos por humedad	77
Tabla 31 Proporción de materiales para mezcla de concreto	77
Tabla 32 Datos Generales del diseño.....	78
Tabla 33 Datos de diseño del agregado fino.....	78
Tabla 34 Datos de diseño del agregado grueso	79
Tabla 35 Procesamiento para diseño	79
Tabla 36 Volumen absoluto.....	80
Tabla 37 Contenido de agregado fino.....	80
Tabla 38 Valores de diseño.....	81
Tabla 39 Corrección por humedad	81
Tabla 40 Pesos corregidos por humedad	81
Tabla 41 Proporción de materiales para mezcla de concreto	82
Tabla 42 Datos generales de diseño.....	83
Tabla 43 Datos de diseño del agregado fino.....	83
Tabla 44 Datos de diseño del agregado grueso	83
Tabla 45 Procesamiento para diseño	84
Tabla 46 Volumen absoluto.....	84
Tabla 47 Contenido de agregado fino.....	85
Tabla 48 Valores de diseño.....	85
Tabla 49 Corrección por humedad	86

Tabla 50 Pesos corregidos por humedad	86
Tabla 51 Proporción de materiales para mezcla de concreto	87
Tabla 52 Variación dimensional sin adición	87
Tabla 53 Alabeo de muestras sin adición	88
Tabla 54 Peso Promedio	88
Tabla 55 Succión promedio	89
Tabla 56 Absorción promedio	90
Tabla 57 Resistencia a la compresión de pila	90
Tabla 58 Variación dimensional con adición de vidrio	91
Tabla 59 Alabeo con adición de vidrio	92
Tabla 60 Humedad del vidrio al 5%	92
Tabla 61 Humedad del vidrio al 10%	93
Tabla 62 Humedad del vidrio al 15%	94
Tabla 63 Succión al 5%	94
Tabla 64 Succión al 10%	95
Tabla 65 Succión al 15%	95
Tabla 66 Succión Promedio	96
Tabla 67 Absorción al 5%	98
Tabla 68 Absorción al 10%	98
Tabla 69 Absorción al 15%	99
Tabla 70 F'c de pila con adición de Vidrio	101
Tabla 71 F'c patrón a los 7 días	102
Tabla 72 F'c patrón a los 14 días	103
Tabla 73 F'c patrón a los 28 días	104
Tabla 74 F'c patrón a los 7, 14, 28 días	105

Tabla 75 F'c patrón a los 7 días con adición al 5%	107
Tabla 76 F'c patrón a los 14 días con adición al 5%	108
Tabla 77 F'c patrón a los 28 días con adición al 5%	109
Tabla 78 F'c con adición al 5% a los 7, 14 y 28 días	110
Tabla 79 F'c patrón a los 7 días con adición al 10%	112
Tabla 80 F'c patrón a los 14 días con adición al 10%	113
Tabla 81 F'c patrón a los 28 días con adición al 10%	114
Tabla 82 F'c con adición al 10% a los 7, 14 y 28 días	115
Tabla 83 F'c patrón a los 7 días con adición al 15%	117
Tabla 84 F'c patrón a los 14 días con adición al 15%	118
Tabla 85 F'c patrón a los 28 días con adición al 15%	119
Tabla 86 F'c con adición al 15% a los 7, 14 y 28 días	120
Tabla 87 F'c con adición de vidrio a los 7 días	122
Tabla 88 F'c con adición de vidrio a los 14 días	124
Tabla 89 F'c con adición de vidrio a los 28 días	126
Tabla 90 Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre el esfuerzo de carga de los ladrillos King Kong	128
Tabla 91 Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre las propiedades mecánicas los ladrillos King Kong	129
Tabla 92 Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre las propiedades físicas de los ladrillos King Kong	130

Índice de figuras

Figura 1 Esquema de ensayo de compresión.....	35
Figura 2 Alabeo cóncavo y convexo en unidades de albañilería.....	38
Figura 3 Ladrillo king kong.....	38
Figura 4 Constitución del crudo del cemento.....	42
Figura 5 Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	63
Figura 6 Curva Granulométrica del agregado Fino.....	64
Figura 7 Succión Con adición.....	97
Figura 8 Absorción Promedio.....	99
Figura 9 Absorción Promedio con adición.....	100
Figura 10 F'c patrón.....	106
Figura 11 F'c con adición de 5%.....	111
Figura 12 F'c con adición de 10%.....	116
Figura 13 F'c con adición de 15%.....	121
Figura 14 F'c a los 7 días.....	123
Figura 15 F'c final del concreto a los 14 días.....	125
Figura 16 F'c final a los 28 días.....	127

Índice de anexos

Anexo 01 Matriz de consistencia	150
Anexo 02 Informes realizados.....	151
Anexo 03 Ceritificados de calibracion	201
Anexo 04 Panel fotografico	216

I. Introducción

El presente estudio aborda el mejoramiento en la resistencia del Ladrillo king kong de concreto a través la incorporación de vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay, Apurímac, 2022. En el escenario presente del sector constructivo, la exploración de opciones alternativas en cuanto a materiales y sostenibles se ha vuelto prioritario, dado el impacto ambiental derivado del uso de recursos convencionales. En este sentido, la reutilización de residuos como el vidrio sodocálcico representa una oportunidad innovadora con el fin de mejorar el desempeño y durabilidad de los componentes empleados en edificaciones, impulsando a la vez métodos constructivos más respetuosos con el medio ambiente y de mayor productividad.

El interés por desarrollar esta investigación surge de requerir mejoras en las características estructurales de los ladrillos King Kong, ampliamente utilizados en la región, y de evaluar el potencial del vidrio reciclado como aditivo en su composición. La problemática del desperdicio de vidrio y su impacto ambiental ha generado un creciente interés en la exploración de su reutilización en diferentes sectores industriales. En este contexto, el sector de la edificación plasma una alternativa viable para incorporar estos residuos, posibilitando la disminución del volumen de residuos no biodegradables y optimizar el desempeño mecánico de los materiales.

Para el desarrollo de la indagación, se adoptó una metodología experimental, en la cual se elaboraron diferentes muestras de ladrillos King Kong con proporciones variables de vidrio sodocálcico reciclado. Después, se hicieron pruebas de resistencia mecánica con el fin de estimar el efecto de la incorporación de dicho material en la calidad estructural del producto final. La indagación se llevó a cabo bajo estrictos controles de laboratorio, garantizando la obtención de datos fiables y replicables.

El principal objetivo de esta investigación es determinar en qué medida la incorporación de vidrio sodocálcico reciclado influye en la resistencia mecánica del Ladrillo king kong de concreto. De manera específica, se busca analizar la capacidad físico-mecánica del ladrillo modificado, comparar su desempeño con los ladrillos convencionales y analizar la viabilidad tanto operativa como financiera de su aplicación en el sector manufacturero regional. La finalidad última de este estudio es aportar al avance de alternativas edificativas con mayor responsabilidad ambiental y eficientes en la provincia de Abancay y en otras regiones con características similares.

Respecto a la organización del trabajo, el mismo está dividido en seis secciones. En el Capítulo I: Introducción, se detalla el tema de estudio, la justificación, los propósitos y el marco situacional donde se lleva a cabo el proceso investigativo. En el II: Problemática se expone la problemática específica que se busca abordar, junto con la formulación de la hipótesis y el marco de conceptos. En el III: Teorías, se revisan antecedentes y bases científicas que sustentan la investigación, incluyendo estudios previos sobre el aprovechamiento de cristal recuperado como componentes en elementos constructivos. El IV: Metodología describe el diseño experimental, los procedimientos de elaboración de los ladrillos y los métodos de examen empleados. En el V: Hallazgos, se presentan a partir de los ensayos, junto con su respectiva interpretación. Finalmente, el Capítulo VI: Conclusiones expone las principales deducciones del estudio y sugiere líneas de investigación futuras.

Con esta estructura, el presente trabajo busca proporcionar un análisis integral del impacto del vidrio sodocálcico reciclado en las resistencias del Ladrillo king kong de concreto, contribuyendo al conocimiento y evolución de componentes constructivos con mayor sustentabilidad y rendimiento adaptados a la realidad industrial peruana.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

Según el Banco Mundial, en el ámbito mundial se generan aproximadamente 210 millones de toneladas anuales de desechos sólidos urbanos; aproximadamente un tercio de estos no es sometido a ningún tratamiento que reduzca su peligrosidad y efectos negativos sobre el entorno natural (Bustamante et al., 2022). Situación que, indudablemente, repercute desfavorablemente en la preservación del entorno natural.

Así mismo, se ha identificado una elevación de las exigencias por envases más seguros y saludables; así, el mercado mundial anual de envases de vidrio alcanzó los 63.770 millones de dólares en 2019, y se espera que aumente aproximadamente 1,6 veces para 2027; siendo el vidrio sodocálcico el más utilizado en envases de vidrio (80%) (Lee et al., 2023). Únicamente en Norteamérica, la producción anual de residuos vítreos alcanza varias decenas de millones de toneladas, de los cuales alrededor del 60% termina en rellenos sanitarios, mientras que, conforme al incremento demográfico continuo, la producción diaria de residuos aumenta progresivamente, reduciendo las áreas disponibles para su almacenamiento (Arbelaez et al., 2022). Y aunque el reciclaje de vidrio es teóricamente posible, tiene muchos obstáculos como la igualación de la calidad y cuestiones económicas en su proceso; por lo que su tasa de reciclaje es muy pequeña en comparación con su generación anual; esto se evidencia en que en el 2018 se estimó un total de 27 millones de toneladas de reciclaje de residuos; lo que representaría solo el 21% de la producción de vidrio (Gupta et al., 2022).

En el ámbito de la edificación, el hormigón constituye el elemento más empleado a nivel global, con una demanda productiva constantemente creciente. Esto conlleva la explotación y uso de recursos de origen natural en su fabricación, incluyendo componentes como el cemento, cuyo proceso de elaboración es altamente energético (frecuentemente

dependiente de fuentes no renovables) y genera emisiones gaseosas que, sin el tratamiento adecuado, intensifican el efecto invernadero (Segura et al., 2022).

Conforme a las estadísticas del Ministerio del Ambiente, se confirma que, durante el 2020, Perú generó 7'905,118.1 toneladas de desechos sólidos municipales, donde el 20.8% corresponde a residuos inorgánicos, y el vidrio descartado representa el 2.76% del total; adicionalmente, se destaca que entre 2016 y 2020, la producción de residuos aumentó en 899,541.5 ton por año (Bustamante et al., 2022). Por otro lado, Los elementos de mampostería, también conocidos como mampuestos, representan los componentes sólidos o con cavidades más frecuentemente utilizados en la colocación de paredes estructurales o divisorias en las edificaciones residenciales peruanas (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018). Es decir, existe un conjunto de factores a nivel mundial y nacional, que suponen un reto y a la vez, un potencial beneficio para la industria constructiva, en contribuir de manera más sostenible y Comprometido con la sostenibilidad en la ejecución de sus operaciones.

A nivel regional, en el año 2020, Abancay acumuló un total de 66 toneladas de residuos, del cual, 5.7 toneladas son botellas de vidrio (Municipalidad Provincial de Abancay, 2020). Y La dificultad fundamental radica en el destino último; puesto que los desechos sólidos son desechados y sepultados en vertederos o depósitos sanitarios administrados por los municipios (Enciso, 2018). Se evidencia además una alta vulnerabilidad en viviendas construidas en distritos como Huancabamba; lo que supone una preocupación frente a la situación de los demás distritos de Abancay. En síntesis, el presente estudio aborda esta problemática al proponer el mejoramiento en la capacidad de los ladrillos King Kong de concreto a través de la inclusión de vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay, Apurímac-2022.

Como ha sido demostrado, enfrentamos una problemática mundial vinculada con el manejo deficiente de los desechos sólidos, el incremento en la demanda de recipientes de vidrio y el imperativo de implementar prácticas sostenibles en la industria de la edificación; esto, a nivel regional, supone desafíos para la disposición final de residuos; por lo que, La propuesta de estudio busca abordar estas problemáticas mediante el mejoramiento en el soporte del Ladrillo king kong de concreto, adicionando vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay durante el 2022.

2.1.1. Problema general

¿Cuál es el comportamiento de esfuerzo de carga en el Ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay-Apurímac 2022?

2.1.2. Problemas específicos

a. ¿Cuál es el mejoramiento de las propiedades mecánicas del Ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay- Apurímac, 2022?

b. ¿Cuál es el mejoramiento de las propiedades físicas del Ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay- Apurímac, 2022?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento de esfuerzo de carga en el Ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la Provincia de Abancay-Apurímac, 2022”.

2.2.2. Objetivos específicos

a. Evaluar el mejoramiento de las propiedades mecánicas del Ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay-Apurímac, 2022

b. Analizar el mejoramiento de las propiedades físicas del Ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay-Apurímac, 2022.

2.3. Justificación e importancia

2.3.1. Justificación

Relevancia social: La indagación de la mejora en la resistencia de los ladrillos King Kong del concreto mediante incorporación de vidrio sodocálcico reciclado presenta potenciales beneficios sociales como la mejora de la vivienda (más seguras y duraderas), la estimulación en la generación de empleo a través del reciclaje y el aprovechamiento de materiales recuperados como vía para lograr la sostenibilidad del medio ambiente; impulsando así, un desarrollo sustentable, seguro y participativo en la provincia de Abancay.

Relevancia teórica: Teóricamente se justifica en la contribución al entendimiento de cómo la innovación puede influir en los aspectos mecánicos y estructurales de los elementos, promoviendo prácticas constructivas más sostenibles, aprovechando las cualidades de elementos reciclados, en el presente caso, el vidrio sodocálcico, acerca del desempeño y soporte de los bloques de concreto.

Relevancia metodológica: El método empleado, trata temas relacionados con la elección y el acondicionamiento de especímenes, la ejecución de análisis estandarizados de resistividad a la compresión y la recopilación detallada de datos por métodos científicos y a través de instrumentos validados por expertos, así como técnicas de evaluación estructural que permitan obtener resultados confiables y comparables.

Relevancia práctica: En la práctica, la inclusión de vidrio sodocálcico reciclado en reemplazante parcial de agregados finos, gruesos o cemento, representa una alternativa prometedora capaz de optimizar la resistencia y longevidad de los materiales edificadores regionales y de las edificaciones con repercusiones económicas al mejorar la eficacia en la utilización de los insumos dentro de la industria constructiva de la ciudad de Abancay.

2.3.2. Importancia

El presente estudio sobre el mejoramiento en las resistencias de los ladrillos King Kong de concreto a través de la inclusión de vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay, la cuestión resulta sumamente relevante tanto para el campo de la ingeniería civil como para el entorno ambiental y socioeconómico regional. El sector constructivo se encuentra ante el reto de crear materiales que ofrecerán mayor eficiencia y sostenibilidad, reduciendo su impacto ambiental sin comprometer la calidad estructural de las edificaciones.

Desde una perspectiva técnica, la mejora de la capacidad del Ladrillo king kong de concreto resulta esencial para incrementar la calidad constructiva regional, asegurando edificaciones más duraderas y seguras. La inclusión de vidrio sodocálcico reciclado como componente en la preparación del concreto presenta la capacidad potencial de reforzar la estructura interna del ladrillo, proporcionando mejores propiedades mecánicas, lo que podría disminuir los gastos de mantenimiento y extender la durabilidad de las edificaciones. Además, el empleo de este material recuperado facilita la evaluación de su factibilidad como sustituto parcial de los áridos convencionales, aportando a la ampliación de la gama de materiales edificadores.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La incorporación de vidrio sodocálcico reciclado mejora el esfuerzo de carga del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay-Apurímac 2022

2.4.2. Hipótesis específica

a. La incorporación de vidrio sodocálcico reciclado mejora las propiedades mecánicas del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay-Apurímac, 2022.

b. La incorporación de vidrio soda cálcico reciclado mejora las propiedades físicas del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay- Apurímac, 2022.

2.5. Variables

2.5.1. Variable 1(independiente)

Vidrio sodocálcico reciclado

2.5.2. Variable 2 (Dependiente)

Esfuerzo de carga ladrillo King Kong

Tabla 1*Matriz de operacionalización*

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índice	Escala	Instrumento
Variable independiente Vidrio sodocálcico reciclado	Material inorgánico amorfo compuesto principalmente por sílice (SiO ₂), óxido de Sodio (Na ₂ O) y óxido de calcio (CaO) obtenido de reutilización de residuos de vidrio (Lee et al., 2023).	Se incorpora en diferentes proporciones a la mezcla de concreto utilizada para fabricar ladrillos, evaluando su resistencia mecánica	Composición química	Patrón 0.00%	%	De razón	Ficha de registro
				Porcentaje de incorporación al 5%	%		
			Propiedades físicas	Porcentaje de incorporación al 10%	%		
Variable dependiente Esfuerzo de carga del ladrillo King Kong	Capacidad del Ladrillo king kong de concreto de soportar cargas sin sufrir deformaciones permanentes o fracturas (Camacho, 2019).	Se mide mediante ensayos de compresión axial y compresión del ladrillo	-Propiedades mecánicas	Carga máxima Flexión	MPa	De razón	Prensa hidráulica
				Tracción	MPa		
			-Propiedades físicas	Módulo de elasticidad	mm		
				Variación dimensional	mm		
Absorción	%	De razón	Vernier Horno Balanza				

Nota. En la tabla se muestra la matriz de operacionalización de variables y dimensiones para describir el trabajo de investigación

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel internacional

Arbelaez et al. (2022) Realizó una indagación con el **propósito** de aprovechar desechos vítreos como sustituto parcial de los áridos finos en la fabricación de mezclas de concreto, con el propósito de conservar eficientemente las reservas de origen natural y contribuir a la solución de problemáticas de contaminación medioambiental. La **metodología** cuantitativa (enfoque), de experimento con adición de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 50% de residuos de vidrios. Los **resultados** detallaron una reducción en el asentamiento respecto al concreto patrón en 3,5%, 7,1%, 9,3%, 13,6%, 14,3% y 22,8% con 10%, 15%, 20%, 25% y 50% respectivamente; el $f'c$ a los 28 días mostró variaciones del 84%, 97%, 98%, 92% y 93% con adición de 5%, 10%, 15%, 25% y 50% de residuos de vidrios respectivamente; aunque se obtuvo un aumento del 5.5% con adición del 20%; Y se pudo observar que los concretos elaborados con % sustitutorios del 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 50% disminuyeron las emisiones en 1,6%, 3,2%, 4,8%, 6,4%, 7,9% y 15,9%, respectivamente. Se **concluye** que la sustitución de áridos finos por desechos vitreos en la elaboración de hormigón generó un efecto importante en el $f'c$, ya que todas las pastas preparadas alcanzaron resistencias superiores a 17,5 MPa, destacándose la pasta con un 20% de sustitución como la que presentó el mayor $f'c$.

Hernández y Rojas (2021) realizaron un estudio con el **propósito** de examinar, mediante test de laboratorio, cómo se modifica la capacidad de resistencia compresiva del concreto cuando se le incorpora vidrio reciclado en estado pulverizado. La **metodología** cuantitativa, experimental, con sustitución de 4%, 5% y 6% de vidrio molido. Los **hallazgos** evidenciaron que el espécimen con 6% de vidrio reciclado molido obtuvo el $f'c$ más elevado tras 28 días de curado, alcanzando 23,07 MPa, lo que manifiesta un aumento del 6.5% sobre

la resistencia máxima del espécimen de control; el espécimen con adición del 5% mostró una resistencia de 21,75 MPa; mientras que el espécimen con 4% de adición mostró una resistencia de 21,21 MPa, inferior a la resistencia del espécimen de control que fue de 21,66 MPa. Se **concluyó** que resulta factible utilizar el vidrio molido en los % estudiados como reemplazo parcial del árido fino en concretos de 21MPa, puesto que todos los especímenes satisficieron las especificaciones de resistencia del diseño original.

Malek et al. (2020) ejecutaron una indagación con el **objetivo** de analizar la influencia de la incorporación de vidrio reciclado como reemplazante del árido fino en las características del mortero tanto en su fase fresca como endurecido. La **metodología** cuantitativa (enfoque), de experimento con adición de vidrio fino (5, 10, 15 y 20%), de alcance explicativo. Los **resultados** revelaron una reducción lineal en la densidad a medida que eleva la adición de vidrio fino molido atribuido a la menor gravedad específica, con 0.6%, 1.2%, 15% y 3.2% menos de densidad respecto a la muestra de referencia con 5%, 10%, 15% y 20% de adición; sin embargo el $f'c$ aumentó con la adición de 5%, 10%, 15% y 20% en 11.3%, 17%, 24.5% y 28.3% en comparación al espécimen estándar; lo que puede explicarse por el hecho de que el vidrio molido fino es más ligero y duro que el agregado de arena; así también en relación a la fuerza a flexión, que con adición de 5%, 10%, 15% y 20%, aumentó en 2.9%, 7.6%, 9.5% y 14.3%. Se **concluyó** que el aumento en los aspectos mecánicos del mortero/hormigón con la inclusión de arena de vidrio probablemente se deba a la actividad puzolánica.

Alvarado et al. (2019) ejecutaron una indagación con el **propósito** de determinar la viabilidad del uso de vidrios molidos como reemplazante parcial del cemento en la fabricación del hormigón. La **metodología** fue cuantitativa y experimental, con una inclusión de 5%, 10% y 15% de vidrio finamente molido, con un periodo máximo de curado de 56 días. Los **resultados** revelaron un $f'c$ a los 28 días, de 264.18kg/cm², 258.47kg/cm²,

245.01kg/cm² y 206 kg/cm² con 0%, 5%, 10% y 15% de adición de vidrio finamente molido.

Concluyendo que el vidrio reciclado pulverizado finamente, empleado como reemplazo parcial del cemento, producen efectos beneficiosos en el f'c, alcanzando valores por encima del promedio, con incrementos que se acentúan con el tiempo debido a la buena adherencia de este material con la pasta de hormigón.

Alvarenga et al. (2019) en su estudio **propósito** de determinar el efecto de las micro partículas de vidrio sodocálcico en los aspectos del cemento y de los morteros en fase fresca y endurecida. La **metodología** experimental (diseño), enfoque cuantitativo, alcance explicativo, con aplicación de 10% y 20% de micropartículas de vidrio *colorless* y *amber* como sustituto del cemento. Los **hallazgos** plasman que la adición de micropartículas de vidrio *colorless* disminuyó en 12-28%, mientras que con vidrio *amber* se redujo de 27-37%; el f'c aumentó con la adición de 10% de micropartículas de vidrio (6%), y fue mayor con el vidrio *colorless* que el *amber*, pero al aplicar 20%, este resultó una menor resistencia a compresión que la muestra patrón, pero este resultado negativo desapareció a los 90 días de curado; en cambio, la resistencia flexiva y el módulo elástico no presentaron cambios significativos. **Concluyendo** que la adición de micropartículas de vidrio incrementó de manera no significativa la resistencia mecánica de los morteros; sin embargo, tanto el contenido como la composición química parecieron afectar la trabajabilidad y permeabilidad de los compuestos cementicios.

3.1.2 A nivel nacional

Bustamante y Ramos (2022) en su estudio con el **propósito** de cuantificar el impacto que lleva la adición de vidrio reciclado sobre la capacidad de resistir fuerzas compresivas en el concreto, así como sus ventajas medioambientales. La **metodología** fue cuantitativa (enfoque), de no experimento (diseño), de análisis bibliográfico. Los **resultados** mostraron que con respecto al concreto convencional, la inclusión de 10% de vidrio reciclado la SMD

dio un valor de -1.2l que sugiere un 2.21% menos de efectividad; la adición de 20% obtuvo un SMD de 8.765, lo que sugiere un 7.765% más de efectividad; lo cual, resultó significativo ($p=0.000$); y con adición de 5% se obtuvo un valor SMD de 0.095, lo que sugiere un 0.905 menos de efectividad en el $f'c$. **Concluyendo** que la inclusión de vidrio reciclado al 20% en reemplazante del árido fino, mostró el resultado óptimo para la mejora en el $f'c$, donde para 1m³ de mezcla, se debe emplear 197.171 kg de vidrio reciclado.

Morales (2022) realizó un estudio con el **objetivo** de determinar de qué manera afecta la incorporación de residuos sílice-sodocálcico tipo II a la capacidad físico-mecánicas de bloques de concreto, en el contexto de Lima 2022. La **metodología** fue aplicada (tipo), cuasi experimental (diseño), cuantitativa (enfoque), con un espécimen de 120 ladrillos con residuos de sílice-sodocálcico tipo II de 0%, 2%, 4% y 6%, y como técnica la observación directa. Los **resultados** mostraron el $f'c$ promedio de 180.60 kg/cm² para el ladrillo patrón, pero de 183.80 kg/cm², 189.30 kg/cm² y 192.4 kg/cm² para el ladrillo con 2%, 4% y 6% de adición a los 28 días; la absorción fue de 1.70% para la muestra patrón, pero de 1.62%, 1.51% y 1.42% para las muestras con 2%, 4% y 6%; por otro lado, se obtuvo un peso de 6.52kg para la muestra patrón, pero de 6.49kg, 6.40kg y 6.73kg para las muestras con 2%, 4% y 6% de adición de residuos de sílice sodocálcico tipo II. **Concluyendo** que la incorporación de residuos sílice-sodocálcico tipo II ejerce un efecto favorable en las características físico-mecánicas de los bloques de hormigón, mejorando proporcionalmente según se incrementa el porcentaje añadido, siendo la adición del 6% la que generó los resultados más óptimos.

Sánchez (2022) ejecutó una indagación con el **propósito** de estimar la incidencia que produce la inclusión de vidrios reciclados pulverizados en proporciones de 3%, 6% y 9% sobre la capacidad compresiva característica $f'c=210\text{Kg/cm}^2$. La **metodología** fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, diseño de experimento puro, con un espécimen de 36

probetas. Los **resultados** evidenciaron que los especímenes con incorporación de vidrio reciclado sobrepasaron el $f'c$ de referencia, ya que las resistencias patrones fueron de 294.66 kg/cm^2 , 315 kg/cm^2 y 349.66 kg/cm^2 a los 7, 14 y 28 días, correspondientemente. Por otro lado, los valores de más altos resistencia se alcanzaron con la adición del 3% y 9% a los 28 y 14 días, obteniendo resultados de 350 kg/cm^2 y 356 kg/cm^2 , respectivamente. Se **concluyó** que la incorporación de vidrio reciclado triturado generó un impacto favorable en la capacidad de resistencia compresiva del concreto, siendo la adición del 9% la que obtuvo rendimientos superiores en contraste con el estándar $f'c=210\text{kg/cm}^2$.

Cervantes y Pilco (2020) realizaron un estudio cuyo **objetivo** fue identificar el efecto en la capacidad mecánica del bloque de hormigón tipo I y II al incorporar vidrio Sodo Cálculo en estado triturado y molido en el contexto urbano de Arequipa. La **metodología** cuantitativa (enfoque), de experimento (diseño), exploratorio y correlacional. Los **resultados** demostraron una mejora significativa en el $f'c$ para los adoquines tipo I cuando se incorpora vidrio triturado grueso al 15%, mientras que para el tipo II los mejores resultados se obtuvieron con 15% o 20% de agregado grueso; respecto a la capacidad al desgaste, el adoquín tipo I presentaron mejor rendimiento con 20% de vidrio molido grueso, y el adoquín tipo II con un 15% de grueso agregado; se determinan que la formulación más adecuada para fabricar el adoquín tipo I y II con $f'c = 320 \text{ kg/cm}^2$ y 420 kg/cm^2 correspondientemente, corresponden al método de diseño Vitervo O'Reilly, el cual establece una proporción porcentual de 70% de árido fino y 30% de agregado grueso. Se **concluyó** que la inclusión de vidrio Sodo cálcico en los adoquines de concreto mostró tener efectos positivos, especialmente en los de Tipo I, con una mejora significativa en $f'c$ como en desgaste, atribuible en parte a un espesor de 6cm; aunque, en los de tipo II (8cm) solo experimentaron mejoras al utilizar vidrio triturado con mejoras en la resistencia al desgaste y la apariencia.

Niño (2019) desarrolló una investigación con el **objetivo** de realizar una comparativa de las características de los ladrillos de concretos fabricados de manera tradicional frente al ladrillo elaborado con la inclusión de vidrio reciclado en la región de Ancash. La **metodología** cuantitativa (enfoque), comparativo, de experimento (diseño), con un espécimen de 60 ladrillos de concreto, y como instrumento la Norma E.070 del RNE, NTP 339.604 y 399.601. Los **hallazgos** revelaron que los ladrillos triturados control, diseñados para resistir 130 kg/cm², obtuvieron una resistencia media final de 132.4 kg/cm². Al incorporar 3% de vidrio, esta resistencia se incrementó hasta 135.6 kg/cm²; sin embargo, al agregar 5% y 7% se utilizará una reducción gradual a 122.5 kg/cm² y 106 kg/cm² correspondientemente. El **estudio exige** que, en relación con el hormigón estándar, la incorporación de 3% de vidrio triturado incrementa la resistencia compresiva de los elementos de albañilería, mientras que proporciones de 5% y 7% la reducen. Además, características como las variaciones dimensionales, los alabeos y la absorción no presentan cambios significativos.

3.1.3 A nivel local o regional

No existen estudios relacionados al respecto.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Ladrillo king kong de concreto

La Norma E.70 (2019) los elementos básicos de construcción denominados unidades de albañilería son aquellos fabricados con sílice-cal, arcilla cocida o concreto, que pueden tener una estructura interna sólida, hueca, alveolar o en forma tubular.

Los ladrillos se caracterizan por poder ser manipulados con una sola mano durante su colocación, a diferencia de los bloques que, por su mayor volumen y peso, exigen ser manejados con las dos manos (Camacho, 2019).

Entre los tipos de ladrillos, Abanto (2017) lo clasifica de la siguiente manera:

- **Las unidades de albañilería sólida o maciza:** Caracterizados por tener la posibilidad de presentarse con o sin orificios verticales, generando un área bruta del 70%. Estos elementos deben emplearse en muros que funcionen como estructura de soporte (muros portantes). En el caso específico de los ladrillos king Kong industrial de 18 huecos, este debe mantener un área de orificios que no sobrepase el 30% del área total de asiento. En regiones sísmicas clasificadas como 1, 2, 3 y 4, estos ladrillos son los recomendados para construir portantes muros (Roman, 2021).
- **Unidades de albañilería hueca:** Se trata de ladrillos que presentan perforaciones en su base, ocupando superior al 30% de la superficie total de la superficie de asiento. Estos orificios son de dimensiones reducidas, lo que impide su relleno con líquido concreto. Su aplicación está restringida a muros portantes únicamente en el área sísmica 1 y en construcciones que no excedan los cinco pisos. En caso de construcciones en zonas sísmicas 2, 3 y 4, estos ladrillos deberán utilizarse exclusivamente para paredes no portantes (Roman, 2021).
- **Unidades de albañilería tubular (pandereta):** Estas se distinguen por presentar orificios en la cara de asiento. Su uso está permitido para muros no estructurales en las zonas 2, 3 y 4 (Sísmicas), mientras que en zona sísmica 1 pueden emplearse en pantallas portantes siempre que las edificaciones no superen los dos pisos, conforme a la norma E-070 (Roman, 2021).
- **Unidad de albañilería alveolar:** Son ladrillos que cuentan con orificios verticales en su base, los cuales ocupan más del 30% de la superficie de asiento (cara). A diferencia de otros tipos, la particularidad de estos ladrillos radica en que sus orificios tienen dimensiones que facilitan el vertido de concreto en estado muy fluido (Roman, 2021).

Respecto a los ladrillos de concreto, la NTP 399.601-2016, Los bloques de concreto se definen como elementos constructivos de tamaños estandarizados elaborados mediante la pasta de cemento portland, agua y áridos, cuyo peso y formato permite su manejo con una sola mano; con un ancho máximo de cuatro pulgadas (Dirección de Normalización-INACAL, 2016). El proceso de fabricación de estas piezas, que pueden ser de tipo sólido o hueco, se limita a técnicas de moldeo donde interviene la presión, la vibración o una combinación de estos dos sistemas; y su ventaja reside en que, dependiendo de su dosificación, puede lograr unidades de mayor resistencia según el uso al que se destine (Nuñez, 2019).

Respecto a su tipo, la misma norma señala que estos se clasifican en cuatro tipos:

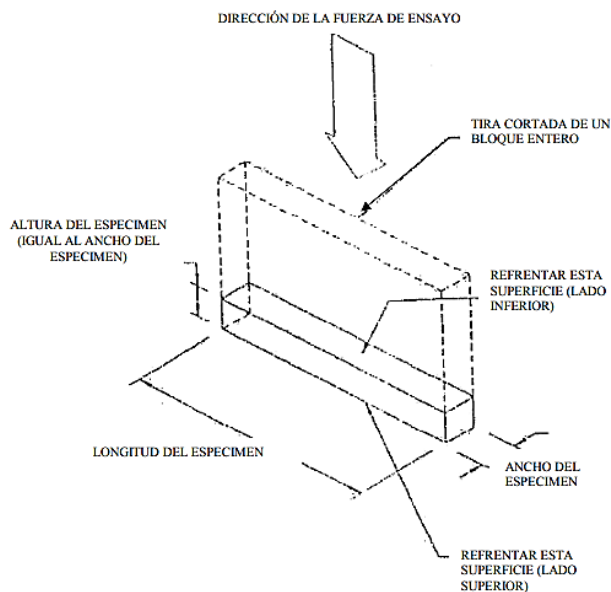
- **Tipo 24:** Diseñado para aplicaciones como revestimientos arquitectónicos y paredes exteriores sin acabado, especialmente en condiciones que exigen elevada resistencia compresiva, protección contra la humedad y durabilidad ante condiciones severas de congelamiento.
- **Tipo 17:** Indicado para usos comunes que necesitan niveles intermedios de durabilidad a la compresión, protección contra el frío y barrera contra la el ingreso de humedad.
- **Tipo 14:** Apropriado para situaciones donde solo se necesita un nivel moderado de resistencia compresiva.
- **Tipo 10:** Adecuado para usos que exigen únicamente una resistencia compresiva de nivel moderado.

3.2.1.1 Propiedades físicas y mecánicas del ladrillo.

Con la finalidad de comprobar los atributos cualitativos que deben poseer tanto los bloques huecos de concreto destinados a funciones estructurales y no estructurales en mampostería, como los ladrillos elaborados con concreto, se aplica la NTP 399.604;

esta regulación establece la metodología aplicable para la selección de muestras y evaluación de unidades de mampostería de concreto, enfocándose en la medición de sus dimensiones, resistencia a fuerzas compresivas, esfuerzo compresivo, nivel de absorción, densidad, espesor y humedad.

- **La resistencia compresiva del ladrillo:** se evalúa mediante ecuaciones que conectan las características del elemento fabricado y la albañilería, empleada como referencia las cargas de rupturas máximas dividida por la superficie transversal del ladrillo (Rodríguez et al., 2020). Puentes (2021) señala, en los ladrillos con huecos verticales, el cálculo de la capacidad neta compresiva se determina mediante la división entre la fuerza que causa la fractura y la superficie neta de la sección transversal a esa fuerza (sin incluir zonas de perforaciones y celdas). En el caso de los ladrillos sólidos, tanto la capacidad neta como la bruta son idénticos, ya que ambos se obtienen de la razón por el área total de apoyo de las unidades.

Figura 1*Esquema de ensayo de compresión*

Nota. En la figura se muestra el esquema de ensayo de compresión con la forma y características de muestra y la aplicación de dirección de la fuerza de ensayo con dirección al espécimen.

- **Absorción:** El índice de absorción hídrica de un ladrillo se establece como la razón entre la masa de agua absorbida y su masa en fase seca, expresándose dicho valor en términos porcentuales (Ambrosio, 2019).

De acuerdo con la NTP 399.604 se calcula a través de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Absorción, } kg/m^3 = \frac{(W_s - W_d)}{(W_s - w_d)} \times 100$$

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{W_s - W_d}{W_d} \right) \times 100$$

Donde:

W_s : pesos saturados (kg)

W_1 : pesos sumergidos (kg)

W_d : pesos al horno secos (kg)

Tabla 2*Requisitos de resistencia y absorción*

Resistencia a la compresión, min., MPa, respecto al área bruta promedio		Absorción de agua, máx., % (Promedio de 3 unidades)	
Tipo	Promedio de 3 unidades	Unidad individual	
24	24	21	8
17	17	14	10
14	14	10	12
10	10	8	12

Nota. La presente tabla se toma de Núñez (2019) para verificar la resistencia y absorción de las muestras a compresión, min, MPa, respecto al área bruta promedio y la absorción del espécimen.

- **Contenido de humedad:** La ecuación para su cálculo es:

$$\text{Contenido de humedad, \% de absorción} = \left(\frac{W_r - W_d}{W_s - W_d} \right) \times 100$$

Donde:

W_r : pesos recibidos (kg)

W_d : pesos secos al horno (kg)

W_s : pesos saturados (kg)

- **Densidad:**

Para calcular la densidad seca al horno es a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad, } \frac{kg}{m^3} = \left(\frac{W_d}{W_s - W_1} \right) \times 100$$

Otros estudios también consideran la evaluación de aspectos como las variaciones dimensionales y los alabeos; que en el caso de ladrillos de concreto son relevantes por las siguientes razones:

- **Variación dimensional:** Se señala que una mayor variación dimensional requerirá un espesor superior en la junta; y conforme este espesor de junta se incrementa, disminuirá

tanto el $f'c$ como las capacidades de resistir fuerzas cortantes en el muro de albañilería. Como resultado, cada incremento de 3 mm en el grosor de las juntas horizontales, superando los mínimos requeridos de 10 mm, tendrá un efecto negativo en las propiedades estructurales del muro, provoca una reducción de la capacidad del 15% en la capacidad de f_c de la estructura de albañilería, lo cual también deteriora su resistencia al esfuerzo cortante (Camacho, 2019).

$$V \% = \frac{\text{Promedio}}{\text{Fábrica}} \times 100$$

Donde:

V = Variabilidad dimensional

Fábrica = Medidas detalladas por los fabricantes (cm)

Promedio = Medidas promedio (cm)

- **Alabeo:** Representa la deformación curvada del área de un ladrillo o elemento refractario durante su proceso de fabricación (Astopilco, 2015). Su evaluación busca comprobar la curvatura de los extremos del ladrillo (Lopez, et al., 2020). Mientras más alabeo presenta la unidad, mayor es el espesor de las juntas (Castro, 2023). El impacto es análogo al de la variación dimensional, ya que una mayor deformación – ya sea cóncava o convexa – del ladrillo requiere un incremento en el grosor de la junta. Además, puede disminuir la cohesión entre el mortero y el ladrillo debido a la formación de espacios vacíos en las áreas deformadas, lo que compromete directamente la solidez del muro de albañilería y potencialmente puede ocasionar fracturas por tensión de flexión en el elemento constructivo (Cuenca, 2020).

Figura 2

Alabeo cóncavo y convexo en unidades de albañilería



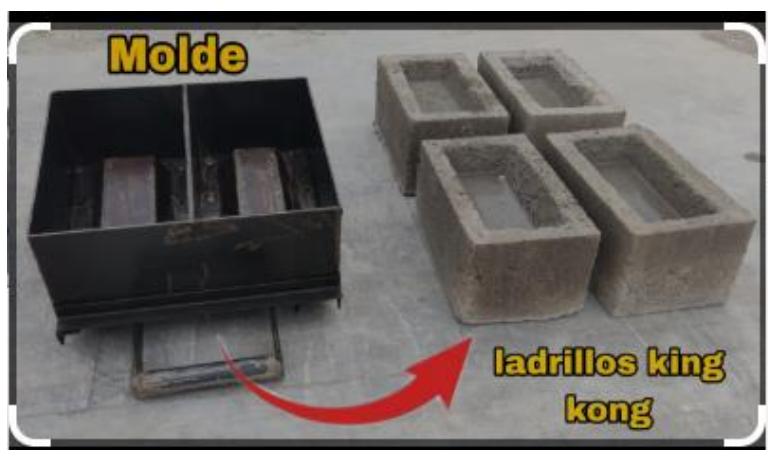
Nota. La presente figura muestra el alabeo cóncavo y convexo en unidades de albañilería utilizando una regla, se toma como fuente de referencia a Cuenca (2020)

3.2.1.2 Ladrillos King Kong.

Para King Kong de 18 perforaciones, la norma constructiva E.0705 señala que constituye la unidad más frecuentemente empleada en las construcciones de pantallas portantes; mediante estos elementos, el muro de carga logra la continuidad requerida para soportar la carga vertical estructural y transferirla hacia la base donde se encuentra la cimentación; este tipo de pared puede resistir tanto el peso total de un edificio como las fuerzas y la energía sísmica; y es necesario que tenga un espesor mínimo de 25 cm. (Barbarán, 2022).

Figura 3

Ladrillo king kong



Nota. La presente figura muestra un molde de ladrillo king kong, fuente de Sotelo (2020)

Estos ladrillos representan un material fundamental en la construcción de estructuras de albañilería, que habitualmente soportan el peso completo de la edificación y resisten las fuerzas sísmicas; en el caso específico de los bloques de arcilla, al clasificarse como tipo IV, poseen una resistencia de 130kg/cm² (Sotelo, 2020); mientras que los ladrillos King Kong elaborados con concreto pueden alcanzar una resistencia superior de hasta 180kg/cm² (Roman, 2021).

Tabla 3

Clasificación del ladrillo según su resistencia

Denominación	Resistencia Unidad (kg/cm²)
King Kong artesanal	50
King Kong industrial	130
King Kong de concreto	180

Nota. La presente tabla se tomó de Román (2021) para verificar la clasificación del ladrillo según su resistencia donde se aprecia la denominación y la resistencia unidad en kg/cm²

Sus dimensiones principalmente son: Alto: 9 cm (medida que sumada a 1,00 cm de junta resulta en 10,00 cm); Ancho: 13,00 cm (medida que sumada a 2,00 cm de tarrajeo resulta en 15,00 cm) y en cuanto al Largo: corresponde a 24 cm (medida que sumada a 1 cm de junta resulta en 25 cm) (Barbarán, 2022).

2.2.1.3 Concreto.

El concreto resulta de la reacción química de endurecimiento del cemento y consta de dos compuestos: la pasta y el agregado, siendo la primera una pasta de H₂O y cemento, con la capacidad de unir los agregados, compuestos a su vez por piedra y arena (Segura et al., 2022). Con una composición media de 12% de cemento, 8% de agua y 80% de agregados (Uriarte y Cieza, 2021). Muestra una conformación variada y compleja que dificulta la predicción de su desempeño a largo plazo, debido a elementos como la mezcla de cemento, el área de interfase, la humedad y las condiciones térmicas de su entorno.

- **Agregados:** representan los componentes con mayor proporción que impactan significativamente en todas las características del concreto, tanto líquido como solidificado, alterando la configuración final debido a la diversidad en sus atributos de extracción, gestión y distribución; por tanto, resulta fundamental caracterizarlos mediante sus propiedades físicas, mecánicas y químicas (Uriarte y Cieza, 2021). Sus características, como la forma, la textura, el desgaste, la absorción, el tamaño máximo nominal o la gravedad específica pueden afectar las propiedades de porosidad del hormigón (García et al., 2023). Hernández (2021) explica que los aspectos de los áridos tales como porosidad, distribución granulométrica, capacidad de absorción, configuración, acabado superficial e interfaz de transición, entre otras, desempeñan un rol fundamental en las resistencias y longevidad del concreto. Factores como la porosidad generan una reducción en la resistencia mecánica; mientras que los componentes de forma redondeada y con una gradación equilibrada presentan menor cantidad de espacios vacíos en comparación con partículas alargadas y angulosas, lo que influye directamente en su nivel de porosidad. A su vez, Orozco et al. (2018) indican que las dimensiones, capacidad de absorción y coeficiente de forma establecen la manejabilidad del concreto en estado fresco; asimismo, es relevante identificar características como la textura superficial, adherencia y composición mineralógica, que afecta considerablemente la zona de interfase; lo cual facilita predecir si el rendimiento mecánico del concreto se verá comprometido.
- **Agregado fino:** Carrión (2019); este material está compuesto por arenas naturales provenientes de depósitos aluviales o por las de origen artificial. Los fragmentos de roca que lo conforman deben ser limpios, resistentes, compactos

y duraderos. Es importante que las partículas tengan principalmente forma cúbica o esférica, y debe contener una cantidad mínima aceptable de partículas delgadas, planas o alargadas. Por este motivo, en la fabricación artificial de áridos finos, es necesario descartar aquellas rocas que, al romperse, generen fragmentos de forma laminar, plana o alargada, independientemente del tipo de maquinaria de procesamiento que se utilice.

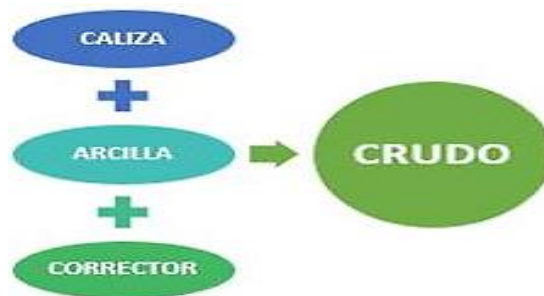
- **La arena:** es un material caracterizado por poseer partículas con dimensiones entre 0,063 y 2 mm. Su incorporación en mezclas de hormigón responde a requisitos específicos de resistencia contra sulfatos, nivel de permeabilidad y capacidad de resistir la corrosión. Sus propiedades permiten una fácil compresión, lo que la hace adecuada para el reforzamiento de estructuras (Rocha et al., 2020). Su granulometría se clasifica en arena gruesa, media y fina; donde la gruesa pasa por una malla de 5mm y es retenida por una malla de 2mm, la arena media pasa por la malla de 2mm y es retenida por la de 0.5mm, y la fina es retenida por una malla de 0.5mm y es retenida por la malla de 0.2mm (Rocha et al., 2020).
- **Agregado grueso:** de acuerdo con Meza et al. (2021) este elemento no ejerce una influencia considerable en los aspectos mecánicos de un concreto con resistencia estándar, dado que los elementos que menos resisten son los de la zona de transición y la pasta cementante hidratada. En concretos de altas resistencias, como estas fases han sido mejoradas, el agregado sí tiene un impacto directo en la resistencia final; siendo los agregados provenientes de piedra caliza mejor para aumentar el $f'c$ en comparación a los de fuente de granito; aun así, se deben considerar agregados que cuenten con alta resistencia pero baja fragilidad; además resalta la importancia de evaluar sus propiedades

debido a que, dependiendo de las zona, región o ciudad, o de si es obtenido de una cantera natural o planta de trituración, sus características mineralógicas pueden variar dado que la corteza terrestre no es uniforme. Por otro lado, las composiciones de concreto que incorporan agregado grueso de mayor dimensión, conservando idéntica proporción de cemento y consistencia, requieren un volumen inferior de agua. Sin embargo, este incremento en el tamaño del agregado produce una zona de transición interfacial con menor resistencia, caracterizada por presentar una mayor concentración de microfisuras (Hernández, 2021)

- **Cemento:** se produce a partir de minerales naturales como las calizas, arcillas o margas y minerales de hierro; siendo la piedra caliza, estructurada primordialmente por carbonato de calcio, el componente más importante, representando cerca del 80% de las materias primas empleadas en la fabricación del cemento; en segundo lugar, la arcilla, que constituye un 20% restante, y está compuesta por silicato aluminico hidratado; y en ocasiones se usan materiales correctores, los cuales, deben poseer altas concentraciones de óxidos que se hallan en cantidades limitadas en las materias primas fundamentales, y que logran el crudo deseado (Pompilla et al., 2022).

Figura 4

Constitución del crudo del cemento



Nota. En la figura se muestra la Constitución del crudo del cemento, se toma como referencia a Pompilla et al. (2022)

Su fabricación se inicia con la obtención de materiales primarios como calizas, arcilla y correctores, que se trituran y muelen para reducir su tamaño; luego, se seleccionan y dosifican los materiales para la obtención del crudo, que se homogeniza y muele para obtener una finura menor a 0.2 mm, llamada crudo de cemento o harina cruda; este se somete a pre-calcinación a altas temperaturas y luego pasa por un horno rotatorio para la cocción, alcanzando temperaturas de 1300 a 1450°C, donde se completa la descarbonatación y la clinkerización: después, se enfría rápidamente y se obtiene el clínker con cristales de alita y velita; finalmente, el clínker se combina con yeso y pasa por un proceso de molienda final para producir el cemento, un material de gran finura (Pompilla et al., 2022).

Las características del concreto tanto en su fase fluida como en su estado solidificado son (Segura et al., 2022):

- **Para estado fresco.**
 - **Trabajabilidad:** capacidad del concreto en fase fresca para ser mezclado, vertido, compactado y terminado con facilidad, sin que ocurra segregación ni exudación durante estos procesos. De acuerdo con Paco (2021) a medida que se aumenta la proporción de finos en la pasta de concreto, disminuye el volumen de exudación en el concreto fresco.
 - **Consistencia:** queda establecido por el nivel de humedad contenido en la pasta, y está condicionada primordialmente por las cantidades de agua agregadas. Su evaluación se efectúa mediante el Cono de Abrahams.
 - **Segregación:** representa la desintegración del concreto en sus componentes básicos, es decir, la separación de los áridos gruesos del Mortero.
 - **Exudación:** es la característica mediante la cual una porción del H₂O de la pasta se divide de la masa y asciende hacia la parte exterior del concreto.

- **Contracción:** es una de las características más preocupantes en cuanto a la generación de grietas que muchas provocan. La composición de cemento experimenta un encogimiento inevitable debido a que el volumen de H₂O inicial disminuye por reacciones químicas, fenómeno denominado retracción intrínseca, que constituye un proceso irreversible.
- **Para estado endurecido:**
 - **Elasticidad:** referida a la destreza del hormigón para experimentar deformaciones cuando se somete a cargas, sin que estas deformaciones sean permanentes. El término Módulo de Young generalmente describe la razón entre el esfuerzo aplicado y la deformación observada, medida específicamente en el punto donde la gráfica pierde su linealidad y comienza a curvarse.
 - **Extensibilidad:** constituye la cualidad del concreto de experimentar deformación sin que aparezcan grietas.
 - **Durabilidad:** representa la capacidad de resistir elementos externos como temperaturas bajas, ingreso de humedad, desgaste por roce, reducción volumétrica al secarse, formación de ventas superficiales, agentes corrosivos o cambios repentinos de temperatura, entre otros, manteniendo sus condiciones fisicoquímicas intactas a lo largo del tiempo.
 - **Impermeabilidad:** es la cualidad de impedir el paso de aire o agua a través del material. Yang et al. (2018) Señalan que la permeabilidad del concreto al H₂O se considera una propiedad clave relacionada con la funcionalidad y durabilidad de las infraestructuras de cemento sujetas a condiciones nocivas, ya que el agua actúa como el principal agente responsable de la deterioración del concreto o como el medio de transporte para especies agresivas como iones de cloruro o sulfato
 - **Resistencia:** para una adecuada resistencia es principal controlar el estándar del

concreto a lo largo de su proceso de elaboración, considerando factores como la dosificación de los elementos, la temperatura y el tiempo (Rodríguez et al., 2020).

a) La resistencia a la compresión: emerge como la calidad más relevante en los elementos destinados a la construcción de muros, pues estos deben aguantar esfuerzos compresivos persistentes (Bustamante et al., 2018). Se concibe como las capacidades para resistir fuerzas distribuidas por unidades de áreas, expresándose como esfuerzo, generalmente en kg/cm^2 o MPa. En contraposición a la tensión, que provoca estiramiento, la compresión denota que el objeto está sometido a presión o aplastamiento. Su determinación requiere realizar ensayos para identificar el punto de ruptura o falla (Ambrosio, 2019).

b) La resistencia a flexión: al aplicar fuerzas que provocan flexión, se generan momentos internos en el material, originando tensiones que cruzan transversalmente el espécimen sometido a prueba, producto del fenómeno de deformación curva (Bustamante et al., 2018).

3.2.2 Vidrio sodocálcico reciclado

El vidrio es caracterizado como un material de origen no orgánico que se origina a partir de la vitrificación del vidrio líquido por enfriamiento sin cristalización; es químicamente estable en condiciones ambientales normales (Lee et al., 2023).

El vidrio es uno de los materiales más importantes en la vida humana. Se puede utilizar en diferentes áreas, como ventanas, automóviles, artículos para el hogar, envases de alimentos y medicamentos, y tiene valiosas características como ser reciclable, fácil de limpiar, duradero y fácil de producir en diferentes formas y colores. Por tanto, el vidrio es un elemento indispensable en la vida humana (Demirel y Erol, 2020)

De acuerdo con Seun et al. (2019) En un sentido amplio, el término “vidrio” es comúnmente utilizado para un número ilimitado de materiales de composición variable en estado vítreo

que exhiben un comportamiento de transición vítrea y carecen de periodicidad estructural de largo alcance; cuya resistencia teórica, que se estima en 7000 Mpa, supera en propiedades a gran parte de los metales y sus combinaciones; pero que por sus defectos inherentes y microfisuras falla en aplicaciones de servicio por debajo de su valor de resistencia teórica. En ese mismo sentido, Liu y Shinozaki (2022) Señala que debido a la concentración de tensiones cerca de la punta de la grieta y a la falta de mecanismos de endurecimiento como la deformación plástica en los metales, El vidrio desarrolla fragilidad; por esta razón, su fortalecimiento puede obtenerse aumentando su resistencia a la extensión de grietas y aminorando la concentración de esfuerzos en proximidad al vértice de la fisura desde el análisis de la mecánica de fractura. La fase en que se manifiesta no corresponde a sólido ni líquido, sino a vítrea, donde sus agrupaciones moleculares demuestran una rigidez mecánica excepcional (Rocha et al., 2020).

No obstante ser un material casi imposible de sustituir y en determinadas aplicaciones completamente irremplazables, ofrece amplia disponibilidad y costos reducidos en cuanto a las materias primas utilizadas para fabricarlo, sobre todo su componente principal, la sílice, contenida en la arena; además, es 100% reciclable innumerables veces (Tamayo et al., 2012). Actualmente, es uno de los componentes que forma la menor parte de los residuos municipales a nivel mundial, y aumenta según el grado de ingresos de las naciones; conformando el 1% del total de componentes de residuos municipales en naciones de ingresos bajos, el 4% en países de ingresos medio-bajos y medio, y 6% en naciones de ingresos altos (De Miguel et al., 2021).

La fusión de sílice combinada con aditivos a temperaturas muy elevadas da origen al vidrio, un material que presenta propiedades cristalinas y amorfas; cuyas unidades poseen excelente rigidez mecánica; cuya clasificación se da según su composición química en

(Rocha et al., 2020): a) vidrio sodocálcico, b) vidrio plomado, c) vidrio borosilicato, y d) vidrios especiales:

a) Vidrio sodocálcico: El vidrio sodocálcico es un vidrio comercial típico pero con baja tenacidad a la fractura; lo que limita significativamente sus aplicaciones estructurales; pero que puede ser mejorado ante la adición de nano partículas metálicas (Liu y Shinozaki, 2022). Este tipo de vidrio es relativamente fácil de fundir y moldear, químicamente duradero y económico, cuya composición típica es $\text{CaO} - 8,6\%$, $\text{MgO} - 4,1\%$, $\text{Na}_2\text{O} - 13,6\%$, $\text{K}_2\text{O} - 0,3\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,7\%$, $\text{SiO}_2 - 72,6\%$ (2019). Es usado para envases o ventanas (Karazi et al., 2017) (Rocha et al., 2020).

Luo et al. (2018) Señalan que las características mecánicas del vidrio sodocálcico, como la dureza, módulo de elasticidad y tenacidad a la fractura, son parámetros importantes que determinan la durabilidad en aplicaciones prácticas; por un lado, para mejorar las propiedades superficiales, la desalcalinización o el intercambio iónico son procesos útiles que modifican el perfil de concentración de iones de sodio cerca de la región superficial; por otro lado, para aumentar la tenacidad a la fractura, la polarización térmica es una técnica eficiente para aumentar la tenacidad a la fractura por indentación.

De acuerdo con Karazi et al. (2017) Este es el tipo de vidrio más prevalente y se compone de tetraedros de SiO_4 conectados en los átomos de oxígeno; con un orden químico fuerte, donde los átomos de oxígeno establecen enlaces con dos átomos de silicio cada uno.

De acuerdo con Sandín (2015) Está compuesto por sílice fundido a 1700°C (SiO_2 de 71 a 75%), Na_2O proveniente de la materia prima Na_2CO_3 , (12-16%), óxido de calcio del carbonato de calcio (10-15%); También es posible incorporar aluminio para mejorar la durabilidad y mantener la viscosidad cuando las temperaturas son bajas, u óxido plomo para reducir el punto de fusión, reducir las durezas, alterar su índice refractario y potenciar el

brillo; o bien boro para reforzar la resistencia frente a las corrosiones químicas y las variaciones de T°.

Sus propiedades son (Sandín, 2015):

- ✓ **Elasticidad:** su valor de capacidad elástica es considerable; deformándose ante un esfuerzo continuo y recuperando su geometría inicial al cesar la carga; y aunque prácticamente no tiene plástica.
- ✓ **Límite de resistencia:** El vidrio ordinario posee una notable capacidad compresiva (por encima de los 1.000 Mpa); sin embargo, presenta un comportamiento considerablemente más frágil cuando se somete a tracción debido a su naturaleza quebradiza; y puesto que sus límites elásticos se encuentran en 40 Mpa, su aplicación a flexión está restringida a este valor; por otra parte, cuando la carga es constante, su resistencia disminuye en un 40%; aunque estas propiedades pueden modificarse dependiendo de la temperatura (a mayor temperatura, menor resistencia) y del tratamiento de los bordes.
- ✓ **Densidad:** Se determina un valor de 2.5kg/m³, aunque para un cálculo simplificado se suele considerar 2.5 kg/m² multiplicado por el grosor del vidrio.
- ✓ **Coefficiente de Poisson:** 0.22
- ✓ **Punto de ablandamiento:** 650°c, aunque fluctúa notable según los componentes que lo constituyen.
- ✓ **Conductividad térmica:** 1.05 W/Mk
- ✓ **Coefficiente de dilatación lineal:** $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, para un intervalo entre 20 y 220°C.
- ✓ **Dureza:** en la escala Mohs presenta un valor entre 6 y 7, y en la escala Knoop (kg/mm²) equivale a 575.
- ✓ **Notable resistencia a condiciones atmosféricas.**

- ✓ **Resistencia química:** resiste adecuadamente los ácidos, excepto el fluorhídrico y, a T° elevada, el fosfórico, no obstante, los álcalis deterioran la superficie, provocando abrasión.
 - ✓ **Tensiones admisibles:** El vidrio recocido resiste hasta 6 MPa en cargas constantes y 17 MPa en cargas temporales. El vidrio templado alcanza resistencias de 40 MPa. Los tratamientos de arenado reducen la resistencia tensional en un 30%, mientras que la laminación disminuye la capacidad resistente en un 10% respecto a piezas monolíticas de igual espesor.
 - ✓ **Resistencia a la temperatura:** como promedio, el vidrio recocido tolera diferencias térmicas de 40°C , mientras que un vidrio templado soporta aproximadamente 150°C .
 - ✓ **Índice de refracción:** 1.52
 - ✓ **Transición de luz visible:** el vidrio de 6mm es capaz de permitir el paso de entre el 75% y 85% de la luz visible en el caso de vidrio claro; además, los parámetros de color tienen un impacto significativo en esta propiedad.
 - ✓ **Transmisión de infrarrojo:** su relativa transparencia a los rayos infrarrojos de onda corta, y relativa opacidad a los de onda larga favorece los efectos invernaderos.
 - ✓ **Transmisión ultravioleta:** el vidrio monolítico permite el paso de radiación ultravioleta; mientras que su versión laminada, debido al efecto del material plástico intercalado, resulta opaca a esta radiación. Sus restricciones más significativas son su considerable dilatación térmica y su escasa resistencia frente a agentes químicos corrosivos.
- b) Vidrio plomado:** se utiliza principalmente sustituyendo el óxido de calcio por óxido de plomo, el cual reduce la T° de fusión y la dureza, además de incrementar el índice refractario; también sustituye el óxido de sodio por óxido de potasio; y su composición en comparación con el vidrio sodocálcico varía con el (SiO_2 54-65%), (PbO 18-38%) y

(Na_2O 13-15%) et al. componentes secundarios; que le confieren sus características esenciales como aislante eléctrico y resistencia a temperaturas elevadas (Sandín, 2015).

c) Vidrio borosilicato: consiste en un vidrio sodocálcico que incorpora al menos un 5% de óxido bórico; elemento que le otorga mayor resistencia a las variaciones térmicas y a la corrosión química; apropiados para aplicaciones en las industrias químicas, farmacia, laboratorios y utensilios de cocina; cuya composición se deriva de un (SiO_2) 70-80%, (B_2O_3) 7-13%, (Na_2O) y (K_2O) 4-8%, y un 2-7% de (Al_2O_3) (Sandín, 2015).

d) Vidrios especiales: estas variedades de vidrio proporcionan un amplio espectro de posibilidades según el uso al que estén destinados; permitiendo la incorporación de diversos compuestos y elementos diferentes; no obstante, su proceso de fabricación resulta más complejo; un ejemplo de ello es el vidrio alumino-silicato (Sandín, 2015).

Aunque existe un consenso entre expertos en que la proporción adecuada puede lograr valores de capacidad compresiva superiores a las del hormigón convencional, preocupa la reacción álcali-sílice al emplear el vidrio en lugar del árido; ya que, esta reacción puede generar un gel que aumenta de volumen con el agua, afectando la estructura del hormigón y causando daños estructurales puesto que la capacidad reactiva de la sílice se relaciona de manera inversa con su nivel de estructura cristalina; por lo que se sugiere medidas preventivas como el uso de cemento con bajo contenido de álcalis y la incorporación de adiciones minerales en lugar de cemento para mitigar el riesgo (Frómeta et al., 2020).

Dimensiones de la variable Vidrio sodocálcico reciclado

Composición química

El vidrio sodocálcico es un material amorfo de origen inorgánico cuya composición química está basada en tres componentes principales: sílice (SiO_2), (Na_2O) y (CaO). Generalmente, contiene entre un 60-75% de sílice, que actúa como formador de la estructura vítrea; un 10-15% de Na_2O , que reduce la T° de fusión y mejora la trabajabilidad; y un 5-12% de óxido

de calcio, que confiere estabilidad y resistencia mecánica. Además, pueden estar presentes otros compuestos en menores proporciones, como (MgO), (Al₂O₃) y (K₂O), los cuales pueden influir en la durabilidad, transparencia y resistencia química del material. (Huapaya y Valdivia, 2019).

Propiedades físicas

Se caracteriza por un conjunto de propiedades físicas que lo distinguen como material ampliamente utilizado en los sectores de construcción y reciclaje. Sus cualidades destacadas incluyen su elevada dureza (5-7 en la escala de Mohs), una densidad aproximada de 2,5 g/cm³, y un punto de fusión que varía entre 1,400-1,600 °C. Se trata de un material quebradizo, con reducida tenacidad y notable capacidad compresiva, aunque su resistencia a la tracción más resulta restringida debido a la estructura amorfa que presenta adicional, el vidrio sodocálcico exhibe una conductividad térmica baja y una considerable resistencia química contra ácidos y elementos atmosféricos, si bien puede mostrarse vulnerable a la degradación alcalina bajo condiciones extremas. (Huapaya y Valdivia, 2019)

3.3. Definición de términos

Reacción Alkali-Sílice: reacción química entre los minerales de sílice inestables de los áridos y los hidróxidos alcalinos derivados, principalmente, de la hidratación del cemento Portland, mientras se disuelven en el líquido presente en los espacios intersticiales del hormigón (Frare et al., 2022).

Porosidad: definir las proporciones en que los agentes agresivos pueden penetrar en la masa, provocar deterioro y reducir el f'c (León y Rodríguez, 2022).

Límite elástico: es el valor máximo de esfuerzo al que un material puede ser sometido sin sufrir deformación permanente (Arista et al., 2022).

Corrosión: degradación de un material como resultado de un ataque electroquímico por el entorno que lo rodea (Martínez, 2023).

Granulometría: representación de la clasificación de los distintos tamaños de agregados de acuerdo al diámetro que poseen (Arista et al., 2022).

Conductividad térmica: característica que influye en la transferencia de calor que ocurre por conducción en un material granular (Hernández y Blanco, 2015).

Coefficiente de Poisson: Expresa el vínculo entre las alteraciones dimensionales perpendiculares y paralelas, cuando está sometido a fuerzas de compresión dentro del rango de comportamiento elástico (Tafur, 2022).

Resistencia a compresión: habilidad del material para soportar la presión directa de la fuerza compresiva aplicada (Marković et al., 2016).

Clinker: producto intermedio y fundamental del cemento Portland; compuesto predominantemente por Ca_2SiO_4 (C_2S) en elevada concentración y pequeñas cantidades de CaAl_2O_4 (Pampilla et al., 2022).

Resistencia a flexión: indicador de la capacidad a la ruptura por momento en una viga o losa no reforzada de concreto como módulo de rotura (National Ready Mixed Concrete Association, 2017).

Descarbonatación: fenómeno por el cual el CO_2 disuelto en H_2O genera ácido carbónico que desata los carbonatos primarios, formando bicarbonatos de calcio, los cuales posteriormente precipitan como carbonatos en el suelo (Rivera et al., 2020).

Agregado: materiales utilizados para ocupar el volumen del concreto cubriendo espacios que permanecerían vacíos tras la mezcla; y contribuyente con propiedades mecánicas al material (Moncaleano et al., 2016).

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1. *Tipo de investigación*

Aplicado tipo de estudio que tiene como propósito la solución de problemáticas concretas mediante la utilización del conocimiento científico. Se orienta a generar mejoras en procesos, productos o metodologías, aportando soluciones prácticas que pueden ser implementadas en entornos específicos (Hernández, Fernández y Baptista, 2022). En este contexto, la investigación aplicada se distingue de la investigación básica en que no solo busca ampliar el conocimiento teórico, sino también desarrollar aplicaciones prácticas con impacto directo en la sociedad o en sectores productivos.

Enmarcado dentro de la indagación aplicada, ya que busca mejorar la resistencia del Ladrillo king kong de concreto mediante la incorporación de vidrio sodocálcico reciclado. A través de ensayos experimentales, se evalúa el impacto de este material en la resistencia del ladrillo, con el fin de mejorar su capacidad mecánica y ofrecer una opción sustentable para el sector constructivo en Abancay, región de Apurímac. La investigación no solo genera nuevos conocimientos sobre el comportamiento del material, sino que también busca su aplicación práctica en la fabricación de ladrillos con mejores características estructurales, contribuyendo a la eficiencia y sostenibilidad del sector.

4.1.2. *Nivel de investigación*

El nivel explicativo en la investigación busca identificar las causas y efectos de los fenómenos estudiados, estableciendo relaciones causales entre variables. Este nivel no solo describe ni relaciona los fenómenos, sino que además intenta explicar por qué ocurren, fundamentando los resultados en teorías y principios científicos (Hernández, Fernández y Baptista, 2022). En investigaciones de este tipo, se formulan hipótesis que posteriormente

son verificadas a través de métodos experimentales, permitiendo comprender los mecanismos subyacentes que determinan el comportamiento de las variables estudiadas.

El estudio presente explicativo (Nivel), ya que busca determinar y analizar el impacto del vidrio sodocálcico reciclado en las resistencias del Ladrillo king kong de concreto. A través de un diseño experimental, se estudia la relación causal entre la incorporación del vidrio en la mezcla del ladrillo y sus propiedades mecánicas, con el propósito de explicar los efectos que este material tiene sobre la resistencia estructural del producto final. De esta manera, la investigación no solo mide la resistencia de los ladrillos con y sin vidrio reciclado, sino que también explica los mecanismos por los cuales la adición del vidrio puede mejorar o afectar sus propiedades, permitiendo fundamentar científicamente su aplicación en las industrias de la construcción en Abancay.

4.1.3. Diseño de investigación

El diseño experimental es un enfoque cuantitativo ya que permite evaluar el efecto de una o más variables independientes sobre una variable dependiente, bajo condiciones controladas y reproducibles. Su objetivo es establecer relaciones de causalidad a través de la manipulación de las variables deliberadamente y la aplicación de técnicas de estadística para el análisis de los resultados. Este tipo de diseño se caracteriza por la asignación aleatoria de tratamientos, la inclusión de grupos de control y la replicabilidad de los experimentos para asegurar la credibilidad y aplicabilidad de los resultados obtenidos (Montgomery,2020).

Se emplea un diseño experimental para evaluar el impacto de la inclusión de vidrio sodocálcico reciclado en la resistencia del Ladrillo king kong de concreto. Mediante la manipulación controlada de la proporción de vidrio reciclado en la mezcla del concreto y la posterior evaluación de la capacidad mecánica de los ladrillos fabricados, se busca determinar si esta adición mejora sus propiedades estructurales. La metodología incluye la

comparación con un grupo de control (ladrillos sin vidrio reciclado), pruebas de resistencia y análisis estadístico de los resultados para validar la hipótesis planteada.

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1. Temporal

El tiempo en que se enmarca la investigación abarca los semestres 2023-II, desde el mes de diciembre del año 2023 que abarca desde marzo a diciembre del año 2023.

4.2.2. Espacial

El proyecto se desarrollará en la provincia de Abancay, Apurímac, incorporando las necesidades específicas de los habitantes y factores de la provincia que influyan en el desarrollo de la resistencia del ladrillo de concreto King Kong con adición de vidrio sodocálcico reciclado.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

En investigación, la población referida al grupo totalitario de componentes, sujetos u objetos que tienen vínculos similares y que son razón de estudio en un trabajo investigativo. Puede ser finita o infinita y se delimita en función de los objetivos del estudio (Hernández, Fernández y Baptista, 2022).

En esta indagación, la población está conformada por la totalidad de ladrillos King Kong de concreto producidos en la provincia de Abancay, departamento de Apurímac. Esta población incluye los ladrillos fabricados con métodos tradicionales y aquellos que incorporan vidrio sodocálcico reciclado en su composición.

4.3.2. Muestra

Por otro lado, la muestra constituye una porción significativa del universo estudiado, elegido mediante técnicas aleatorias o dirigidas, cuyo propósito es recopilar datos que posibiliten extrapolar las conclusiones investigativas al conjunto global. La determinación

apropiada de esta muestra resulta esencial para salvaguardar la legitimidad y precisión del estudio científico, garantizando que los hallazgos descubiertos reflejen fielmente el fenómeno bajo observación.

La muestra se compone de un conjunto de ladrillos King Kong de concreto elaborados bajo estándares controlados en laboratorio, con distintas proporciones de vidrio sodocálcico reciclado. Estos ladrillos serán sometidos a pruebas de resistencia mecánica para analizar el impacto del vidrio en sus propiedades estructurales. La selección de la muestra se realizará bajo criterios de representatividad y control experimental, asegurando la validez de los resultados obtenidos.

4.4. Instrumento

a. Instrumentos para la preparación de muestras

Estos instrumentos permiten la adecuada fabricación de los ladrillos con las proporciones de vidrio sodocálcico reciclado:

- **Balanza digital de precisión:** Para medir con exactitud las cantidades de los materiales (cemento, arena, agua y vidrio reciclado).
- **Tamices granulométricos:** Para clasificar las partículas de vidrio sodocálcico según su tamaño antes de incorporarlas a la mezcla de concreto.
- **Mezcladora de concreto:** Para asegurar que todos los componentes se dispersen uniformemente en la masa utilizada para fabricar los ladrillo.
- **Moldes para ladrillos:** Para dar forma a los ladrillos King Kong con dimensiones estandarizadas.
- **Vibrador de concreto:** Con el fin de remover las cavidades de aire y garantizar una consolidación óptima del compuesto en las matrices de conformado.
- **Horno o cámara de curado:** Para asegurar el fraguado y endurecimiento correcto de los ladrillos antes de su ensayo.

b. Instrumentos para la Medición y Evaluación

Estos instrumentos permiten determinar la resistencia y calidad del Ladrillo king kong con vidrio reciclado:

- **Máquina de compresión universal:** Para ejecutar ensayos de f^c y determinar las capacidades de cargas de los ladrillos en Megapascales (MPa).
- **Calibrador Vernier:** Para verificar las dimensiones y tolerancias de los ladrillos fabricados.
- **Cámaras de absorción de agua:** Para medir las porosidades y capacidades de absorción de los ladrillos, lo que influye en su durabilidad.
- **Higrómetro:** Para controlar la humedad durante la fabricación y curado de los ladrillos.

c. Instrumentos para la Recolección y Análisis de Datos

Estos instrumentos ayudarán en la sistematización y examen de los hallazgos recabados:

- **Hojas de registro de datos:** Para documentar data recabada en cada ensayo de resistencias y absorción de agua.
- **Software estadístico (SPSS, Excel):** Para analizar la data obtenida, realizar pruebas de significancia y determinar la incidencia del vidrio reciclado en las resistencias del ladrillo.
- **Cámara fotográfica o microscopio digital:** Para registrar la apariencia de los ladrillos antes y después de las pruebas de resistencia.

4.5. Procedimiento

a. Instrumentos para la Preparación de Muestras

Estos instrumentos permiten la adecuada fabricación de los ladrillos con las proporciones de vidrio sodocálcico reciclado:

- **Balanza digital de precisión:** Para medir con exactitud las cantidades (cemento, arena, agua y vidrio reciclado).
- **Tamices granulométricos:** Para clasificar las partículas de vidrio sodocálcico según su tamaño antes de incorporarlas a la mezcla de concreto.
- **Mezcladora de concreto:** Para asegurar una dispersión uniforme de todos los elementos constitutivos en la composición utilizada para la elaboración de los ladrillos.
- **Moldes para ladrillos:** Para dar forma a los ladrillos King Kong con dimensiones estandarizadas.
- **Vibrador de concreto:** Con el fin de remover las cavidades de aire y garantizar una consolidación óptima del compuesto en las matrices de conformado.
- **Horno o cámara de curado:** Para asegurar el fraguado y endurecimiento correcto de los ladrillos antes de su ensayo.

b. Instrumentos para la Medición y Evaluación

Estos instrumentos permiten determinar la resistencia y calidad del Ladrillo king kong con vidrio reciclado:

- **Máquina de compresión universal:** Para ejecutar ensayos de f'_c y cuantificar las capacidades de carga del ladrillo en Megapascuales (MPa).
- **Durómetro:** Para medir la dureza superficial del ladrillo y evaluar su resistencia mecánica.
- **Calibrador Vernier:** Para verificar las dimensiones y tolerancias de los ladrillos fabricados.
- **Esclerómetro de Schmidt:** Para evaluar la resistencia del ladrillo a impactos y su grado de dureza superficial.
- **Cámaras de absorción de agua:** Para medir la porosidad y capacidades de absorción del ladrillo, lo que influye en su durabilidad.

- **Higrómetro:** Para controlar la humedad durante la fabricación y curado de los ladrillos.

c. Instrumentos para la Recolección y Análisis de Datos

Estos instrumentos ayudarán en la sistematización y examen de los hallazgos recabados:

- **Hojas de registro de datos:** Para documentar la data obtenida en cada test de resistencias y absorción de agua.
- **Software estadístico (SPSS, Excel):** Para analizar la data obtenida, realizar pruebas de significancia y determinar la incidencia del vidrio reciclado en las resistencias del ladrillo.
- **Cámara fotográfica o microscopio digital:** Para registrar la apariencia de los ladrillos antes y después de las pruebas de resistencia.

Estos instrumentos permitirán obtener data precisa y confiable sobre el impacto del vidrio sodocálcico reciclado en la resistencia del Ladrillo king kong de concreto, asegurando la validez científica de la investigación.

4.6. Análisis de datos

Para el estudio "Mejoramiento en la resistencia del Ladrillo king kong de concreto incorporando vidrio sodocálcico reciclado en la provincia de Abancay, departamento de Apurímac, 2022", la prueba estadística a utilizar dependerá del diseño experimental y de la comparación de la data obtenida en los ensayos de resistencia.

a. Prueba de Comparación de Medias

Dado que el estudio analizará la resistencia de ladrillos con diferentes proporciones de vidrio sodocálcico reciclado, se utilizarán pruebas de comparación de medias para evaluar la influencia de esta variable.

b. Prueba ANOVA de un factor (Análisis de Varianza)

- Se utilizará si se evalúan **tres o más grupos experimentales** (ladrillos con dosificación de 0%, 5%, 10% y 15% de vidrio reciclado).

- Esta prueba permite determinar si existen estadísticamente diferencias de significancia entre los grupos en términos de F'c.

c. Prueba t de Student para muestras independientes

- Se aplicará si se comparan **dos grupos** (ladrillos con vidrio reciclado vs. ladrillos convencionales).
- Permite verificar si existe unas significativas diferencias en F'c entre ambos tipos de ladrillos.

d. Prueba de Correlación y Regresión Lineal

Si se desea evaluar la razón entre el **porcentaje de vidrio reciclado** y la **resistencia del ladrillo**, se pueden aplicar:

- **Coefficiente de correlación de Pearson** (si los datos son normales) o **Spearman** (si no son normales).
- **Regresión lineal simple** para cuantificar en qué medida la proporción de vidrio reciclado influye en la resistencia mecánica.

4.7. Consideraciones éticas

En el desarrollo de la investigación se siguieron diversas consideraciones éticas con el fin de garantizar la integridad del estudio, la consideración y cuidado hacia el entorno natural y la transparencia en la obtención y examen de data.

1. Uso Responsable de los Materiales

- ✓ Se aseguró que los elementos empleados en la producción de los ladrillos provinieran de fuentes responsables y certificadas, evitando el impacto negativo en el entorno natural.
- ✓ El vidrio reciclado fue obtenido de fuentes legales y manejado de manera adecuada para evitar contaminación o efectos adversos en el proceso de producción.

2. Seguridad en los Procedimientos de Laboratorio

- ✓ Se garantizaron condiciones seguras durante la manipulación de materiales, utilizando (EPP) como guantes, gafas y mascarillas.
- ✓ Los ensayos de F'c y absorción de agua se realizaron en un laboratorio adecuado, cumpliendo con los protocolos de seguridad y de manipulación de materiales.

3. Transparencia y Veracidad de los Datos

- ✓ La data obtenida en los ensayos fue registrada de manera rigurosa, sin alteraciones ni manipulaciones, asegurando la veracidad de los resultados.
- ✓ Se evitó cualquier sesgo en la presentación de los hallazgos y se respetaron los principios de objetividad y replicabilidad en el análisis estadístico.

4. Cumplimiento de Normativas y Regulaciones

- ✓ Se respetaron las normativas nacionales e internacionales sobre la fabricación y ensayo de ladrillos de concreto, garantizando que el proceso se ajustara a los estándares técnicos vigentes (norma E.030).
- ✓ Se tomó en cuenta la normativa ambiental vigente para el manejo de residuos y la reutilización del vidrio reciclado.

5. Respeto por el Medio Ambiente

- ✓ La investigación promovió el uso de materiales reciclados con el fin de reducir la huella ecológica provocada por los desechos vítreos.
- ✓ Se minimizaron los desechos generados durante la fabricación de los ladrillos, fomentando prácticas sostenibles en la construcción.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

Ensayos realizados a los materiales para diseño de concreto hidráulico

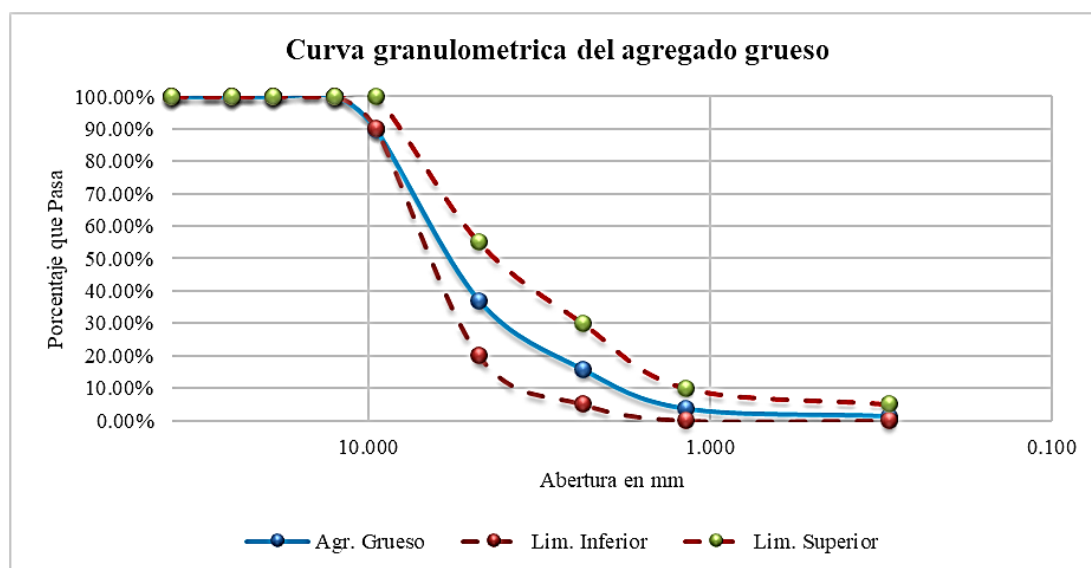
Tabla 4

Granulometría agregado grueso

Análisis granulométrico por lavado y tamizado								
Muestra inicial	1036.6 gr	Muestra lavada y secada	3464.8	Peso Recipiente	0.0 gr	Huso	89	
Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso ret. (gr.)	Peso corr. (gr.)	%ret.	%retenido acumulado	%pasa	Límite inferior	Límite superior
1 1/2	37.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1	25.000	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3/4	19.000	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1/2	12.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3/8	9.500	105.6	105.60	10.19%	10.19%	89.81%	90%	100%
N° 4	4.750	547.1	547.10	52.78%	62.97%	37.03%	20%	55%
N° 8	2.360	221.2	221.20	21.34%	84.30%	15.70%	5%	30%
N° 16	1.180	125.9	125.90	12.15%	96.45%	3.55%	0%	10%
N° 50	0.300	24.6	24.60	2.37%	98.82%	1.18%	0%	5%
N°200	0.075	2.5	2.50	0.24%	99.06%	0.94%		
Cazuela		2.1	9.70	0.94%	100.00%			
Total		1029.0	1036.6	100%				
Módulo de Fineza							5.48	

Nota. La presente tabla son datos de laboratorio que se realizó la granulometría del agregado grueso teniendo un módulo de finesa de 5.48, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El análisis granulométrico muestra que el material analizado carece de partículas gruesas mayores a 3/8" (9.5 mm), con la mayor retención en el tamiz N°4 (4.75 mm) con 52.78%, acumulando 62.97%. A partir del tamiz N°8 (2.36 mm), la retención disminuye progresivamente, con 21.34%, 12.15% en el N°16 (1.18 mm) y 0.24% en el N°200 (0.075 mm). El M.F obtenido es 5.48, indicando que el material es predominantemente grueso y cumple con los rangos establecidos.

Figura 5*Curva Granulométrica del Agregado Grueso*

Nota. La presente figura se aprecia la curva granulométrica del agregado grueso que se obtuvo mediante los datos de laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La ilustración indica que la distribución de partículas se encuentra dentro de los rangos dados por la normativa. La curva muestra que la mayoría del material se encuentra en la fracción de agregado grueso, con 62.97% retenido en el tamiz N° 4 (4.75 mm), lo que confirma la fracción de arena gruesa y fina.

Tabla 5*Granulometría del agregado Fino*

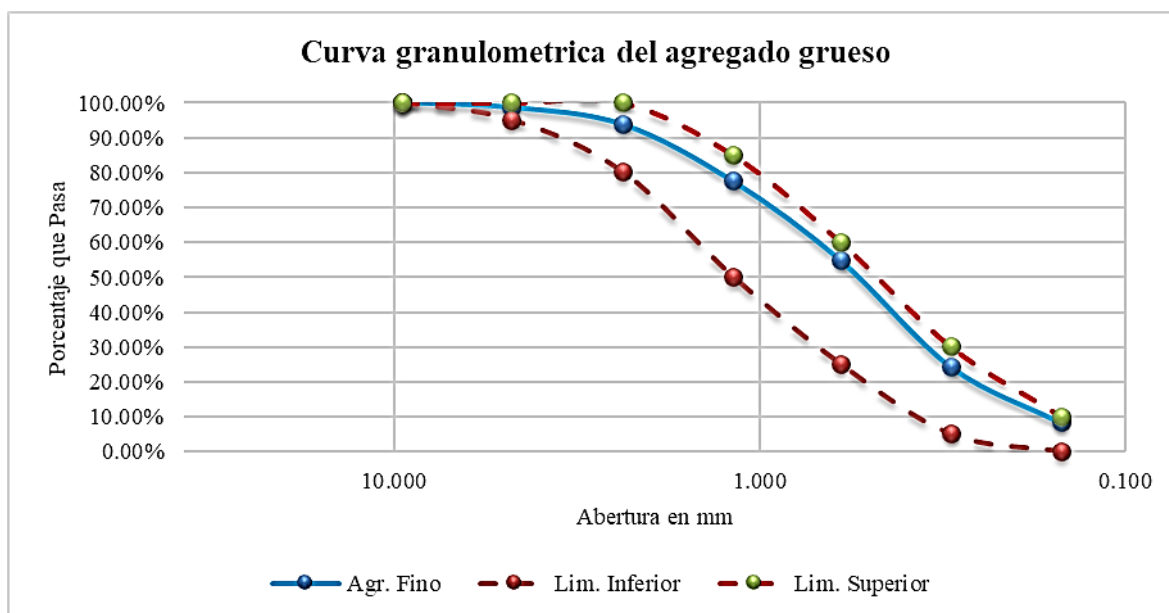
Análisis granulométrico por lavado y tamizado									
Muestra inicial	1055.6 gr	Muestra lavada y secada	642.6	Peso Recipiente	0.0 gr	Huso			
Tamiz (Pulg.)	Tamiz (mm)	Peso ret. (gr.)	Peso corr. (gr.)	%ret.	% Retenido acumulado	% Pasa	Límite inferior	Límite superior	
3/8"	9.500	0.0	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%	
N° 4	4.750	15.2	15.20	1.44%	1.44%	98.56%	95%	100%	
N° 8	2.360	51.9	51.90	4.92%	6.36%	93.64%	80%	100%	
N° 16	1.180	171.9	171.90	16.28%	22.64%	77.36%	50%	85%	
N° 30	0.600	239.1	239.10	22.65%	45.29%	54.71%	25%	60%	
N° 50	0.300	321.2	321.20	30.43%	75.72%	24.28%	5%	30%	
N° 100	0.150	168.8	168.80	15.99%	91.71%	8.29%	0%	10%	
N° 200	0.075	35.0	35.00	3.32%	95.03%	4.97%			
Cazuela		2.0	52.50	4.97%	100.00%				
Total		1005.1	1055.6	100%					
Módulo de fineza							2.43		

Nota. La presente tabla son datos de laboratorio que se realizó la granulometría del agregado teniendo un Módulo de fineza de 2.43, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La granulometría del material está compuesta mayormente por partículas finas, con una mínima retención en tamices gruesos. La mayor acumulación ocurre en los tamices N°50 (0.300 mm) y N°30 (0.600 mm), con 30.43% y 22.65% respectivamente, alcanzando un 75.72% retenido acumulado. En los tamices más finos, la retención disminuye progresivamente hasta 3.32% en el N°200 (0.075 mm). El módulo de fineza obtenido es 2.43, lo que sugiere que el material es predominantemente fino

Figura 6

Curva Granulométrica del agregado Fino



Nota. La presente figura se aprecia la curva granulométrica del agredo fino que se obtuvo mediante los datos de laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La granulometría indica que la muestra analizada es un material bien graduado con predominancia de partículas finas, ya que presenta un 54.71% que pasa el tamiz N° 30 (0.600 mm) y un 24.28% el N° 50 (0.300 mm), lo que sugiere una granulometría adecuada para concretos con buena trabajabilidad o suelos con cohesión moderada. Además, el % que pasa

el tamiz N° 200 (0.075 mm) es del 4.97%, dentro de un rango aceptable para agregados en construcción.

Tabla 6

Peso Unitario Suelto y vacíos del agregado grueso

Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 01
P. Molde (gr)	10073	10073
P. Molde + Mtra Suelta (gr)	24001	24011
P. de la Mtra Suelta (gr)	13928	13938
V° Molde (cm ³)	9060.52	9060.52
P. Un. Suelto (gr/cm ³)	1.537	1.538
P. Esp. (kg/m ³)	2595.152	2595.152
P. Un. Suelto (kg/m ³)	1537.219	1538.322
% de Vacíos	40.77%	40.72%
P. Un. Suelto (kg/m ³)	1537.770	
% de Vacíos	40.74%	

Nota. La presente tabla muestra el peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El ensayo de peso unitario suelto del árido grueso arrojó valores de 1537.77 kg/m³, con un % de vacíos promedio de 40.74%. El peso específico del material es 2595.15 kg/m³, indicando una densidad en el rango estándar para estos áridos.

Tabla 7

Peso Unitario varillado y vacíos del agregado grueso

Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 01
N° de Capas	3	3
N° de Golpes	25	25
P. del Molde (gr)	10073	10073
P. del Molde + Mtra Varillada (gr)	26775	26889
P. de la Mtra Varillada (gr)	16702	16816
V° del Molde (cm ³)	9060.52	9060.52
P. Un. Varillado (gr/cm ³)	1.843	1.856
P. Esp. (kg/m ³)	2595.152	2595.152
P. Un. Varillado (kg/m ³)	1843.38	1855.96
% de Vacíos	28.97%	28.48%
P. Un. Comp. (kg/m ³)	1849.67	
% de Vacíos	28.73%	

Nota. La presente tabla muestra el peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El ensayo de peso varillado unitario del agregado grueso obtuvo un valor medio de 1849.67 kg/m³, con un porcentaje de vacíos de 28.73%, evidenciando una reducción significativa en comparación con el peso suelto unitario. El peso específico del material se mantiene en 2595.15 kg/m³, lo que confirma su densidad. Estos resultados indican una mejor compactación del agregado al aplicar la varillado

Tabla 8

Peso Unitario Suelto y vacíos del agregado fino

Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 01
P. Molde (gr)	4611	4611
P. Molde + Mtra Suelta (gr)	8125	8176
P. de la Mtra Suelta (gr)	3514	3565
V° Molde (cm ³)	2610.76	2610.76
P. Un. Suelto (gr/cm ³)	1.346	1.366
P. Esp. (kg/m ³)	2625.472	2625.472
P. Un. Suelto (kg/m ³)	1345.968	1365.503
% de Vacíos	48.73%	47.99%
P. Un. Suelto (kg/m ³)	1355.74	
% de Vacíos	48.36%	

Nota. La presente tabla muestra el agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El ensayo de peso unitario suelto del agregado fino obtuvo un valor promedio de 1355.74 kg/m³, con un porcentaje de vacíos de 48.36%. El peso específico del material es 2625.47 kg/m³, lo que indica una densidad típica para este tipo de agregado

Tabla 9

Peso Unitario varillado y vacíos del agregado fino

Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 01
N° de Capas	3	3
N° de Golpes	25	25
P. del Molde (gr)	4611	4611
P. del Molde + Mtra Varillada (gr)	8851	8825
P. de la Mtra Varillada (gr)	4240	4214
V° del Molde (cm ³)	2610.76	2610.76
P. Un. Varillado (gr/cm ³)	1.624	1.614
P. Esp. (kg/m ³)	2625.472	2625.472
P. Un. Varillado (kg/m ³)	1624.048	1614.089
% de Vacíos	38.14%	38.52%
P. Un. Comp. (kg/m ³)	1619.07	
% de Vacíos	38.33%	

Nota. La presente tabla muestra el agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El peso varillado unitario obtuvo un dato medio de 1619.07 kg/m³, con un porcentaje de vacíos de 38.33%, lo que representa una reducción respecto al estado suelto. El peso específico del material se mantiene en 2625.47 kg/m³, evidenciando una mayor compactación tras la aplicación del varillado

Tabla 10

Peso específico y absorción del agregado grueso

Peso específico y absorción del agregado grueso	
Datos del ensayo	Muestra 01
P. de la canastilla Smg (gr)	0
P. de la Mtra Seca (gr)	2012.8
P. de la canastilla + mtra Smg. (gr)	1271.1
P. de la Mtra Sat. con Sup. Seca (gr)	2046.7
P. del Agua Abs. (gr)	33.9
P. Esp. (gr/cm ³)	2.60
Cap. de Abs. (%)	1.68%

Nota. La presente tabla muestra el agregado grueso fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El ensayo de absorción y peso específico determinó un peso específico de 2.60 g/cm³ y una capacidad de absorción de 1.68%. Estos hallazgos indicarían que el agregado presenta una absorción moderada de agua.

Tabla 11

Peso específico y absorción del agregado fino

Gravedad específica y absorción del agregado fino	
Datos del ensayo	Muestra 01
V° del Picnómetro (ml)	500
P. del Picnómetro (gr)	187.2
P. de la Mtra Seca (gr)	486.5
P. del Picnómetro + H ₂ O + Mtra (gr)	986.6
P. de la Mtra Satda. con Sup. Seca (gr)	502.4
P. del Picnómetro + Agua (gr)	685.4
P. de la Mtra Smg (gr)	301.2
P. del H ₂ O Desp. (gr)	185.3
P. del H ₂ O Abs. (gr)	15.9
P. Esp. (gr/cm ³)	2.63
Cap. de Abs.	3.27%

Nota. La presente tabla muestra el agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Se determinó un peso específico de 2.63 g/cm³ y una capacidad de absorción de 3.27%. Estos valores indicarían que el árido fino tiene una moderada capacidad de absorción de H₂O.

Tabla 12

Contenido de Humedad del Agregado grueso

Contenido de humedad del agregado grueso			
Ensayo	1	2	3
Cápsula N°	1	2	3
P. ag. húm. + rec. (g)	2042.50	2011.90	2035.70
P. ag. seco + rec. (g)	2031.90	2001.70	2026.10
P. del H ₂ O (g)	10.60	10.20	9.60
P. del rec. (g)	130.10	128.40	129.20
P. neto del suelo seco (g)	1901.80	1873.30	1896.90
% de Humedad	0.56	0.54	0.51
w (%) Promedio =	0.54		

Nota. La presente tabla muestra el agregado grueso fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El ensayo de contenido de humedad del agregado grueso arrojó un valor promedio de 0.54%, indicando una baja presencia de agua en el material

Tabla 13

Contenido de humedad del agregado fino

Contenido de humedad del agregado fino			
Ensayo	1	2	3
Cápsula N°	1	2	3
Cápsula N°	614.80	627.30	658.10
P. ag. húm. + rec. (g)	603.30	615.70	645.30
P. ag. seco + rec. (g)	11.50	11.60	12.80
P. del H ₂ O (g)	60.70	65.40	60.90
P. del rec. (g)	542.60	550.30	584.40
P. neto del suelo seco (g)	2.12	2.11	2.19
w (%) Promedio =	2.14		

Nota. La presente tabla muestra el agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El contenido de humedad mostró un valor promedio de 2.14%, lo que indica una mayor retención de agua en relación con el árido grueso.

Tabla 14

Porcentaje que pasa la malla 200 del agregado grueso

% De fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso			
Ensayo	1	2	3
	1	2	3
Cápsula N°	1	2	3
P. de la mtra. seca antes de lavar (g)	2031.90	2001.70	2026.10
P. de la mtra. seca después de lavar (g)	2013.50	1984.30	2008.90
Material que pasa N° 200 (g)	18.40	17.40	17.20
P. del rec. (g)	130.10	128.40	129.20
% de mat. fino que pasa N° 200	0.97%	0.93%	0.91%
w (%) Promedio =	0.93%		

Nota. La presente tabla muestra el agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El porcentaje promedio de material fino que pasa el tamiz N° 200 en el agregado grueso es 0.93%, lo que indica un bajo contenido de partículas finas.

Tabla 15

Porcentaje que pasa la malla 200 del agregado fino

% De fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino			
Ensayo	1	2	3
Cápsula N°	2	3	3
P. de la mtra. seca antes de lavar (g)	603.30	615.70	645.30
P. de la mtra. seca después de lavar (g)	577.10	588.30	616.70
Material que pasa N° 200 (g)	26.20	27.40	28.60
P. del rec. (g)	60.70	65.40	60.90
% de mat. fino que pasa N° 200	4.83%	4.98%	4.89%
w (%) Promedio = 4.90%			

Nota. La presente tabla muestra el agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El p% promedio de material fino que pasa el tamiz N° 200 es 4.90%, lo que indica un contenido moderado de partículas finas.

Tabla 16

Ensayo de abrasión

Abrasión los ángeles al desgaste	
Datos del ensayo	Muestra 01
Gradación	D
Número de esferas	6.00
1 1/2" en 1" (gr)	0.00
1" en 3/4" (gr)	0.00
P. que pasa 3/4" en 1/2" (gr)	0.00
tamiz y 1/2" en 3/8" (gr)	0.00
retenido 3/8" en 1/4" (gr)	0.00
1/4" N° 4 (gr)	0.00
N° 4 en N° 8 (gr)	5000.10
P. tot. in. (gr)	5000.10
P. después del tamizado N° 12 (gr)	3810.40
P. tot. de desgaste (gr)	1189.70
Desgaste (%)	0.24
El valor al Desgaste de las partículas gruesas que conforman al material de préstamo (Cantera) es igual a 34.49%	
(Cantera) es igual a 23.79%	

Nota. La presente tabla muestra la abrasión del agregado fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El ensayo de abrasión determino la resistencia al desgaste. En este caso, el material presenta un desgaste del 23.79%, lo que sugiere una resistencia aceptable dentro de los límites normativos.

Tabla 17

Resumen de los ensayos del agregado Grueso

Características	Agregado grueso
% de finos pasante el tamiz N° 200 (%)	0.93
Hum. nat. (%)	0.54
TMN (Pulg)	3/8
MF	5.48
Huso	89
P. un. suelto (kg/m ³)	1537.77
P. un. comp. (kg/m ³)	1849.67
P. esp. (g/cm ³)	2.60
Abs. (%)	1.68
Desgaste del ag. (%)	23.79

Nota. La presente tabla muestra el agregado grueso fuente del laboratorio mecánica de suelos

Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Se detalla los hallazgos de los ensayos al material grueso extraído de la cantera Ballon – Pachachaca mostrando los valores dentro del rango permitido según los requerimientos técnicos y la la NTP 400.037 del agregado grueso para la elaboración del concreto

Tabla 18

Resumen de los ensayos del agregado fino

Características	Agregado fino
% de finos pasante el tamiz N° 200 (%)	4.90
Hum, nat. (%)	2.14
Mód.de finesa	2.43
P. un. suelto (kg/m ³)	1355.74
P. un. comp. (kg/m ³)	1619.07
P. esp. (g/cm ³)	2.63
Abs. (%)	3.27

Nota. La presente tabla muestra el agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos

Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Se detalla los hallazgos de los ensayos al material fino extraído de la cantera Ballón – Pachachaca mostrando los valores dentro del rango permitido según los requerimientos técnicos y la la NTP 400.037 del agregado grueso para la elaboración del concreto

5.1.2 Valores de Diseño

Tabla 19

Resistencia Deseada

Resistencia deseada f'_{cr}		
f_{cr}	130	
FS	0	
$f'_{cr} =$	130.0	Kg/cm ²
Cemento		
Peso específico	3.11	gr/cm ³

Nota. La presente tabla muestra la resistencia deseada fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La resistencia deseada del concreto es de 130 kg/cm², sin considerar un factor de seguridad adicional. En cuanto al cemento empleado, presenta un peso específico de 3.11 g/cm³, lo que influye en la densidad y el desempeño de la mezcla

Tabla 20

Valores del agregado fino

Agregado Fino		
P.esp.	2.63	gr/cm ³
MF	2.43	
% de Abs.	3.27	%
% de Hum.	2.14	%
P. un. suelto	1355.74	Kg/m ³
P. un. comp.	1619.07	Kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra los valores del agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los valores del agregado grueso para lograr la dosificación correcta fueron conseguidos, gracias a los ensayos realizados a los materiales para un diseño de mezcla teórico utilizado es del (ACI), con un agregado proveniente de la cantera Ballon- Pachachaca de la ciudad de Abancay, obteniendo los valores necesarios para el diseño.

Tabla 21*Valores del agregado grueso*

Agregado Grueso		
TMN	3/8	"
P. esp.	2.60	gr/cm ³
P. un.suelto	1537.77	Kg/m ³
P. un. comp.	1849.67	Kg/m ³
% de Abs.	1.68	%
% de Hum.	0.54	%

Nota. La presente tabla muestra los valores del agregado grueso fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los valores del agregado fino para lograr la dosificación correcta fueron conseguidos, gracias a los ensayos realizados a los materiales para un diseño de mezcla teórico utilizado es del (ACI), con un agregado proveniente de la cantera Ballon- Pachachaca de la ciudad de Abancay, obteniendo los valores necesarios para el diseño.

Diseño de Mezcla para f'c 130 Kg/Cm² Sin aditivo

Tabla 22*Datos Generales del diseño*

Datos		
fcr	130	kg/cm ²
F.S	0	kg/cm ²
f'cr (Diseño)	130	kg/cm ²
Cemento Portland		
P. esp.	3.11	gr/cm ³

Nota. La presente tabla muestra datos generales del diseño de mezcla fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La resistencia deseada del concreto es de 130 kg/cm², sin considerar un factor de seguridad adicional. En cuanto al cemento empleado, presenta un peso específico de 3.11 g/cm³, lo que influye en la densidad y el desempeño de la mezcla

Tabla 23*Datos de diseño del agregado fino*

Datos de diseño del agregado fino		
MF	2.43	---
P. esp.	2625.47	kg/m ³
P. un. suelto	1355.74	kg/m ³
P. un. comp.	1619.07	kg/m ³
Abs.	3.27	%
Hum.	2.14	%

Nota. La presente tabla muestra el diseño de agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El agregado fino utilizado en el diseño presenta un módulo de fineza de 2.43, con un peso específico de 2625.47 kg/m³. Su peso unitario en estado suelto es de 1355.74 kg/m³, mientras que en estado compactado alcanza los 1619.07 kg/m³. Además, posee absorción del 3.27% y una humedad natural del 2.14%, características que inciden en la dosificación y comportamiento del concreto.

Tabla 24*Datos de diseño del agregado grueso*

Datos de diseño del agregado grueso		
TMN	3/8	"
P. esp.	2595.15	kg/m ³
P. un. suelto	1537.77	kg/m ³
P. un. comp.	1849.67	kg/m ³
Abs.	1.68	%
Hum.	0.54	%

Nota. La presente tabla muestra el diseño de agregado grueso fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El agregado grueso empleado en el diseño tiene un TMN de 3/8", con un peso específico de 2595.15 kg/m³. Su peso unitario suelto es de 1537.77 kg/m³ y, en estado compactado, alcanza los 1849.67 kg/m³. Además, presenta absorción del 1.68% y un contenido de humedad natural del 0.54%, factores clave en la dosificación del concreto.

Tabla 25*Procesamiento para diseño*

Procesamiento		
Asent.	3 - 4	Pulgadas
V° un. de H ₂ O	227	Lt/m ³
Cont. de aire	3	%
a/c	0.79	
Factor cemento	287.34	kg/m ³
# de bolsas	6.76	bolsas
Cont. A.G	0.497	
P. A.G	918.99	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra el procedimiento para diseño fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El procesamiento del concreto diseñado considera un asentamiento de 3 a 4 pulgadas y un V° unitario de agua de 227 L/m³, con un contenido de aire del 3%. La relación agua/cemento es de 0.79, con un factor cemento de 287.34 kg/m³, equivalente a 6.76 bolsas. Además, el contenido de árido grueso es de 0.497, con un peso de 918.99 kg/m³, asegurando una adecuada trabajabilidad y resistencia del concreto.

Tabla 26*Volumen absoluto*

Volúmenes absolutos		
Cemento	0.092	m ³
Agua	0.227	m ³
Aire	0.030	m ³
Agregado grueso	0.354	m ³
Sub - Total	0.704	m ³

Nota. La presente tabla muestra el Volumen absoluto fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El cálculo de volúmenes absolutos muestra que el cemento representa 0.092 m³, el agua 0.227 m³, el aire 0.030 m³ y el agregado grueso 0.354 m³, alcanzando un subtotal de 0.704 m³, lo que permite analizar la cantidad relativa de cada elemento dentro de la combinación.

Tabla 27*Contenido de agregado fino*

Contenido de agregado fino		
Volumen absoluto fino	0.296	m ³
Peso fino seco	778.423	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra el contenido del agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El contenido de agregado fino se establece con un volumen absoluto de 0.296 m³ y un peso seco de 778.423 kg/m³, asegurando la proporción adecuada en la mezcla diseñada. Este valor se corrige considerando la humedad presente en el material, garantizando la precisión en la dosificación

Tabla 28*Valores de diseño*

Valores de diseño		
Cemento	287.34	kg/m ³
Agua	227.00	Lt/m ³
A.F seco	778.42	kg/m ³
A.G seco	918.99	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra valores de diseño fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La data de diseño para la mezcla de concreto incluye un contenido de cemento de 287.34 kg/m³ y un volumen de agua de 227.00 L/m³, asegurando la hidratación adecuada. Además, el agregado fino seco se encuentra en 778.42 kg/m³, mientras que el agregado grueso seco es de 918.99 kg/m³, garantizando una adecuada cantidad en la pasta para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas.

Tabla 29*Corrección por humedad*

Corrección por humedad		
A.F húmedo	795.08	kg/m ³
A.G húmedo	923.95	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra la corrección por humedad fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La corrección por humedad indica que el agregado fino húmedo tiene un peso de 795.08 kg/m³, mientras que el agregado grueso húmedo alcanza 923.95 kg/m³, ajustando así la dosificación para mantener la a/c adecuada en la mezcla.

Tabla 30

Pesos corregidos por humedad

Pesos corregidos por humedad		
Cemento	287.34	kg/m ³
Agua	246.30	Lt/m ³
A.F seco	795.08	kg/m ³
A.G seco	923.95	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra pesos corregidos por humedad fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los pesos corregidos por humedad reflejan los ajustes necesarios en la dosificación de materiales para compensar la humedad presente en los agregados. Se mantiene el contenido de cemento en 287.34 kg/m³, mientras que el volumen de agua aumenta a 246.30 L/m³. El agregado fino corregido alcanza 795.08 kg/m³ y el agregado grueso, 923.95 kg/m³, asegurando una adecuada relación agua-material para la mezcla de concreto.

Tabla 31

Proporción de materiales para mezcla de concreto

Cantidad de materiales y proporción					
Materiales	Cantidad		Proporción en V°		Proporción en V°
	/m ³		por bolsa		para 1 m ³
Cemento	287.34 Kg		1.00 Bolsa		6.761 bolsas
Agua	246.30 L		36.43 Lt		0.246 m ³
Agr. Fino	795.08 Kg		3.06 pie ³		0.586 m ³
Agr. Grueso	923.95 Kg		3.14 pie ³		0.601 m ³

Nota. La presente tabla muestra proporciones de materiales fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Se carece de información histórica sobre $f'c$ para el cálculo de la desviación estándar en este proyecto, así que se emplearon los parámetros suministrados por el ACI para establecer la resistencia promedio. Se consiguió determinar la formulación teórica para un concreto hidráulico con $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$, especificando tanto las cantidades como las proporciones apropiadas de los materiales.

Diseño de Mezcla $f'c = 130 \text{ Kg/Cm}^2$ Con aditivo Zika

Tabla 32

Datos Generales del diseño

Datos		
$f'cr$	130	kg/cm^2
F.S	0	kg/cm^2
$f'cr$ (Diseño)	130	kg/cm^2
Cemento portland		
Peso específico	3.11	gr/cm^3

Nota. La presente tabla muestra datos generales fuente del laboratorio mecánica de suelos

Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Tabla 33

Datos de diseño del agregado fino

Datos de diseño del agregado fino		
M.F	2.43	---
P. esp.	2625.47	kg/m^3
P. un. suelto	1355.74	kg/m^3
P. un. comp.	1619.07	kg/m^3
Abs.	3.27	%
Hum.	2.14	%

Nota. La presente tabla muestra , fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite

Apurímac SAC, en abril 2023

El árido fino empleado en el diseño presenta un módulo de fineza de 2.43, con un peso de 2625.47 kg/m^3 . Peso unitario suelto de 1355.74 kg/m^3 , mientras que en estado compactado alcanza los 1619.07 kg/m^3 . Además, posee una capacidad de absorción del 3.27% y una humedad natural del 2.14%, características que inciden en la dosificación y comportamiento del concreto.

Tabla 34*Datos de diseño del agregado grueso*

Datos de diseño del agregado grueso		
M.F	3/8	"
P. esp.	2595.15	kg/m ³
P. un. suelto	1537.77	kg/m ³
P. un. comp.	1849.67	kg/m ³
Abs.	1.68	%
Hum.	0.54	%

Nota. La presente tabla muestra datos de diseño fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El agregado grueso empleado tiene un TMN de 3/8", con un peso específico de 2595.15 kg/m³. Su peso unitario suelto es de 1537.77 kg/m³ y, en estado compactado, alcanza los 1849.67 kg/m³. Además, presenta una capacidad de absorción del 1.68% y un contenido de humedad natural del 0.54%, factores clave en la dosificación del concreto.

Tabla 35*Procesamiento para diseño*

Procesamiento		
Asent.	3 - 4	Pulgadas
V° un. de H ₂ O	227	Lt/m ³
Cont. de aire	3	%
a/c	0.79	
Factor cemento	287.34	kg/m ³
# de bolsas	6.76	bolsas
Cont. A.G	0.497	
Peso A.G	918.99	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra procedimiento para diseño fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El procesamiento del concreto diseñado considera un slump de 3 a 4 pulgadas y un volumen unitario de agua de 227 L/m³, con un contenido de aire del 3%. La relación a/c es de 0.79, con un factor cemento de 287.34 kg/m³, equivalente a 6.76 bolsas. Además, el contenido de agregados gruesos es de 0.497, con un peso de 918.99 kg/m³, asegurando una correcta trabajabilidad y resistencia del concreto.

Tabla 36*Volumen absoluto*

Volúmenes absolutos		
Cemento	0.092	m ³
Agua	0.227	m ³
Aire	0.030	m ³
Agregado grueso	0.354	m ³
Sub - Total	0.704	m ³

Nota. La presente tabla muestra Volumen absoluto fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El cálculo de volúmenes absolutos muestra que el cemento representa 0.092 m³, el agua 0.227 m³, el aire 0.030 m³ y el agregado grueso 0.354 m³, alcanzando un subtotal de 0.704 m³, lo que permite analizar la distribución de cada elemento en la composición.

Tabla 37*Contenido de agregado fino*

Contenido de agregado fino		
Volumen absoluto fino	0.296	m ³
Peso fino seco	778.423	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra contenido de agregado fino fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El contenido de agregado fino se establece con un volumen absoluto de 0.296 m³ y un peso seco de 778.423 kg/m³, asegurando la proporción adecuada en la mezcla diseñada. Este valor se corrige considerando la humedad presente en el material, garantizando la precisión en la dosificación

Tabla 38*Valores de diseño*

Valores de diseño		
Cemento	287.34	kg/m ³
Agua	227.00	Lt/m ³
A.F seco	778.42	kg/m ³
A.G seco	918.99	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra valores de diseño fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los valores de diseño para la mezcla de concreto incluyen cemento 287.34 kg/m³ y un volumen de agua de 227.00 L/m³, asegurando la hidratación adecuada. Además, el agregado fino seco se encuentra en 778.42 kg/m³, el agregado grueso seco es de 918.99 kg/m³, garantizando una adecuada cantidad en la pasta para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas.

Tabla 39*Corrección por humedad*

Corrección por humedad		
A.F húmedo	795.08	kg/m ³
A.G húmedo	923.95	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra corrección de humedad fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La corrección por humedad indica que el agregado fino húmedo tiene un peso de 795.08 kg/m³, mientras que el agregado grueso húmedo alcanza 923.95 kg/m³, ajustando así la dosificación para mantener la a/c correcta en la mezcla.

Tabla 40*Pesos corregidos por humedad*

Pesos corregidos por humedad		
Cemento	287.34	kg/m ³
Agua	246.30	Lt/m ³
A.F seco	795.08	kg/m ³
A.G seco	923.95	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra pesos corregidos fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los pesos corregidos por humedad reflejan los ajustes necesarios en la dosificación de materiales para compensar la humedad presente en los agregados. Se mantiene el contenido de cemento en 287.34 kg/m³, mientras que el volumen de agua aumenta a 246.30 L/m³. El agregado fino corregido alcanza 795.08 kg/m³ y el agregado grueso, 923.95 kg/m³, asegurando una adecuada relación agua-material para la mezcla de concreto.

Tabla 41

Proporción de materiales para mezcla de concreto

Materiales	Cantidad de materiales y proporción				
	Cantidad /m³	Proporción en V° por bolsa	Proporción en V° para 1 m³		
Cemento	287.34 Kg	1.00 Bolsa	6.761	bolsas	
Agua	246.30 L	36.43 Lt	0.246	m ³	
Agr. Fino	579.57 Kg	2.23 pie ³	0.427	m ³	
Agr. Grueso	923.95 Kg	3.14 pie ³	0.601	m ³	

Nota. La presente tabla muestra cantidad de material y proporción fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Al carecer de antecedentes históricos sobre $f'c$ que permitieran calcular la desviación estándar, se recurrió a la información suministrada por el ACI para determinar el valor de resistencias promedios. Se logró establecer la formulación teórica para la elaboración de un concreto con capacidad de $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$, empleando el aditivo Zika cuyo peso específico es de 3.11 gr/cm^3 , definiendo correctamente tanto los volúmenes como las relaciones proporcionales entre los componentes.

5.1.5 Diseño de Mezcla para un concreto con resistencia a la compresión 130 Kg/Cm^2 Con aditivo Chema.

Tabla 42*Datos generales de diseño*

Datos		
fcr	130	kg/cm ²
F.S	0	kg/cm ²
f'cr (Diseño)	130	kg/cm ²
Cemento portland		
Peso específico	3.11	gr/cm ³

Nota. La presente tabla muestra datos generales de diseño fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Tabla 43*Datos de diseño del agregado fino*

Datos de diseño del agregado fino		
MF	2.43	---
P. esp.	2625.47	kg/m ³
P. un. suelto	1355.74	kg/m ³
P. un. comp.	1619.07	kg/m ³
Abs.	3.27	%
Hum.	2.14	%

Nota. La presente tabla muestra datos de diseño, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El agregado fino empleado en el diseño presenta un módulo de fineza de 2.43, con un peso de 2625.47 kg/m³. Su peso unitario suelto es de 1355.74 kg/m³, mientras que en estado compactado alcanza los 1619.07 kg/m³. Además, posee una capacidad de absorción del 3.27% y una humedad natural del 2.14%, características que inciden en la dosificación y comportamiento del concreto.

Tabla 44*Datos de diseño del agregado grueso*

Datos de diseño del agregado grueso		
TMN	3/8	"
P. esp.	2595.15	kg/m ³
P. un. suelto	1537.77	kg/m ³
P. un. comp.	1849.67	kg/m ³
Abs.	1.68	%
Hum.	0.54	%

Nota. La presente tabla muestra datos de diseño fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El agregado grueso empleado en el diseño tiene un TMN de 3/8", con un peso específico de 2595.15 kg/m³. Su peso unitario suelto es de 1537.77 kg/m³ y, en estado compactado, alcanza los 1849.67 kg/m³. Además, presenta una capacidad de absorción del 1.68% y un contenido de humedad natural del 0.54%, factores clave en la dosificación del concreto.

Tabla 45

Procesamiento para diseño

Procesamiento		
Asent.	3 - 4	Pulgadas
V° un. de H ₂ O	227	Lt/m ³
Cont. de aire	3	%
a/c	0.79	
Factor cemento	287.34	kg/m ³
# de bolsas	6.76	bolsas
Cont. A.G	0.497	
Peso A.G	918.99	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra procedimiento para diseño fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El procesamiento del concreto diseñado considera un asentamiento de 3 a 4 pulgadas y un V° de agua de 227 L/m³, con un contenido de aire del 3%. La relación a/c es de 0.79, con un factor cemento de 287.34 kg/m³, equivalente a 6.76 bolsas. Además, el contenido de agregados gruesos es de 0.497, con un peso de 918.99 kg/m³, asegurando una correcta trabajabilidad y resistencia del concreto.

Tabla 46

Volumen absoluto

Volúmenes absolutos		
Cemento	0.092	m ³
Agua	0.227	m ³
Aire	0.030	m ³
Agregado grueso	0.354	m ³
Sub - Total	0.704	m ³

Nota. La presente tabla muestra Volumen absoluto, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El cálculo de volúmenes absolutos muestra que el cemento representa 0.092 m³, el agua 0.227 m³, el aire 0.030 m³ y el agregado grueso 0.354 m³, alcanzando un subtotal de 0.704 m³, lo que permite analizar la cantidad de cada elemento en la pasta.

Tabla 47

Contenido de agregado fino

Contenido de agregado fino		
Volumen absoluto fino	0.296	m ³
Peso fino seco	778.423	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra contenido de agregado fino, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El contenido de agregado fino se establece con un volumen absoluto de 0.296 m³ y un peso seco de 778.423 kg/m³, asegurando la proporción adecuada en la mezcla diseñada. Este valor se corrige considerando la humedad presente en el material, garantizando la precisión en la dosificación

Tabla 48

Valores de diseño

Valores de diseño		
Cemento	287.34	kg/m ³
Agua	227.00	Lt/m ³
A.F seco	778.42	kg/m ³
A.G seco	918.99	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra valores de diseño, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los datos de diseño para la mezcla de concreto incluyen un contenido de cemento de 287.34 kg/m³ y un volumen de agua de 227.00 L/m³, asegurando la hidratación adecuada. Además, el agregado fino seco se encuentra en 778.42 kg/m³, mientras que el árido grueso seco es de

918.99 kg/m³, garantizando una adecuada cantidad en la pasta para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas.

Tabla 49

Corrección por humedad

Corrección por humedad		
A.F húmedo	795.08	kg/m ³
A.G húmedo	923.95	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra , fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La corrección por humedad indica que el agregado fino húmedo tiene un peso de 795.08 kg/m³, mientras que el agregado grueso húmedo alcanza 923.95 kg/m³, ajustando así la dosificación para mantener la a/c adecuada en la mezcla.

Tabla 50

Pesos corregidos por humedad

Pesos corregidos por humedad		
Cemento	287.34	kg/m ³
Agua	246.30	Lt/m ³
A.F seco	795.08	kg/m ³
A.G seco	923.95	kg/m ³

Nota. La presente tabla muestra pesos corregidos por humedad, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los pesos corregidos por humedad reflejan los ajustes necesarios en la dosificación de materiales para compensar la humedad presente en los agregados. Se mantiene el contenido de cemento en 287.34 kg/m³, mientras que el volumen de agua aumenta a 246.30 L/m³. El agregado fino corregido alcanza 795.08 kg/m³ y el agregado grueso, 923.95 kg/m³, asegurando una adecuada relación agua-material para la mezcla de concreto.

Tabla 51*Proporción de materiales para mezcla de concreto*

Cantidad de materiales y proporción						
Materiales	Cantidad /m ³		Proporción en V° por bolsa		Proporción en V° para 1 m ³	
Cemento	287.34	Kg	1.00	Bolsa	6.761	bolsas
Agua	236.39	L	34.96	Lt	0.236	m ³
Agr. Fino	795.08	Kg	3.06	pie ³	0.586	m ³
Agr. Grueso	923.95	Kg	3.14	pie ³	0.601	m ³
Aditivo chema	11.49	kg	---		9.91	L

Nota. La presente tabla muestra proporción de materiales para mezcla de concreto, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Para este proyecto se obtuvo las dosificaciones teóricas para un concreto de $f'c = 130 \text{ kg/cm}^2$ usando aditivo Chema con un peso de 3.11 gr/cm^3 específico con una cantidad de materiales y la proporción adecuada.

Ensayos de albañilería para ladrillo de concreto patrón

Tabla 52*Variación dimensional sin adición*

Variabilidad dimensional										
		Características físicas de las unidades								
		Largo (cm)			Ancho (cm)			Altura (cm)		
N°	Muestra	L1	L2	LP	A1	A2	AP	H1	H2	HP
1	M-1	23.5	23.5	23.5	11.9	11.9	11.9	99	99	99
2	M-2	23.8	23.8	23.8	11.9	11.9	11.9	99	99	99
3	M-3	24.0	24.0	24.0	12.1	12.1	12.1	99	99	99
4	M-4	23.5	23.5	23.5	11.7	11.7	11.7	99	99	99
5	M-5	24.0	24.0	24.0	11.9	11.9	11.9	98	98	98
6	M-6	24.0	24.0	24.0	11.8	11.8	11.8	97	97	97
7	M-7	24.0	24.0	24.0	11.9	11.9	11.9	99	99	99
8	M-8	23.5	23.5	23.5	11.7	11.7	11.7	98	98	98
9	M-9	23.5	23.5	23.5	11.5	11.5	11.5	98	98	98
10	M-10	24.0	24.0	24.0	11.9	11.9	11.9	98	98	99
Promedio		23.8	23.8	23.8	11.8	11.8	11.8	99	99	98
		MP= 23.78			MP= 11.83			MP= 98.45		

Nota. La presente tabla muestra variación dimensional sin adición, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

La variabilidad dimensional de las unidades evaluadas muestra un promedio de 23.78 cm de largo, 11.83 cm de ancho y 98.45 cm de altura. Estos valores reflejan una ligera variación en las dimensiones, manteniéndose dentro de rangos aceptables para su uso en construcción.

Tabla 53

Alabeo de muestras sin adición

N°	Muestra	Alabeo					
		Medida cara superior (mm)			Medida cara inferior (mm)		
		Convexidad (mm)		concavidad	Convexo (mm)		concavidad
		Lado I.	Lado D.	Centro	Lado I.	Lado D.	Centro
1	M-1	1.1	1.1		1.1	1.1	
2	M-2	1.1	2.1		3.1	2.1	
3	M-3	2.1	1.1		2.1	3.1	
4	M-4	1.1	1.1		1.1	1.1	
5	M-5	2.1	1.1		2.1	2.1	
6	M-6	1.1	2.1		2.2	2.1	
7	M-7	1.1	1.1		1.1	1.1	
8	M-8	2.1	2.1		2.1	2.1	
9	M-9	1.1	1.1		1.1	1.1	
10	M-10	2.1	2.1		2.1	2.1	
Promedio		2	2		2	2	

Nota. La presente tabla muestra alabeo de muestras sin adición, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El análisis del alabeo en las unidades evaluadas muestra un promedio de 2 mm tanto en la cara superior e inferior, evidenciando una ligera deformación en las dimensiones de las muestras. Estas variaciones son mínimas y dentro de los límites aceptables para su aplicación en obra.

Tabla 54

Peso Promedio

Muestra	Peso		Humedad natural (%)
	Peso natural (gr)	Peso seco (gr)	
M-1	5011.20	4907.20	2.12%
M-2	4988.50	4887.50	2.07%
M-3	5037.10	4934.10	2.09%
M-4	4992.60	4885.60	2.19%
M-5	4995.00	4892.00	2.11%
Promedio =			2.11%

Nota. La presente tabla muestra peso promedio, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El análisis de humedad natural de las muestras arroja un promedio de 2.11%, con variaciones mínimas entre 2.07% y 2.19%. Estos valores indican un contenido de humedad estable en el material, lo que permite su uso adecuado en la elaboración de mezclas y procesos constructivos.

Tabla 55

Succión promedio

Succión								
Muestra	Largo	Ancho	Espesor	Peso		Succión	Área	S
	Cm	Cm	Cm	Inicial -seco	Final + agua	W gr	Bruta cm²	Gr
M-1	23.50	11.90	99.00	4907.20	4924.10	17	279.65	12.09
M-2	23.80	11.90	99.00	4887.50	4904.50	17	283.22	12.00
M-3	24.00	12.10	99.00	4934.10	4951.30	17	290.40	11.85
M-4	23.50	11.70	99.00	4885.60	4902.60	17	274.95	12.37
M-5	24.00	11.90	98.00	4892.00	4908.80	17	285.60	11.76
Promedio								12.01

Nota. La presente tabla muestra succión promedio, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El análisis de succión muestra valores consistentes entre las muestras, con una absorción promedio de 12.01 g en un área bruta promedio de 282.76 cm². Estos resultados reflejan una capacidad uniforme de absorción de agua en las unidades evaluadas, lo que es clave para su desempeño en condiciones de humedad y su adherencia en mezclas cementicias.

Tabla 56*Absorción promedio*

Muestra	Absorción			Absorción
	Natural (gr)	Peso seco (gr)	Saturado (gr)	
M-1	5011.20	4907.20	4924.10	3.44
M-2	4988.50	4887.50	4904.50	3.48
M-3	5037.10	4934.10	4951.30	3.49
M-4	4992.60	4885.60	4902.60	3.48
M-5	4995.00	4892.00	4908.80	3.43
Promedio =				3.46

Nota. La presente tabla muestra absorción promedio, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El análisis de absorción indica un valor promedio de 3.46 %, con variaciones mínimas entre las muestras. Estos resultados sugieren una capacidad de retención de agua relativamente homogénea en las unidades analizadas, lo que puede influir en su comportamiento en aplicaciones constructivas y en su interacción con la mezcla de morteros o concretos.

Tabla 57*Resistencia a la compresión de pila*

Muestra	F'c de pila								
	Alto de pila (cm)	Espesor pila (cm)	Ancho (cm)	Esbeltez (cm)	P max (kg)	Area (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Factor de corrección	Resistencia (kg/cm ²)
M-1	32.9	12	23.6	2.7	43380	283.2	153.18	0.866	132.65
M-2	33.5	12	24	2.8	42940	288	149.10	0.866	129.12

Nota. La presente tabla muestra resistencia a la compresión de pila, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de f'c de pila muestran valores corregidos de 132.65 kg/cm² y 129.12 kg/cm² para las muestras analizadas. La esbeltez de las pilas varía ligeramente, lo que puede influir en su comportamiento estructural. La aplicación del factor de corrección ajusta los valores de resistencia, proporcionando una estimación más precisa del desempeño del material en condiciones reales.

Ensayos de albañilería para ladrillo con adición de vidrio

Tabla 58

Variación dimensional con adición de vidrio

Variabilidad dimensional con adición de vidrio										
N°	Muestra	Características físicas de las unidades								
		Largo (CM)			Ancho (CM)			Altura (CM)		
		L1	L2	Lp	A1	A2	Ap	H1	H2	Hp
1	M-1	24.1	24.1	24.1	12.1	12.1	12.1	99	99	99
2	M-2	23.8	23.8	23.8	12.1	12.1	12.1	99	99	99
3	M-3	23.6	23.6	23.6	11.5	11.5	11.5	99	99	99
4	M-4	24.0	24.0	24.0	12.0	12.0	12.0	99	99	99
5	M-5	23.5	23.5	23.5	11.8	11.8	11.8	98	98	98
6	M-6	24.0	24.0	24.0	11.8	11.8	11.8	97	97	97
7	M-7	24.0	24.0	24.0	11.5	11.5	11.5	99	99	99
8	M-8	23.8	23.8	23.8	12.0	12.0	12.0	98	98	98
9	M-9	23.5	23.5	23.5	11.5	11.5	11.5	98	98	98
10	M-10	24.0	24.0	24.0	11.9	11.9	11.9	98	98	99
Promedio		23.8	23.8	23.8	11.8	11.8	11.8	99	99	98
			MP=	23.83		MP=	11.82		MP=	98.45

Nota. La presente tabla muestra Variación dimensional con adición de vidrio, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de la variabilidad dimensional con la adición de vidrio muestran que el promedio de las dimensiones sigue siendo consistente con las muestras sin adición de vidrio. El largo, ancho y altura presentan una media de 23.83 cm, 11.82 cm y 98.45 cm, respectivamente. Se observa una ligera variabilidad en las dimensiones individuales, lo que podría indicar la influencia del vidrio en la uniformidad de las unidades, aunque sin una diferencia significativa respecto a los valores anteriores.

Tabla 59*Alabeo con adición de vidrio*

		Alabeo con adición de vidrio					
N°	Muestra	Medida cara superior (mm)			Medida cara inferior (mm)		
		Convexidad (mm)		Concavidad	Convexo (mm)		Concavidad
		Lado I.	Lado D.	Centro	Lado I.	Lado D.	Centro
1	M-1	1.1	1.1		1.1	1.1	
2	M-2	1.1	2.1		3.1	2.1	
3	M-3	2.1	1.1		2.1	3.1	
4	M-4	1.1	1.1		1.1	1.1	
5	M-5	2.1	2.1		2.1	2.1	
6	M-6	2.1	2.1		2.2	2.1	
7	M-7	2.1	2.1		1.1	1.1	
8	M-8	2.1	2.1		2.1	2.1	
9	M-9	1.1	1.1		1.1	1.1	
10	M-10	2.1	2.1		2.1	2.1	
Promedio		1.7	1.7		1.81	1.8	

Nota. La presente tabla muestra alabeo con adición de vidrio, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los resultados del alabeo con adición de vidrio muestran una ligera variabilidad en la convexidad y concavidad de los especímenes. Las mediciones de la cara superior e inferior revelan que, en la mayoría de los especímenes, los valores de convexidad y concavidad son pequeños, indicando que las muestras mantienen una buena forma, con variaciones en los lados izquierdo, derecho y centro.

Tabla 60*Humedad del vidrio al 5%*

Humedad vidrio 5%			
Muestra	Natural	Seco	Kg
M-1	5102	4951.1	3.05%
M-2	5045	4887.9	3.21%
M-3	5412	5295.8	2.19%
M-4	5269	5153.5	2.24%
M-5	5147	4975.2	3.45%
Promedio =			2.83%

Nota. La presente tabla muestra humedad del vidrio al 5%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de la humedad de la muestra con 5% de adición muestran una variabilidad en el contenido de humedad entre los especímenes. Los valores de humedad, calculados como la diferencia en peso entre el vidrio natural y seco, varían entre 2.19% y 3.45%, con un promedio de 2.83%. Esto indica que el vidrio presenta una humedad moderada antes de ser seco

Tabla 61

Humedad del vidrio al 10%

Humedad vidrio 10%			
Muestra	Natural	Seco	Kg
M-1	5340	5285	1.04%
M-2	5034	4989	0.90%
M-3	5997	5956	0.69%
M-4	5424	5348	1.42%
M-5	5985	5918	1.13%
Promedio =			1.04%

Nota. La presente tabla muestra humedad del vidrio al 10%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los resultados de la humedad de la muestra con 10% de adición muestran un contenido de humedad más bajo en comparación con las muestras con 5% de vidrio. Los valores de humedad entre las muestras varían de 0.69% a 1.42%, con un promedio general de 1.04%. Esto indica que el vidrio con una adición del 10% tiene un contenido de humedad relativamente bajo antes de ser secado.

Tabla 62*Humedad del vidrio al 15%*

Humedad vidrio 15%			
Muestra	Natural	Seco	Kg
M-1	6102	6099	0.05%
M-2	5996	5982	0.23%
M-3	6124	6099	0.41%
M-4	6235	6198	0.60%
M-5	6012	5987	0.42%
Promedio =			0.34%

Nota. La presente tabla muestra humedad del vidrio al 15%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de humedad para los especímenes con 15% de vidrio muestran un contenido de humedad bastante bajo, con valores que oscilan entre 0.05% y 0.60%. El promedio de humedad de las muestras es de solo 0.34%, lo que indica que el vidrio está muy seco antes de ser utilizado en los ensayos

Tabla 63*Succión al 5%*

Succión 5%								
	Largo	Ancho	Espesor	Peso		Succión	Área	S
Muestra	Cm	Cm	Cm	Inicial - seco	Final + agua	W gr	Bruta cm²	Gr
M-1	24.00	12.00	9.00	4951.10	4958.10	7	288.00	4.86
M-2	24.00	12.00	9.00	4887.90	4897.00	9	288.00	6.32
M-3	24.00	12.00	9.00	5295.80	5300.10	4	288.00	2.99
M-4	24.00	12.00	9.00	5153.50	5159.10	6	288.00	3.89
M-5	24.00	12.00	9.00	4975.20	4982.20	7	288.00	4.86
Promedio								4.58

Nota. La presente tabla muestra succión al 5%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de succión para la muestra con 5% de adición muestran que, en promedio, las muestras presentan una succión de 4.58 gramos Este nivel de succión es relativamente bajo, lo que indica que las muestras no están absorbiendo grandes cantidades de agua, lo que es

beneficioso para mantener su estabilidad y evitar que la humedad afecte negativamente sus propiedades mecánicas durante las pruebas.

Tabla 64

Succión al 10%

Succión 10%								
MUESTRA	Largo	Ancho	Espesor	Peso		Succión	Área	S
	Cm	Cm	Cm	Inicial - seco	Final + agua	W gr	Bruta cm ²	Gr
M-1	24.00	12.00	9.00	5285.00	5287.10	2	288.00	1.46
M-2	24.00	12.00	9.00	4989.00	4992.10	3	288.00	2.15
M-3	24.00	12.00	9.00	5956.00	5960.00	4	288.00	2.78
M-4	24.00	12.00	9.00	5348.00	5352.00	4	288.00	2.78
M-5	24.00	12.00	9.00	5918.00	5923.00	5	288.00	3.47
Promedio								2.53

Nota. La presente tabla muestra succión al 10%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de succión para la muestra con 10% de adición muestran que, en promedio, las muestras presentan una succión de 2.53 gramos Este nivel de succión es relativamente bajo, lo que indica que las muestras no están absorbiendo grandes cantidades de agua, lo que es beneficioso para mantener su estabilidad y evitar que la humedad afecte negativamente sus propiedades mecánicas durante las pruebas.

Tabla 65

Succión al 15%

Succión 15%								
Muestra	Largo	Ancho	Espesor	Peso		Succión	Área	S
	cm	cm	cm	Inicial - seco	Final + agua	W gr	Bruta cm ²	gr
M-1	24.00	12.00	9.00	6099.00	6100.10	1	288.00	0.76
M-2	24.00	12.00	9.00	5982.00	5983.20	1	288.00	0.83
M-3	24.00	12.00	9.00	6099.00	6101.00	2	288.00	1.39
M-4	24.00	12.00	9.00	6198.00	6200.00	2	288.00	1.39
M-5	24.00	12.00	9.00	5987.00	5989.00	2	288.00	1.39
Promedio								1.15

Nota. La presente tabla muestra succión al 15%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de succión para la muestra con 15% de adición muestran que, en promedio, las muestras presentan una succión de 1.15 gramos Este nivel de succión es relativamente bajo, lo que indica que las muestras no están absorbiendo grandes cantidades de agua, lo que es beneficioso para mantener su estabilidad y evitar que la humedad afecte negativamente sus propiedades mecánicas durante las pruebas.

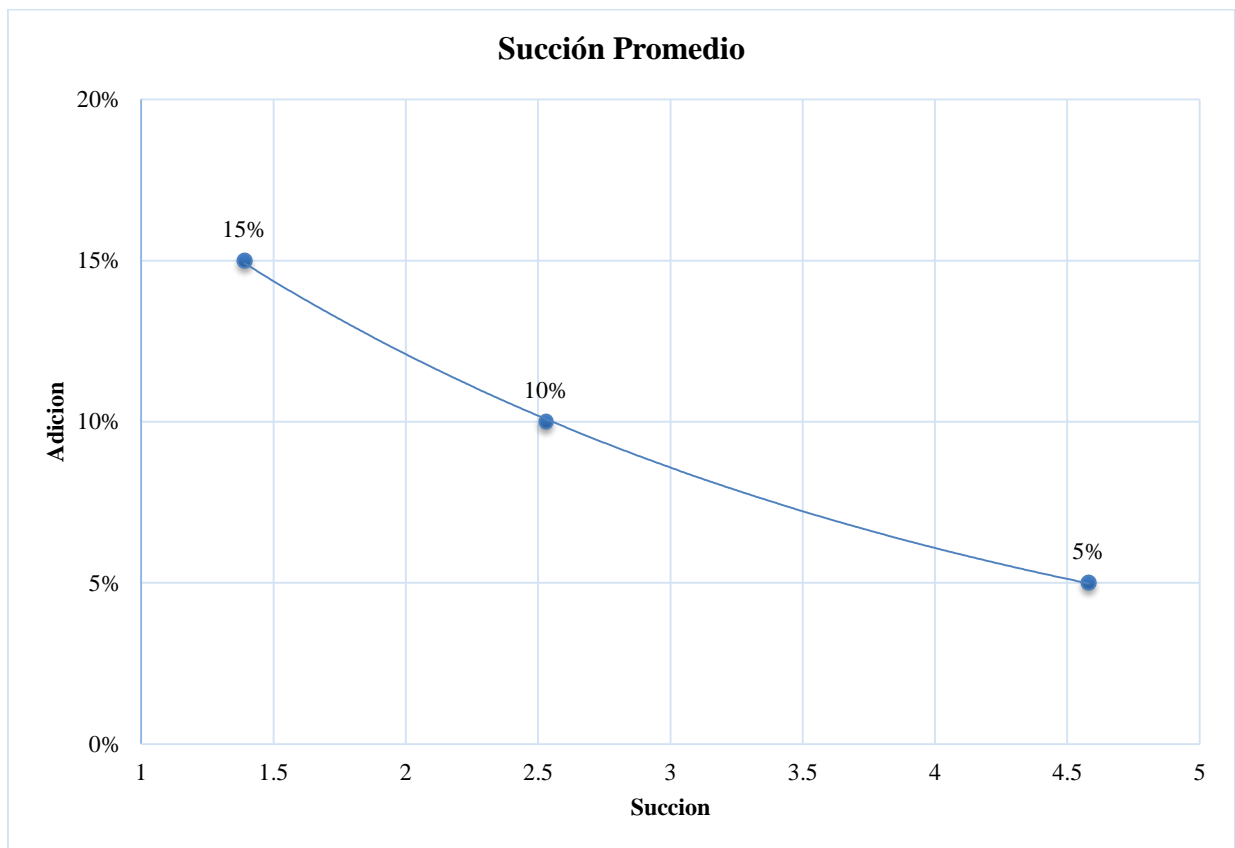
Tabla 66

Succión Promedio

Succión Promedio								
	Largo	Ancho	Espesor	Peso		Succión	Área	S
Muestra	Cm	Cm	Cm	Inicial - seco	Final + agua	W gr	Bruta cm²	Gr
5%	24.00	12.00	9.00	4975.20	4982.20	7	288.00	4.58
10%	24.00	12.00	9.00	5918.00	5923.00	4	288.00	2.53
15%	24.00	12.00	9.00	5956.00	5960.00	2	288.00	1.39

Nota. La presente tabla muestra succión promedio, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El análisis de la succión promedio de las muestras con diferentes succión al % de vidrio reciclado revela una reducción de la capacidad de absorción de H₂O a medida que se incrementa el contenido de vidrio en las mezclas. La muestra con 5% de vidrio presentó la mayor succión con un valor de 4.58 g/cm², mientras que la muestra con 10% redujo este valor a 2.53 g/cm², y la de 15% mostró la menor succión con 1.39 g/cm²

Figura 7*Succión Con adición*

Nota. La presente tabla muestra succión con adición, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Esta tendencia indica que la incorporación de vidrio en la mezcla reduce la porosidad del material, reduciendo la absorción de H₂O. Este comportamiento sugiere que un mayor contenido de vidrio mejora la densidad y reduce la permeabilidad, lo que podría influir en las resistencias y durabilidades de los materiales frente a condiciones de humedad.

Tabla 67*Absorción al 5%*

Absorción 5%				
Muestra	Natural (gr)	Peso		Absorción
		Seco(gr)	Saturado (gr)	
M-1	5102.00	4951.10	4958.10	14.14%
M-2	5045.00	4887.90	4897.00	18.62%
M-3	5412.00	5295.80	5300.10	8.12%
M-4	5269.00	5153.50	5159.10	10.87%
M-5	5147.00	4975.20	4982.20	14.07%
Promedio =				13.16%

Nota. La presente tabla muestra absorción al 5%, fuente del laboratorio mecánica de suelos

Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de absorción para la muestra con 5% de adición indican que las muestras presentan una absorción de agua moderada, con valores que varían entre 8.12% y 18.62%.

El promedio de absorción es de 13.16%, lo que sugiere que las muestras, en general, absorben una cantidad significativa de agua cuando se saturan, mostrándonos que no tiene una absorción excesivamente alta de agua, pero sí muestra capacidad para retener agua

Tabla 68*Absorción al 10%*

Absorción 10%				
Muestra	Natural (gr)	Peso		Absorción
		Seco (gr)	Saturado (gr)	
M-1	5340.00	5285.00	5287.10	3.97%
M-2	5034.00	4989.00	4992.10	6.21%
M-3	5997.00	5956.00	5960.00	6.72%
M-4	5424.00	5348.00	5352.00	7.48%
M-5	5985.00	5918.00	5923.00	8.45%
Promedio =				6.57%

Nota. La presente tabla muestra absorción al 10%, fuente del laboratorio mecánica de suelos

Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de absorción para el vidrio con 10% de adición muestran que las muestras tienen una capacidad de absorción de agua moderada, con valores que varían entre 3.97% y 8.45%. La absorción promedio fue de 6.57%

Tabla 69

Absorción al 15%

Absorción 15%				
Muestra	Peso			Absorción
	natural (gr)	seco (gr)	Saturado (gr)	
M-1	6102.00	6099.00	6100.10	1.80%
M-2	5996.00	5982.00	5983.20	2.01%
M-3	6124.00	6099.00	6101.00	3.28%
M-4	6235.00	6198.00	6200.00	3.23%
M-5	6012.00	5987.00	5989.00	3.34%
Promedio =				2.73%

Nota. La presente tabla muestra absorción al 15%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de absorción para la muestra con 15% de adición muestran que las muestras tienen una absorción de agua bastante baja, con valores que varían entre 1.80% y 3.34%. El promedio de absorción es de 2.73%, lo que indica que las muestras con 15% de vidrio tienen una capacidad de absorción significativamente menor en comparación con las de 5% y 10%

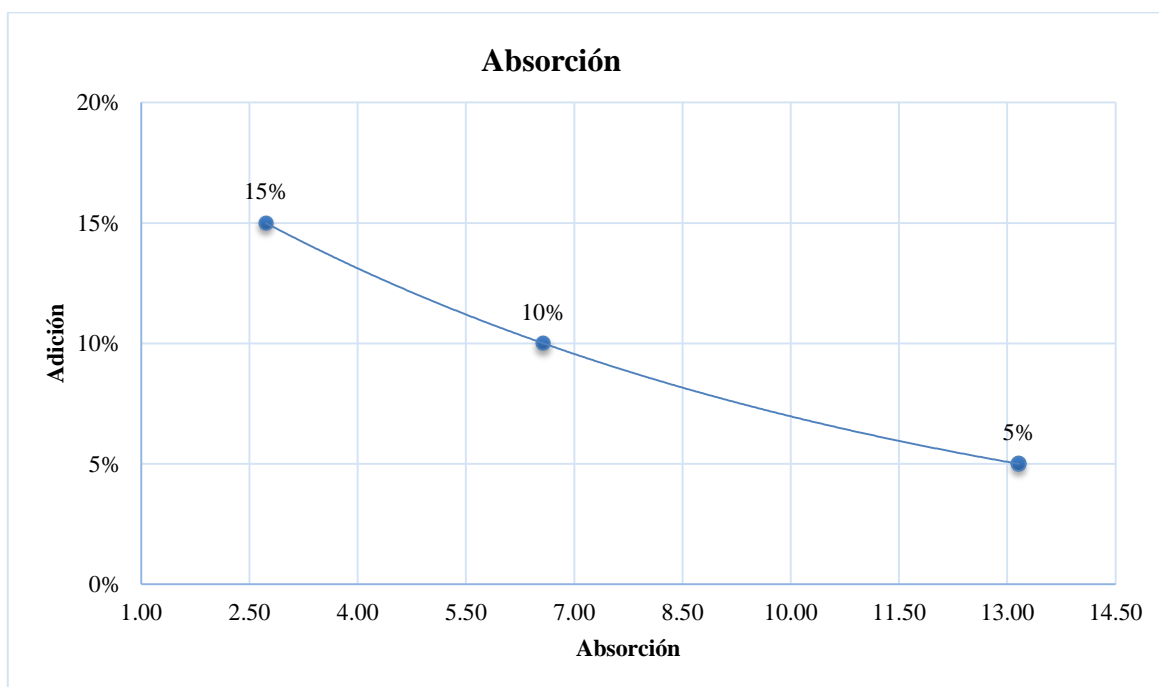
Figura 8

Absorción Promedio

Absorción Promedio				
Muestra	Peso			Absorción
	natural (gr)	seco (gr)	Saturado (gr)	
M-1	5412.00	5295.80	5300.10	13.16%
M-2	5997.00	5956.00	5960.00	6.57%
M-3	6124.00	6099.00	6101.00	2.73%

Nota. La presente tabla muestra absorción promedio, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El análisis de absorción promedio revela que la muestra M-1 presenta la mayor capacidad de absorción con un 13.16%, seguida de M-2 con 6.57% y M-3 con el menor valor de 2.73%

Figura 9*Absorción Promedio con adición*

Nota. La presente figura muestra absorción promedio con adición, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Esta tendencia indica que, a medida que la composición del material varía, su porosidad y capacidad de retención de agua disminuyen. La menor absorción en M-3 sugiere una estructura más compacta y menos permeable, lo que puede traducirse en una mayor resistencia a la humedad y durabilidad del material en condiciones de exposición al agua.

Tabla 70*F'c de pila con adición de Vidrio*

Resistencia a la compresión de pila con adición de vidrio									
Muestra	Alto de pila (cm)	Espesor pila (cm)	Ancho (cm)	Esbeltez (cm)	P Max (kg)	Área (cm²)	Resistencia fm (kg/cm²)	Factor de corrección	Resistencia (kg/cm²)
M+5%	33	12	24	2.8	43380	288	150.63	0.866	130.44
M+10%	34	12	24	2.8	44140	288	153.26	0.866	132.73
M+15%	33.5	12	24	2.8	44241	288	153.61	0.866	133.03

Nota. La presente tabla muestra F'c de pila con adición de Vidrio, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los resultados del F'c de la pila con inclusión de vidrio muestran un rendimiento muy consistente en cuanto a la resistencia de las muestras. La resistencia media medida en kg/cm², después de aplicar el factor de corrección, es bastante estable, con valores de 130.44 kg/cm², 132.73 kg/cm² y 133.03 kg/cm². Esto indica que las muestras con adición de vidrio presentan una buena capacidad de compresión, con un desempeño bastante uniforme en las tres pruebas realizadas.

Resistencia a la compresión de muestras patrón

Tabla 71

F'c patrón a los 7 días

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	Patrón 01	02/06/2023	10/06/2023	7	17265	17,336.46	176.7	98.11	75.47%
2	Patrón 02	02/06/2023	10/06/2023	7	13991	14,025.14	176.7	79.37	61.06%
3	Patrón 03	02/06/2023	10/06/2023	7	14989	15,034.51	176.7	85.08	65.45%
4	Patrón 04	02/06/2023	10/06/2023	7	13157	13,181.63	176.7	74.60	57.38%
5	Patrón 05	02/06/2023	10/06/2023	7	14994	15,039.57	176.7	85.11	65.47%
Promedios					14879.20	14923.46	176.70	84.46	65%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 7 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los resultados de f'c para los especímenes patrón a los 7 días muestran una resistencia de 84.46 kg/cm², con un % de resistencia alcanzada del 65% en relación con la resistencia de diseño. Se observa cierta variabilidad entre las muestras, con valores que oscilan entre 74.60 kg/cm² y 98.11 kg/cm². Esto indica que la mezcla ha desarrollado una resistencia considerable en la primera semana, pero es necesario evaluar su evolución hasta los 28 días para verificar si se llega a la resistencia requerida.

Tabla 72*F'c patrón a los 14 días*

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	Patrón 01	02/06/2023	17/06/2023	14	19280	19,374.43	176.7	109.65	84.34%
2	Patrón 02	02/06/2023	17/06/2023	14	21254	21,370.94	176.7	120.94	93.03%
3	Patrón 03	02/06/2023	17/06/2023	14	22674	22,807.12	176.7	129.07	99.29%
4	Patrón 04	02/06/2023	17/06/2023	14	20368	20,474.84	176.7	115.87	89.13%
5	Patrón 05	02/06/2023	17/06/2023	14	21864	21,987.89	176.7	124.44	95.72%
Promedios					21088.00	21203.04	176.70	119.99	92%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 14 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los resultados de f'c a los 14 días indican un significativo incremento en comparación con los 7 días, alcanzando una resistencia promedio de 119.99 kg/cm², representando un 92% de la resistencia de diseño.

La variabilidad entre muestras es más pronunciada, con valores entre 109.65 kg/cm² y 129.07 kg/cm², lo que sugiere que la mezcla continúa ganando resistencias con el pasar de los días. Si la tendencia de ganancia de resistencia se mantiene, es probable que a los 28 días se logre o supere la resistencia de diseño establecida.

Tabla 73*F'c patrón a los 28 días*

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	Patrón 01	02/06/2023	01/08/2023	28	22586	22,718.12	176.7	128.57	98.90%
2	Patrón 02	02/06/2023	01/08/2023	28	23254	23,393.74	176.7	132.39	101.84%
3	Patrón 03	02/06/2023	01/08/2023	28	22874	23,009.40	176.7	130.22	100.17%
4	Patrón 04	02/06/2023	01/08/2023	28	22992	23,128.75	176.7	130.89	100.69%
5	Patrón 05	02/06/2023	01/08/2023	28	22664	22,797.01	176.7	129.02	99.24%
Promedios					22874.00	23009.40	176.70	130.22	100%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 28 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

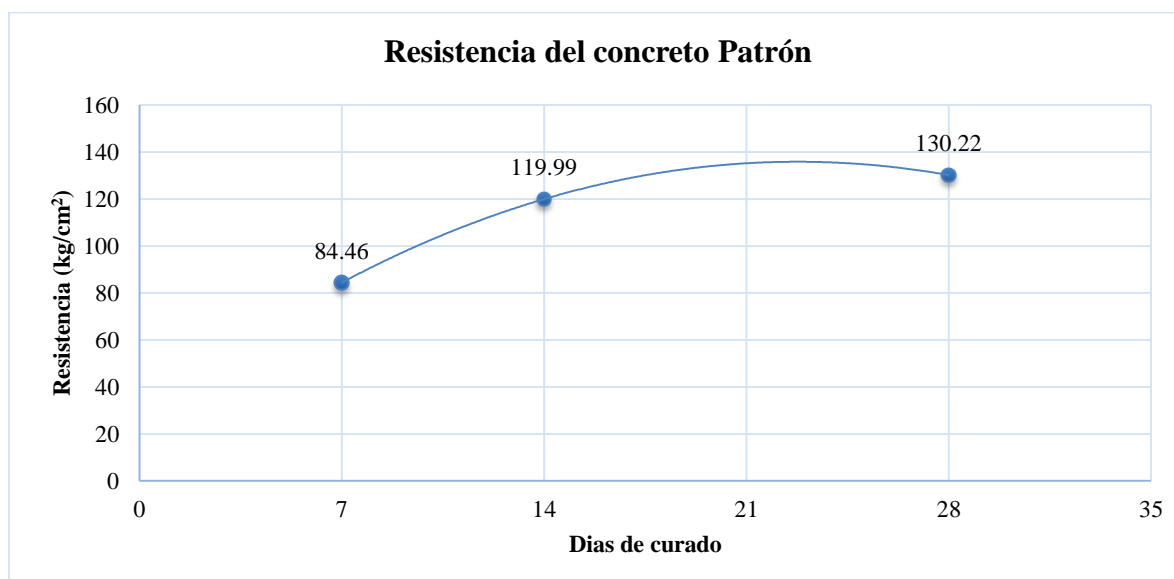
Los hallazgos a los 28 días muestran que la resistencia promedio alcanzó 130.22 kg/cm², lo que representaría 100% de la resistencia de diseño esperada. Los valores individuales se encuentran alrededor de 128.57 kg/cm² y 132.39 kg/cm², lo que indicaría una variabilidad reducida y confirmando que la mezcla ha alcanzado su resistencia óptima. En comparación con los 7 y 14 días, se observa un crecimiento progresivo y esperado en la resistencia, validando el correcto desempeño del material.

Tabla 74*F'c patrón a los 7, 14, 28 días*

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Porcentaje %
1	Patrón 01	02/06/2023	10/06/2023	7	14879.20	14923.46	176.70	84.46	65%
2	Patrón 02	02/06/2023	17/06/2023	14	21088.00	21203.04	176.70	119.99	92%
3	Patrón 03	02/06/2023	17/06/2023	28	22874.00	23009.40	176.70	130.22	100%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 7, 14, 28 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC en abril, 2023

A los 7 días, la resistencia promedio fue de 84.46 kg/cm², alcanzando el 65% de la resistencia de diseño. A los 14 días, esta aumentó a 119.99 kg/cm², lo que representaría el 92% de la resistencia esperada. Finalmente, a los 28 días, la resistencia llegó a 130.22 kg/cm², logrando el 100% de las resistencias de diseño. Estos resultados muestran un crecimiento progresivo y esperado en la resistencia del material, validando su adecuado desarrollo mecánico.

Figura 10*F'c patrón*

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los resultados de f'c de los testigos patrón exhiben un progresivo aumento en la resistencia a medida que las muestras envejecen. En el primer registro (Patrón 01), con una edad de 7 días de 84.46 kg/cm², alcanzando un 65% de la resistencia máxima esperada. En el segundo registro (Patrón 02), con 14 días de edad, la resistencia mejora a 119.99 kg/cm², logrando un 92% de la resistencia esperada. Finalmente, en el tercer registro (Patrón 03), con 28 días de edad, la muestra alcanza su máxima resistencia de 130.22 kg/cm², completando el 100% de la resistencia.

Rotura de los testigos patrón a la compresión con adición al 5%

Tabla 75*F'c patrón a los 7 días con adición al 5%*

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	+ 5% de vidrio	05/07/2023	13/07/2023	7	14235	14,271.92	176.7	80.77	62.13%
2	+ 5% de vidrio	05/07/2023	13/07/2023	7	13657	13,687.33	176.7	77.46	59.59%
3	+ 5% de vidrio	05/07/2023	13/07/2023	7	16623	16,687.14	176.7	94.44	72.64%
4	+ 5% de vidrio	05/07/2023	13/07/2023	7	15678	15,731.37	176.7	89.03	68.48%
5	+ 5% de vidrio	05/07/2023	13/07/2023	7	14471	14,510.61	176.7	82.12	63.17%
Promedios					14932.80	14977.67	176.70	84.76	65%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 7 días con adición al 5%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Para las muestras con +5% de vidrio, a los 7 días, la resistencia fue de 84.76 kg/cm², alcanzando el 65% de la resistencia de diseño. Los valores individuales oscilaron entre 77.46 kg/cm² (59.59%) y 94.44 kg/cm² (72.64%), lo que indica una ligera variabilidad en la resistencia inicial. En relación con las muestras sin adición de vidrio, se aprecia una tendencia similar en el desarrollo de resistencia, aunque con valores ligeramente inferiores, lo que sugiere que la inclusión de vidrio puede influir en la ganancia temprana de resistencia.

Tabla 76*F'c patrón a los 14 días con adición al 5%*

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	+ 5% de vidrio	05/07/2023	20/07/2023	14	23971	24,118.91	176.7	136.50	105.00%
2	+ 5% de vidrio	05/07/2023	20/07/2023	14	21954	22,078.92	176.7	124.95	96.12%
3	+ 5% de vidrio	05/07/2023	20/07/2023	14	24106	24,255.45	176.7	137.27	105.59%
4	+ 5% de vidrio	05/07/2023	20/07/2023	14	19931	20,032.85	176.7	113.37	87.21%
5	+ 5% de vidrio	05/07/2023	20/07/2023	14	22563	22,694.86	176.7	128.44	98.80%
Promedios					22505.00	22636.20	176.70	128.11	99%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 14 días con adición al 5%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

A los 14 días, las muestras con +5% de vidrio alcanzaron unas resistencias promedias de 128.11 kg/cm², lo cual equivale al 99% de la resistencia de diseño. Los valores individuales variaron entre 113.37 kg/cm² (87.21%) y 137.27 kg/cm² (105.59%), lo que indica una mejora significativa respecto a los 7 días. Este incremento sugiere que la adición de vidrio no afecta de forma negativa el desarrollo de resistencia a mediano plazo, permitiendo que el material alcance e incluso supere la resistencia esperada en algunos casos.

Tabla 77*F'c patrón a los 28 días con adición al 5%*

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	+ 5% de vidrio	05/07/2023	03/08/2023	28	24951	25,110.08	176.7	142.11	109.31%
2	+ 5% de vidrio	05/07/2023	03/08/2023	28	26254	26,427.94	176.7	149.56	115.05%
3	+ 5% de vidrio	05/07/2023	03/08/2023	28	24874	25,032.20	176.7	141.66	108.97%
4	+ 5% de vidrio	05/07/2023	03/08/2023	28	26002	26,173.06	176.7	148.12	113.94%
5	+ 5% de vidrio	05/07/2023	03/08/2023	28	23978	24,125.99	176.7	136.54	105.03%
Promedios					25211.80	25373.85	176.70	143.60	110%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 28 días con adición al 5%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

A los 28 días, las muestras con +5% de vidrio alcanzaron una “fr” de 143.60 kg/cm², representando el 110% de la resistencia de diseño. Los valores oscilaron entre 136.54 kg/cm² (105.03%) y 149.56 kg/cm² (115.05%), indicando un comportamiento superior al de las muestras sin adición de vidrio. Este resultado sugiere que la incorporación de vidrio favorece el desarrollo de resistencia a plazo largo, superando la resistencia de referencia y evidenciando un efecto positivo en la mejoría del material.

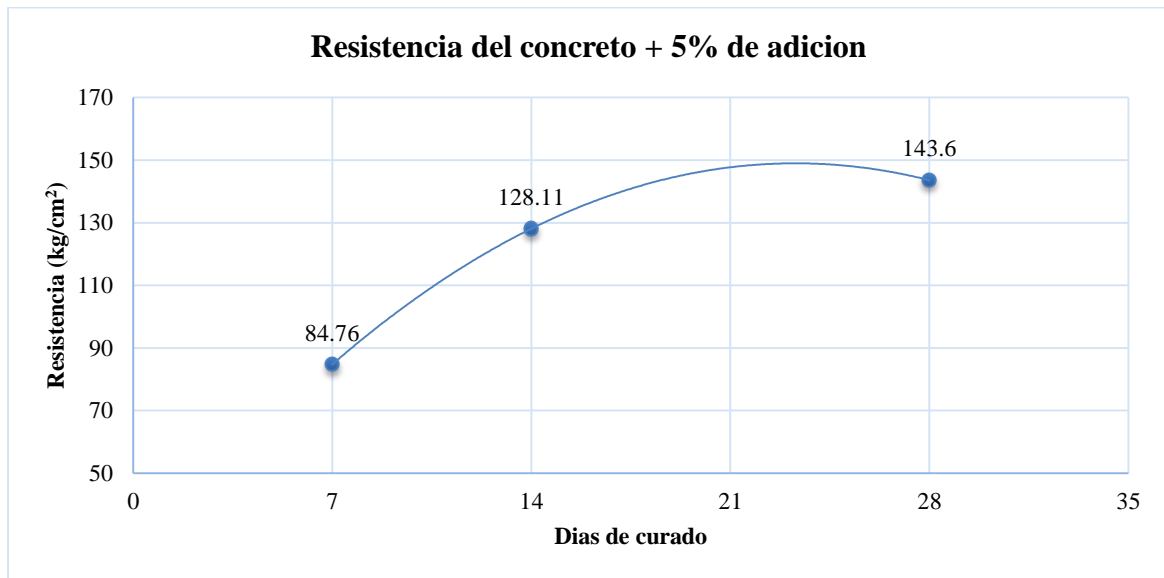
Tabla 78

F'c con adición al 5% a los 7, 14 y 28 días

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Porcentaje %
1	+ 5% de vidrio	05/07/2023	13/07/2023	7	14932.80	14977.67	176.70	84.76	65%
2	+ 5% de vidrio	05/07/2023	20/07/2023	14	22505.00	22636.20	176.70	128.11	99%
3	+ 5% de vidrio	05/07/2023	03/08/2023	28	25211.80	25373.85	176.70	143.60	110%

Nota. La presente tabla muestra F'c con adición al 5% a los 7, 14 y 28 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos obtenidos de las pruebas compresivas de los testigos con un 5% de vidrio añadido muestran una mejora progresiva en la resistencia a medida que pasa el tiempo. A los 7 días, la muestra alcanza solo un 65% de la resistencia esperada en comparación con los testigos patrón, sugiriendo que la inclusión de vidrio aún no tiene un gran efecto en este corto período. Sin embargo, a los 14 días, la resistencia se incrementa significativamente, alcanzando un 99%, lo que sugiere que el vidrio añadido empieza a aportar beneficios notables en la resistencia del material. Finalmente, a los 28 días, la muestra supera la resistencia de los testigos patrón, alcanzando un 110%, lo que demuestra que el 5% de vidrio mejora la capacidad del espécimen para resistir el f'c con el tiempo, logrando resultados incluso superiores a los esperados.

Figura 11*F'c con adición de 5%*

Nota. La presente figura muestra F'c con adición de 5%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos obtenidos confirman que, con el tiempo, el material continúa ganando fuerza y rigidez, alcanzando su máxima capacidad de f'c después de 28 días. Esto es coherente con los principios de curado del material, donde una mayor duración permite una mayor hidratación y endurecimiento, mejorando las capacidades mecánicas.

Tabla 79*F'c patrón a los 7 días con adición al 10%*

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Porcentaje %
1	+ 10% de vidrio	15/08/2023	22/08/2023	7	22235	22,363.12	176.7	126.56	97.35%
2	+ 10% de vidrio	15/08/2023	22/08/2023	7	23001	23,137.85	176.7	130.94	100.73%
3	+ 10% de vidrio	15/08/2023	22/08/2023	7	22013	22,138.59	176.7	125.29	96.38%
4	+ 10% de vidrio	15/08/2023	22/08/2023	7	21458	21,577.26	176.7	122.11	93.93%
5	+ 10% de vidrio	15/08/2023	22/08/2023	7	21889	22,013.17	176.7	124.58	95.83%
Promedios					22119.20	22246.00	176.70	125.90	97%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 7 días con adición al 10%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Las muestras con +10% de vidrio alcanzaron una f'c promedio de 125.90 kg/cm² (97%) a los 7 días, lo que indicaría un aumento significativo en comparación con las muestras con +5% de vidrio y con el patrón de referencia. Esto indica que la adición del 10% de vidrio mejora la resistencia temprana del concreto, acercándose rápidamente a la resistencia objetivo, lo que podría ser beneficioso en aplicaciones donde se requiera un rápido desarrollo de resistencia.

Tabla 80

F'c patrón a los 14 días con adición al 10%

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Porcentaje %
1	+ 10% de vidrio	15/08/2023	30/08/2023	14	23971	24,118.91	176.7	136.50	105.00%
2	+ 10% de vidrio	15/08/2023	30/08/2023	14	21954	22,078.92	176.7	124.95	96.12%
3	+ 10% de vidrio	15/08/2023	30/08/2023	14	24106	24,255.45	176.7	137.27	105.59%
4	+ 10% de vidrio	15/08/2023	30/08/2023	14	24231	24,381.87	176.7	137.98	106.14%
5	+ 10% de vidrio	15/08/2023	30/08/2023	14	22563	22,694.86	176.7	128.44	98.80%
Promedios					23365.00	23506.00	176.70	133.03	102%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 14 días con adición al 10%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El análisis de resistencia a los 14 días para especímenes con un 10% de adición de vidrio muestra un promedio de resistencia de 133.03 kg/cm², equivalente al 102% respecto a la resistencia de referencia. Los valores individuales oscilan entre 124.95 kg/cm² y 137.98 kg/cm², lo que indica una variabilidad moderada en los hallazgos. En general, la inclusión del 10% de vidrio mantiene e incluso mejora ligeramente la resistencia del material, sugiriendo una posible contribución positiva del vidrio en la estructura del concreto sin comprometer significativamente su desempeño mecánico a esta edad de curado.

Tabla 81

F'c patrón a los 28 días con adición al 10%

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Porcentaje %
1	+ 10% de vidrio	15/08/2023	14/09/2023	28	25951	26,121.48	176.7	147.83	113.72%
2	+ 10% de vidrio	15/08/2023	14/09/2023	28	26254	26,427.94	176.7	149.56	115.05%
3	+ 10% de vidrio	15/08/2023	14/09/2023	28	26874	27,055.00	176.7	153.11	117.78%
4	+ 10% de vidrio	15/08/2023	14/09/2023	28	26002	26,173.06	176.7	148.12	113.94%
5	+ 10% de vidrio	15/08/2023	14/09/2023	28	26978	27,160.19	176.7	153.71	118.24%
Promedios					26411.80	26587.53	176.70	150.47	116%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 28 días con adición al 10%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Las muestras con +10% de vidrio alcanzaron un f'c promedio de 150.47kg/cm² (116%) a los 14 días, superando la resistencia del concreto patrón y de las muestras con +10% de vidrio. Este resultado sugiere que el vidrio añadido en esta proporción mejora la resistencia mecánica del concreto, mostrando una evolución favorable con el tiempo y consolidándose como una alternativa viable para optimizar las propiedades estructurales del material.

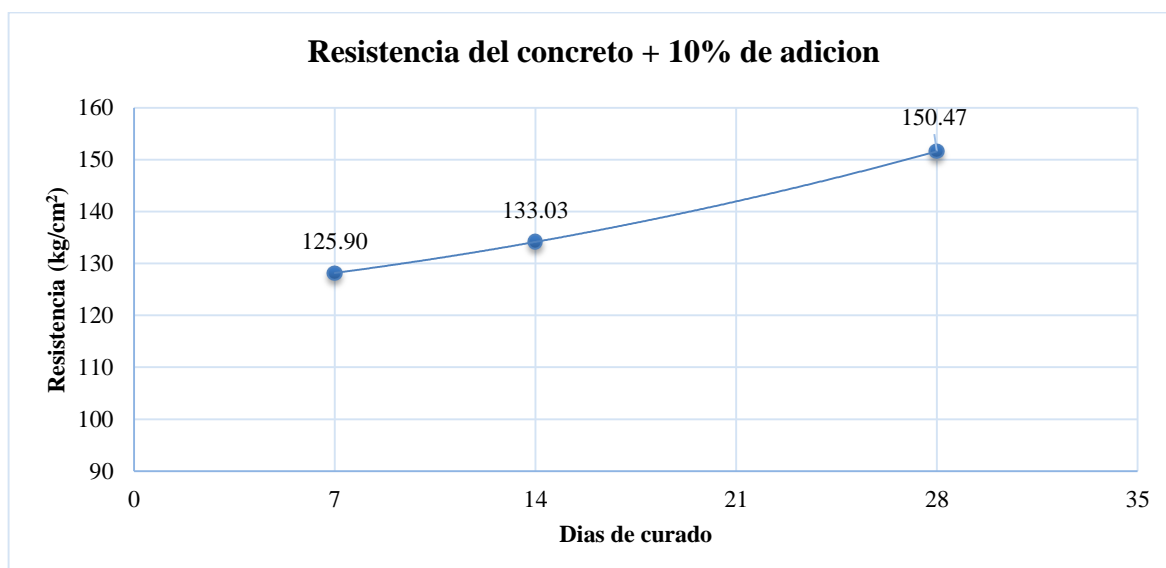
Tabla 82

F'c con adición al 10% a los 7, 14 y 28 días

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Porcentaje %
1	+ 10% de vidrio	15/08/2023	22/08/2023	7	22519.20	22650.56	176.70	125.90	97%
2	+ 10% de vidrio	15/08/2023	30/08/2023	14	23565.00	23708.28	176.70	133.03	102%
3	+ 10% de vidrio	15/08/2023	14/09/2023	28	26611.80	26789.81	176.70	150.47	116%

Nota. La presente tabla muestra F'c adición al 10% a los 7, 14, y 28 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de las pruebas compresivas de los testigos con un 10% de vidrio añadido también muestran un comportamiento positivo en cuanto a la resistencia a medida que el tiempo avanza. A los 7 días, la muestra alcanza un 97% de la resistencia esperada, lo que indica que el 10% de vidrio tiene un impacto positivo, aunque no tan marcado al principio. A los 14 días, la resistencia mejora ligeramente, alcanzando un 102%, lo que significa que el material comienza a superar la resistencia de los testigos patrón. Finalmente, a los 28 días, la resistencia sigue incrementando, logrando un 116% respecto a los testigos patrón, lo que demuestra que la adición de un 10% de vidrio mejora de manera considerable la capacidad de compresión de la muestra con el tiempo, incluso superando las expectativas iniciales.

Figura 12*F'c con adición de 10%*

Nota. La presente figura muestra F'c con adición, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de los especímenes con 10% de vidrio muestran un comportamiento positivo en cuanto al f'c. A los 7 días, con una resistencia de 125.90 kg/cm² y un 97% de desempeño, que mejora con el tiempo. A los 14 días, la fuerza aumentó a una resistencia de 133.03 kg/cm² y un 102% de desempeño) y a los 28 días, logró una resistencia de 150.47 kg/cm² (un 116% de desempeño). Comparado con las muestras con 5% de vidrio, las de 10% muestran un aumento en la resistencia, especialmente a largo plazo, donde a los 28 días la resistencia fue notablemente mayor.

Rotura de los testigos patrón a la compresión con adición al 15%

Tabla 83

F'c patrón a los 7 días con adición al 15%

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	+ 15% de vidrio	16/09/2023	23/09/2023	7	24235	24,385.92	176.7	138.01	106.16%
2	+ 15% de vidrio	16/09/2023	23/09/2023	7	23001	23,137.85	176.7	130.94	100.73%
3	+ 15% de vidrio	16/09/2023	23/09/2023	7	22013	22,138.59	176.7	125.29	96.38%
4	+ 15% de vidrio	16/09/2023	23/09/2023	7	21458	21,577.26	176.7	122.11	93.93%
5	+ 15% de vidrio	16/09/2023	23/09/2023	7	21889	22,013.17	176.7	124.58	95.83%
Promedios					22519.20	22650.56	176.70	128.19	99%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 7 días con adición al 15%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Las muestras con +15% de vidrio mostraron un f'c promedio de 128.19 kg/cm² (99%) a los 7 días, lo que indicaría una mejoría respecto a los especímenes con menor porcentaje de vidrio. Sin embargo, la variabilidad en los hallazgos sugeriría que el incremento del contenido de vidrio podría afectar la homogeneidad de la mezcla, generando dispersión en los valores de resistencia. Estos datos permiten inferir que el 15% de adición de vidrio mantiene un desempeño favorable en las primeras edades.

Tabla 84

F'c patrón a los 14 días con adición al 15%

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	+ 15% de vidrio	16/09/2023	30/09/2023	14	25971	26,141.71	176.7	147.94	113.80%
2	+ 15% de vidrio	16/09/2023	30/09/2023	14	26354	26,529.08	176.7	150.14	115.49%
3	+ 15% de vidrio	16/09/2023	30/09/2023	14	24106	24,255.45	176.7	137.27	105.59%
4	+ 15% de vidrio	16/09/2023	30/09/2023	14	25231	25,393.27	176.7	143.71	110.54%
5	+ 15% de vidrio	16/09/2023	30/09/2023	14	24163	24,313.10	176.7	137.60	105.84%
Promedios					25165.00	25326.52	176.70	143.33	110%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 14 días con adición al 15%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

A los 14 días, las muestras con +15% de vidrio llegaron a una resistencia promedio de 143.33 kg/cm² (110%), mostrando un incremento significativo respecto a los 7 días (128.19 kg/cm², 99%). Esto indica que el vidrio triturado como aditivo no solo mantiene la resistencia del concreto, sino que podría mejorarla en edades intermedias. La tendencia creciente sugeriría que el vidrio contribuye a la ganancia de resistencia con la hidratación del cemento.

Tabla 85

F'c patrón a los 28 días con adición al 15%

N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	Porcentaje %
1	+ 15% de vidrio	16/09/2023	14/10/2023	28	31951	32,189.88	176.7	182.17	140.13%
2	+ 15% de vidrio	16/09/2023	14/10/2023	28	26154	26,326.80	176.7	148.99	114.61%
3	+ 15% de vidrio	16/09/2023	14/10/2023	28	32874	33,123.40	176.7	187.46	144.20%
4	+ 15% de vidrio	16/09/2023	14/10/2023	28	29012	29,217.38	176.7	165.35	127.19%
5	+ 15% de vidrio	20/09/2023	14/10/2023	28	28978	29,182.99	176.7	165.16	127.04%
Promedios					29793.80	30008.09	176.70	169.83	131%

Nota. La presente tabla muestra F'c patrón a los 28 días con adición al 15%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

A los 28 días, las muestras con +15% de vidrio llegaron a una resistencia promedio de 169.83 kg/cm² (131%), lo que representaría un incremento significativo respecto a los 14 días (143.33 kg/cm², 110%). Esto sugiere que la adición de vidrio triturado no solo mantiene la resistencia del concreto, sino que también contribuiría a su desarrollo a largo plazo. El progresivo aumento en la resistencia indica que el vidrio puede estar favoreciendo la reacción puzolánica con el cemento, mejorando la compactación y el desempeño mecánico del material en edades avanzadas.

Tabla 86

F'c con adición al 15% a los 7, 14 y 28 días

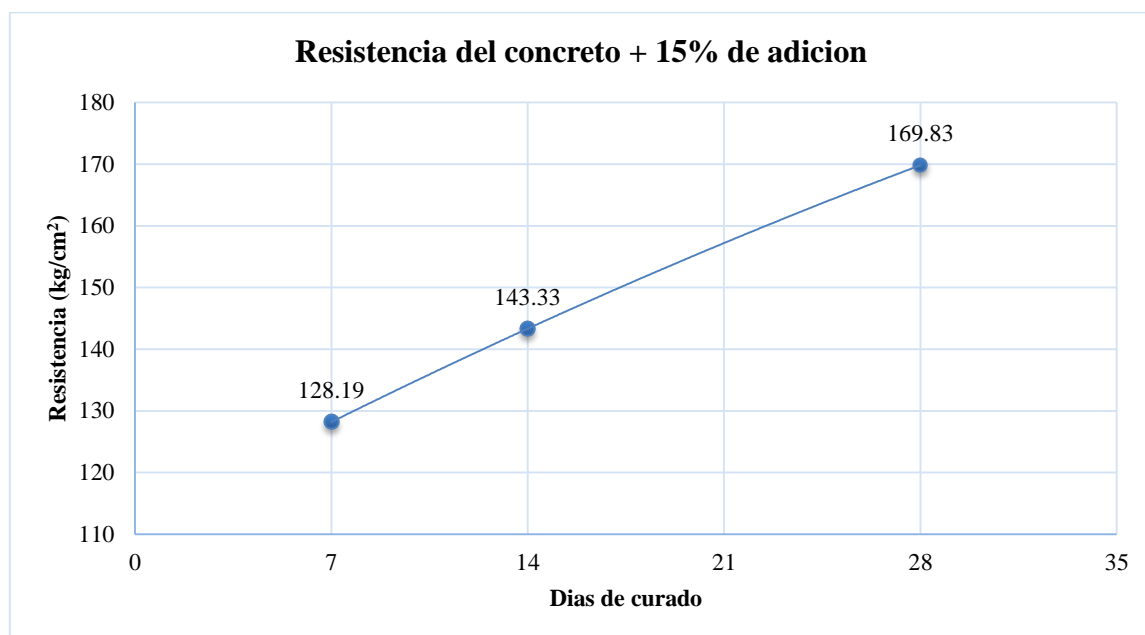
N° registro	Elemento	Fecha muestreo	Fecha rotura	Edad (días)	Fuerza	Fuerza (kg)	Área (cm²)	Resistencia (kg/cm²)	Porcentaje %
1	+ 15% de vidrio	16/09/2023	23/09/2023	7	22519.20	22650.56	176.70	128.19	99%
2	+ 15% de vidrio	16/09/2023	30/09/2023	14	25165.00	25326.52	176.70	143.33	110%
3	+ 15% de vidrio	16/09/2023	14/10/2023	28	29793.80	30008.09	176.70	169.83	131%

Nota. La presente tabla muestra F'c con adición al 15% a los 7, 14 y 28 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de los testigos con un 15% de vidrio añadido reflejan una mejora significativa en el f'c a medida que pasa el tiempo. A los 7 días, la muestra alcanza un 99% de la resistencia esperada, lo que indica un buen rendimiento en poco tiempo. A los 14 días, la resistencia aumenta a un 110%, lo que muestra que el 15% de vidrio tiene un efecto positivo en la resistencia, superando ligeramente la resistencia de los testigos patrón. Finalmente, a los 28 días, la muestra alcanza un 131% de resistencia en comparación con los testigos patrón, lo que demuestra que el material con 15% de vidrio tiene un rendimiento sobresaliente, mejorando considerablemente la capacidad de compresión a medida que pasa el tiempo.

Figura 13

F'c con adición de 15%



Nota. La presente figura muestra F'c con adición de 15%, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los hallazgos de las muestras con 15% de vidrio muestran una mejora en el $f'c$ a medida que aumenta el tiempo de curado. A los 7 días, la muestra, con una resistencia de 128.19 kg/cm² y un 99% de desempeño. A los 14 días, la fuerza aumentó a 143.33 kg/cm² y un desempeño del 110%. Por último, a los 28 días, logró 169.83 kg/cm² y un desempeño de 131%

Comparado con las muestras con 5% y 10% de vidrio, las de 15% muestran un incremento aún mayor en la resistencia, especialmente a los 28 días, donde se alcanza la mayor resistencia de todas las muestras.

Consolidado de ensayos a compresión

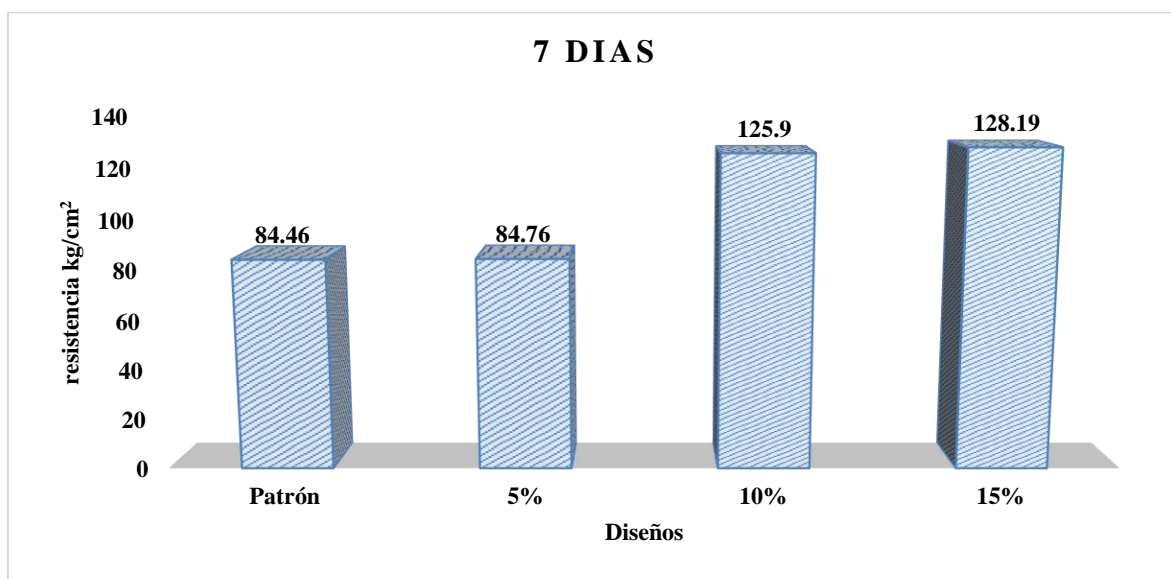
Tabla 87

F'c con adición de vidrio a los 7 días

Resistencia a la compresión con adición de vidrio										
Muestra	Fecha muestreo	Fecha rotura	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga máxima		Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	En %
						Kg	Kn			
Patrón 01	02/06/2023	10/06/2023	7	23.80	12.10	14879.20	14923.46	176.70	84.46	65%
M+5%	22/11/2023	29/11/2023	7	24.10	12.10	25186	251.86	291.61	84.76	66%
M+10%	22/11/2023	29/11/2023	7	23.80	12.10	25799	257.99	287.98	125.90	69%
M+15%	22/11/2023	29/11/2023	7	23.60	11.50	28800	288.00	271.40	128.19	82%

Nota. La presente tabla muestra F'c con adición de vidrio a los 7 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Las muestras concreto patrón alcanzó 84.46 kg/cm² seguido del diseño a un 5% de vidrio alcanzan una resistencia de 84.76 kg/cm², las de un 10% logran 125.90 kg/cm², y las de un 15% presentan la resistencia más alta, con 128.19 kg/cm². Esto refleja una mejoría en la resistencia a medida que se incrementa el % de vidrio, lo que sugiere que la adición de vidrio refuerza las propiedades mecánicas del material.

Figura 14*F'c a los 7 días*

Nota. La presente figura muestra F'c a los 7 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

El gráfico detalla el f'c de cuatro especímenes ensayadas a los 7 días, expresadas en kg/cm². Se observa que la muestra al 15% alcanzó la mayor resistencia (128.19 kg/cm²), mientras que el espécimen patrón presentó el menor valor (84.46 kg/cm²). En general, los valores fluctúan en un rango entre 84.46 y 128.19 kg/cm², lo que sugiere una variabilidad en el comportamiento del material durante los primeros días de curado.

Tabla 88*F'c con adición de vidrio a los 14 días*

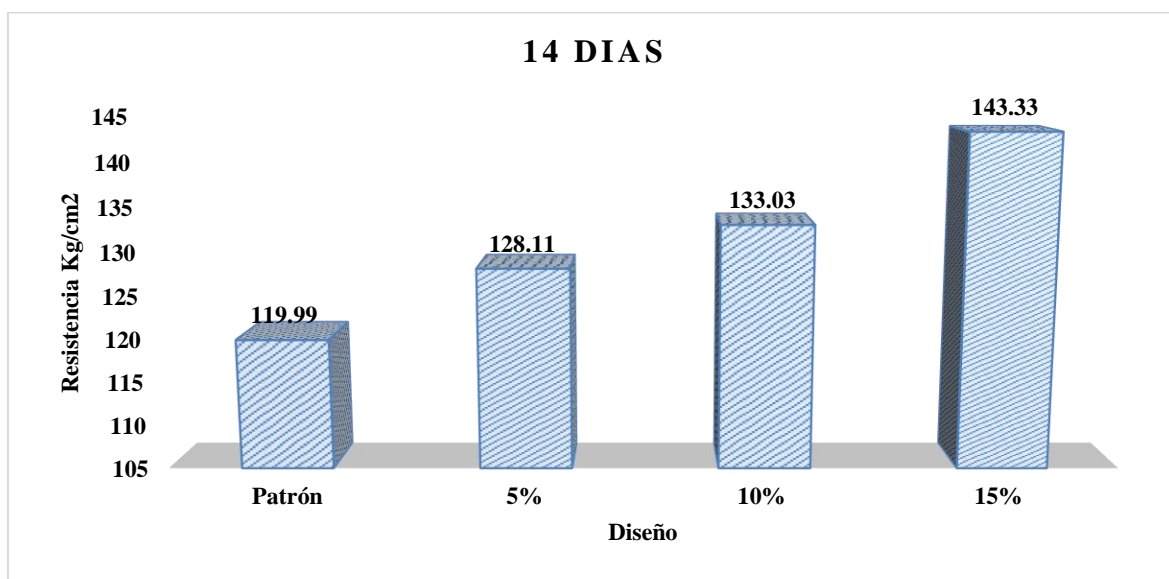
Resistencia a la compresión con adición de vidrio										
Muestra	Fecha muestreo	Fecha rotura	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga máxima		Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	En %
						Kg	Kn			
Patrón	02/06/2023	17/06/2023	14	23.50	11.80	21088.00	21203.04	176.70	119.99	92%
M+5%	22/11/2023	07/12/2023	14	24.00	12.00	34232	342.32	288.00	128.11	91%
M+10%	22/11/2023	07/12/2023	14	23.50	11.80	33809	338.09	277.30	133.03	94%
M+15%	22/11/2023	07/12/2023	14	24.00	11.80	35992	359.92	283.20	143.33	98%

Nota. La presente tabla muestra F'c con adición de vidrio a los 14 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los resultados de f'c con adición de vidrio muestran una mejora en la resistencia del material conforme aumenta el % de vidrio. El espécimen patrón 119.99 kg/cm², con un 5% de vidrio alcanzan una resistencia de 128.11 kg/cm², mientras que las de 10% logran 133.03/cm², y las de 15% presentan la resistencia más alta, con 143.33 kg/cm². Esto indica que el vidrio añadido refuerza el material y mejora su capacidad de resistir la compresión.

Figura 15

F'c final del concreto a los 14 días



Nota. La presente figura muestra F'c final del concreto a los 14 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

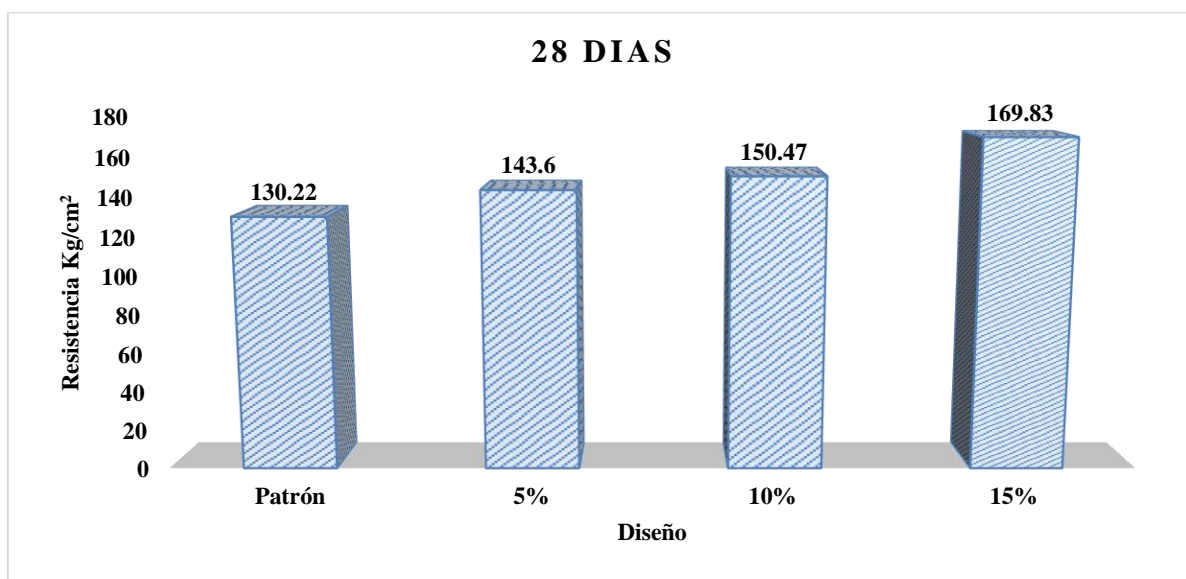
El gráfico detalla el f'c de cuatro muestras ensayadas a los 14 días, expresadas en kg/cm². Se observa una variabilidad en los valores, con el espécimen patrón presentando la menor resistencia 119.99 kg/cm² y la muestra al 15% la mayor resistencia 143.33 kg/cm². La tendencia general indica un incremento en la resistencia conforme avanzan las muestras, lo que sugiere una posible influencia de la variabilidad en la composición del concreto o en las condiciones de curado. Sin embargo, todas las muestras se mantienen en un rango cercano, lo que indica una relativa uniformidad en el comportamiento mecánico del material.

Tabla 89*F'c con adición de vidrio a los 28 días*

Resistencia a la compresión con adición de vidrio										
Muestra	Fecha muestreo	Fecha rotura	Días	Largo (cm)	Ancho (cm)	Carga máxima		Área bruta (cm ²)	Resistencia (kg/cm ²)	En %
						Kg	Kn			
Patrón	20/11/2023	18/12/2023	28	24.00	11.90	37000	370.00	285.60	130.22	100%
M+5%	22/11/2023	20/12/2023	28	24.00	11.50	35919	359.19	276.00	143.60	100%
M+10%	22/11/2023	20/12/2023	28	23.80	12.00	42102	421.02	285.60	150.47	113%
M+15%	22/11/2023	20/12/2023	28	23.50	11.50	42800	428.00	270.25	169.83	122%

Nota. La presente tabla muestra F'c con adición de vidrio a los 14 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

muestran una mejora notable en las resistencias del material con el paso del tiempo y el aumento del porcentaje de vidrio añadido. Después de 28 días, el espécimen patrón alcanzó una resistencia de 130.22 kg/cm², con un 5% de vidrio alcanzan una resistencia de 143.60 kg/cm², las de un 10% logran 150.47 kg/cm², y las de un 15% tienen la resistencia más alta, con 169.83 kg/cm². Estas cifras indican que la adición de vidrio tiene un efecto positivo en el f'c, y el rendimiento mejora conforme aumenta el % de vidrio.

Figura 16*F'c final a los 28 días*

Nota. La presente figura muestra F'c final a los 28 días, fuente del laboratorio mecánica de suelos Saywite Apurímac SAC, en abril 2023

Los resultados reflejarán una clara tendencia ascendente en la resistencia a medida que aumenta la cantidad de vidrio añadido. El patrón sin adición tendrá la barra más baja, mientras que la muestra con 15% de vidrio muestra la barra más alta, lo que visualmente confirma que, a mayor porcentaje de vidrio, mayor es la resistencia del material. Este gráfico nos ayuda a entender cómo la adición de vidrio mejora el f'c en función de las diferentes adiciones de vidrio.

Contrastación de hipótesis

Contrastación de hipótesis general (prueba de Anova)

Ho: La incorporación de vidrio sodocálcico reciclado no mejora el esfuerzo de carga del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay-Apurímac 2022

H1: La incorporación de vidrio sodocálcico reciclado mejora el esfuerzo de carga del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay-Apurímac 2022

Tabla 90

Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre el esfuerzo de carga de los ladrillos King Kong

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	70.900	3	12.300	10.357	0.020
Dentro de grupos	15.369	6	1.632		
Total	86.269	9			

Nota. La presente tabla muestra resultados de varianza sobre el esfuerzo de carga de los ladrillos King Kong. obtenidos del software estadístico SPSS V.26

El (ANOVA) en la Tabla 89 evalúa la influencia de diferentes tratamientos en el esfuerzo de carga de los ladrillos King Kong. Los hallazgos indicarían que la variabilidad entre grupos alcanza una suma de cuadrados de 70.900, con tres grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 12.300. El estadístico F obtenido es 10.357, con un valor de significancia (Sig.) de 0.020, lo que evidencia una diferencia significativa estadísticamente entre los grupos evaluados.

Por otro lado, la variabilidad dentro de los grupos se expresa en una suma de cuadrados de 15.369, con seis grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 1.632. La variabilidad total de los datos es de 86.269, con nueve grados de libertad (gl).

Dado que el valor de significancia es inferior al umbral convencional de 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que al menos uno de los grupos presenta una diferencia significativa en la resistencia a la compresión de los ladrillos. Estos resultados permiten inferir que la incorporación de vidrio sodocálcico reciclado mejora el esfuerzo de carga del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay. Región Apurímac.2022.

Contrastación de hipótesis específica 1 (prueba de Anova)

Ho: La incorporación de vidrio sodocálcico reciclado no mejora las propiedades mecánicas del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay-Apurímac, 2022.

H1: La incorporación de vidrio sodocálcico reciclado mejora las propiedades mecánicas del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay-Apurímac, 2022.

Tabla 91

Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre las propiedades mecánicas los ladrillos King Kong

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	70.589	3	11.875	11.067	0.000
Dentro de grupos	15.000	6	1.200		
Total	75.589	9			

Nota. La presente tabla muestra resultados de varianza sobre el esfuerzo de carga de los ladrillos King Kong. obtenidos del software estadístico SPSS V.26

El (ANOVA) Tabla 90 examina la influencia de distintos tratamientos en las propiedades mecánicas de los ladrillos King Kong. Los resultados revelan una suma de cuadrados entre grupos de 70.589, con tres grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 11.875. El estadístico F obtenido es 11.067, con un valor de significancia (Sig.) de 0.000, lo que evidencia diferencias estadísticamente significativas entre los grupos analizados.

Por otro lado, la variabilidad dentro de los grupos presenta una suma de cuadrados de 15.000, con seis grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 1.200. La variabilidad total de los datos es de 75.589, con nueve grados de libertad (gl).

Dado que el valor de significancia es inferior al umbral de 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que los tratamientos aplicados han generado diferencias significativas en las

propiedades mecánicas de los ladrillos. Por ende, podemos manifestar que la La incorporación de vidrio sodocálcico reciclado mejora las propiedades mecánicas del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay, departamento de Apurímac, 2022.

Contrastación de hipótesis específica 2 (prueba de Anova)

Ho: La incorporación de vidrio soda cálcico reciclado no mejora las propiedades físicas del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay- Apurímac, 2022.

H1: La incorporación de vidrio soda cálcico reciclado mejora las propiedades físicas del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay- Apurímac, 2022.

Tabla 92

Resultados de varianza de los promedios de Anova influye sobre las propiedades físicas de los ladrillos King Kong

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Entre grupos	68.792	3	10.961	12.197	0.004
Dentro de grupos	14.965	6	2.232		
Total	86.269	9			

Nota. La presente tabla muestra resultados de varianza sobre el esfuerzo de carga de los ladrillos King Kong. obtenidos del software estadístico SPSS V.26

El análisis de varianza (ANOVA) presentado en la Tabla 91 evalúa la existencia de diferencias significativas en las propiedades físicas de los ladrillos King Kong en función de la incorporación de vidrio sodocálcico reciclado. Los resultados muestran una suma de cuadrados entre grupos de 68.792, con tres grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 10.961. El estadístico F obtenido es 12.197, con un valor de significancia (Sig.) de 0.004, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos analizados.

Por otro lado, la variabilidad dentro de los grupos se expresa en una suma de cuadrados de 14.965, con seis grados de libertad (gl) y una media cuadrática de 2.232. La variabilidad total de los datos es de 86.269, con nueve grados de libertad (gl).

Dado que el valor de significancia es inferior al umbral de 0.05, se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere que la incorporación de vidrio sodocálcico reciclado genera cambios significativos en las propiedades físicas del ladrillo King Kong. Este resultado evidencia que la adición de este material puede influir en aspectos como la densidad, la absorción de agua y la variación dimensional. Llegando a concluir que la incorporación de vidrio soda cálcico reciclado mejora las propiedades físicas del Ladrillo king kong de concreto en la provincia de Abancay, departamento de Apurímac, 2022.

5.2. Discusión

En el estudio de Arbelaez et al. (2022), se propuso evaluar el uso de residuos de vidrio como sustituto de áridos finos en concreto. Para ello, metodológicamente fue cuantitativo y experimental que contempló adiciones de vidrio en un rango del 5% al 50%. Los hallazgos evidenciaron una reducción en el asentamiento del concreto y variaciones en el $f'c$, alcanzando hasta un 98% de la resistencia con una incorporación del 15% de vidrio. Asimismo, se evidenció una reducción en las emisiones de CO₂. En cuanto a las conclusiones, se determinó que la mezcla con un 20% de vidrio presentó el mayor $f'c$. En comparación con los resultados de la investigación actual, se identifican similitudes en la mejora del $f'c$ con la inclusión de vidrio, aunque con diferencias en los porcentajes óptimos. Mientras que Arbelaez et al. (2022) encontraron una reducción en la trabajabilidad del concreto, en el presente estudio la variabilidad en la consistencia fue menor, lo que sugiere que la granulometría y el tipo de vidrio reciclado pueden influir en los resultados obtenidos. De manera similar, el trabajo de Hernández y Rojas (2021) tuvo como objetivo analizar el $f'c$ con vidrio molido reciclado. A través de un diseño experimental, incorporaron adiciones

de vidrio en proporciones del 4% al 6%. Los hallazgos indicaron que la muestra con un 6% de vidrio reciclado alcanzó 23.07 MPa a los 28 días, superando el $f'c$ patrón en un 6.5%. Se concluyó que el empleo de vidrio molido es viable en concretos de 21 MPa. En relación con la investigación en curso, ambos estudios coinciden en la tendencia de mejora en la resistencia mecánica con la inclusión de vidrio. Sin embargo, en este caso particular, el porcentaje óptimo de adición de vidrio resultó ser distinto, lo que resalta la influencia de la granulometría y la distribución del material en la matriz del concreto. Además, mientras que Hernández y Rojas (2021) analizaron la absorción de agua, este aspecto no fue abordado en la investigación presente.

Por otra parte, Malek et al. (2020) se enfocaron en evaluar el efecto del vidrio como reemplazo de agregados finos en mortero. Para ello, desarrollaron un diseño experimental con adiciones del 5% al 20%. Los resultados detallaron una disminución en la densidad del material y un incremento de hasta el 28.3% en el $f'c$ con una adición del 20% de vidrio. En sus conclusiones, los autores indicaron que el vidrio molido mejora la capacidad mecánica del mortero debido a su actividad puzolánica. En comparación con la investigación propia, se aprecia una directa relación entre el porcentaje de vidrio y el aumento del $f'c$ en ambos estudios. No obstante, en el estudio presente, la reducción de la densidad no fue un factor predominante, lo que sugiere diferencias en la composición de los agregados empleados. Además, mientras que Malek et al. (2020) se centraron en morteros, esta investigación aborda concretos, lo que podría explicar ciertas divergencias en los hallazgos recabados.

Asimismo, Alvarado et al. (2019) exploraron la viabilidad del uso de vidrio molido como sustitutorio del cemento en hormigón. En su diseño experimental, emplearon adiciones de vidrio del 5% al 15%. Los hallazgos mostraron un incremento gradual del $f'c$ conforme aumentaba la proporción de vidrio molido. En consecuencia, los autores concluyeron que el vidrio reciclado favorece la adherencia y mejora la resistencia del hormigón a largo plazo.

En la investigación actual, también se observó una mejora en la resistencia con ciertos porcentajes de vidrio, lo que concuerda con los hallazgos de Alvarado et al. (2019). No obstante, la diferencia radica en el enfoque de aplicación, ya que en el antecedente revisado el vidrio fue empleado como reemplazante del cemento, mientras que en la investigación propia se empleó como reemplazante del árido fino. Esta variación en la metodología introduce diferencias en la estructura de las mezclas y en los mecanismos de resistencia desarrollados.

Finalmente, el estudio de Alvarenga et al. (2019) se centró en analizar la influencia de micropartículas de vidrio sodocálcico en morteros. Para ello, desarrollaron un diseño experimental con adiciones del 10% y 20% de vidrio. Los resultados mostraron un incremento del 6% en el $f'c$ con una adición del 10% de vidrio. Sin embargo, también se evidenció una reducción en la trabajabilidad del material. En sus conclusiones, los autores indicaron que la resistencia mecánica mejoró de manera moderada, aunque la trabajabilidad se vio afectada. En relación con la investigación actual, ambas investigaciones coinciden en la mejora de la resistencia con la incorporación de vidrio. Sin embargo, en la investigación propia, la adición de vidrio no generó una reducción significativa en la trabajabilidad, lo que sugiere diferencias en el tamaño de partícula y en la proporción de agregados empleados.

En el contexto nacional, Bustamante y Ramos (2022) evaluaron la incidencia de los vidrios reciclados en el $f'c$. Su estudio, basado en un análisis bibliográfico y un diseño no experimental, determinó que 20% de vidrio reciclado aumentó la resistencia en un 7.765%. Los autores concluyeron que dicho porcentaje constituye la adición óptima para mejorar la resistencia. En comparación con la investigación actual, los resultados son coincidentes en cuanto a la mejora en la resistencia, aunque el estudio presente utilizó una metodología experimental que permite corroborar los efectos del vidrio reciclado mediante pruebas directas en laboratorio.

Por otro lado, Morales (2022) analizó el efecto del residuo de sílice-sodocálcico tipo II en ladrillos de concreto a través de un diseño cuasi experimental con adiciones del 2% al 6%. Se evidenció un incremento en el $f'c$ y una absorción menor de H_2O , determinando que el 6% fue la mejor opción. Si bien ambos estudios confirman la mejora en la resistencia con la inclusión de vidrios reciclados, Morales (2022) trabajó con residuos de sílice-sodocálcico en ladrillos, mientras que el presente estudio se enfocó en concreto estructural. A pesar de estas diferencias, ambos destacan la importancia de la granulometría y la proporción adecuada del aditivo.

Asimismo, Sánchez (2022) investigó el efecto de la inclusión de vidrios reciclados triturado en el $f'c$ mediante un diseño experimental con adiciones del 3%, 6% y 9%. Se determinó que la mejor resistencia se logró con una adición del 9%. En relación con el actual estudio, ambos estudios confirman la mejora en la capacidad mecánica con la adición de vidrios reciclados. No obstante, mientras que Sánchez (2022) trabajó con concreto de $f'c=210Kg/cm^2$, en el estudio presente se analizaron resistencias distintas, sugiriendo que los efectos pueden variar según el diseño de mezcla.

Por su parte, Cervantes y Pilco (2020) analizaron la incidencia del vidrio molido en la resistencia de adoquines, empleando un diseño experimental con adiciones del 15% y 20%. Se reportó un incremento en el $f'c$ y mejor comportamiento ante el desgaste, concluyéndose que la adición del 15% resultó ser la más efectiva. En comparación con la investigación actual, se evidencia una mejora en la resistencia con la inclusión de vidrio reciclado, aunque el presente estudio se enfoca en concreto estructural en lugar de adoquines, lo que implica diferencias en las propiedades requeridas.

Finalmente, Niño (2019) comparó las características de ladrillos de concreto con y sin vidrio reciclado a través de un diseño experimental con adiciones del 3% al 7%. Sus hallazgos mostraron que la adición del 3% mejoró la resistencia, pero con el 7% se observó

una disminución. Concluyendo que el 3% de vidrio reciclado optimiza la resistencia sin afectar otras propiedades. En comparación con la investigación actual, ambos estudios confirman que la adición controlada de vidrio reciclado puede mejorar la capacidad mecánica.

VI. Conclusiones

1. La inclusión de vidrio sodocálcico reciclado en la fabricación del Ladrillo king kong de concreto genera una mejora progresiva en el $f'c$. Se evidenció que, a mayor % de vidrio en la mezcla, la resistencia del material incrementa con el tiempo. Las muestras con 15% de vidrio alcanzaron un desempeño del 131% de resistencia en comparación con las muestras sin adición, llegando a valores de hasta 169.83 kg/cm² a los 28 días. Esto sugiere que el vidrio contribuye de manera positiva al rendimiento mecánico del ladrillo, mejorando su capacidad estructural.

2. Las características mecánicas del Ladrillo king kong mejoraron con la adición de vidrio sodocálcico, principalmente en términos de $f'c$. Se encontró que un mayor porcentaje de vidrio favorece el desempeño mecánico del material, alcanzando su punto máximo con una adición del 15%. Las muestras con 15% de vidrio exhibieron una resistencia creciente desde los 7 hasta los 28 días, con valores que superaron en un 31% la resistencia de referencia. Este incremento sugiere que el vidrio podría estar generando una reacción puzolánica que contribuye a una mejor compactación y cohesión del concreto.

3. En cuanto a las propiedades físicas, la adición de vidrio sodocálcico reciclado influye en la absorción de agua y la densidad del ladrillo. Se observó que el incremento del contenido de vidrio reduce la porosidad del material, disminuyendo su capacidad de absorción de agua y mejorando su durabilidad. Las muestras con 15% de vidrio presentaron la menor absorción, con valores entre 1.80% y 3.28%, en relación con las muestras con menor contenido de vidrio, que mostraron mayor capacidad de retención de agua. Estos hallazgos sugerirían que el vidrio actúa como un componente que densifica la estructura del ladrillo, aumentando su impermeabilidad y resistencia al desgaste.

VII.Recomendaciones

1. Dado que la inclusión de vidrio sodocálcico reciclado incrementa progresivamente el f^c del Ladrillo king kong de concreto, se recomienda su implementación en el proceso de fabricación con un porcentaje óptimo del 15%. Este contenido ha demostrado ser el más eficiente, alcanzando valores de resistencia de hasta 169.83 kg/cm² a los 28 días, lo que sugiere una significativa mejora en la capacidad estructural del material. Además, se sugiere realizar estudios complementarios para evaluar la estabilidad del material a largo plazo y su desempeño en diversas condiciones de ambiente.

2. Se recomienda promover la incorporación de vidrio sodocálcico reciclado en la producción de ladrillos de concreto, especialmente en proporciones del 15%, dado que su adición ha demostrado un incremento del 31% en el f^c en comparación con los ladrillos sin adición. Este efecto positivo podría atribuirse a una posible reacción puzolánica, por lo que se aconseja profundizar en investigaciones sobre la interacción entre el vidrio y la matriz cementicia, con el fin de optimizar la compactación y cohesión del material para aplicaciones estructurales.

3. Se recomienda el uso de vidrio sodocálcico reciclado en la fabricación de ladrillos de concreto para reducir su porosidad y, en consecuencia, mejorar su durabilidad. La menor absorción de agua observada en los especímenes con 15% de vidrio, con valores entre 1.80% y 3.28%, evidencia que este material actúa como un componente densificador. Por ello, es recomendable fomentar su empleo en las industrias constructivas como una alternativa sostenible que mejora la impermeabilidad y la resistencia al desgaste del ladrillo, garantizando una mayor vida útil en condiciones expuestas a la humedad et al. agentes ambientales.

VIII. Referencias

- Abanto, F. (2017). *Análisis y diseño de edificaciones de albañilería*. (Editorial San Marcos, 2017). Universidad Nacional de San Marcos. http://www.editorialsanmarcos.com/index.php?id_product=158&controller=product
- Alvarado, M., et al.. (2019). Estudio de la resistencia a compresión del hormigón utilizando el vidrio finamente molido en reemplazo parcial del cemento. 2, julio-diciembre de 2019, *Revista de Investigaciones En Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT*, (Vol. 4). ISSN: 2588-0721. doi: HYPERLINK <https://doi.org/10.33936/riemat.v4i2.2187>
- Alvarenga, C., et al.. (2019). Influence of soda-lime waste glass microparticles on workability and thermal properties of portland cement compounds. 335, julio-septiembre de 2019, *Materiales de Construcción*, (Vol. 69). ISSN-L: 0465-2746. doi: HYPERLINK <https://doi.org/10.3989/mc.2019.05818>
- Ambrosio, L. (2019). *Resistencia a la compresión del ladrillo de concreto sustituyendo parcialmente el confitillo por caucho reciclado en un 5% y 10%*. Chimbote : [Tesis para la obtencion de titulo de ingeniero civil] Universidad San Pedro, 2019. Informe de investigación. HYPERLINK <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14283>
- Arista, O. , Trujillo, (2022). *Fibra de vidrio para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*. Lima : Universidad Ricardo Palma, 2022. [Tesis para la obtencion de titulo de ingeniero civil] Informe de investigación. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/20.500.14138/6078>
- Arbelaez, P., et al.. (2022). Factores de emisión de concretos modificados con residuos de vidrio en reemplazo de los agregados finos. 2, 2022, *Ingeniare. Revista chilena de*

ingeniería, (Vol. 30.) ISSN 0718-3305. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052022000200368>

Astopilco, V. (2015). *Comparación de las propiedades físico-mecánicas de unidades de ladrillos de concreto et al. elaborados con residuos plásticos de PVC, Cajamarca, 2015*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Privada del Norte, 2015. Informe de investigación. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/11537/6650>

Barbarán, T. (2022). *Propiedades físico mecánicas de unidades de albañilería de concreto*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2022. Informe de investigación. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91221>

Bustamante, C. , y Ramos, F. (2022). *Estudio de la influencia de la adición del vidrio reciclado en la resistencia a compresión del concreto y beneficio en el ambiente*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Privada del Norte, 2022. Tesis. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/11537/30895>

Bustamante, C., Martínez, G. , Macías, J. (2018). Caracterización térmica y mecánica de bloque de concreto. 11, noviembre de 2018, *INNOVA Research Journal*, (Vol. 3, págs. 62-80). ISSN 2477-9024. doi: HYPERLINK <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n11.2018.650>

Camacho, A. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de concreto con reemplazo de vidrio por agregado fino y fluorita por agregado grueso en diferentes porcentajes, Cajamarca 2017*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Privada del Norte, 2019. Informe de investigación. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/11537/21256>

- Carrión, R. (2019). *Resistencia a la compresión del concreto $f_c=210$ kg/cm² utilizando canteras de río y cerro a un tiempo de curado mayor a 28 días*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Privada del Norte, 2019. Informe de investigación. <https://hdl.handle.net/11537/23562>
- Castro, H. (2023). *Evaluación de la capacidad máxima de la albañilería confinada, con ladrillos artesanales de arcilla y de concreto, en el distrito de Cutervo, 2021*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2023. Informe de investigación. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/6080>
- Cervantes, P. y Pilco, S. (2020). *Determinar la influencia de la adición de vidrio tipo sodocalcico molido y triturado en las propiedades mecánicas del adoquín de concreto tipo I y II para pavimentos en la ciudad de Arequipa*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Católica de Santa María, 2020. Tesis. HYPERLINK <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9904>
- Cuenca, G. (2020). *Características físico mecánicas de los ladrillos de arcilla cocida y su clasificación según la Norma E-070, Chincheros-Apurímac, 2019*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2020. Informe de investigación. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4600>
- Demirel, B., & Erol Taygun, M. (2020). Production of soda lime glass having antibacterial property for industrial applications. *Materials*, 13(21), 4827. <https://doi.org/10.3390/ma13214827>
- De Miguel, C., Martínez, K., Pereira, M., Kohout, M. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidad para una recuperación transformadora*. Naciones Unidas. Santiago : Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2021.

[Tesis para la obtención de título de ingeniero civil]

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/5fceda72-3fed-4ace-bb87-5688547cf2f5/content>

Dirección de Normalización-INACAL. (2016). pdfcoffee.com. [En línea institucional] diciembre de 2016. <https://pdfcoffee.com/399601-2-pdf-free.html>.

Enciso, Q. (2018). *Gestión de residuos sólidos en el área urbana del distrito de Andahuaylas – Apurímac en el año 2018*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Científica del Sur, 2018. Informe de investigación. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/20.500.12805/1292>

Frare, A., et al. (2022). Revisión sistemática de la reacción álcali-agregado: panorama comparativo de estudios realizados en Canadá y en Brasil. 1, 2022, *Revista ALCONPAT*, (Vol. 13, págs. 1-27). eISSN 2007-6835. <https://www.scielo.org.mx/pdf/ralconpat/v13n1/2007-6835-ralconpat-13-01-1-es.pdf>

Frómeta, S. , et al. (2020). Empleo del vidrio reciclado triturado en sustitución parcial del árido fino para elaborar hormigón con fines de sostenibilidad. 4, s.l. : Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba, 2020, *Ciencia en su PC*, (Vol. 1, págs. 64-81). ISSN: 1027-2887. <https://www.redalyc.org/journal/1813/181366194006/html/>

García, M., Morrillo, G. y Guerra, M. (2023). Características de dos agregados gruesos triturados que influyen en la porosidad del hormigón. 1, febrero de 2023, *Revista científica INGENIAR*, (Vol. 6, págs. 16-28). ISSN: 2737-6249. doi: HYPERLINK <https://doi.org/10.46296/ig.v6i1ledespfeb.0086>

Gupta, J., Jethoo, A. y Ramana, P. (2022). Valorization of soda lime glass in cement sand matrix. 5, 2022, *Materialstoday: proceedings*, (Vol. 49, págs. 1230-1238). doi:

HYPERLINK "https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.295" \t "_blank" \o
 "Persistent link using digital object identifier"
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.295>

Hernández, D. y Rojas, M. (2021). *Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Católica de Colombia, 2021.

Tesis. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/10983/27150>

Hernández, J., y Blanco, E. (2015). Banco de pruebas para determinar la conductividad térmica como herramienta pedagógica para la enseñanza de transferencia de calor. Colombia : s.n., 2015, *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.

HYPERLINK <https://doi.org/10.26507/ponencia.1094>

Hernández, E. (2021). Efecto del agregado grueso triturado en las propiedades del concreto. [ed.] Universidad Nacional de Ingeniería. 5, diciembre de 2021, Nexo. *Revista científica*, (Vol. 34, págs. 56-63). ISSN-E 1995-9516. HYPERLINK

<https://doi.org/10.5377/nexo.v34i05.13109>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Perú: características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos. INEI. Lima : s.n., 2018. *Informe técnico*.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1538/Libro.pdf

Karazi, S. , Ahad, I. y Benyounis, K. (2017). Laser Micromachining for Transparent Materials. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. *Dublin : Elsevier, 2017*. HYPERLINK <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.04149-7>

<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.04149-7>

- Lopez, L., Mendoza, N. y Alvarado, D. (2020). *Evaluación de las propiedades y aplicaciones del Ladrillo king kong de 18 huecos en la región de Piura-Perú. PRONABEC*, [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad de Piura. 2020. Trabajo de investigación. doi: HYPERLINK <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.22379.62249/tblank10.13140/RG.2.2.22379.62249>
- León, C. y Rodríguez, G. (2022). Factores que influyen en la resistencia a la compresión del hormigón. Estado del arte. 3, 2022, *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, (Vol. 16, págs. 1-11). ISSN: 1990-8830. <https://www.redalyc.org/journal/1939/193972950003/193972950003.pdf>
- Lee, J., et al. (2023). Flake formation and composition in soda-lime-silica and borosilicate glasses. 6, mayo de 2023, *Helión*, (Vol. 9). doi: HYPERLINK <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16333>
- Liu, L. y Shinozaki, K. (2022). Thermal conductivity and mechanical properties of soda-lime glass with interfacially connected Au layer fabricated via sputtering and spark plasma sintering. 2, abril de 2022, *Journal of Asian Ceramic Societies*, (Vol. 10, págs. 424-429). doi: HYPERLINK <https://doi.org/10.1080/21870764.2022.2068286>
- Luo, J., et al. (2018). Chemical structure and mechanical properties of soda lime silica glass surfaces treated by thermal poling in inert and reactive ambient gases. 7, 2018, *Journal of the American Ceramic Society*, (Vol. 101, págs. 2951-2964). doi: HYPERLINK <https://doi.org/10.1111/jace.15476>

- Martínez, P. (2023). Corrosión. Tipos. Prevención. 2, marzo de 2023, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, (Vol. 32). ISSN 2071-0054.
http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v32n2/es_2071-0054-rcta-32-02-e210.pdf
- Meza, M., et al. 2021. *Efecto de los agregados gresos disponibles en la ciudad de Cali sobre las propiedades mecánicas del concreto de alta resistencia (CAR)*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] *Pontificia Universidad Javeriana*, 2021.
HYPERLINK <https://doi.org/10.26507/ponencia.2051>
- Malek, M., et al. (2020). Effect of Waste Glass Addition as a Replacement for Fine Aggregate on Properties of Mortar. 14, 2020, *Materials (Basel)*, (Vol. 13). doi: HYPERLINK <https://doi.org/10.3390/ma13143189>
- Seun, S., et al. (2019). Experimental investigation on microstructure characteristics and mechanical behavior of a developed bi-treated soda-lime glass. 1, enero-febrero de 2019, *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, (Vol. 58, págs. 23-27). doi: HYPERLINK <http://dx.doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.06.002> \t " _blank" [10.1016/j.bsecv.2018.06.002](http://dx.doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.06.002)
- Marković, D., et al. (2016). Chapter 11 - Nanosynthesized calcium-silicate-based biomaterials in endodontic treatment of young permanent teeth. [aut. libro] G. A. Mihai. *Nanobiomaterials in Dentistry*. 2016, (págs. 269-307). doi: HYPERLINK <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-42867-5.00011> \t " _blank" [10.1016/B978-0-323-42867-5.00011](http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-323-42867-5.00011)
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Reglamento Nacional de Edificaciones. *Propuesta de Norma E.070 Albañilería*. [En línea institucional] s.n., 2019. <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.070-alba-ileria-sencico.pdf>

- Moncaleano, A. y Jaramillo, C. (2016). *Uso de diferentes agentes agregados finos y fibregados finos y fibras en el concreto*. Bogotá : [Tesis para la obtencion de titulo de ingeniero civil] Universidad de la Salle, 2016. Informe de investigación.
- https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1091&context=ing_civil
- Morales, Y. (2022). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas en ladrillos de concreto con adición de residuos sílice-sodocálcico tipo I*, Lima 2022. [Tesis para la obtencion de titulo de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2022. Tesis. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/20.500.12692/114093>
- Municipalidad Provincial de Abancay. (2020). *muniandahuaylas.gob.pe*. [En línea institucional] 2020. <https://muniandahuaylas.gob.pe/web/wp-content/uploads/2021/07/04-UGRS-rotado.pdf>.
- National Ready Mixed Concrete Association. (2017). *concretesupplyco.com*. [En línea institucional] 2017. <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>.
- Niño, F. (2019). *Análisis comparativo de las propiedades del ladrillo artesanal de concreto y el ladrillo adicionando vidrio reciclado-Distrito de Nuevo Chimbote-Ancash-2019*. [Tesis para la obtencion de titulo de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2019. Tesis. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48671>
- Núñez, R. (2019). *Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos artesanales fabricados con arcilla y concreto. Cajamarca*. [Tesis para la obtencion de titulo de ingeniero civil] Universidad Privada del Norte, 2019. Informe de investigación. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/11537/14775>
- Orozco, M., et al. (2018). *Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón*. 2, Santiago : s.n., agosto de 2018,

Revista Ingeniería de Construcción, (Vol. 33). ISSN 0718-5073.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000200161>

Paco, A. (2021). *Evaluación de la influencia del periodo de vida del cemento en el concreto en el distrito de Chiclayo-Lambayeque*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2021. Tesis de investigación. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/3366>

Pompilla, C., et al. (2022). Procesador de datos para estimar la composición del crudo en la dosificación de materias primas para la elaboración de cemento. *1, Lima : s.n., enero-junio de 2022, Industrial Data*, (Vol. 25). ISSN 1810-9993. doi: <https://doi.org/10.15381/idata.v25i1.19686>

Puentes, C.(2021). *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla como elemento constructivo proveniente de fábricas ubicadas en la zona norte del departamento del Valle del Cauca en Colombia*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad de la Costa, Universidad Autónoma de Sinaloa, 2021. Informe de investigación. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/11323/8235>

Rivera, U., et al. (2020). Carbonatos pedogénicos para el tratamiento del drenaje ácido de mina (DAM). *1, 2020, Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, (Vol. 72). <https://www.scielo.org.mx/pdf/bsgm/v72n1/1405-3322-bsgm-72-01-e250919.pdf>

Rodriguez, P. y Villanueva, R. (2020). Residuos sintéticos como agregado fino para la mejora de las propiedades físico-mecánicas de ladrillos de concreto. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2020. Tesis. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49981>

Rocha, A., Pérez, C. y Villanueva, J. (2020). Material ecológico para construcción en vidrio, arena y poliplásticos (VAPoli). *2, diciembre de 2020, Ciencia e Ingeniería*

Neogranadina, (Vol. 30, págs. 49-65). doi: HYPERLINK
<https://doi.org/10.18359/rcin.4643>

Roman, R. (2021). *Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del Ladrillo king kong 18 huecos industrial y artesanal, Carabayllo-2021*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2021. Informe de investigación. HYPERLINK " <https://hdl.handle.net/20.500.12692/79184>

Sanchez, R. (2022). *Efecto de adición de vidrio reciclado triturado en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$, Huaraz 2022*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2022. Tesis. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110314?show=full>

Sandín, R. (2015). *Fractología industrial del vidrio templado. Caracterización y diagnóstico del estado tensional producido durante un tratamiento térmico de templado industrial en vidrio sodocálcico en función de los parámetros de fabricación y esfuerzos externos de uso, a. s.l.* [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad de la Rioja, 2015. tesis doctoral. <https://investigacion.unirioja.es/documentos/5c13b16ac8914b6ed377683c>

Sotelo, C. (2020). *Comportamiento estructural del Ladrillo king kong 18 huecos y mortero en prismas de albañilería confinada, San Martín de Porres-2020*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Cesar Vallejo, 2020. Informe de investigación. HYPERLINK <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89912>

Segura, T., et al. (2022). Efecto del uso de vidrio reciclado en el diseño de concreto. *I*, 2022, (Vol. 14, págs. 179-192). ISSN 2218-3620. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2547>

- Tamayo, R., et al. (2012). Efecto reforzante del vidrio reciclado en la elaboración de ladrillos artesanales. 1, 2012, *Informe Científico Tecnológico*, (Vol. 12, págs. 111-116). ISSN 1684-1662. <https://revistas.ipen.gob.pe/index.php/ict/article/view/74>
- Tafur, T. (2022). *Determinación del módulo de elasticidad, coeficiente de Poisson, módulo de corte, del concreto, utilizando materiales de la región de Piura*. [Tesis para la obtención de título de ingeniero civil] Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2022. Informe de investigación. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/5315>
- Uriarte, H. y Cieza, S. (2021). Evaluación de concreto elaborado con agregados de cantera de río y de cerro de los Andes del norte de Perú. 2, 2021, *Revista Ciencia Nor@ndina*, (Vol. 4, págs. 4-13). e-ISSN: 2663-6360. Doi: <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v4n2p4>
- Yang, H., et al. (2018). Experimental Study on Permeability of Concrete. 2, Shandong : s.n., 2018, IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, (Vol. 108). https://web.archive.org/web/20220128234637id_/https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/108/2/022067/pdf

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes