

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural

Sub línea de investigación: Estructuras y materiales

Autores:

Vásquez Chávez, Miguel Omar

Vejarano Jiménez, Carlos Eduardo

Jurado Evaluador:

Presidente : Medina Carbajal, Lucio Sigfredo

Secretario : Sánchez Malpica, Carmen Esperanza

Vocal : Gálvez Paredes, José Alcides

Asesora:

Durand Orellana, Rocío del Pilar

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1031-4070>

TRUJILLO – PERÚ

2024

Fecha de sustentación: 2024 / 09 / 20

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%

Línea de Investigación: Ingeniería de la construcción, Ingeniería Urbana, Ingeniería Estructural

Sub línea de investigación: Estructuras y materiales

Autores:

Vásquez Chávez, Miguel Omar

Vejarano Jiménez, Carlos Eduardo

Jurado Evaluador:

Presidente : Medina Carbajal, Lucio Sigfredo

Secretario : Sánchez Malpica, Carmen Esperanza

Vocal : Gálvez Paredes, José Alcides

Asesora:

Durand Orellana, Rocío del Pilar

Código ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1031-4070>

TRUJILLO – PERÚ

2024

Fecha de sustentación: 2024 / 09 / 20

Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

5%

2

oldri.ues.edu.sv

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.uss.edu.pe

Fuente de Internet

2%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Activo


Rocio del Pilar Durand Orellana
INGENIERA CIVIL
C.I.P. 60518

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD


Yo, Rocío del Pilar Durand Orellana, docente del Programa de Estudio de Ingeniería Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis de investigación titulada

" Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del ag. fino en 5%, 10% y 15% del los autores

Vásquez Chávez, Miguel Omar y Vejarano Jimenez, Carlos Eduardo, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 9%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 28 de Agosto del 2024.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis "Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%", y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

Ciudad y fecha: Troyillo, 29 de Agosto de 2024


.....
Vásquez Chávez, Miguel Omar
DNI: 93051836


.....
Vejarano Jiménez, Carlos Eduardo
DNI: 74147238


.....
Durand Orellana Rocío del Pilar
DNI: 18186640
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1031-4070>

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi faro y mi guía, por darme la fuerza y sabiduría necesarias para llegar hasta aquí.

A mis padres, José y Flor, por su amor, apoyo incondicional y por enseñarme el valor del trabajo duro y la perseverancia.

A mis abuelos maternos, Omar y Rosa, y a mis abuelos paternos, Rosa y Miguel, que me cuida desde el cielo, por sus enseñanzas, cariño y por ser un pilar fundamental en mi vida.

A mi hermano Franco, por su compañía constante, su apoyo en los momentos difíciles y por ser una fuente de motivación y fortaleza.

Br. Vásquez Chávez, Miguel Omar

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada momento, por las bendiciones que me han permitido superar los desafíos en este camino.

A mi madre, Carmen Jiménez, por su amor y apoyo incondicional, y a mi padre, Carlos Vejarano, por su sabiduría y ejemplo que me han orientado en cada decisión.

Agradezco profundamente a mis hermanos, cuya compañía y cariño han sido una constante motivación en mi vida, así como a mis tíos, por su amor, consejos y respaldo incondicional.

Br. Vejarano Jiménez, Carlos Eduardo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios, por ser nuestra guía y darnos la fortaleza para superar cada obstáculo a lo largo de este camino académico.

A nuestros padres, familiares y hermanos, por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser la base sobre la que hemos construido este logro. Gracias por estar siempre a nuestro lado, brindándonos ánimo y comprensión.

A nuestros docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por compartir con nosotros su conocimiento, experiencia y por guiarnos con paciencia y dedicación. En especial, agradecemos a nuestra asesora, Rocío Durand, por su invaluable orientación, apoyo y por creer en nosotros en cada etapa de este proyecto.

Finalmente, a nuestros compañeros de estudio, por su compañerismo, su espíritu de colaboración y por haber hecho de esta experiencia un aprendizaje mutuo y enriquecedor.

Atentamente,

Los Tesistas.

RESUMEN

El crecimiento de la población ha sido un factor decisivo en la expansión de la industria de la construcción, especialmente en Perú, donde la demanda de infraestructuras como escuelas, hospitales y carreteras sigue en aumento. En este contexto, el concreto, compuesto por cemento, agua, piedra y arena, juega un papel esencial, lo que ha motivado la exploración de nuevos materiales y tecnologías para mejorar sus propiedades sin comprometer la calidad.

Este proyecto tiene como objetivo informar al lector sobre una alternativa innovadora para el aprovechamiento del vidrio desaprovechado en el sector de la construcción, aportando beneficios a la ingeniería civil y contribuyendo a la reducción de residuos. La investigación se centró en el uso de vidrio en polvo como sustituto parcial del agregado fino en proporciones del 5%, 10% y 15%, con el fin de evaluar su influencia en las características de un concreto de resistencia $F'c=210$ kg/cm².

Para ello, se adquirieron los agregados de la cantera Cruz de David en el centro poblado El Milagro, el vidrio fue recolectado de una vidriería cercana, y se utilizó cemento Portland Tipo ICo Pacasmayo Extraforte. Se realizaron ensayos sobre los agregados para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, lo que permitió desarrollar el diseño de mezclas según el método de la norma ACI 211.

Tras realizar los ensayos y diseñar las mezclas, se concluyó que el concreto con un 5% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino alcanzó la mayor resistencia a la compresión a los 28 días, con un valor de 259.75 kg/cm². Además, el concreto con un 10% y 15% de vidrio también superó la resistencia del concreto patrón, alcanzando un valor de 243.02 kg/cm² y 240 kg/cm² respectivamente. Es importante destacar que todas las mezclas que incluyeron vidrio superaron la resistencia del concreto patrón, lo que permite concluir que el vidrio en polvo es un reemplazante efectivo del agregado fino, en este caso, la arena gruesa.

Estos resultados no solo demuestran el potencial del vidrio en polvo como material sostenible, sino que también abren la puerta a nuevas aplicaciones en el diseño de concretos más resistentes y ecológicos para la industria de la construcción.

Palabras claves: polvo de vidrio, agregado fino, concreto, compresión, resistencia.

ABSTRACT

Population growth has been a decisive factor in the expansion of the construction industry, especially in Peru, where the demand for infrastructure such as schools, hospitals, and roads continue to increase. In this context, concrete, composed of cement, water, stone, and sand, plays an essential role, which has motivated the exploration of new materials and technologies to improve its properties without compromising quality.

This project aims to inform the reader about an innovative alternative for the utilization of waste glass in the construction sector, providing benefits to civil engineering and contributing to waste reduction. The research focused on the use of powdered glass as a partial replacement for fine aggregate in proportions of 5%, 10%, and 15%, in order to evaluate its influence on the characteristics of concrete with a compressive strength of $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

For this purpose, aggregates were obtained from the Cruz de David quarry in the El Milagro village, the glass was collected from a nearby glass shop, and Portland Type ICo Pacasmayo Extraforte cement was used. Tests were carried out on the aggregates to determine their physical and mechanical properties, which allowed the development of mix designs according to the ACI 211 method.

After conducting the tests and designing the mixes, it was concluded that concrete with 5% glass as a partial replacement for fine aggregate achieved the highest compressive strength at 28 days, with a value of 259.75 kg/cm^2 . Additionally, the concrete with 10% and 15% glass also surpassed the strength of the control concrete, reaching a value of 243.02 kg/cm^2 and 240 kg/cm^2 . It is important to highlight that all mixes containing glass exceeded the strength of the control mix, leading to the conclusion that powdered glass is an effective replacement for fine aggregate, in this case, coarse sand.

These results not only demonstrate the potential of powdered glass as a sustainable material but also open the door to new applications in the design of more durable and eco-friendly concretes for the construction industry.

Keywords: glass powder, fine aggregate, concrete, compression, strength.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En conformidad con las normativas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos del Programa de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, me complace presentar la investigación titulada. **“Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%”** con el fin de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

La presente investigación aborda un desafío crucial en la construcción en Trujillo y Perú, evaluando el uso de polvo de vidrio reciclado como sustituto parcial del agregado fino en concreto. Este estudio tiene el potencial de reducir residuos y mejorar la sostenibilidad y eficiencia en el uso de recursos en la industria de la construcción. Al proporcionar información sobre el impacto del polvo de vidrio en propiedades como la resistencia a compresión, temperatura, asentamiento y peso unitario, la investigación es de interés para la comunidad académica y los profesionales del sector. Además, promueve la cultura científica entre los estudiantes, contribuyendo al desarrollo de enfoques innovadores y sostenibles para el futuro de la construcción.

En virtud de lo expuesto, distinguidos miembros del jurado, sometemos este informe de tesis a su detallada revisión y evaluación, y les extendemos nuestro más sincero agradecimiento por su atenta consideración.

Atentamente,

Br. Vásquez Chávez, Miguel Omar

Br. Vejarano Jiménez, Carlos Eduardo

INDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de Investigación.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Justificación del Estudio.....	3
1.3.1. Justificación Académica	3
1.3.2. Justificación Práctica.....	3
1.3.3. Justificación Social	3
II. MARCO DE REFERENCIA	4
2.1. Antecedentes de Estudio	4
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	4
2.1.2. Antecedentes Nacionales	5
2.1.3. Antecedentes Locales.....	6
2.2. Marco Teórico	7
2.2.1. Vidrio	7
2.2.2. Agregados	13
2.2.3. Concreto	21
2.2.4. Diseño de Mezcla del concreto (ACI 211):	27
2.3. Marco Conceptual.....	31
2.3.1. Cemento Portland	31
2.3.2. Tamaño Máximo Nominal	32
2.3.3. Relación agua/cemento.....	32
2.3.4. Probetas	32
2.3.5. Curado.....	32
2.3.6. Reciclaje	32

2.3.7.	ACI.....	32
2.3.8.	ASTM.....	33
2.3.9.	Cono de Abrams	33
2.4.	Sistema de hipótesis.....	33
2.4.1.	Variables.....	33
2.4.2.	Operacionalización de Variables.....	33
III.	METODOLOGIA EMPLEADA.....	35
3.1.	Tipo y Nivel de investigación	35
3.1.1.	De acuerdo a la orientación o finalidad.....	35
3.1.2.	Nivel de investigación.....	35
3.2.	Población y muestra de estudio.....	35
3.2.1.	Población.....	35
3.2.2.	Muestra.....	36
3.3.	Diseño de investigación	36
3.4.	Técnicas e instrumentos de investigación	37
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	37
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	37
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	37
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	39
4.1.	Análisis e interpretación de resultados.....	39
4.1.1.	Obtención de los materiales.....	39
4.1.2.	Ensayos sobre los agregados.....	40
4.1.3.	Diseño de mezcla para Concreto patrón (CP)	49
4.1.4.	Diseño de mezcla con 5% de vidrio (CV5)	54
4.1.5.	Diseño de mezcla con 10% de vidrio (CV10)	55
4.1.6.	Diseño de mezcla con 15% de vidrio (CV15)	56
4.1.7.	Ensayos sobre el concreto en estado fresco	56

4.1.8. Ensayos sobre el concreto endurecido.....	62
4.1.9. Análisis comparativo de la influencia del vidrio en polvo sobre los ensayos del concreto.....	65
4.2. Docimasia de hipótesis.....	73
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	74
CONCLUSIONES.....	78
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	86

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Intervalos de los componentes químicos en los vidrios comunes.	7
Tabla 2 Composición química del cemento y vidrio reciclado.	11
Tabla 3 Requerimiento granulométrico para el agregado fino.	17
Tabla 4 Valores de asentamiento de acuerdo a la consistencia.	27
Tabla 5 Requerimiento aproximado de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes slump (asentamiento) y tamaño máximo de agregado.	28
Tabla 6 Resistencia promedio a la compresión requerida (f'_{cr}).	29
Tabla 7 Relación agua/cemento para diferentes resistencias a la compresión a los 28 días.	29
Tabla 8 Volumen de agregado grueso según su TMN y módulo de finura del agregado fino.	30
Tabla 9 Matriz de operacionalización de variables.	34
Tabla 10 Muestras de estudio según el diseño de mezcla y la edad.	36
Tabla 11 Análisis granulométrico del Agregado Fino.	41
Tabla 12 Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.	42
Tabla 13 Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino.	42
Tabla 14 Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.	43
Tabla 15 Contenido de humedad del agregado fino.	43
Tabla 16 Análisis granulométrico del Agregado Grueso.	44
Tabla 17 Método de abrasión Los Ángeles de acuerdo a la granulometría del agregado grueso.	45
Tabla 18 Desgaste por abrasión del agregado grueso.	46
Tabla 19 Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.	47
Tabla 20 Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.	47
Tabla 21 Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.	48
Tabla 22 Contenido de humedad del agregado grueso.	48
Tabla 23 Datos de los agregados obtenidos mediante ensayos para el diseño de mezcla.	49
Tabla 24 Cantidad de materiales para el diseño de mezcla en estado seco.	52
Tabla 25 Diseño de mezcla de concreto patrón (CP)	54
Tabla 26 Diseño de mezcla de concreto con 5% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino.	54

Tabla 27 Diseño de mezcla de concreto con 10% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino.....	55
Tabla 28 Diseño de mezcla de concreto con 15% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino.....	56
Tabla 29 Ensayo de temperatura del concreto patrón (CP).....	57
Tabla 30 Ensayo de temperatura del concreto con 5% de vidrio (CV5).	57
Tabla 31 Ensayo de temperatura del concreto con 10% de vidrio (CV10).	57
Tabla 32 Ensayo de temperatura del concreto con 15% de vidrio (CV15).	58
Tabla 33 Ensayo de slump del concreto patrón (CP).....	58
Tabla 34 Ensayo de asentamiento del concreto con 5% de vidrio (CV5).....	59
Tabla 35 Ensayo de asentamiento del concreto con 10% de vidrio (CV10).....	59
Tabla 36 Ensayo de asentamiento del concreto con 15% de vidrio (CV15).....	60
Tabla 37 Ensayo de peso unitario del concreto patrón (CP).....	60
Tabla 38 Ensayo de peso unitario del concreto con 5% de vidrio (CV5).....	61
Tabla 39 Ensayo de peso unitario del concreto con 10% de vidrio (CV10).....	61
Tabla 40 Ensayo de peso unitario del concreto con 15% de vidrio (CV15).....	62
Tabla 41 Resistencia a la compresión promedio del concreto patrón (CP) a los 7, 14 y 28 días.....	63
Tabla 42 Porcentaje de resistencia obtenida del concreto patrón (CP).....	63
Tabla 43 Resistencia a la compresión promedio del concreto con 5% de vidrio (CV5) a los 7, 14 y 28 días.....	63
Tabla 44 Porcentaje de resistencia obtenida del concreto con 5% de vidrio (CV5).	64
Tabla 45 Resistencia a la compresión promedio del concreto con 10% de vidrio (CV10) a los 7, 14 y 28 días.....	64
Tabla 46 Porcentaje de resistencia obtenida del concreto con 10% de vidrio (CV10).	64
Tabla 47 Resistencia a la compresión promedio del concreto con 15% de vidrio (CV15) a los 7, 14 y 28 días.....	65
Tabla 48 Porcentaje de resistencia obtenida del concreto con 10% de vidrio (CV10).	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proceso de fabricación del vidrio.	8
Figura 2 Usos del vidrio reciclado según el tamaño de las partículas.	11
Figura 3 Curva granulométrica del agregado fino.	41
Figura 4 Curva granulométrica del agregado grueso.	45
Figura 5 Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en la temperatura del concreto.	66
Figura 6 Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en el asentamiento del concreto.	67
Figura 7 Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en el peso unitario del concreto.	68
Figura 8 Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto.	69
Figura 9 Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en la resistencia a la compresión a los 14 días del concreto.	70
Figura 10 Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto.	72

I.INTRODUCCIÓN

1.1.Problema de Investigación

En los últimos años, se ha observado un notable incremento en la industria de la construcción, impulsado por diversos factores, siendo el principal el constante crecimiento poblacional alrededor del mundo. Este crecimiento genera una demanda creciente de infraestructuras básicas como escuelas, hospitales, y carreteras. En el Perú, el sector de la construcción muestra un crecimiento sostenido, lo que subraya la necesidad continua de mejorar el rendimiento y la durabilidad de las estructuras de concreto.

El concreto, compuesto por una mezcla de cemento, agua, piedra y arena, es uno de los materiales más utilizados en la construcción debido a su capacidad de formar estructuras resistentes y duraderas una vez endurecido. El uso generalizado del concreto en construcciones a nivel nacional hace imprescindible investigar nuevos materiales y desarrollar tecnologías que potencien sus características, al tiempo que se busca reducir costos sin comprometer la calidad. En este contexto, surgen los aditivos, compuestos que interactúan con los materiales del concreto para conferirles propiedades adicionales o fortalecer las ya existentes.

La contaminación ambiental es un problema cada vez más grave que requiere medidas urgentes para frenar el deterioro ambiental. En el Perú, se generan diariamente 21 mil toneladas de basura, con un promedio de 0,8 kg de basura por ciudadano, de las cuales solo el 1.8% se recicla (Pachas, 2023). Según el Tercer Informe sobre los Resultados de la Gestión de Residuos Sólidos 2021-2022 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, cerca del 4% de estos residuos son vidrio, lo que equivale a casi mil toneladas de vidrio desechadas diariamente (VIVIENDA, 2023). Esto es preocupante ya que el vidrio, teóricamente, es un material 100% reciclable.

Ante esta situación, y con el objetivo de reutilizar el vidrio desperdiciado, se propone esta investigación para usar vidrio en polvo como reemplazo parcial del agregado fino en un diseño de mezcla de concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. El propósito es determinar la influencia del vidrio en polvo en las características del concreto en estado fresco y duro, incluyendo asentamiento, temperatura, peso unitario y

resistencia a la compresión. La correcta incorporación del vidrio en polvo como sustituto parcial del agregado fino en la mezcla de concreto permitirá un cambio favorable en el sector de la construcción, reutilizando un recurso que normalmente se desperdicia, disminuyendo la contaminación y fomentando el reciclaje, evitando gradualmente el deterioro ambiental.

Además de los beneficios ambientales, esta investigación también tiene el potencial de influir positivamente en el ámbito académico y de investigación. Al estudiar las propiedades del concreto modificado con vidrio en polvo, se pueden generar nuevas líneas de investigación que exploren otros materiales reciclables en el concreto. Esto puede llevar a colaboraciones entre universidades, institutos de investigación y la industria de la construcción, promoviendo la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías sostenibles. A largo plazo, la incorporación de materiales reciclables en el concreto puede convertirse en una práctica estándar, contribuyendo no solo a la sostenibilidad ambiental, sino también al avance del conocimiento en el campo de los materiales de construcción.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Determinar la influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados mediante ensayos de laboratorio.
- Realizar el diseño de mezcla del concreto $F'c=210$ kg/cm² sustituyendo el agregado fino en un 5%, 10% y 15% con vidrio en polvo.
- Determinar el asentamiento (slump), temperatura y peso unitario, del concreto fresco con y sin agregado de vidrio en polvo.
- Realizar el ensayo de resistencia a la compresión del concreto con y sin agregado de vidrio en polvo a los 7, 14 y 28 días.
- Elaborar un análisis comparativo de los resultados obtenidos respecto a las propiedades del concreto en estado fresco y el ensayo de resistencia a la compresión.

1.3. Justificación del Estudio

La presente investigación se realizará con el fin de centrarnos en el uso de polvo de vidrio como un reemplazo parcial del agregado fino aplicando procedimientos y metodologías extraídas de las normas técnicas peruanas y americanas, sirviendo como alternativa de reemplazo de agregados en futuras construcciones y generando una base de datos para futuros estudios relacionados con este tópico.

1.3.1. Justificación Académica

Esta investigación aporta al conocimiento científico sobre el uso de materiales reciclables en la construcción, específicamente en la optimización del concreto mediante la inclusión de vidrio en polvo. Al explorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto modificado, se generan datos valiosos que pueden abrir nuevas líneas de investigación en el campo de los materiales de construcción sostenibles. Además, los resultados obtenidos pueden ser utilizados como referencia para futuras investigaciones y proyectos académicos, promoviendo así la innovación y el desarrollo tecnológico en la industria de la construcción.

1.3.2. Justificación Práctica

Desde un punto de vista práctico, la incorporación de vidrio en polvo como reemplazo parcial del agregado fino en el concreto puede mejorar ciertas propiedades del material, como su resistencia y durabilidad. La implementación de esta técnica puede llevar a la creación de mezclas de concreto más eficientes y sostenibles, lo que es crucial para la industria de la construcción, especialmente en un contexto de crecimiento constante como el peruano. Esta práctica no solo optimiza el uso de recursos, sino que también ofrece una solución viable para la gestión de residuos de vidrio.

1.3.3. Justificación Social

Socialmente, este proyecto tiene el potencial de contribuir significativamente a la reducción de la contaminación ambiental y al fomento del reciclaje. Al reutilizar el vidrio desechado, se disminuye la cantidad de residuos sólidos que terminan en los vertederos, mitigando así su impacto ambiental. Además, al promover prácticas de reciclaje y sostenibilidad en la construcción, se sensibiliza a la sociedad sobre

la importancia de adoptar medidas ecológicas y se impulsa un cambio cultural hacia una gestión más responsable de los residuos. En última instancia, esto puede llevar a una mejora en la calidad de vida de la población, al contribuir a un entorno más limpio y saludable.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes de Estudio

2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

Amaya & Araque (2020) en su tesis “Estudio de las propiedades físico-mecánicas del concreto con incorporación de vidrio molido y análisis comparativo a partir de concreto con fibra de acero y concreto convencional”. El propósito fue investigar cómo varía el desempeño del concreto al sustituir parcialmente el agregado fino con diferentes porcentajes (3%, 5% y 8%) y al introducir fibra de acero. Fue necesario llevar a cabo pruebas de trituración utilizando la máquina de los Ángeles, análisis granulométricos y ensayos de compresión en cilindros, considerando diversas edades de falla establecidas para cada muestra. Los resultados obtenidos permitieron calcular la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad de cada muestra. Se pudo concluir que, la mezcla con 3% de vidrio, a los 28 días, fue la que produjo una mejor resistencia con 359 kg/cm², siendo casi 20% mayor que la convencional y 30% mayor que las demás muestras. Por lo tanto, el aporte de este antecedente radica en que nos demuestra que al reemplazar el agregado fino en pequeñas cantidades se obtiene una mayor resistencia comparado al uso de fibras de acero.

Hernández & Rojas (2021) en su tesis “Estudio de la resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino”. Su objetivo fue examinar los cambios en la resistencia a la compresión del hormigón alterado con vidrio reciclado a través de pruebas de laboratorio. Para estos ensayos de laboratorio se empleó vidrio reciclado proveniente de los residuos de una fábrica, y se sustituyó parcialmente el agregado fino por porcentajes de 0%, 4%, 5%, 6% en términos de peso y por esto se llevaron a cabo pruebas de granulometría, contenido de humedad, masa unitaria suelta y compactada, densidad específica y absorción para evaluar las características de los agregados. Se pudo concluir que, el concreto que sustituyó el agregado fino con vidrio molido al 6%, logró un aumento notable del 6.5% en la resistencia a la

compresión en comparación con la muestra de referencia, tras un periodo de 28 días y se sugiere la incorporación de vidrio reciclado en la industria de la construcción como un sustituto de los agregados convencionales en la producción de concreto. Esta alternativa no solo posibilita la reducción de costos, sino que también incrementa significativamente la resistencia a la compresión de la mezcla. Por lo tanto, el aporte de este antecedente radica en que nos permite conocer que emplear el vidrio molido en determinados porcentajes es viable como un sustituyente parcial del agregado fino y tiene propiedades que son influyentes para bien en la resistencia del concreto.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Paredes (2019) en su tesis “Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido”. Su principal objetivo fue evaluar la resistencia a la compresión del concreto al incorporar vidrio reciclado molido como reemplazo parcial del agregado fino en porcentajes 15%, 20% y 25%, buscando comparar estos concretos con uno convencional. Se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión con los porcentajes seleccionados, a los 7, 14 y 28 días de curado. Se pudo concluir que, a los 28 días de curado, el concreto con 15% de vidrio reciclado molido como reemplazo del agregado fino produjo una resistencia a la compresión de 252 kg/cm², siendo 18% superior en comparación con el concreto convencional. Por lo tanto, el aporte de este antecedente radica en que al experimentar con diversos porcentajes de vidrio se puede obtener una mejor resistencia que la de un concreto clásico sin reemplazo parcial de agregados.

Anco & Sarmiento (2021) en su tesis “Influencia del vidrio molido reciclado como agregado fino para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto”. Su principal objetivo fue examinar el efecto de la incorporación de vidrio molido reciclado como sustituto del agregado fino en la mezcla de concreto, reuniendo datos de múltiples investigaciones a nivel nacional e internacional con el propósito de analizar cómo se pueden mejorar las características físicas y mecánicas del concreto. Se reemplazó el 5%, 10%, 15%, 20% y 25% del agregado y se pudo concluir que, el vidrio exhibe propiedades comparables al cemento, lo que conduce a la mejora de las características físicas y mecánicas del concreto. En el ensayo de resistencia a la compresión, se obtiene el mejor resultado de 351 kg/cm² con un nivel óptimo del 20% de vidrio molido, lo que representa un aumento

del 26% en el ensayo de RCPT. Por lo tanto, el aporte del proyecto se considera que es la demostración de la efectividad del vidrio como sustituto del agregado fino en pequeños porcentajes y cómo este afecta en su resistencia, temperatura.

2.1.3. Antecedentes Locales

León & Rázuri (2020) en su tesis “Resistencia a la compresión de un concreto agregando vidrio finamente molido”. Su principal objetivo fue determinar la influencia del vidrio reciclado finamente molido (VRFM) en porcentajes de 10%, 15% y 20% sobre la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210$ kg/cm². El ensayo de resistencia se llevó a cabo en muestras de concreto a las edades de 14 y 28 días. Con los datos obtenidos pudieron concluir que todos los grupos experimentales superaron a la muestra patrón, siendo el de 10% de VRFM el que presentó una mayor resistencia con 274.13 kg/cm² a los 14 días y 294.80 kg/cm² a los 28 días. Esto representó un aumento del 56.4% y 19.1% respectivamente sobre la resistencia del grupo control. Por lo tanto, el aporte de este proyecto es que la adición de vidrio reciclado finamente molido incrementa la resistencia del concreto siendo el porcentaje óptimo, en este caso del 10%.

Chávez (2019) en su investigación “Influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto, Trujillo 2019”. Tuvieron como su principal objetivo evaluar cómo el tamaño del vidrio molido influye en la resistencia a compresión del concreto, con el objetivo de disminuir la contaminación al aprovechar residuos de vidrio. Para el ensayo, se plantearon utilizar vidrio residual como una alternativa en la fabricación de concreto, reemplazando el 30%, 40%, 50% y 60% del agregado fino por vidrio molido en los mismos porcentajes y tamaños. Con los datos que obtuvieron pudieron concluir que el diseño más eficiente se logró al sustituir el 60% del agregado fino por vidrio de malla #8, alcanzando una resistencia promedio de 205 kg/cm² a los 7 días y de 249 kg/cm² a los 28 días. Por lo tanto, el aporte que nos brinda este proyecto ofrece beneficios significativos al reducir la contaminación mediante el uso de residuos de vidrio en la fabricación de concreto, lo que promueve la sostenibilidad en la industria de la construcción. Además de contribuir a la protección ambiental, esta innovación también puede resultar en ahorros económicos y abrir nuevas posibilidades para el uso de materiales reciclados en la construcción.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Vidrio

El vidrio es un elemento que presenta un aspecto sólido y duro, aunque es frágil y transparente. A pesar de comportarse como sólido, en realidad es un fluido de altamente viscoso. Su composición incluye varios óxidos de metal, siendo su principal componente el óxido de silicio, conocido como silicio (SiO_2).

2.2.1.1. Composición del vidrio

El componente principal del vidrio es la sílice, que en su estado puro tiene un punto de fusión elevado. Para reducir este punto de fusión y facilitar la fabricación del vidrio, se añaden otros compuestos como el carbonato de sodio y la caliza. Los componentes fundamentales del vidrio son Catalán (2023):

- La sílice (SiO_2), un componente presente en la arena, se encuentra en la naturaleza principalmente en forma de cuarzo y se utiliza en la producción de vidrio, cerámica y cemento.
- Los álcalis, como el carbonato de sodio (Na_2CO_3), son sales blancas y translúcidas, que además de usarse en la fabricación de vidrio, se emplean en la producción de jabón y tintes. En la fabricación del vidrio, su función es reducir la temperatura de fusión.
- La cal, o carbonato de calcio, es una roca sedimentaria cuya función principal en la producción del vidrio es actuar como estabilizante.

Tabla 1

Intervalos de los componentes químicos en los vidrios comunes.

Componentes	Rango (%)
SiO_2	68 - 75
Al_2O_3	0 - 4
Fe_2O_3	0 - 4.5
CaO	9 - 14
Na_2O_3	10 - 16

Nota. La tabla indica los principales componentes del vidrio y sus intervalos porcentuales. Fuente: Segura et al. (2022)

2.2.1.2. Tipos de vidrio

Catalán (2023) clasifica al vidrio en los siguientes tipos de acuerdo a las diversas características que poseen y el uso que se les da:

- **Vidrio sodocálcico**

El vidrio más común, es empleado para fabricar diversos tipos de recipientes, artículos para cristalería, vidrios para ventanas, entre otros. Los recipientes de este tipo de vidrio son inertes por lo que no corrompen el contenido.

- **Vidrio al plomo**

Se obtiene mediante fórmulas que mezclan óxidos de potasio con óxidos de plomo y es popularmente conocido como cristal al plomo. Se utiliza de manera efectiva en entornos nucleares para proporcionar protección al personal

- **Vidrio de borosilicato**

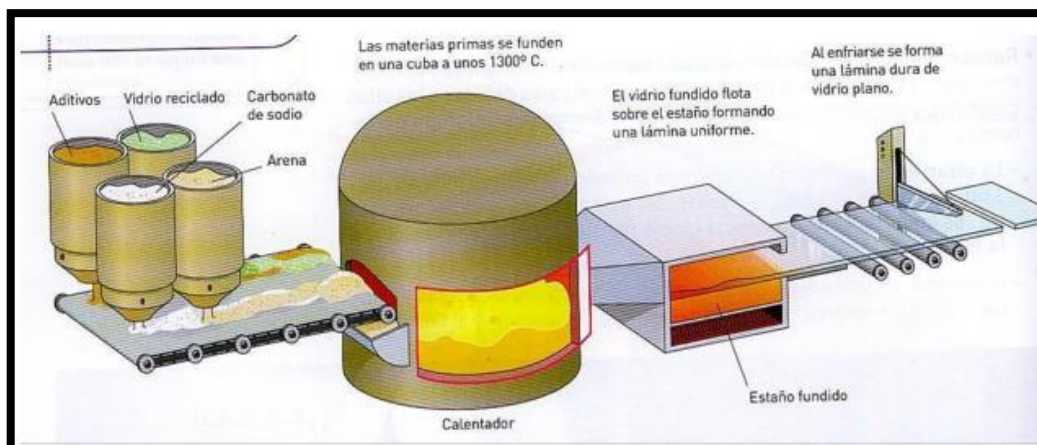
Compuesto principalmente por óxido bórico, junto con sílice y álcali, se caracteriza por su resistencia a ataques químicos, durabilidad y capacidad para soportar choques térmicos. Es empleado en la fabricación de utensilios de cocina e instrumentos de laboratorio.

2.2.1.3. Fabricación del vidrio

El proceso de producción del vidrio comienza con la recolección de las materias primas, principalmente arena silíceo y óxidos metálicos. Luego, estas materias primas se trituran, almacenan, transportan, dosifican y mezclan. Una vez que se obtiene una mezcla homogénea, se lleva a un horno de fusión que alcanza temperaturas entre 1500 y 1600°C. Después de fundir el vidrio, este se somete a un baño de estaño, pasa por un horno de templado y, finalmente, se corta, limpia y almacena. En la Figura 1, se puede observar el proceso de producción del vidrio mencionado.

Figura 1

Proceso de fabricación del vidrio.



Nota. Fuente: Industrias Inoxrohl SAS (s.f.).

Las formas más habituales en el proceso de moldeado del vidrio incluyen envases, vidrios planos, ampollitas, entre otros. Una vez completadas las operaciones de moldeado, los objetos de vidrio pueden someterse a una variedad de procesos secundarios y de acabado, como el recocido, templado, pintado y decorado.

2.2.1.4. Propiedades del vidrio

2.2.1.4.1. Propiedades físicas del vidrio

Una de las características principales del vidrio es su punto de fusión, el cual se encuentra cerca de los 5000 °C debido a su elevado contenido de sílice. En cuanto a su resistencia mecánica, normalmente varía entre 3.000 y 5.500 N/cm², aunque puede superar los 70.000 N/cm² si se le aplica un tratamiento especial. Además, el vidrio es un mal conductor tanto de electricidad como de calor.

El vidrio tiene un tono verdoso natural, pero puede volverse translúcido mediante el uso de decolorantes. Asimismo, para su uso en la conservación de alimentos, aceites o fármacos, se le añaden componentes que alteran su color original. (Matos et al., 2023)

2.2.1.4.2. Propiedades mecánicas del vidrio

El vidrio es un material con una resistencia excepcionalmente alta a la compresión, alcanzando aproximadamente 10.000 N/cm², lo que hace que sea prácticamente imposible que se rompa bajo estas fuerzas. Sin embargo, su resistencia a la tracción varía considerablemente dependiendo de los tratamientos térmicos aplicados. El vidrio recocido, por ejemplo, tiene una resistencia a la

tracción de alrededor de 400 N/cm², mientras que el vidrio templado, que ha sido sometido a un tratamiento térmico especial, puede soportar hasta 1.000 N/cm². En cuanto a la resistencia a la flexión, que implica la coexistencia de tensiones de tracción en una cara y compresión en la otra, el vidrio tiende a romperse cuando la resistencia a la tracción, que es la menor de las dos, se ve superada. Para un vidrio recocido sin defectos visibles, esta resistencia es de 400 N/cm², mientras que para el vidrio templado es de 1.000 N/cm². (Matos et al., 2023)

2.2.1.5. Utilización de vidrio en la preparación de concretos

2.2.1.5.1. Reacción álcali sílice (ASR)

Inicialmente, se propuso el uso del vidrio como sustituto del agregado para concreto, pero en la década de 1970, la reacción álcali-sílice (ASR) representaba un obstáculo. Esta reacción ocurre en el concreto debido a la interacción entre sus componentes (cemento Portland, agua, agregados, adiciones minerales y aditivos), principalmente por la presencia de sílice amorfo. Cuando la pasta de cemento, que es alcalina, se combina con la humedad, ataca la sílice presente en los agregados, formando un gel silicato-alcalino viscoso que causa una expansión desigual en el concreto, generando grietas. Por tanto, no es aconsejable utilizarlo en estructuras expuestas constantemente a la humedad o al agua, aunque este efecto se manifiesta a largo plazo.

Por lo tanto, el uso de vidrio como aditivo para concreto es limitado. Sin embargo, estudios indican que, al utilizar partículas de vidrio más finas, de un tamaño mínimo de 0.15 mm (tamiz N° 100 según ASTM), la reacción álcali-sílice se reduce e incluso no afecta en la reacción ASR, por el contrario adquiere propiedades puzolánicas. Además, el color del vidrio también influye en la expansión del concreto, ya que está relacionado con su composición química. Los colores más comunes en botellas de vidrio son verdes, ámbar y transparente, siendo el vidrio transparente el más expansivo, seguido por el ámbar, y el verde el menos reactivo debido a la presencia de óxido de cromo en su composición. Es decir, la composición química del vidrio influye directamente en la expansión del concreto, y cualquier variación en la estructura original del vidrio podría aumentar dicha expansión.

Tabla 2

Composición química del cemento y vidrio reciclado.

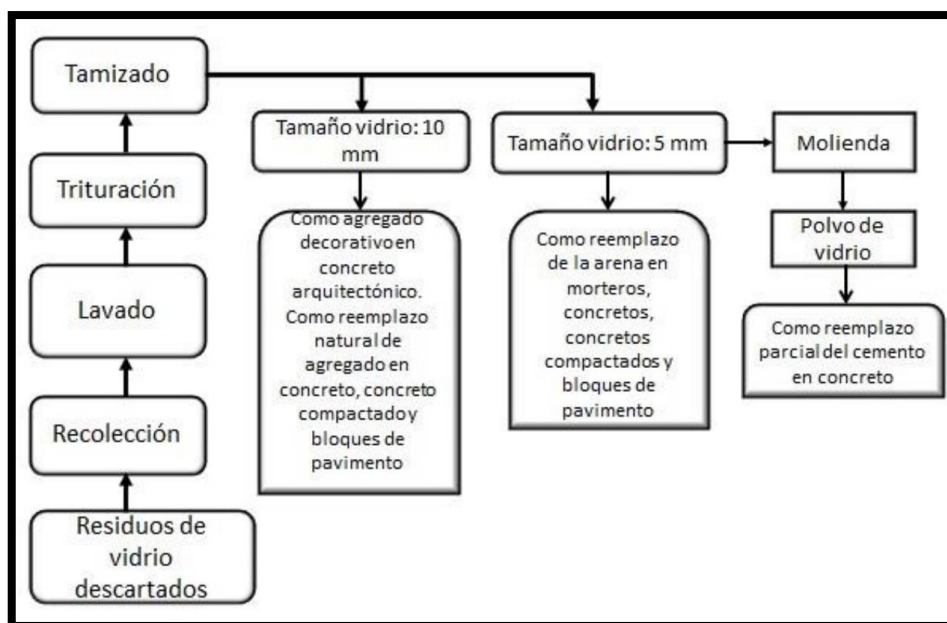
Contenido	Cemento	Vidrio
SiO ₂	20.2	72.5
CaO	61.9	9.7
Al ₂ O ₃	4.7	0.4

Nota. En esta comparación, el aspecto destacado es el alto contenido de silicio en el vidrio, el cual le confiere propiedades puzolánicas permitiendo que el vidrio reaccione de manera favorable con los hidratos del cemento, generando efectos beneficiosos. Fuente: Segura et al. (2022).

Una ventaja del uso de vidrio en concreto es que proporciona una alta resistencia a la abrasión, lo que lo hace muy recomendable para pavimentos de carreteras, losas de aeropuertos, entre otros. Además, añadir vidrio en la fabricación de concreto y asfalto para pavimentos tiene la capacidad de reflejar los rayos de luz, lo que es especialmente útil en condiciones de poca visibilidad. (Vargas, 2019)

Figura 2

Usos del vidrio reciclado según el tamaño de las partículas.



Nota. Fuente: Vargas (2019).

2.2.1.5.2. Vidrio como reemplazo del agregado grueso

En la industria de la construcción, el uso del vidrio como agregado grueso no es muy recomendado, aunque puede ser utilizado en pequeñas cantidades. Esto se debe a que su forma plana y alargada afecta negativamente la trabajabilidad del concreto, ya que, para un agregado grueso, es preferible que tenga una superficie rugosa. Esta característica del vidrio puede generar uniones débiles entre el agregado y la pasta, lo que disminuye la resistencia a la compresión. Además, su manejo se vuelve más complicado, ya que es necesario utilizar equipo de protección personal debido al riesgo de cortaduras.

Asimismo, al utilizar vidrio como agregado grueso, es crucial considerar la reacción álcali-sílice (ASR), ya que la probabilidad de que ocurra es mayor. Por esta razón, se sugiere que este tipo de concreto solo se produzca si se emplea cemento con bajo contenido alcalino o si se incluyen grandes porcentajes de puzolanas. (Segura et al., 2022)

2.2.1.5.3. Vidrio como reemplazo del agregado fino

El uso de vidrio como agregado fino es ampliamente recomendado en la literatura, ya que provoca cambios significativos en las propiedades del concreto. De hecho, tiende a aumentar la resistencia a la compresión, especialmente a largo plazo, y mejora las propiedades térmicas del material. Además, no afecta la durabilidad del concreto y, cuando el vidrio es molido de manera muy fina, no contribuye a la reacción álcali-sílice (ASR). No obstante, una de las características del concreto que puede verse más afectada por la adición de vidrio es el asentamiento y la trabajabilidad. Sin embargo, esta última puede mejorarse agregando más agua a la mezcla. (Segura et al., 2022)

2.2.1.6. Reutilización del vidrio y reciclaje

Desde una perspectiva medioambiental, la reutilización supera al reciclaje en términos de beneficios ya que significa un ahorro de energía al utilizar más veces un mismo envase, en vez de darle un solo uso.

El vidrio es un material totalmente reciclable. Durante el reciclaje, no se comprometen las propiedades del material, y se logra un ahorro del 30% de energía

en comparación a la fabricación de un vidrio nuevo. Entre las principales ventajas del reciclado de vidrio tenemos (Catalán, 2023):

- Reducción de la erosión asociada a la extracción de materias primas esenciales para fabricar vidrio.
- Cada tonelada de vidrio reciclado contribuye a un ahorro de 1200 kg de materias primas.
- Se reduce la cantidad de residuos enviados a vertederos, disminuyendo costos de recolección, disposición y tratamiento de los mismos.

2.2.2. Agregados

Los agregados son materiales duros de diversas formas y tamaños, extraídos mecánicamente de canteras, que constituyen una gran parte del concreto. Es fundamental que sean de calidad, estén limpios, bien gradados y libres de materiales orgánicos o compuestos perjudiciales. Las características del agregado influyen directamente en las propiedades finales del concreto, como la densidad, resistencia, forma y porosidad. (Shetty & Jain, 2020)

2.2.2.1. Agregado Fino

Es un tipo de agregado que pasa por el tamiz de 9.5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado de 75 μm (N°200), cumpliendo con los límites establecidos en la NTP 400.037. Este agregado puede estar compuesto por arena natural, arena procesada, o una mezcla de ambas. (Norma NTP 400.037, 2019)

2.2.2.2. Agregado Grueso

El agregado retenido en el tamiz normalizado de 4.75 mm (N°4) proviene de la desintegración natural o mecánica de materiales pétreos, y debe cumplir con los límites de la NTP 400.037. Este agregado puede estar compuesto por grava, piedra chancada, concreto reciclado, o una combinación de estos. Además, en concretos que están en contacto constante con suelos húmedos o susceptibles a la humedad, no se deben utilizar agregados reactivos, ya que pueden causar una expansión excesiva del concreto. (Norma NTP 400.037, 2019)

2.2.2.3. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

2.2.2.3.1. Propiedades físicas de los agregados

✓ **Análisis Granulométrico**

El análisis granulométrico o granulometría de los agregados consiste en determinar la distribución de tamaños de partículas en un agregado. Se realiza mediante tamizado, donde el agregado se pasa a través de una serie de tamices con mallas de diferentes tamaños. Este análisis permite clasificar el agregado en función de su tamaño y gradación, lo que afecta sus propiedades y su desempeño en mezclas como el concreto. (Shetty, 2020)

✓ **Módulo de Finura**

El módulo de finura de los agregados es un índice numérico que mide la finura o grosor promedio de las partículas en un agregado. Se calcula a partir de un análisis granulométrico, sumando los porcentajes retenidos en una serie de tamices y dividiendo el total por 100. Un módulo de finura más alto indica partículas más grandes, mientras que un valor más bajo sugiere partículas más finas. (Li, 2021)

✓ **Peso Especifico**

El peso específico de los agregados, tanto finos como gruesos, es una medida de la densidad del material en relación con el volumen total que ocupa. Para los agregados finos (como arena), se considera el peso por unidad de volumen incluyendo los espacios entre las partículas, mientras que para los agregados gruesos (como grava), se mide el peso en relación con el volumen total del agregado, incluyendo también los espacios interparticulares. (Shetty & Jain, 2020)

✓ **Absorción**

La absorción de los agregados, tanto finos como gruesos, se refiere a la capacidad del material para absorber agua en sus poros. Se mide como el porcentaje de aumento en el peso del agregado después de estar sumergido en agua durante un período específico, en comparación con su peso seco. La absorción es importante para ajustar la cantidad de agua en las mezclas de concreto y garantizar la consistencia y resistencia adecuadas del material. (Shetty, 2020)

✓ **Contenido de Humedad**

La humedad de los agregados, tanto finos como gruesos, es el contenido de agua presente en el material, medido como un porcentaje del peso seco del agregado. Se determina al comparar el peso del agregado en estado húmedo con su peso después de haber sido secado completamente. La humedad es crucial para ajustar la cantidad de agua en las mezclas de concreto y asegurar la consistencia y calidad del material. (Shetty, 2020)

✓ **Peso Unitario**

El peso unitario de los agregados, tanto finos como gruesos, es la masa del material por unidad de volumen. Se mide en condiciones específicas de compactación y humedad, y puede ser expresado en peso por volumen seco o húmedo. Este parámetro es esencial para determinar la cantidad de agregado necesaria en una mezcla de concreto y para evaluar la densidad del material. (Shetty, 2020)

2.2.2.3.2. Propiedades mecánicas de los agregados

✓ **Dureza**

La dureza se define como la capacidad de un material para resistir el desgaste causado por agentes externos. En los agregados, la dureza se mide mediante el ensayo de abrasión realizado con la máquina de Los Ángeles. Los agregados que presentan altos valores de desgaste por abrasión, es decir, porcentajes superiores al 50%, suelen producir resistencias inadecuadas. En el caso de los agregados gruesos, este ensayo consiste en colocar la muestra junto con bolas de acero en la máquina de Los Ángeles, donde se somete a rotaciones y giros a una velocidad específica para determinar su dureza. (Shetty & Jain, 2020)

✓ **Resistencia**

La resistencia del concreto se refiere a su capacidad para soportar fuerzas como tracción, compresión, flexión y corte. Generalmente, se mide por la resistencia a la compresión, que está relacionada con la absorción, el peso específico y la porosidad del material. Estas muestras se curan y luego se someten a pruebas de resistencia a la compresión en el estado endurecido. La resistencia del concreto se alcanza típicamente después de 28 días de vaciado y curado. Los

factores que influyen en la resistencia incluyen la relación agua-cemento, el tipo de cemento utilizado y la adecuada realización del curado de las muestras. (Li, 2021)

2.2.2.4. Ensayos para determinar las propiedades de los agregados

2.2.2.4.1. Análisis Granulométrico de los agregados (NTP 400.012):

El análisis granulométrico de los agregados se realiza para determinar la distribución de tamaños de partículas en una muestra seca mediante el uso de una serie de tamices con aberturas de tamaños específicos. Se emplea para asegurar que la gradación del material cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto y para controlar la producción de agregados.

Equipos y materiales (NTP 400.012):

- Balanzas: Para agregados finos, precisión de 0,1 g; para agregados gruesos, precisión de 0,5 g.
- Horno: Mantiene una temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- Tamices: Seleccionados según las especificaciones del material.

Procedimiento (NTP 400.012):

1. Secar la muestra a 110 ± 5 °C hasta obtener un peso constante.
2. Realizar el tamizado utilizando tamices ordenados por tamaño de abertura. Tamizar manualmente o con equipo mecánico durante el tiempo necesario.
3. Evitar sobrecargar los tamices y asegurarse de que la cantidad de material en cada tamiz no cause deformación.
4. Continuar el tamizado hasta que menos del 1% del peso retenido pase a través de cada tamiz en un minuto.
5. Medir el peso de la muestra en cada tamiz con precisión y comparar con el peso inicial.

Cálculos:

- Calcular los porcentajes de material que pasa o queda en cada tamiz.
- Para determinar el módulo de finura, sumar los porcentajes acumulados en tamices de diferentes tamaños y dividir el total por 100.

Este análisis es crucial para garantizar que los agregados cumplan con los requisitos de gradación para su uso en mezclas de concreto.

Tabla 3

Requerimiento granulométrico para el agregado fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa (%)
9.5mm (3/8 pulg)	100
4.75mm (N°4)	95 a 100
2.36mm (N°8)	80 a 100
1.18mm (N°16)	50 a 85
600µm (N°30)	25 a 60
300µm (N°50)	5 a 30
150µm (N°100)	0 a 10

Nota. Fuente: NTP 400.037 (2018).

2.2.2.4.2. Peso unitario de los agregados (NTP 400.017):

Para llevar a cabo este ensayo, nos basaremos en la NTP 400.017, que es un método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad y los vacíos en los agregados y presenta lo siguiente:

Equipos y materiales (NTP 400.017):

- Balanza: Precisión del 0,1% respecto al peso del material.
- Recipiente de medida: Metálico, cilíndrico, con asas, impermeable, con bordes y fondo pulidos y resistentes.
- Equipo de calibración: Placa de vidrio de al menos 6 mm de grosor y 25 mm mayor que el diámetro del recipiente.
- Varilla compactadora: De acero, 16 mm de diámetro y 600 mm de longitud, con un extremo semiesférico.
- Pala de mano: Para llenar el recipiente con el agregado.

Procedimiento (NTP 400.017):

1. Calibración del recipiente:

- Llenar el recipiente con agua, cubrir con una placa de vidrio.
- Medir el peso y la temperatura del agua para calcular la densidad.
- Calcular el volumen del recipiente dividiendo el peso por la densidad.

2. Peso Unitario Suelto:

- Llenar el recipiente con el agregado desde una altura máxima de 50 mm.
- Nivelar el agregado y pesar el recipiente con su contenido.
- Registrar los pesos con precisión de 0,05 kg.

3. Peso Unitario Compactado:

- Llenar el recipiente en tres capas, compactando cada una con 25 golpes de la varilla.
- Nivelar la superficie y pesar el recipiente lleno.
- Registrar los pesos con precisión de 0,05 kg.

2.2.2.4.3. Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022):

El peso específico se utiliza para determinar el volumen que ocupa un agregado en mezclas como el concreto de cemento Portland y concreto bituminoso, analizadas según su volumen. Los valores de absorción calculan cómo cambia la masa de un agregado debido al agua absorbida en sus poros, comparado con su condición seca, asumiendo que ha alcanzado su máxima absorción.

Equipos y materiales (NTP 400.022):

- Balanza: Capacidad mínima de 1,000 g y sensibilidad de 0.1 g.
- Estufa: Mantiene una temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- Frasco volumétrico: Capacidad de 500 cm³, calibrado con precisión de 0.1 cm³ a 20 °C.
- Molde cónico de metal: Dimensiones específicas (base menor 40 ± 3 mm, base mayor 90 ± 3 mm, altura 75 ± 3 mm).
- Varilla para apisonado: De metal, recta, con peso de 340 ± 15 g y extremo plano de 25 ± 3 mm de diámetro.

Procedimiento (NTP 400.022):

1. Colocar 500 g de muestra en el frasco, agregar agua a 23 ± 2 °C hasta la marca de 500 cm³, agitar para eliminar burbujas de aire.
2. Continuar agitando manualmente o mediante vibración externa para eliminar todas las burbujas (15-20 minutos manualmente).
3. Ajustar la temperatura a 23 ± 2 °C y llenar el frasco hasta su capacidad calibrada. Medir el peso total del frasco con la muestra y el agua.

4. Secar el agregado fino en la estufa a 110 ± 5 °C hasta peso constante, enfriar a temperatura ambiente, y medir el peso final.

Cálculos:

Hacer los cálculos correspondientes de acuerdo a las fórmulas estipuladas en la norma.

2.2.2.4.4. *Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021):*

El peso específico de los agregados gruesos es crucial para determinar los volúmenes compactados en la dosificación de morteros y concretos, y está relacionado con el peso unitario del material. Además, permite evaluar la densidad, el contenido de vacíos y la capacidad de absorción del agregado grueso, que mide cuánta agua pueden retener los poros del agregado.

Equipos y materiales (NTP 400.021):

- Balanza con una sensibilidad de 0,5 g y capacidad mínima de 5,000 g, con dispositivo para suspender la muestra en agua.
- Cesta de malla de alambre con aberturas iguales o menores al tamiz N° 6 o un recipiente de 4 a 7 litros para agregados de hasta 37,5 mm (1 ½ pulg).
- Depósito de agua estanco para la inmersión de la cesta de alambre, con dispositivo para suspenderla desde la balanza.
- Tamices normalizados de 4,75 mm (N° 4) u otros según N.T.P. 350.001.

Procedimiento (NTP 400.021):

1. Secar la muestra a peso constante a $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$, ventilarla hasta enfriarla (alrededor de 50 °C), y luego sumergirla en agua a temperatura ambiente durante 24 ± 4 horas.
2. El secado inicial y el remojo de 24 horas pueden omitirse si los agregados se usarán en su condición natural de humedad o si sus superficies se mantienen continuamente húmedas antes del ensayo.

2.2.2.4.5. *Contenido de humedad de los agregados (NTP 339.185):*

Este ensayo mide el porcentaje total de humedad en una muestra de agregado fino o grueso mediante secado, y se utiliza para ajustar las proporciones de los ingredientes en la producción de concreto.

Equipos y materiales (NTP 339.185):

- Balanza: Con sensibilidad del 0,1% y precisión del 0,1% en intervalos del 10% de su capacidad total.
- Fuente de calor: Un horno ventilado que mantenga $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Alternativas como planchas, cocinas eléctricas o a gas, lámparas caloríficas o hornos microondas ventilados también son aceptables.
- Recipiente para la muestra: Debe ser resistente al calor y suficientemente grande para evitar derrames.

Procedimiento (NTP 339.185):

1. Pesar la muestra.
2. Secar completamente la muestra en el recipiente usando la fuente de calor elegida, evitando la pérdida de partículas.
3. Pesar la muestra seca con una precisión de 0,1% una vez que se haya enfriado para no dañar la balanza.

Cálculos:

El contenido de humedad superficial se calcula como la diferencia entre el contenido de humedad total evaporable y la absorción, utilizando la masa de la muestra seca.

2.2.2.4.6. Resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles (NTP 400.019):

La resistencia a la abrasión o desgaste de los agregados gruesos es crucial para el diseño de mezclas de concreto, ya que influye en la durabilidad y resistencia del material para diferentes aplicaciones. Este ensayo determina el porcentaje de desgaste del agregado sometido a roce continuo con partículas y esferas de acero usando la máquina de Los Ángeles, ayudando a verificar si el agregado es adecuado para la mezcla de concreto.

Equipos y materiales (NTP 400.019):

- Balanza
- Horno
- Tamices
- Máquina de Los Ángeles
- Carga abrasiva (esferas de acero)

Procedimiento (NTP 400.019):

1. Seleccionar los tamices de 3/8", 1", 3/4" y 1/2".
2. Tamizar el suelo según el tipo especificado en la norma (Tipo A).
3. Clasificar el suelo en cada tamiz y pesar el material retenido en cada uno.
4. Introducir el material y las esferas de acero en la máquina de Los Ángeles y girar el cilindro a 30-33 rpm durante aproximadamente 30 minutos.
5. Tras completar el ciclo, descargar el material, separar preliminarmente con el tamiz n°12 y pesar la muestra.

Cálculos:

Calcular la pérdida como el porcentaje de la masa original de la muestra, determinando la diferencia entre la masa inicial y final de la muestra de ensayo. Reportar este valor como el porcentaje de pérdida.

2.2.3. Concreto

Según Neville (2019) el concreto, conocido también como hormigón, es un material de construcción que se forma a partir de una mezcla de cemento, agua, agregados como arena, grava o piedra triturada y, a veces, aditivos para mejorar sus propiedades. Su relevancia se debe a su durabilidad, resistencia y versatilidad, lo que lo hace perfecto para soportar cargas pesadas y resistir condiciones climáticas extremas. Las principales características del concreto incluyen su alta resistencia a la compresión, durabilidad, plasticidad en estado fresco, facilidad de trabajo, control de permeabilidad y la relación agua/cemento que afecta sus propiedades.

2.2.3.1. Componentes del Concreto**a) Agua**

El agua es crucial en la mezcla de concreto, ya que hidrata el cemento y permite que se produzca la reacción química que lo endurece y fortalece. La cantidad de agua influye en la manejabilidad del concreto y en su resistencia final. Demasiada agua puede debilitar el concreto, mientras que muy poca puede complicar la mezcla y el vertido. Es fundamental mantener una proporción correcta de agua a cemento para obtener un concreto de buena calidad.

b) Cemento

Un cemento de calidad para concreto debe contar con resistencia suficiente, baja cantidad de impurezas y facilidad de manejo. En Perú, la Norma Técnica Peruana (NTP) 334.020 regula los estándares del cemento utilizado en la construcción, especificando sus propiedades físicas y químicas. Cumplir con esta norma es fundamental para asegurar la durabilidad y resistencia de las estructuras.

c) Agregado Fino

Un buen agregado fino para concreto debe ser limpio, con una granulometría adecuada y libre de materiales orgánicos y finos perjudiciales. En Perú, la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.022 regula las características de los agregados para concreto.

d) Agregado Grueso

Un buen agregado grueso para concreto debe ser limpio, de tamaño uniforme y con una forma angular que mejore la adherencia con la pasta de cemento. En Perú, la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.023 establece las especificaciones para los agregados gruesos, incluyendo requisitos sobre la granulometría, la densidad y la resistencia.

2.2.3.2. Propiedades del concreto

2.2.3.2.1. Propiedades del concreto en estado fresco

Folliard (2021) nos menciona que el concreto fresco posee diversas propiedades, entre las cuales tenemos:

✓ Trabajabilidad (slump)

La trabajabilidad (slump) del concreto es la medida de su facilidad para ser mezclado, transportado, colocado y compactado. Refleja la consistencia y fluidez del concreto, influyendo en su manejo y en la calidad final de la estructura.

El asentamiento (slump) adecuado del concreto varía según el proyecto. Un mayor asentamiento indica un concreto más fluido, ideal para aplicaciones con refuerzo denso o formas complejas, aunque si es muy alto puede provocar segregación y menor resistencia. Un menor asentamiento significa un concreto más rígido, adecuado para estructuras que requieren estabilidad, pero puede dificultar su manejo si es muy bajo. Lo ideal es ajustar el slump a las necesidades específicas del proyecto. (Folliard, 2021)

✓ **Temperatura**

La propiedad de temperatura del concreto se refiere al control del calor en la mezcla durante su fabricación, transporte y colocación. Es crucial porque afecta la velocidad de hidratación del cemento, la resistencia final, y la prevención de fisuras. Mantener una temperatura adecuada asegura que el concreto desarrolle sus propiedades de manera óptima. (Folliard, 2021)

✓ **Peso Unitario**

El peso unitario del concreto es la relación entre la masa del concreto y su volumen. Esta propiedad es fundamental para determinar la resistencia, durabilidad y la capacidad de carga del concreto, influenciando el diseño estructural y el rendimiento de la mezcla en distintas aplicaciones. (Folliard, 2021)

2.2.3.2.2. Propiedades del concreto en estado endurecido

Entre las propiedades que el concreto posee al endurecerse, una de las principales y la que investigamos en esta ocasión es la siguiente:

✓ **Resistencia a la compresión**

La resistencia a la compresión del concreto es la capacidad del material para soportar cargas aplicadas que tienden a reducir su tamaño. Es una propiedad crucial, ya que determina la capacidad del concreto para resistir esfuerzos y cargas sin romperse, lo que la convierte en un indicador fundamental de la calidad, durabilidad y desempeño del concreto en estructuras y elementos constructivos. La resistencia a la compresión es, por tanto, uno de los parámetros más utilizados para evaluar la idoneidad del concreto en diversas aplicaciones estructurales. (Folliard, 2021)

2.2.3.3. Ensayos para determinar las propiedades del concreto

2.2.3.3.1. Ensayos sobre el concreto fresco

A) Asentamiento (slump) del concreto – (NTP 339.035):

Este ensayo se realiza con el fin de determinar la consistencia de mezclas de concreto con agregados de hasta 37,5 mm de tamaño utilizando el cono de Abrams (NTP 339.035).

Equipos y materiales (NTP 339.035):

- Cono de Abrams: Metal, espesor mínimo de 0,15 cm, diámetro superior de 10 cm, diámetro inferior de 20 cm, y altura de 30 cm. Las dimensiones deben tener una tolerancia de ± 3 mm. Las bases deben formar un ángulo de 90° , y el cono debe contar con agarraderas para evitar distorsiones durante la medición.
- Varilla compactadora: Cilíndrica, de acero liso, con 1,6 cm de diámetro y 60 cm de longitud, con extremos redondeados a una semiesfera de 1,6 cm.
- Dispositivo de medida: Regla, cinta métrica o wincha de al menos 30 cm para medir el asentamiento del concreto.
- Cucharón: Adecuado para colocar la mezcla en el cono de Abrams.

Procedimiento (NTP 339.035):

1. Humedecer el cono de Abrams y colocarlo sobre una base plana.
2. Llenar el cono con la mezcla de concreto en tres capas, compactando cada capa con 25 golpes de la varilla. La tercera capa debe sobresalir del borde del cono.
3. Enrasar el concreto con la varilla, limpiar el exceso alrededor del cono y retirar el cono verticalmente.
4. Medir el asentamiento del concreto utilizando una wincha, calculando la diferencia entre la altura inicial del cono y la altura del cono deformado.

B) Peso unitario del concreto – (NTP 339.046):

Se realiza con el fin de determinar el peso unitario del concreto fresco.

Equipos y materiales (NTP 339.046):

- Balanza: Precisión de 45 g o 0,3% de la carga de ensayo, lo que sea mayor, para medir el peso del recipiente y su contenido, hasta 2600 kg/m³.
- Barra compactadora: Barra de acero liso, 1,6 cm de diámetro y 60 cm de longitud, con un extremo redondeado a 1,6 cm para compactar el concreto.
- Molde cilíndrico: Cilindro de acero con capacidad adecuada para el tamaño máximo del agregado grueso en el concreto.
- Placa de alisado: Rectangular, espesor mínimo de 1,2 cm, con una longitud 5 cm mayor que el diámetro del molde, utilizada para nivelar la mezcla.
- Mazo: Cabeza de caucho, masa de 600 ± 200 g, para golpear el molde y mejorar la compactación del concreto.
- Cucharón: Tamaño adecuado para colocar el concreto en el molde sin derrames.

Procedimiento (NTP 339.046):

1. Seleccionar el método de compactación por apisonado o vibración interior según el asentamiento del concreto. Para asentamientos mayores a 7,5 cm, usar apisonado.
2. Consolidación por apisonado: Colocar el concreto en el molde cilíndrico en tres capas, compactando cada capa con 25 golpes de la varilla compactadora.
3. Nivelar la parte superior del molde con la placa de alisado para asegurarse de que quede completamente lleno y nivelado.
4. Limpiar el concreto alrededor del molde y en las paredes exteriores.
5. Medir la masa del molde con el concreto para determinar el peso unitario.

C) Temperatura del concreto – (NTP 339.184):

Se realiza con el fin de determinar la temperatura del concreto y ver si está en óptimas condiciones para desarrollar correctamente sus propiedades.

Equipos y materiales (NTP 339.184):

- Balanza
- Termómetro digital
- Concreto de mezcla
- Agua potable

- Trompo mezclador de concreto
- Carretilla

Procedimiento (NTP 339.184):

1. Mezclado: Preparar los materiales en las cantidades especificadas en el diseño de mezcla previamente calculado.
2. Proceso de mezclado: Mezclar durante 5 minutos, hacer una pausa de 1 minuto, y luego mezclar nuevamente durante 5 minutos para asegurar una mezcla homogénea.
3. Vaciado: Transferir la mezcla a una superficie limpia, como una carretilla.
4. Medición de temperatura: Colocar el termómetro digital en la muestra y esperar de 2 a 3 minutos hasta que la temperatura se estabilice y no muestre cambios.

2.2.3.3.2. Ensayos sobre el concreto endurecido**A) Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034 / ASTM C39):**

El objetivo de este ensayo es determinar la carga axial o resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto (NTP 339.034). La resistencia del concreto dependerá de la calidad de los agregados, el mezclado, curado, edad, colocación, y el tamaño y forma de las probetas.

Equipos y materiales (NTP 339.034 / ASTM C39):

- Máquina de ensayo: Debe estar calibrada con capacidad de carga suficiente, y su calibración debe realizarse anualmente, sin exceder los 13 meses.

Procedimiento (NTP 339.034 / ASTM C39):

1. Curado: Los moldes cilíndricos de concreto se ensayan después de curados a los 7, 14, 21 y 28 días. Al retirarlos del curado, deben protegerse para evitar la pérdida de humedad.
2. Colocación en la máquina: Colocar dos bloques de acero, uno arriba y otro abajo de la probeta, y asegurarla con una faja antes de ubicarla en la máquina de ensayo.
3. Ensayo: Configurar la máquina ingresando las dimensiones de la probeta y asegurarse de que el indicador de carga esté en cero. Aplicar la carga axial de manera continua hasta que la probeta muestre una fractura definida.

Cálculos:

Dividir la carga axial máxima registrada entre el área de la sección transversal de la probeta para determinar la resistencia a la compresión.

2.2.4. Diseño de Mezcla del concreto (ACI 211):

Consiste en preparar una mezcla de concreto con proporciones iniciales calculadas mediante diversos métodos. A la mezcla de prueba se le realizan varios ensayos de control de calidad, como el asentamiento, la pérdida de manejabilidad, la masa unitaria, los tiempos de fraguado y la resistencia a la compresión.

Para llevar a cabo nuestro diseño nos ayudaremos de la Norma ACI 211 de Diseño de Mezclas.

2.2.4.1. Información requerida para el diseño de mezcla (ACI 211):

- Análisis Granulométrico de los agregados
- Contenido de Humedad de los agregados
- Peso Unitario suelto y compactado de los agregados
- Peso específico y absorción de los agregados
- Peso específico del cemento

2.2.4.2. Procedimiento (ACI 211):

2.2.4.2.1. Elección del asentamiento

Tabla 4

Valores de asentamiento de acuerdo a la consistencia.

Consistencia	Slump	Trabajabilidad
Seca	0" a 2"	Poco trabajable
Plástica	3" a 4"	Trabajable
Fluida	>5"	Muy trabajable

Nota. Fuente: ACI.211(2022).

2.2.4.2.2. Selección del tamaño máximo del agregado

Se tiene que saber que los agregados bien graduados con tamaños máximos nominales más grandes tienen menos vacíos, lo que significa que requieren menos mortero por unidad de volumen. Sin embargo, reducir el tamaño máximo nominal

del agregado puede ser beneficioso para lograr altas resistencias con una relación agua/cemento específico.

2.2.4.2.3. Estimación del contenido de agua y aire en la mezcla

La cantidad de agua necesaria por unidad de volumen para alcanzar un asentamiento específico depende principalmente del tamaño nominal máximo, la forma y la gradación de los agregados.

Tabla 5

Requerimiento aproximado de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes slump (asentamiento) y tamaño máximo de agregado.

Asentamiento, cm (pulg)	Agua en Kg/m ³ de concreto - tamaño máximo de agregado, pulg							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin Aire Incorporado								
De 2.5 a 5.0 (1" a 2")	207	199	190	179	166	154	130	113
De 7.5 a 10 (3" a 4")	228	216	205	193	181	169	145	124
De 15 a 17.5 (6" a 7")	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aprox. aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con Aire Incorporado								
De 2.5 a 5.0 (1" a 2")	181	175	168	160	150	142	122	107
De 7.5 a 10 (3" a 4")	202	193	184	175	165	157	133	119
De 15 a 17.5 (6" a 7")	216	205	197	174	174	166	154	---
Promedio recomendado de aire por incluir								
Exposición ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Nota. Fuente: ACI.211(2022).

2.2.4.2.4. Resistencia requerida

Es un parámetro fundamental que determina la capacidad del concreto para soportar cargas y tensiones sin fallar.

Tabla 6

Resistencia promedio a la compresión requerida (f'_{cr}).

Resistencia a la compresión (f'_c)	Resistencia a la compresión Requerida (f'_{cr})
$f'_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f'_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = f'_c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$f'_c \geq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f'_{cr} = 1.10 f'_c + 50 \text{ kg/cm}^2$

Nota. Fuente: ACI.211(2022).

2.2.4.2.5. Relación agua/cemento

Tabla 7

Relación agua/cemento para diferentes resistencias a la compresión a los 28 días.

Resistencia a la compresión a los 28 días Kg/cm²	Relación a/c (en peso)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450	0.38	0.31
400	0.43	0.34
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.72

Nota. Fuente: ACI.211(2022).

2.2.4.2.6. Cálculo del contenido de cemento

Para tener las proporciones exactas que debe llevar nuestro concreto para tener resultados favorecedores en nuestro ensayo.

$$C = \frac{a}{a/C}$$

Donde:

- a: cantidad de agua por unidad de volumen estimada (Kg/m³).
- C: cantidad de cemento por unidad de volumen (Kg/m³).
- a/C: relación agua-cemento seleccionada.

2.2.4.2.7. Estimación del contenido de agregado grueso y fino

Tabla 8

Volumen de agregado grueso según su TMN y módulo de finura del agregado fino.

TMN del agregado grueso en mm	Volumen del agregado grueso varillado (compactado) en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino.			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5mm (3/8")	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5mm (1/2")	0.59	0.57	0.55	0.53
19mm (3/4")	0.66	0.64	0.62	0.60
25mm (1")	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5mm(1 1/2")	0.75	0.73	0.71	0.69
50mm (2")	0.78	0.76	0.74	0.72
75mm (3")	0.82	0.80	0.78	0.76
150mm (6")	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota. Fuente: ACI.211(2022).

2.2.4.2.8. Ajustes por humedad de los agregados

El contenido de agua que se añade para preparar la pasta de cemento se ve influenciado por el nivel de humedad de los agregados. Si los agregados están secos, absorberán parte del agua añadida, lo que reducirá la relación agua/cemento y la trabajabilidad de la mezcla. En cambio, si los agregados tienen humedad libre en su superficie (es decir, están mojados), estos transferirán parte de su agua a la

pasta, lo que incrementará la relación agua/cemento y la trabajabilidad, pero reducirá la resistencia a la compresión del concreto.

$$Phum = Ps (AG \text{ Ó } AF) * \left(1 + \frac{\%hum (AG \text{ Ó } AF)}{100}\right)$$

Donde:

- Ps: Peso seco
- Ag:Agregado grueso
- Af: Agregado fino

2.2.4.2.9. Aporte de agua a la mezcla y agua efectiva

En este paso vamos a calcular el aporte del agua de mezcla y con la sumatoria calculamos el agua efectiva que se va a emplear en el diseño de mezcla.

$$Aporte = \frac{Ps(AG \text{ O } AF) * (\%hum - \%abs)}{100}$$

Donde:

- Ps: Peso seco
- Ag:Agregado grueso
- Af: Agregado fino
- %hum: Humedad del agregado
- &abs: absorción del agregado

2.2.4.2.10. Proporciones de diseño

Convertimos los agregados del diseño de mezcla de kg a metros cúbicos para calcular la dosificación de los materiales. Para ello dividimos los pesos de cada material en función de 1 bolsa de cemento.

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Cemento Portland

Producto obtenido al pulverizar el clínker Portland, al que se le puede añadir sulfato de calcio y otros productos que no excedan del 1% en peso del total, siempre y cuando no afecten las propiedades del cemento resultante. Todos los aditivos deben pulverizarse conjuntamente con el clínker. (González & Martínez, 2022)

2.3.2. Tamaño Máximo Nominal

El tamaño máximo nominal se refiere al tamaño más grande especificado para las partículas de agregado grueso en una mezcla de concreto. Se determina como el tamaño de la malla por la cual pasa el 100% del agregado grueso, reteniéndose al menos el 95%. Este factor afecta la trabajabilidad, resistencia y densidad del concreto. (Pérez & Rodríguez, 2021)

2.3.3. Relación agua/cemento

La relación agua-cemento es el cociente que compara la cantidad de agua con la cantidad de cemento en una mezcla de concreto. Este parámetro impacta la trabajabilidad, resistencia y durabilidad del concreto. Una relación agua-cemento más baja suele generar un concreto más fuerte y duradero, siempre que se mantenga una trabajabilidad adecuada. (Castañeda & Gomez, 2020)

2.3.4. Probetas

Las probetas son muestras de concreto preparadas y curadas siguiendo normas estándar, utilizadas para realizar ensayos de laboratorio, como pruebas de resistencia a la compresión, flexión o absorción de agua. Estas muestras reflejan la calidad y propiedades del concreto empleado en una obra, siendo esenciales para asegurar que se cumplan los requisitos de diseño y especificaciones. (ACI 318, 2019)

2.3.5. Curado

Proceso utilizado para evitar la evaporación del agua en una mezcla de concreto, lo cual podría causar grietas por retracción y alterar la relación agua-cemento. Se recomienda un buen curado durante los primeros 7 días para obtener resultados óptimos. (ACI 308, 2019)

2.3.6. Reciclaje

Proceso en el cual las materias primas de materiales usados en la vida diaria, como papel, aluminio, vidrio, plástico, entre otros, se transforman nuevamente en nuevos materiales una vez finalizado su ciclo de vida útil. (Gómez & Rodríguez, 2021)

2.3.7. ACI

American Concrete Institute, una de las principales instituciones mundiales en la práctica y manejo del concreto. (AC 318, 2019)

2.3.8. ASTM

American Society for Testing and Materials, una organización que desarrolla normas técnicas para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios. (ASTM International, 2018)

2.3.9. Cono de Abrams

El Cono de Abrams es un instrumento metálico empleado en ensayos de concreto fresco para medir su consistencia. (ACI 318, 2019)

2.4. Sistema de hipótesis

La sustitución parcial en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ del agregado fino con polvo de vidrio en un 5% influiría significativamente en sus propiedades de asentamiento, temperatura, peso unitario y aumentaría su resistencia a la compresión en un 10% a comparación de un concreto con características habituales.

2.4.1. Variables

2.4.1.1. Variable Independiente

- Polvo de vidrio como sustituto parcial del agregado fino.

2.4.1.2. Variable Dependiente

- Influencia en las características de un concreto.

2.4.2. Operacionalización de Variables

Tabla 9

Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento de medición
Polvo de vidrio como sustituto parcial del agregado fino	Consiste en el reemplazo parcial de agregado fino con vidrio pulverizado o en polvo.	El vidrio en polvo es un material inorgánico transparente, amorfo y frágil que se obtiene a partir de arena de sílice, carbonato de sodio y caliza. Posee diversos usos y aplicaciones industriales.	Propiedades físicas y mecánicas de los agregados	<ul style="list-style-type: none"> - Análisis Granulométrico - Contenido de Humedad - Peso Específico y Absorción - Tamaño Máximo Nominal - Desgaste de los agreg. - Peso Unitario - Módulo de finura 	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas de recolección de datos para ensayos. - Normas, ACI, NTP.
Influencia en las características de un concreto	Se puede describir las características tanto para concreto fresco como endurecido a través de diversos ensayos.	Se delimita mediante ensayos de laboratorio, para medir las propiedades del concreto y cómo este reacciona a las diferentes cargas efectuadas sobre él.	Diseño de Mezcla <hr/> Ensayos sobre el concreto fresco <hr/> Ensayos sobre el concreto endurecido	<ul style="list-style-type: none"> - ACI 211 - Asentamiento - Temperatura - Peso Unitario - Resistencia a la compresión 	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas de recolección de datos para ensayos. - Normas, ACI, NTP.

Nota. Fuente: Elaboración Propia.

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1. Tipo y Nivel de investigación

3.1.1. De acuerdo a la orientación o finalidad

Según la orientación o finalidad, esta investigación es de tipo aplicada, ya que la misma se centra en resolver problemas prácticos y específicos, en este caso vendría a ser la influencia del uso de polvo de vidrio como sustituto parcial del agregado fino en las características de un concreto. Asimismo, este tipo de investigación busca aplicar los resultados obtenidos de los ensayos, trasladando el conocimiento teórico a soluciones prácticas que beneficien a la sociedad y a diversos sectores de la construcción.

3.1.2. Nivel de investigación

Según el nivel de investigación, esta investigación es del tipo experimental debido a su enfoque en manipular una variable independiente, el polvo de vidrio como sustituto parcial del agregado fino, y observar sus efectos directos sobre una variable dependiente, las características de un concreto. La metodología empleada, que incluye la preparación de probetas de concreto, el ensayo de compresión sobre las probetas, y el análisis comparativo de los resultados obtenidos, permite establecer relaciones causales entre el uso del polvo de vidrio y las propiedades mecánicas del concreto. Además, el control riguroso de las variables asegura la validez y fiabilidad de los resultados, que es una característica esencial de la investigación experimental.

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población

Para la presente investigación, se tomará como población el conjunto de especímenes o probetas de concreto, elaborados con agregado fino y grueso obtenidos en la cantera Cruz de David ubicada en el centro poblado El Milagro, y con vidrio obtenido de una vidriería común. Las probetas tendrán una dimensión aproximada de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura, empleando cerca de 0.7 m³ de concreto patrón y concreto con polvo de vidrio, posteriormente serán analizadas en laboratorio con el fin de realizar el ensayo de resistencia a la compresión del concreto según las normas ASTM C31 Y C39.

3.2.2. Muestra

La muestra de estudio está compuesta por un total de 132 probetas de concreto fabricadas con cemento Portland Tipo ICo Pacasmayo (Extraforte), agua potable, agregado fino y grueso de la cantera Cruz de David y polvo de vidrio, y se encuentran subdivididas en 4 grupos según el diseño de mezcla empleado en cada caso, ya sea el diseño para concreto patrón o el diseño para concreto con sustitución parcial del agregado fino con polvo de vidrio en 5%, 10% y 15%. Lo mencionado anteriormente se encuentra detallado en la siguiente tabla.

Tabla 10

Muestras de estudio según el diseño de mezcla y la edad.

MUESTRA	EDAD(DIAS) PARA ROTURA DE MUESTRAS		
	7 días	14 días	28 días
Concreto Patrón(CP) 210kg/cm ²	11	11	11
Concreto Patrón con 5% de vidrio (CV5)	11	11	11
Concreto Patrón con 10% de vidrio (CV10)	11	11	11
Concreto Patrón con 15% de vidrio (CV15)	11	11	11
Subtotal	44	44	44
Total de muestras	132		

Nota. Donde (CP) representa concreto patrón, (CV5) concreto con 5% de vidrio, (CV10) concreto con 10% de vidrio y (CV15) concreto con 15% de vidrio. Fuente: Elaboración Propia.

3.3. Diseño de investigación

Para la presente investigación, el diseño es de naturaleza experimental debido a que los grupos de especímenes asignados no fueron seleccionados al azar y se centra en la manipulación deliberada de la variable independiente, que en este caso es la proporción de polvo de vidrio utilizado como sustituto del agregado fino en la mezcla de concreto. Este enfoque experimental permite observar y medir los efectos específicos de esta manipulación sobre la variable dependiente, características de un concreto, tales como la resistencia a la compresión, temperatura, entre otros. Al realizar pruebas controladas en un entorno como el laboratorio, donde se puede asegurar la constancia de todas las demás variables, el estudio puede establecer relaciones causales claras entre el uso del polvo de vidrio como sustituto parcial del agregado fino y las características resultantes del concreto.

3.4. Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Se empleará la técnica de observación experimental, iniciando con el procesamiento del material como agregados y vidrio para luego ser usados en el diseño de mezcla.

Asimismo, se utilizará la técnica de revisión documentaria con el fin de utilizar datos e información hechos por otros, para facilitar la comprensión del tema de estudio. Por lo tanto, se hará uso de las normas ASTM, NTP y ACI necesarias para determinar las propiedades de agregados y del concreto.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Como instrumentos tenemos a todos los equipos necesarios para realizar los ensayos correspondientes de los agregados, así como los ensayos para medir las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido como la resistencia a la compresión. Entre ellos tenemos al Cono de Abrahams, aguja de Vicat, tamices, hornos, termómetro, prensa hidráulica, bandejas, trompo mezclador, carretillas, entre otros.

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Como primera fase, se hizo la visita a la cantera Cruz de David ubicada en el centro poblado El Milagro para hacer la adquisición de los agregados, los cuales

están certificados por la misma, y posteriormente fueron analizados en laboratorio de concreto de la Universidad Privada Antenor Orrego. Por otra parte, nos dirigimos a una vidriera para consultar y adquirir vidrio en pedazos, obteniendo aproximadamente 50kg.

En la segunda fase, se realizaron ensayos sobre el agregado fino y grueso, como el análisis granulométrico, el cual con ayuda de tamices obtuvimos el módulo de fineza del agregado fino y el tamaño máximo nominal del agregado grueso. También, se realizó el ensayo de peso unitario y compacto de los agregados para poder determinar la densidad de masa. Además, realizamos el cálculo del contenido de humedad de los agregados para poder determinar la cantidad de agua de nuestros materiales y luego, efectuamos el cálculo de peso específico y absorción con el fin de dosificar y tener la mejor mezcla. En el caso del vidrio, fue triturado manualmente en la vidriera mediante una trituradora de vidrio hasta quedar hecho polvo posteriormente fue llenado en sacos y trasladado al laboratorio, luego fue tamizado en la malla N°100 (0.15 mm). El retenido que quedaba en este tamiz era nuevamente molido hasta que pasara a través de la malla N°100.

Para la tercera fase, se realizó el diseño de mezclas según lo establecido por la norma ACI 211 para cada grupo de especímenes, ya sea con 5%, 10% y 15% de polvo de vidrio o sin polvo de vidrio. En este caso, se elaboraron 132 especímenes de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ constituyendo aproximadamente 0.80 m³ de concreto, los cuales están subdivididos según el tipo de diseño de mezcla y la edad señalada para la rotura.

Para la cuarta y última fase, desarrollamos los ensayos sobre el concreto fresco y endurecido. Para los ensayos con el concreto fresco, iniciamos elaborando el ensayo de temperatura con la ayuda de un termómetro, el cual nos ayudó a medir la temperatura y variaciones en nuestra mezcla elaborada en el trompo mezclador. Luego, el ensayo de peso unitario, para poder reconocer las propiedades y ver la cantidad de mezcla que nos da nuestra dosificación. Por último, el ensayo del asentamiento del concreto, para poder medir la consistencia de nuestro concreto. Para el concreto endurecido, se realizó el ensayo de compresión del concreto con la ayuda de probetas, con el fin de determinar, bajo cargas de aplastamiento, el comportamiento de nuestro concreto.

Se usó Microsoft Excel y Microsoft Word para la recopilación, procesamiento y análisis de datos, además de la elaboración de tablas correspondientes a cada ensayo según las normas a utilizar.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Obtención de los materiales

El seleccionar cuidadosamente los materiales a utilizar es crucial en la investigación, ya que de esta elección dependen tanto el resultado como la consistencia de los diseños de mezcla propuestos. A continuación se describe el procedimiento para adquirir los materiales:

4.1.1.1. Cemento

Inicialmente, teníamos la intención de adquirir el cemento Pacasmayo tipo I para la fabricación de las probetas de concreto, pero después de investigar un poco más, analizamos que el cemento Pacasmayo Extraforte era el más comercializado y, por lo tanto, el más comúnmente utilizado. Esto nos llevó a decidir comprar el cemento Pacasmayo Extraforte en una distribuidora Dino que se encontraba camino al centro poblado El Milagro, asegurándonos de obtener un producto de calidad y ampliamente aceptado en el mercado.

4.1.1.2. Agregado fino y grueso

Al principio se consideró usar los agregados de una distribuidora, pero se encontró que estos materiales no cumplían con los estándares de calidad y uniformidad necesarios. Por ello, decidimos obtener los agregados de la cantera Cruz de David, ubicada en el centro poblado El Milagro. Allí, adquirimos arena gruesa zarandeada como agregado fino y piedra chancada de 1/2" como agregado grueso. Para mantener sus propiedades físicas, almacenamos los agregados en sacos antes de transportarlos al laboratorio.

4.1.1.3. Vidrio

El material utilizado fue suministrado por una vidriera local especializada en la producción y venta de insumos derivados del vidrio, acumulado como residuo en sus instalaciones. Para esta investigación, el vidrio debía contener suficiente silicio en su composición para reaccionar químicamente y actuar como puzolana. Se

determinó que el vidrio debía ser incoloro (transparente) para evitar reacciones indeseadas y la presencia de otros elementos en su composición, además de ser vidrio convencional (crudo) y no tipos como el templado o laminado. Es importante destacar que el vidrio con estas características es el más común en el mercado peruano, por lo que su adquisición no presentó dificultades. Se utilizó una trituradora de vidrio para convertir el vidrio en polvo y reducir el tamaño de las partículas a uno similar al de la arena gruesa, actuando como agregado fino (pasa por el tamiz N°100).

4.1.2. Ensayos sobre los agregados

A continuación presentamos los ensayos sobre los agregados efectuados en el laboratorio de concreto de la UPAO en el transcurso de los meses Junio, Julio y Agosto.

4.1.2.1. Agregado Fino: Arena Gruesa zarandeada

4.1.2.1.1. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

El tamaño del agregado fino se determina de acuerdo con la norma NTP 400.012. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 11, los cuales corresponden a la curva granulométrica mostrada en la Figura 3.

Tabla 11

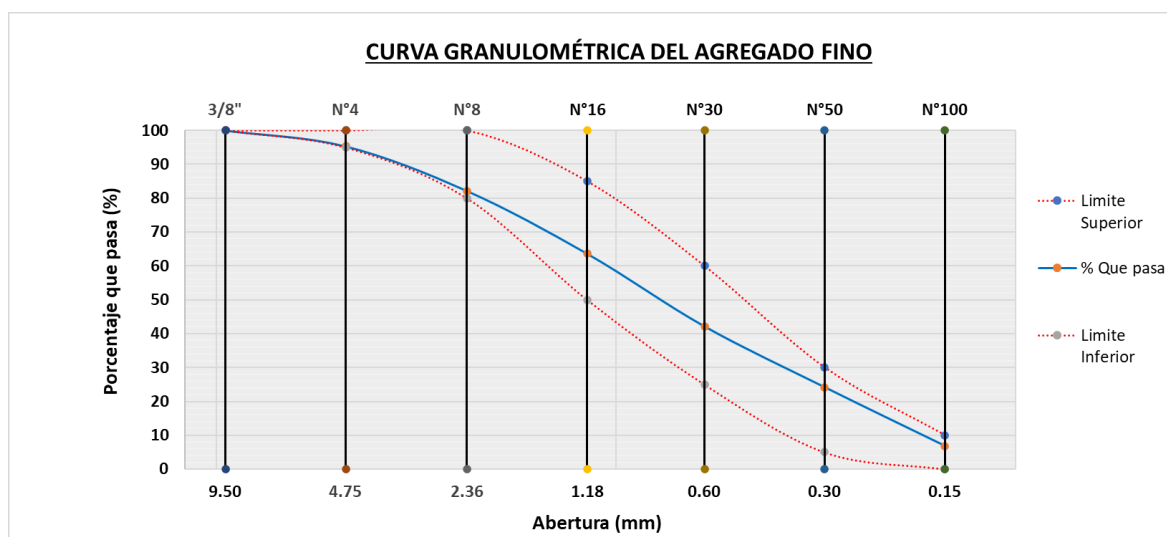
Análisis granulométrico del Agregado Fino.

Nº Malla	Abertura (mm)	P. Retenido (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Que pasa	NTP 400.037
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº 4	4.75	30.20	4.72	4.72	95.28	95 - 100
Nº 8	2.36	85.20	13.30	18.02	81.98	80 - 100
Nº 16	1.18	119.90	18.72	36.74	63.26	50 – 85
Nº 30	0.60	138.80	21.67	58.41	41.59	25 – 60
Nº 50	0.30	116.10	18.13	76.53	23.47	5 – 30
Nº 100	0.15	112.00	17.49	94.92	5.98	0 – 10
Nº 200	0.08	22.50	3.51	97.53	2.47	
<200	FONDO	15.80	2.47	100.00	0.00	
TOTAL		640.5	100.00			
Módulo de fineza		2.88				

Nota. Se aprecia el módulo de fineza del agregado. Fuente: Elaboración propia.

Figura 3

Curva granulométrica del agregado fino.



Nota. Se observa que el % que pasa se encuentra dentro de los límites superior e inferior que estipula la NTP 400.037. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.1.2. Ensayo de Peso Unitario (NTP 400.017)

Para determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado fino, se utilizó la norma NTP 400.017. Los datos obtenidos se presentan a continuación en las Tablas 12 y 13:

Tabla 12

Ensayo de peso unitario suelto del agregado fino.

PESO UNITARIO SUELTO				
Descripción	Unid.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso recipiente + muestra suelta	kg	6.339	6.341	6.333
Peso del recipiente	kg	3.091	3.091	3.091
Peso de la muestra en estado suelto	kg	3.248	3.250	3.242
Volumen del recipiente	m3	0.0020602	0.0020602	0.0020602
Peso unitario suelto	kg/m3	1576.59	1577.86	1573.63
Peso unitario suelto promedio	kg/m3	1576.03		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13

Ensayo de peso unitario compactado del agregado fino.

PESO UNITARIO COMPACTADO				
Descripción	Unid.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso recipiente + muestra compactada	kg	6.839	6.827	6.824
Peso del recipiente	kg	3.091	3.091	3.091
Peso de la muestra en estado compactado	kg	3.748	3.764	3.733
Volumen del recipiente	m3	0.0020602	0.0020602	0.0020602
Peso unitario suelto	kg/m3	1819.34	1813.66	1812.06
Peso unitario compactado promedio	kg/m3	1815.02		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.1.3. Ensayo de Peso específico y Absorción (NTP 400.022)

Para determinar el peso específico y la absorción del agregado fino, se utilizó la norma NTP 400.022. La muestra fue procesada a partir de su contenido de humedad natural, y los resultados se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 14

Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

	Descripción	Unidad	Muestra
A	Peso picnómetro + agua	gr	905.20
B	Peso de la muestra seca en horno	gr	493.70
C	Peso de la muestra SSS	gr	500.00
D	Peso picnómetro + agua + muestra	gr	1215.20
	Peso específico base seca = $B/(C-(D-A))$	gr/cm ³	2.60
	Peso específico base SSS= $C/(C-(D-A))$	gr/cm ³	2.63
	Peso específico aparente = $B/(B-(D-A))$	gr/cm ³	2.69
	% de absorción = $(C-B)*100/B$	%	1.28

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.1.4. Ensayo de Contenido de humedad (NTP 339.185)

Para medir el contenido de humedad, se aplicó la norma NTP 339.185. Los resultados de la prueba se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla 15

Contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Unid.	Muestra 1	Muestra 2
Peso recipiente	gr	194.60	93.40
Peso recipiente + arena húmeda	gr	1794.60	1393.40
Peso recipiente + arena seca	gr	1782.50	1385.50
Peso del agua contenida	gr	12.10	7.90
Peso de la arena húmeda	gr	1600.00	1300.00
Peso de la arena seca	gr	1587.90	1292.10
Contenido de Humedad	%	0.76	0.61
Contenido de Humedad Promedio	%	0.69	

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2. Agregado Grueso: Piedra Chancada ½”

4.1.2.2.1. Análisis Granulométrico (NTP 400.012)

El tamaño del agregado grueso se determina de acuerdo con la norma NTP 400.012. Los datos obtenidos se presentan en la Tabla 16, los cuales corresponden a la curva granulométrica mostrada en la Figura 4.

Tabla 16

Análisis granulométrico del Agregado Grueso.

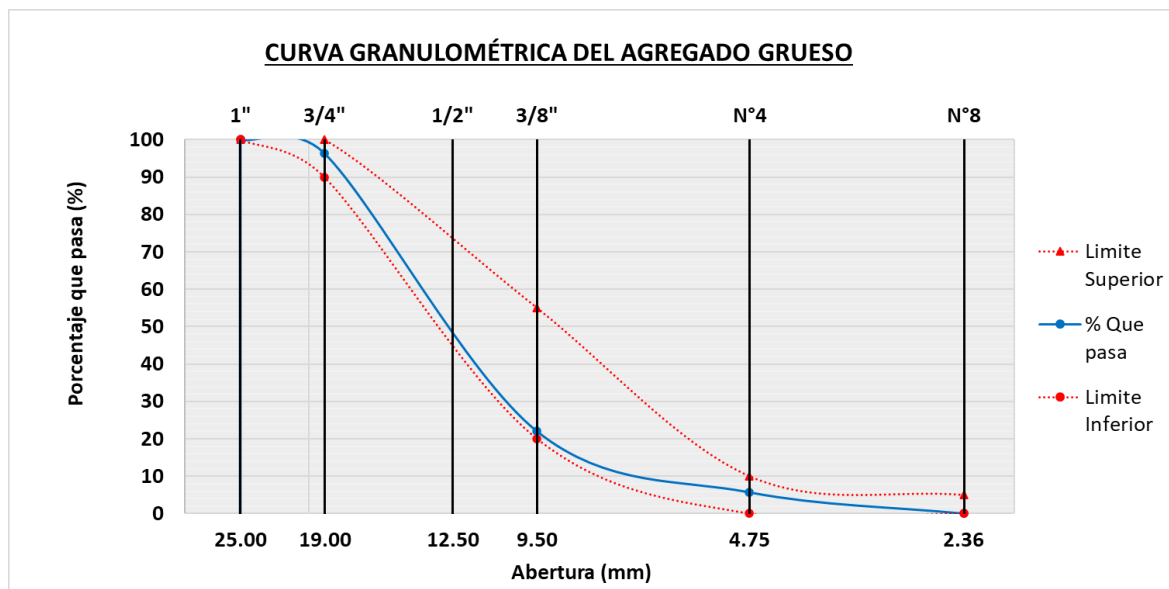
Nº Malla	Abertura (mm)	P. Retenido (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Que pasa	HUSO 67
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.00	187.30	3.65	3.65	96.35	90 – 100
1/2"	12.50	2743.50	53.41	57.06	42.94	-
3/8"	9.50	1073.50	20.90	77.96	22.04	20 – 55
Nº 4	4.75	840.30	16.36	94.32	5.68	0 – 10
BC	FONDO	292.00	5.68	100.00	0.00	

TOTAL	5136.60	100.00	
TMN	1/2"	TM	1"

Nota. Se aprecia el Tamaño máximo nominal del agregado grueso (1/2") y el Tamaño máximo (1"), Fuente: Elaboración propia.

Figura 4

Curva granulométrica del agregado grueso.



Nota. Se observa que el % que pasa se encuentra dentro de los límites superior e inferior que estipula la NTP 400.037. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2.2. Ensayo de Abrasión en máquina Los Ángeles (NTP 400.019)

Para evaluar el desgaste de partículas pequeñas mediante el ensayo de Abrasión Los Ángeles, se empleó el procedimiento estándar según la NTP 400.019 por el método B. Los resultados obtenidos se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 17

Método de abrasión Los Ángeles de acuerdo a la granulometría del agregado grueso.

Método		A	B	C	D
Diámetro		Cantidad de material a emplear en gramos			
Pasa el tamiz	Retenido en el tamiz				
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	1250±10			
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1250±10			
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1250±10	2500		
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250±10	2502.4		
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")			2500±10	
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (N°4)			2500±10	
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)				5000±10
Peso Total		5000±10	5002.4	5000±10	5000±10
N° esferas		12	11	8	6
N° revoluciones		500	500	500	500

Nota. Al ser un agregado que pasa por el tamiz 3/4" y queda retenido en el tamiz 1/2", se hace uso del método B para el ensayo de abrasión los Ángeles. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18

Desgaste por abrasión del agregado grueso.

Datos ensayo	Resultado
Masa inicial del agregado grueso (A)	5002.4
Masa final del agregado grueso (B)	4178.7
% Abrasión= $A-B/A*100$	16.47%

Nota. El desgaste del agregado grueso al ser <50% cumple con los estándares de la NTP 400.037. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2.3. Ensayo de Peso Unitario (NTP 400.017)

Para determinar el peso unitario suelto y compactado del agregado grueso, se utilizó la norma NTP 400.017. Los datos obtenidos se presentan a continuación en las Tablas 12 y 13:

Tabla 19

Ensayo de peso unitario suelto del agregado grueso.

PESO UNITARIO SUELTO				
Descripción	Unid.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso recipiente + muestra suelta	kg	20.962	20.910	20.954
Peso del recipiente	kg	7.105	7.105	7.105
Peso de la muestra en estado suelto	kg	13.857	13.806	13.850
Volumen del recipiente	m ³	0.0091588	0.0091588	0.0091588
Peso unitario suelto	kg/m ³	1512.96	1507.36	1512.18
Peso unitario suelto promedio	kg/m ³	1510.83		

Nota. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Ensayo de peso unitario compactado del agregado grueso.

PESO UNITARIO COMPACTADO				
Descripción	Unid.	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso recipiente + muestra compactada	kg	22.713	22.722	21.712
Peso del recipiente	kg	7.105	7.105	7.105
Peso de la muestra en estado compactado	kg	15.608	15.618	15.607
Volumen del recipiente	m ³	0.0091588	0.0091588	0.0091588
Peso unitario suelto	kg/m ³	1704.18	1705.22	1704.04

Peso unitario suelto compactado	kg/m ³	1704.48
--	-------------------	----------------

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2.4. Ensayo de Peso específico y Absorción (NTP 400.021)

Para determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso, se utilizó la norma NTP 400.021. La muestra fue procesada a partir de su contenido de humedad natural, y los resultados se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 21

Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

	Descripción	Unidad	Muestra
A	Peso de la muestra SSS (al aire)	gr	3134.40
B	Peso de la muestra saturada en agua	gr	1994.30
C	Peso de la muestra seca en horno (al aire)	gr	3117.10
	Peso específico base seca = $C/(A-B)$	gr/cm ³	2.73
	Peso específico base SSS = $A/(A-B)$	gr/cm ³	2.75
	Peso específico aparente = $C/(C-B)$	gr/cm ³	2.78
	% de absorción = $(A-C)*100/C$	%	0.56

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.2.5. Ensayo de Contenido de Humedad (NTP 339.185)

Para medir el contenido de humedad, se aplicó la norma NTP 339.185. Los resultados de la prueba se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla 22

Contenido de humedad del agregado grueso.

Descripción	Unid.	Muestra 1	Muestra 2
Peso recipiente	gr	166.70	188.50
Peso recipiente + piedra húmeda	gr	3767.90	3314.50
Peso recipiente + piedra seca	gr	3757.50	3306.00
Peso del agua contenida	gr	10.40	8.50
Peso de la piedra húmeda	gr	3601.20	3126.00
Peso de la piedra seca	gr	3590.80	3117.50
Contenido de Humedad	%	0.29	0.27
Contenido de Humedad Promedio	%		0.28

Nota. Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Diseño de mezcla para Concreto patrón (CP)

4.1.3.1. Datos obtenidos para el diseño de mezcla

Tabla 23

Datos de los agregados obtenidos mediante ensayos para el diseño de mezcla.

Datos Obtenidos	Agregado Fino	Agregado Grueso	Cemento
C. Humedad	0.69	0.28	-
Absorción %	1.28	0.56	-
P. Especifico (kg/m ³)	2600	2730	3150
P.U. Suelto (kg/m ³)	1576	1511	-
P.U. Compactado (kg/m ³)	1815	1704	-
TMN	-	1/2"	-
M. Fineza	2.88	-	-

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.2. Elección de asentamiento

Para elegir el asentamiento, se toma en cuenta la Tabla N°4 en donde las condiciones para la elaboración del concreto requieren que este tenga una consistencia plástica. Esto significa que el valor del slump debe estar en el rango de 3 a 4 pulgadas.

4.1.3.3. Selección del tamaño máximo nominal

En este caso, después de haber realizado el análisis granulométrico del agregado grueso, el tamaño máximo nominal es de 1/2".

4.1.3.4. Cálculo de agua de mezcla y contenido de aire

El cálculo del agua de mezcla y contenido de aire se realiza mediante la Tabla N°5, donde observamos los requerimientos necesarios y al no presentar aire atrapado, interceptamos tanto el TMN de 1/2" y el slump de 3 a 4". Por consiguiente, obtenemos una cantidad de agua para mezcla de 216 lts/m³ para un concreto sin aire incorporado con un 2% de aire atrapado.

4.1.3.5. Resistencia requerida (F'cr)

Para determinar la resistencia requerida se tiene en cuenta la Tabla N°6, que nos indica lo siguiente para un concreto de F'c=210 kg/cm²:

$$F'_{cr} = (f'c + 84) \text{ kg/cm}^2$$

$$F'_{cr} = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

4.1.3.6. Relación agua/cemento

Después de haber determinado la resistencia requerida, mediante la Tabla N°7 se realiza el cálculo de la relación agua/cemento, al no encontrarse el valor requerido para un concreto sin aire incluido f'cr=294 kg/cm², procedemos a interpolar entre los valores próximos:

300	–	0.55
294	–	x
250	–	0.62

Donde:

$$\frac{300 - 250}{0.55 - 0.62} = \frac{294 - 250}{x - 0.62}$$

$$x = 0.558$$

Entonces nuestra relación agua/cemento sería 0.558

4.1.3.7. Cálculo del contenido de cemento

Después de haber hallado la relación agua/cemento, procedemos a calcular el contenido de cemento usando el agua de mezcla obtenida anteriormente.

$$\frac{a}{c} = 0.558$$

$$\frac{216}{c} = 0.558$$

$$c = 387 \text{ kg/m}^3$$

Para determinar el número de bolsas de cemento a usar por 1 m³, dividimos el contenido de cemento entre el peso de cada bolsa (42.5 kg):

$$N^{\circ} \text{bolsas} = \frac{387}{42.5} = 9.1 \text{ bolsas por m}^3$$

4.1.3.8. Estimación del contenido de agregado grueso

Para calcular el contenido de agregado grueso, nos dirigimos a la Tabla N°8 y observamos que no hay un valor exacto para nuestro TMN de 1/2" y módulo de finura de 2.88. Por ello, interpolamos entre los valores próximos de la siguiente forma:

$$3.00 \quad - \quad 0.53$$

$$2.88 \quad - \quad x$$

$$2.80 \quad - \quad 0.55$$

Donde:

$$\frac{3.00 - 2.80}{0.53 - 0.55} = \frac{2.88 - 2.80}{x - 0.55}$$

$$x = 0.542$$

Ahora que tenemos el volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto, calculamos el peso seco del agregado grueso multiplicando su peso unitario compactado por el valor que hemos hallado:

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 1704 * 0.542$$

$$\text{Peso seco del agregado grueso} = 923.57 \text{ kg}$$

4.1.3.9. Estimación del contenido de agregado fino

Para calcular el contenido de agregado fino, primero vamos a calcular el volumen absoluto de la mezcla, dividiendo los pesos obtenidos del cemento, agua, aire y agregado grueso entre sus pesos específicos:

$$\begin{aligned} \text{Vol cemento} &= \frac{c}{\text{Pespecifico}} = \frac{387}{3150} = 0.123 \text{ m}^3 \\ \text{Vol agua} &= \frac{216}{1000} = 0.216 \text{ m}^3 \\ \text{Vol aire} &= \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m}^3 \\ \text{Vol agregado grueso} &= \frac{923.57}{2730} = 0.338 \text{ m}^3 \end{aligned} \quad \begin{array}{c} \downarrow \\ + \end{array}$$

$$\text{Vol total} = 0.697 \text{ m}^3$$

Ahora procedemos a calcular el volumen del agregado fino restándole a 1 m³ de concreto el volumen obtenido:

$$\text{Vol agregado fino} = 1 \text{ m}^3 - 0.697 \text{ m}^3 = 0.303 \text{ m}^3$$

Calculamos el peso del agregado fino multiplicando su volumen por el peso específico:

$$\text{Peso agregado fino} = 0.303 * 2600 = 787.8 \text{ kg}$$

4.1.3.10. Presentación del diseño de mezcla en estado seco

Tabla 24

Cantidad de materiales para el diseño de mezcla en estado seco

Material	Cantidad en estado seco
Cemento	387 kg/m ³
Agua	216 lts/m ³
Agregado Grueso	923.57 kg/m ³
Agregado Fino	787.8 kg/m ³

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.1.3.11. Ajustes por humedad de los agregados

Para obtener el peso húmedo de los agregados vamos a realizar la siguiente ecuación:

$$\text{Peso húmedo} = \text{Peso seco} * \left(\frac{\%humedad}{100} + 1 \right)$$

- $\text{Peso húmedo agregado grueso} = 923.57 * \left(\frac{0.28}{100} + 1 \right) = 926.16 \text{ kg}$
- $\text{Peso húmedo agregado fino} = 787.8 * \left(\frac{0.69}{100} + 1 \right) = 793.24 \text{ kg}$

4.1.3.12. Aporte de agua a la mezcla y agua efectiva

Una vez calculados los pesos húmedos de los agregados vamos a calcular el aporte del agua de mezcla con la siguiente fórmula:

$$\text{Aporte} = \frac{\text{Peso seco} * (\%hum - \%abs)}{100}$$

- $\text{Aporte ag fino} = \frac{787.8 * (0.69 - 1.28)}{100} = -4.648 \text{ lt}$
- $\text{Aporte ag grueso} = \frac{923.57 * (0.28 - 0.56)}{100} = -2.586 \text{ lt}$

$$\text{Suma} = -7.234 \text{ lt}$$

Ahora calculamos el agua efectiva restando el aporte al agua anteriormente calculada:

$$\text{Agua efectiva} = 216 - (-7.234) = 223.23 \text{ lts}$$

4.1.3.13. Dosificación de la mezcla

Siguiendo la metodología mencionada y utilizando los datos de los agregados, se determina el peso necesario de cada material para el diseño de mezcla del concreto patrón (CP). La Tabla 25 presenta los valores obtenidos en kilogramos para el diseño de mezcla del concreto patrón, que se utilizará para la fabricación de probetas y posteriormente serán usadas en el ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla 25

Diseño de mezcla de concreto patrón (CP)

Material	Cantidad corregida
Cemento	387 kg/m ³
Agua	223.23 lts/m ³
Agregado Grueso	926.16 kg/m ³
Agregado Fino	793.24 kg/m ³

Nota. Cantidades corregidas necesarias para el diseño de 1m³ de mezcla de concreto patrón (CP). Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Diseño de mezcla con 5% de vidrio (CV5)

Siguiendo la metodología mencionada y utilizando los datos de los agregados, se determina el peso necesario de cada material para el diseño de mezcla del concreto con 5% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino (CV5). La Tabla 26 presenta los valores obtenidos en kilogramos para el diseño de mezcla del concreto con 5% de vidrio como sustituto del agregado fino, que se utilizará para la fabricación de probetas y posteriormente serán usadas en el ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla 26

Diseño de mezcla de concreto con 5% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino.

Material	Cantidad
Cemento	387 kg/m ³
Agua	223.23 lts/m ³
Agregado Grueso	926.16 kg/m ³
Agregado Fino	753.58 kg/m ³
Vidrio en polvo (5%)	39.66 kg/m ³

Nota. Cantidades necesarias para el diseño de 1m³ de mezcla de concreto con 5% de vidrio (CV5) como sustituto parcial del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Diseño de mezcla con 10% de vidrio (CV10)

Siguiendo la metodología mencionada y utilizando los datos de los agregados, se determina el peso necesario de cada material para el diseño de mezcla de concreto con 10% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino (CV10). La Tabla 27 presenta los valores obtenidos en kilogramos para el diseño de mezcla del concreto con 10% de vidrio como sustituto del agregado fino, que se utilizará para la fabricación de probetas y posteriormente serán usadas en el ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla 27

Diseño de mezcla de concreto con 10% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino.

Material	Cantidad
Cemento	387 kg/m ³
Agua	223.23 lts/m ³
Agregado Grueso	926.16 kg/m ³
Agregado Fino	713.92 kg/m ³
Vidrio en polvo (10%)	79.32 kg/m ³

Nota. Cantidades necesarias para el diseño de 1m³ de mezcla de concreto con 10% de vidrio (CV10) como sustituto parcial del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

4.1.6. Diseño de mezcla con 15% de vidrio (CV15)

Siguiendo la metodología mencionada y utilizando los datos de los agregados, se determina el peso necesario de cada material para el diseño de mezcla de concreto con 15% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino (CV15). La Tabla 26 presenta los valores obtenidos en kilogramos para el diseño de mezcla del concreto con 15% de vidrio como sustituto del agregado fino, que se utilizará para la fabricación de probetas y posteriormente serán usadas en el ensayo de resistencia a la compresión.

Tabla 28

Diseño de mezcla de concreto con 15% de vidrio como sustituto parcial del agregado fino.

Material	Cantidad
Cemento	387 kg/m ³
Agua	223.23 lts/m ³
Agregado Grueso	926.16 kg/m ³
Agregado Fino	674.25 kg/m ³
Vidrio en polvo (15%)	118.99 kg/m ³

Nota. Cantidades necesarias para el diseño de 1m³ de mezcla de concreto con 15% de vidrio (CV15) como sustituto parcial del agregado fino. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7. Ensayos sobre el concreto en estado fresco

4.1.7.1. Ensayo de temperatura del concreto (NTP 339.184)

Para asegurar la precisión en la caracterización del concreto fresco, se llevó a cabo la medición de la temperatura del concreto inmediatamente después de su mezclado, utilizando un termómetro digital conforme a la norma NTP 339.184. A

continuación, se presentan las tablas para cada diseño de mezcla con los resultados obtenidos.

4.1.7.1.1. Temperatura del concreto patrón (CP)

Tabla 29

Ensayo de temperatura del concreto patrón (CP).

Tipo de muestra	Código de muestra	Fecha de Ensayo	Temperatura (°C)	Temperatura promedio (°C)
		27/06/2024	23.6	
		27/06/2024	23.6	
Concreto	CP	28/06/2024	23.7	23.6
Patrón		28/06/2024	23.7	
		2/07/2024	23.6	

Nota. La medición de la temperatura de cada una de las mezclas de concreto patrón fue similar, con una variación mínima. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.1.2. Temperatura del concreto con 5% de vidrio (CV5)

Tabla 30

Ensayo de temperatura del concreto con 5% de vidrio (CV5).

Tipo de muestra	Código de muestra	Fecha de Ensayo	Temperatura (°C)	Temperatura promedio (°C)
		03/07/2024	23.7	
		03/07/2024	23.6	
Concreto con 5% de vidrio	CV5	05/07/2024	23.7	23.7
		05/07/2024	23.6	
		08/07/2024	23.8	

Nota. La medición de la temperatura de cada una de las mezclas de concreto con 5% de vidrio fue similar, con una variación mínima. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.1.3. Temperatura del concreto con 10% de vidrio (CV10)

Tabla 31

Ensayo de temperatura del concreto con 10% de vidrio (CV10).

Tipo de muestra	Código de muestra	Fecha de Ensayo	Temperatura (°C)	Temperatura promedio (°C)
Concreto con 10% de vidrio	CV10	11/07/2024	23.8	23.8
		11/07/2024	23.7	
		15/07/2024	23.8	
		15/07/2024	23.7	
		16/07/2024	23.8	

Nota. La medición de la temperatura de cada una de las mezclas de concreto con 10% de vidrio fue similar, con una variación mínima. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.1.4. Temperatura del concreto con 15% de vidrio (CV15)

Tabla 32

Ensayo de temperatura del concreto con 15% de vidrio (CV15).

Tipo de muestra	Código de muestra	Fecha de Ensayo	Temperatura (°C)	Temperatura promedio (°C)
Concreto con 15% de vidrio	CV15	18/07/2024	23.7	22.8
		18/07/2024	23.8	
		22/07/2024	23.7	
		22/07/2024	23.8	
		24/07/2024	23.8	

Nota. La medición de la temperatura de cada una de las mezclas de concreto con 15% de vidrio fue similar, con una variación mínima. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.2. Ensayo de sentamiento (slump) del concreto (NTP 339.035)

Para evaluar la trabajabilidad del concreto fresco, se realizó la medición del asentamiento utilizando el cono de Abrams, siguiendo la norma NTP 339.035. Este ensayo permite determinar la consistencia del concreto y su capacidad de ser manejado en obra. A continuación, se presentan las tablas para cada diseño de mezcla con los resultados obtenidos.

4.1.7.2.1. Asentamiento del concreto patrón (CP)

Tabla 33

Ensayo de slump del concreto patrón (CP).

Tipo de muestra	Fecha de Ensayo	Asentamiento (pulg)	Asentamiento promedio	Asentamiento requerido (pulg)
	27/06/2024	3.87		
Concreto	27/06/2024	3.85		
Patrón	28/06/2024	3.80	3.85	3" a 4"
	28/06/2024	3.88		
	2/07/2024	3.84		

Nota. Se aprecia que el asentamiento obtenido del concreto patrón se encuentra en el rango de asentamiento requerido por el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.2.2. Asentamiento del concreto con 5% de vidrio (CV5)

Tabla 34

Ensayo de asentamiento del concreto con 5% de vidrio (CV5).

Tipo de muestra	Fecha de Ensayo	Asentamiento (pulg)	Asentamiento promedio	Asentamiento requerido (pulg)
	3/07/2024	3.71		
Concreto	3/07/2024	3.70		
con 5%	5/07/2024	3.73	3.72	3" a 4"
de vidrio	5/07/2024	3.75		
	8/07/2024	3.70		

Nota. Se aprecia que el asentamiento obtenido del concreto con 5% de vidrio se encuentra en el rango de asentamiento requerido por el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.2.3. Asentamiento del concreto con 10% de vidrio (CV10)

Tabla 35

Ensayo de asentamiento del concreto con 10% de vidrio (CV10).

Tipo de muestra	Fecha de Ensayo	Asentamiento (pulg)	Asentamiento promedio	Asentamiento requerido (pulg)
-----------------	-----------------	---------------------	-----------------------	-------------------------------

	11/07/2024	3.53		
Concreto	11/07/2024	3.54		
con 10%	15/07/2024	3.49	3.52	3" a 4"
de vidrio	15/07/2024	3.50		
	16/07/2024	3.52		

Nota. Se aprecia que el asentamiento obtenido del concreto con 10% de vidrio se encuentra en el rango de asentamiento requerido por el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.2.4. Asentamiento del concreto con 15% de vidrio (CV15)

Tabla 36

Ensayo de asentamiento del concreto con 15% de vidrio (CV15).

Tipo de muestra	Fecha de Ensayo	Asentamiento (pulg)	Asentamiento promedio	Asentamiento requerido (pulg)
	18/07/2024	3.41		
Concreto	18/07/2024	3.42		
con 15%	22/07/2024	3.33	3.38	3" a 4"
de vidrio	22/07/2024	3.35		
	24/07/2024	3.41		

Nota. Se aprecia que el asentamiento obtenido del concreto con 15% de vidrio se encuentra en el rango de asentamiento requerido por el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.3. Ensayo de peso unitario del concreto (339.046)

Se realizó la medición del peso unitario utilizando el método estándar descrito en la norma NTP 399.046. Este ensayo es fundamental para evaluar la compactación y la homogeneidad del concreto. A continuación, se presentan las tablas con los resultados obtenidos.

4.1.7.3.1. Peso unitario del concreto patrón (CP)

Tabla 37

Ensayo de peso unitario del concreto patrón (CP).

Tipo de muestra	Fecha del Ensayo	Volumen del recipiente (m3)	Peso del concreto (kg)	Peso Unitario(kg/m3)	Peso Unitario Promedio (kg/m3)
	27/06/2024		16.75	2392.86	
	27/06/2024		16.71	2387.14	
Concreto Patrón	28/06/2024	0.007	16.74	2391.43	2392.29
	28/06/2024		16.81	2401.43	
	2/07/2024		16.72	2388.57	

Nota. Se aprecia el cálculo del peso unitario para el concreto patrón dividiendo el peso del concreto entre el volumen del recipiente. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.3.2. *Peso unitario del concreto con 5% de vidrio (CV5)*

Tabla 38

Ensayo de peso unitario del concreto con 5% de vidrio (CV5).

Tipo de muestra	Fecha del Ensayo	Volumen del recipiente (m3)	Peso del concreto (kg)	Peso Unitario(kg/m3)	Peso Unitario Promedio (kg/m3)
	3/07/2024		16.72	2388.57	
	3/07/2024		16.69	2384.29	
Concreto con 5% de vidrio	5/07/2024	0.007	16.77	2395.71	2388.86
	5/07/2024		16.73	2390.14	
	8/07/2024		16.70	2385.71	

Nota. Se aprecia el cálculo del peso unitario para el concreto con 5% de vidrio dividiendo el peso del concreto entre el volumen del recipiente. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.3.3. *Peso unitario del concreto con 10% de vidrio (CV10)*

Tabla 39

Ensayo de peso unitario del concreto con 10% de vidrio (CV10).

Tipo de muestra	Fecha del Ensayo	Volumen del recipiente (m3)	Peso del concreto (kg)	Peso Unitario(kg/m3)	Peso Unitario Promedio (kg/m3)
Concreto con 10% de vidrio	11/07/2024		16.69	2384.29	
	11/07/2024		16.73	2390.14	
	15/07/2024	0.007	16.71	2387.14	2384.86
	15/07/2024		16.64	2377.14	
	16/07/2024		16.70	2385.71	

Nota. Se aprecia el cálculo del peso unitario para el concreto con 10% de vidrio dividiendo el peso del concreto entre el volumen del recipiente. Fuente: Elaboración propia.

4.1.7.3.4. *Peso unitario del concreto con 15% de vidrio (CV15)*

Tabla 40

Ensayo de peso unitario del concreto con 15% de vidrio (CV15).

Tipo de muestra	Fecha del Ensayo	Volumen del recipiente (m3)	Peso del concreto (kg)	Peso Unitario(kg/m3)	Peso Unitario Promedio (kg/m3)
Concreto con 15% de vidrio	18/07/2024		16.68	2382.86	
	18/07/2024		16.63	2375.71	
	22/07/2024	0.007	16.71	2387.14	2379.71
	22/07/2024		16.65	2378.57	
	24/07/2024		16.62	2374.29	

Nota. Se aprecia el cálculo del peso unitario para el concreto con 15% de vidrio dividiendo el peso del concreto entre el volumen del recipiente. Fuente: Elaboración propia.

4.1.8. *Ensayos sobre el concreto endurecido*

4.1.8.1. *Resistencia a la compresión del concreto (NTP 339.034)*

En la presente investigación se diseñaron 132 probetas de concreto con el fin de someterlas a compresión y analizar los resultados aplicando la NTP 339.034. Estas 132 probetas se dividen en 33 probetas de concreto patrón (CP), 33 de concreto con 5% de vidrio (CV5), 33 con 10% de vidrio (CV10) y 33 con 15% de vidrio (CV15) respectivamente, rompiendo 11 a los 7 días, 11 a los 14 y las últimas 11 a los 28 días.

4.1.8.1.1. Resistencia a la compresión del concreto patrón (CP)

Tabla 41

Resistencia a la compresión promedio del concreto patrón (CP) a los 7, 14 y 28 días.

Tipo de muestra	Edad (días)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
Concreto Patrón	7	153.35
	14	204.96
	28	234.47

Nota. La resistencia a la compresión del concreto patrón obtenida a los 28 días sobrepasa la resistencia de diseño de $f'c=210$ kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

Porcentaje de resistencia obtenida del concreto patrón (CP).

Tipo de muestra	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Edad (días)	% Resistencia requerida	% Resistencia obtenida
Concreto Patrón	210	7	>65%	72%
		14	>90%	97%
		28	>99%	112%

Nota. Resistencia obtenida en % del concreto patrón en base a la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

4.1.8.1.2. Resistencia a la compresión del concreto con 5% de vidrio (CV5)

Tabla 43

Resistencia a la compresión promedio del concreto con 5% de vidrio (CV5) a los 7, 14 y 28 días.

Tipo de muestra	Edad (días)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
	7	172.59
Concreto con 5% de vidrio	14	221.31
	28	259.75

Nota. La resistencia a la compresión del concreto con 5% de vidrio obtenida a los 28 días sobrepasa la resistencia del concreto patrón. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 44

Porcentaje de resistencia obtenida del concreto con 5% de vidrio (CV5).

Tipo de muestra	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Edad (días)	% Resistencia requerida	% Resistencia obtenida
Concreto con 5% de vidrio	210	7	>65%	83%
		14	>90%	106%
		28	>99%	123%

Nota. Resistencia obtenida en % del concreto patrón en base a la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

4.1.8.1.3. Resistencia a la compresión del concreto con 10% de vidrio (CV10)

Tabla 45

Resistencia a la compresión promedio del concreto con 10% de vidrio (CV10) a los 7, 14 y 28 días.

Tipo de muestra	Edad (días)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
	7	167.50
Concreto con 10% de vidrio	14	214.13
	28	243.02

Nota. Para obtener la resistencia promedio se hizo la rotura de 11 probetas para cada edad. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 46

Porcentaje de resistencia obtenida del concreto con 10% de vidrio (CV10).

Tipo de muestra	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Edad (días)	% Resistencia requerida	% Resistencia obtenida
Concreto con 10% de vidrio	210	7	>65%	80%
		14	>90%	102%
		28	>99%	117%

Nota. Resistencia obtenida en % del concreto con 10% de vidrio en base a la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

4.1.8.1.4. Resistencia a la compresión del concreto con 15% de vidrio (CV15)

Tabla 47

Resistencia a la compresión promedio del concreto con 15% de vidrio (CV15) a los 7, 14 y 28 días.

Tipo de muestra	Edad (días)	Resistencia promedio (kg/cm ²)
Concreto con 15% de vidrio	7	157.89
	14	209.91
	28	240.94

Nota. Para obtener la resistencia promedio se hizo la rotura de 11 probetas para cada edad. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48

Porcentaje de resistencia obtenida del concreto con 10% de vidrio (CV10).

Tipo de muestra	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Edad (días)	% Resistencia requerida	% Resistencia obtenida
Concreto con 15% de vidrio	210	7	>65%	76%
		14	>90%	99%
		28	>99%	114%

Nota. Resistencia obtenida en % del concreto con 15% de vidrio en base a la resistencia de diseño $f'c=210$ kg/cm². Fuente: Elaboración propia.

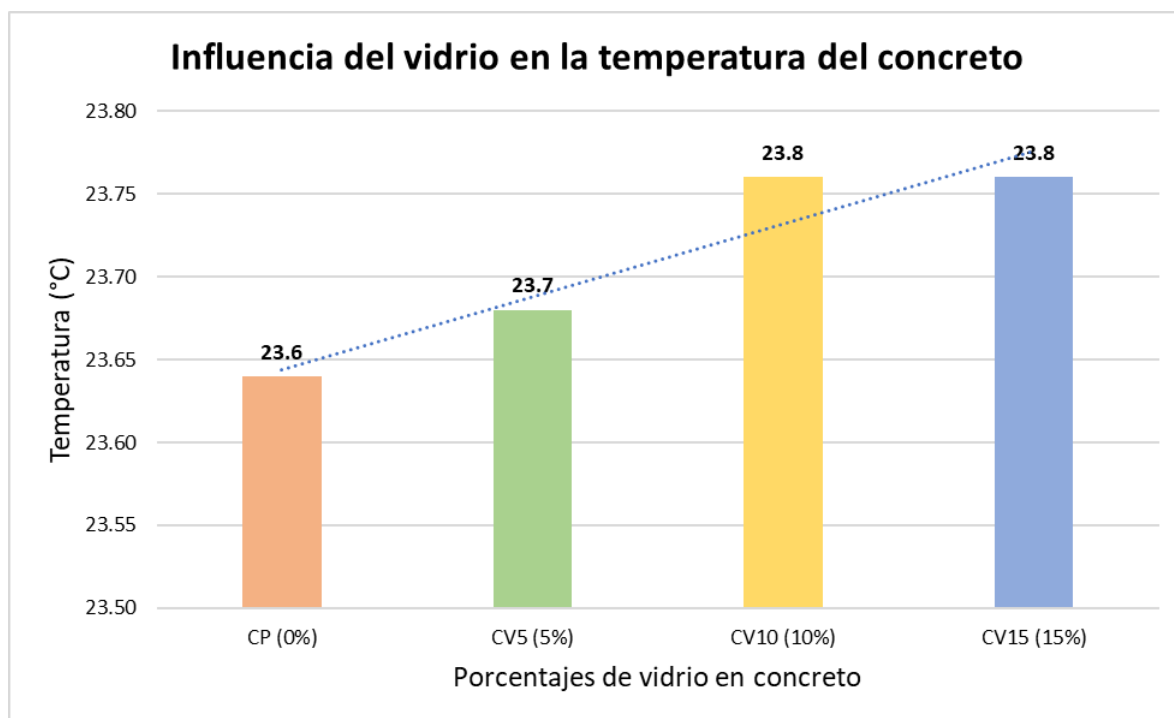
4.1.9. Análisis comparativo de la influencia del vidrio en polvo sobre los ensayos del concreto

4.1.9.1. Influencia del vidrio en polvo en la temperatura del concreto

En el siguiente gráfico se aprecia la influencia del vidrio en polvo como sustituto parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15% sobre la temperatura del concreto en estado fresco:

Figura 5

Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en la temperatura del concreto.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra la influencia del porcentaje de vidrio en la temperatura del concreto. Se observa una tendencia ascendente en la temperatura conforme aumenta la cantidad de vidrio en la mezcla. Con un 0% de vidrio, la temperatura registrada es de 23.6 °C. Al añadir un 5% de vidrio, la temperatura sube ligeramente a 23.7 °C. Con un 10% y 15% de vidrio, la temperatura alcanza los 23.8 °C.

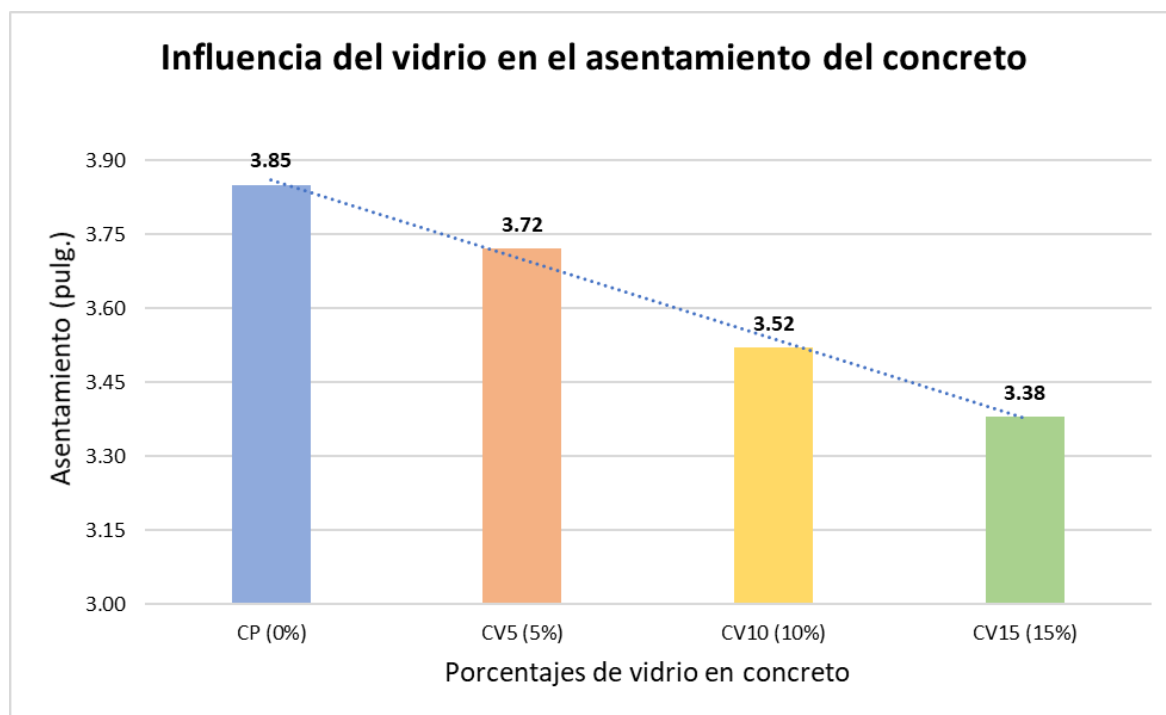
Esto sugiere que la incorporación de vidrio en el concreto puede estar asociada con un ligero incremento en la temperatura de la mezcla. Aunque las variaciones son pequeñas, el patrón es consistente, lo que indica que a mayor contenido de vidrio, hay una tendencia a que la temperatura del concreto aumente.

4.1.9.2. Influencia del vidrio en polvo en el asentamiento del concreto

En el siguiente gráfico se aprecia la influencia del vidrio en polvo como sustituto parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15% sobre el asentamiento del concreto en estado fresco:

Figura 6

Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en el asentamiento del concreto.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico ilustra cómo varía el asentamiento del concreto al incorporar diferentes porcentajes de vidrio molido como sustituto parcial del agregado fino. Se evidencia una tendencia decreciente en los valores de asentamiento a medida que aumenta el porcentaje de vidrio en la mezcla. El concreto patrón (sin vidrio, CP 0%) presenta un asentamiento de 3.85 pulgadas, lo cual es indicativo de una buena trabajabilidad. Sin embargo, al añadir un 5% de vidrio (CV5), el asentamiento disminuye a 3.72 pulgadas, lo que sugiere una ligera reducción en la fluidez de la mezcla. Esta tendencia continúa con el 10% de vidrio (CV10), donde el asentamiento baja a 3.52 pulgadas, y se acentúa aún más al alcanzar el 15% de vidrio (CV15), con un asentamiento de 3.38 pulgadas.

La reducción en el asentamiento con el aumento del contenido de vidrio en la mezcla sugiere que la presencia de vidrio molido afecta la consistencia del

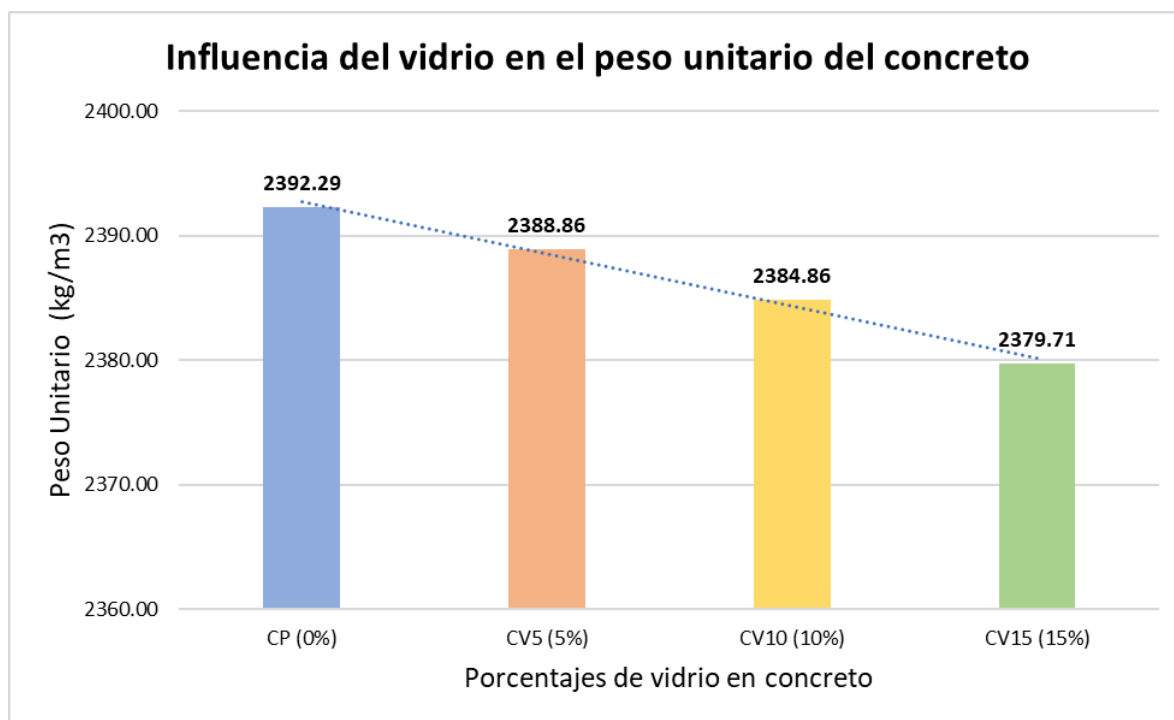
concreto, haciéndolo menos fluido y más rígido. Este efecto podría estar relacionado con las características físicas del vidrio molido, que podría interferir en la movilidad de la mezcla, reduciendo su trabajabilidad. Así, aunque el concreto con vidrio podría presentar beneficios en otras propiedades, como la resistencia, la disminución del asentamiento señala la necesidad de ajustar la mezcla o los métodos de colocación para mantener una trabajabilidad adecuada.

4.1.9.3. Influencia del vidrio en polvo en el peso unitario del concreto

En el siguiente gráfico se aprecia la influencia del vidrio en polvo como sustituto parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15% sobre el peso unitario del concreto en estado fresco:

Figura 7

Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en el peso unitario del concreto.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra la influencia del vidrio en el peso unitario del concreto con diferentes porcentajes de vidrio (0%, 5%, 10% y 15%). A medida que aumenta la cantidad de vidrio en la mezcla, el peso unitario del concreto disminuye de manera consistente. El concreto sin vidrio (CP) tiene el peso unitario más alto con 2392.29

kg/m³, mientras que el concreto con 15% de vidrio (CV15) presenta el peso unitario más bajo con 2379.71 kg/m³.

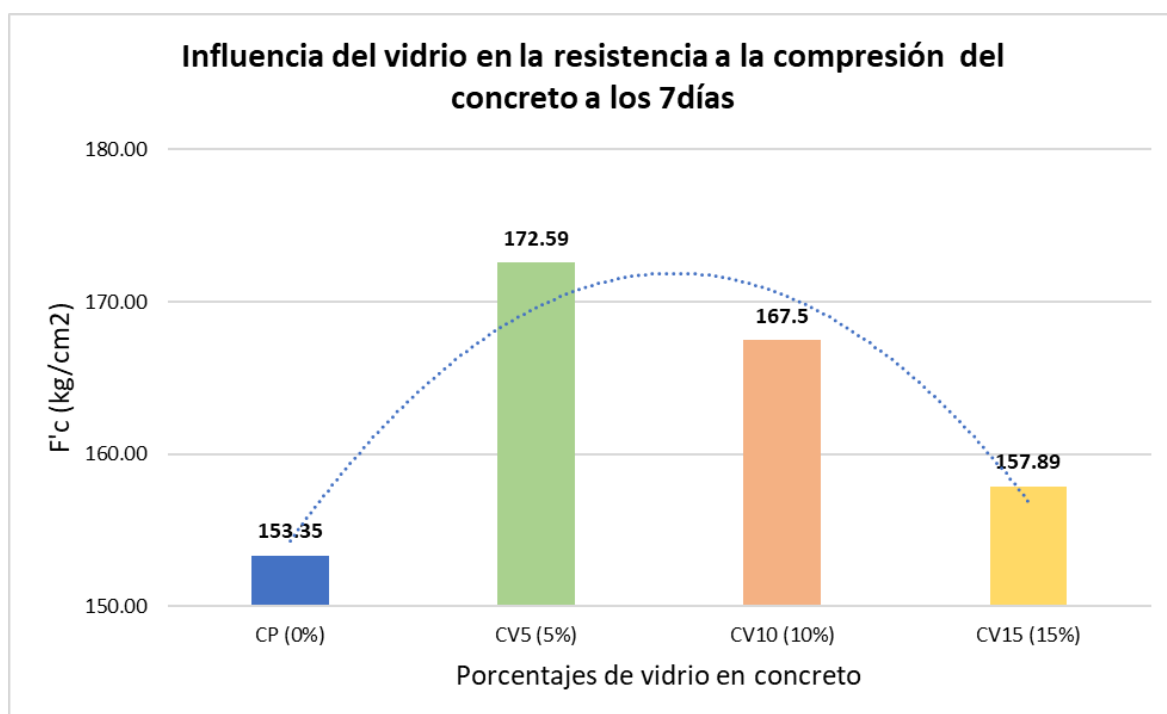
Esta tendencia sugiere que el uso de vidrio como reemplazo parcial del agregado fino en el concreto reduce su densidad. Esta reducción podría estar relacionada con cómo el vidrio en polvo afecta la forma en que la mezcla se compacta y se distribuye. La disminución en el peso unitario del concreto podría tener implicaciones para sus propiedades mecánicas y de durabilidad, ya que un menor peso unitario puede influir en la resistencia y en la porosidad del material.

4.1.9.4. Influencia del vidrio en polvo en la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días

En el siguiente gráfico se aprecia la influencia del vidrio en polvo como sustituto parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15% sobre la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 7 días:

Figura 8

Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en la resistencia a la compresión a los 7 días del concreto.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra la influencia del porcentaje de vidrio en la resistencia a la compresión del concreto a los 7 días. Se observa que el concreto con 5% de vidrio presenta la mayor resistencia, con un promedio de 172.59 kg/cm², superando al concreto sin vidrio que tiene una resistencia de 153.35 kg/cm². Este incremento sugiere que una pequeña proporción de vidrio puede mejorar significativamente la resistencia a la compresión del concreto, posiblemente debido a una mejor interacción entre el vidrio y el cemento.

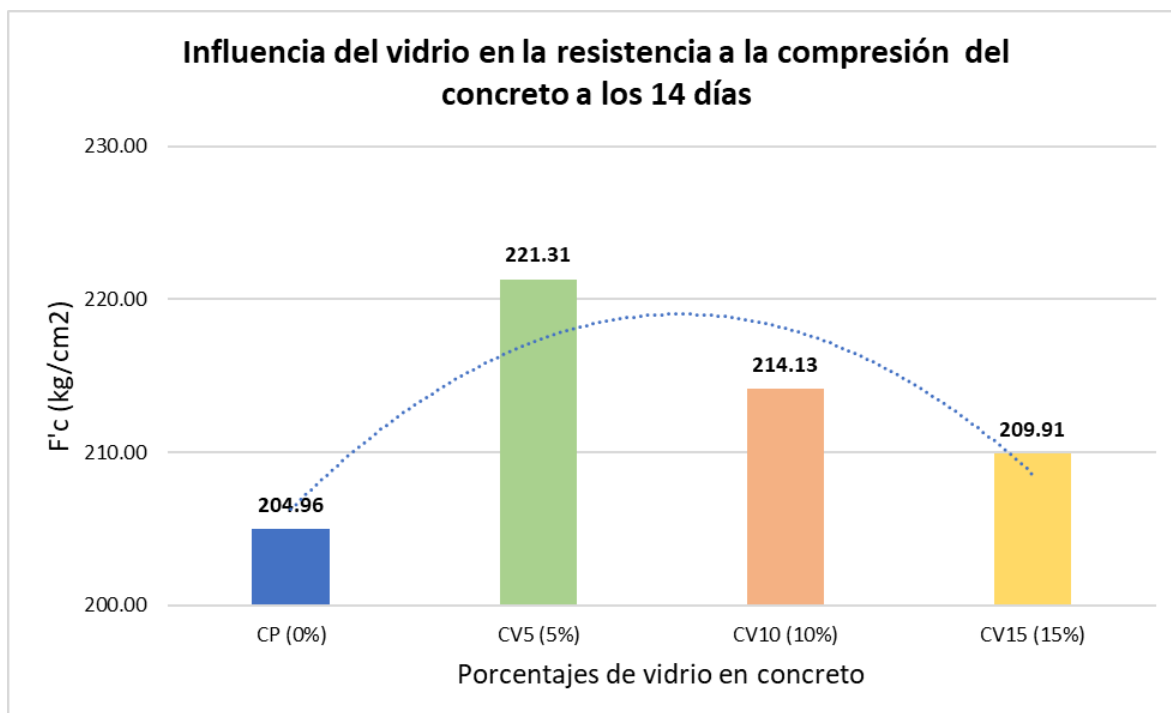
Sin embargo, al aumentar el contenido de vidrio al 10% y 15%, la resistencia a la compresión comienza a disminuir, alcanzando valores de 167.5 kg/cm² y 157.89 kg/cm², respectivamente. Este descenso indica que mayores proporciones de vidrio pueden afectar negativamente la resistencia, posiblemente debido a una menor cohesión y problemas en la distribución del vidrio en la mezcla.

4.1.9.5. Influencia del vidrio en polvo en la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días

En el siguiente gráfico se aprecia la influencia del vidrio en polvo como sustituto parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15% sobre la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 14 días:

Figura 9

Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en la resistencia a la compresión a los 14 días del concreto.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra la resistencia a la compresión del concreto a los 14 días en función de diferentes porcentajes de vidrio utilizados como reemplazo parcial del agregado fino. Se observa que el concreto con 5% de vidrio alcanza la mayor resistencia, con un promedio de 221.31 kg/cm², en comparación con el concreto sin vidrio que tiene una resistencia de 204.96 kg/cm². Este aumento, al igual que en el gráfico de 7 días, sugiere que una adición moderada de vidrio puede mejorar significativamente la resistencia a la compresión a los 14 días, posiblemente debido a una mejora en la interacción entre el vidrio y la matriz de cemento.

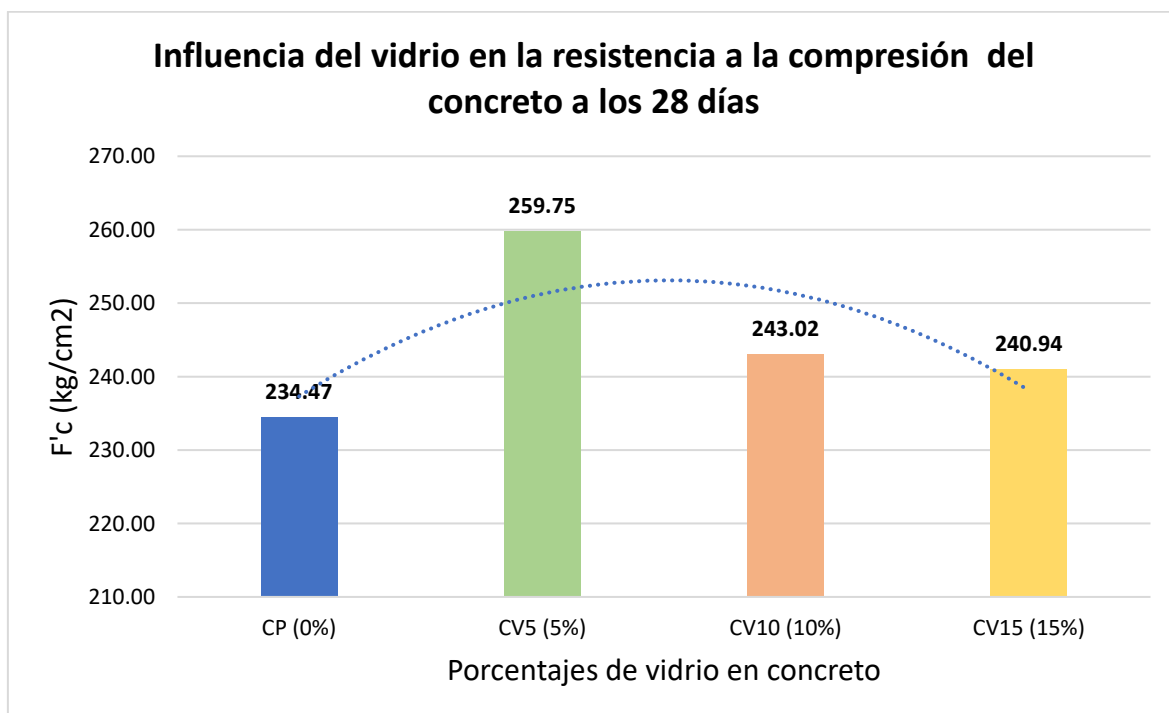
Por otro lado, cuando el porcentaje de vidrio se incrementa al 10% y 15%, la resistencia a la compresión muestra una ligera disminución, alcanzando 214.13 kg/cm² y 209.91 kg/cm², respectivamente. Esta tendencia indica que, aunque el concreto con 5% de vidrio obtiene el mejor rendimiento, mayores cantidades de vidrio pueden reducir la resistencia.

4.1.9.6. Influencia del vidrio en polvo en la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días

En el siguiente gráfico se aprecia la influencia del vidrio en polvo como sustituto parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15% sobre la resistencia a la compresión del concreto a una edad de 28 días:

Figura 10

Gráfico comparativo de la influencia del vidrio en la resistencia a la compresión a los 28 días del concreto.



Nota. Fuente: Elaboración propia.

El gráfico presenta la resistencia a la compresión del concreto a los 28 días en función de los distintos porcentajes de vidrio usados como reemplazo parcial del agregado fino. Se observa que el concreto con un 5% de vidrio alcanza la mayor resistencia, con un promedio de 259.75 kg/cm², superando al concreto sin vidrio, que tiene una resistencia de 234.47 kg/cm². Este aumento significativo indica que una proporción moderada de vidrio puede mejorar considerablemente la resistencia del concreto a los 28 días, sugiriendo una interacción beneficiosa entre el vidrio y la matriz de cemento.

En cambio, los concretos con 10% y 15% de vidrio muestran una leve disminución en la resistencia a la compresión, con valores de 243.02 kg/cm² y 240.94 kg/cm², respectivamente.

4.2. Docimasia de hipótesis

La docimasia de la hipótesis muestra que la sustitución del 5% del agregado fino por polvo de vidrio tiene un efecto positivo significativo en la resistencia a la compresión del concreto, con un incremento superior al 10% propuesto. Aunque el impacto en la temperatura, el asentamiento y el peso unitario del concreto es menor y no significativo, el aumento en la resistencia a la compresión valida la hipótesis principal. Los resultados sugieren que el polvo de vidrio como sustituto parcial del agregado fino es un aditivo beneficioso para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, con efectos marginales en otras propiedades físicas.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el objetivo de determinar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio según las Normas Técnicas Peruanas (NTP). En primer lugar, se realizó el análisis granulométrico del agregado fino, los resultados indicaron que el % que pasa del agregado se encuentra dentro de los límites establecidos por la NTP 400.037, además de contar con un módulo de finura de 2.88. Esta conformidad asegura que el tamaño de las partículas es adecuado para su uso en la mezcla de concreto, garantizando un desempeño óptimo en términos de trabajabilidad y cohesión. El peso unitario suelto del agregado fino revela una baja variabilidad entre las muestras, con solo una diferencia de 4.23 kg/m³ entre la muestra más alta y la más baja. Este resultado indica una buena precisión en las mediciones, lo que sugiere que el agregado tiene una distribución uniforme de densidad en estado suelto, según la NTP 400.017. Al compactar el agregado, el peso unitario aumentó, como era de esperarse, alcanzando valores de 1576.03 kg/m³. Este incremento es coherente con lo esperado, ya que la compactación reduce los vacíos entre las partículas y aumenta la densidad del material, un comportamiento que ha sido documentado por Hernández & Rojas (2021) en sus ensayos de peso unitario, obteniendo resultados similares y favorables en agregados finos, con un aproximado de 1586 kg/m³ en estado suelto y en estado compactado 1827 kg/m³, garantizando así una correcta reducción de vacíos. El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino reveló un porcentaje de absorción del 1.28%, lo que sugiere una capacidad moderada del agregado para absorber agua, una característica típica de agregados con cierta porosidad. Este comportamiento se ajusta a los parámetros establecidos en la NTP 400.022. Asimismo, el contenido de humedad del agregado fino se determinó en 0.69%, un valor considerado óptimo según la NTP 339.185, lo que refuerza la adecuación del material para su uso en concreto. En cuanto al agregado grueso, su análisis granulométrico confirmó que cumple con los requisitos del HUSO 67, situando el porcentaje que pasa dentro de los límites superior e inferior estipulados por la NTP 400.037 para un TMN de 1/2". Además, el ensayo de abrasión del agregado grueso, realizado mediante el método B (aplicable a material que pasa por el tamiz de 3/4" y se retiene en el de 1/2"), mostró un desgaste por abrasión del 16.47%. Este valor, inferior al 50% máximo permitido, indica que el

agregado cumple con los estándares establecidos en la norma, demostrando su resistencia al desgaste y su idoneidad para su uso en concreto. El peso unitario suelto del agregado grueso se registró en 1510.83 kg/m³, un valor que mostró consistencia entre las tres muestras analizadas, lo que sugiere una densidad uniforme del agregado en estado suelto. Al compactar el material, el peso unitario aumentó a 1704.48 kg/m³, indicando una alta consistencia en su compactación y densidad, lo que es favorable para aplicaciones que requieren estabilidad en el comportamiento del material. En el ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso, se obtuvo un porcentaje de absorción del 0.56%, lo cual es indicativo de buenas propiedades físicas, con baja capacidad de absorción de agua y una densidad relativamente alta, características que lo hacen adecuado para aplicaciones en construcción donde se requiere un material fuerte y duradero. El contenido de humedad promedio del agregado grueso se registró en 0.28%, un valor que se encuentra dentro de los estándares establecidos por la normativa aplicable. . El vidrio molido se preparó mediante un tamizado con el tamiz N°100, eliminando partículas grandes que pudieran afectar la mezcla, siguiendo las recomendaciones de Amaya y Aranque (2020), quienes en su investigación también hicieron uso de la malla N°100 (0.15mm) para reducir partículas evitando efectos negativos en sus mezclas con 5%, 10% 15%, 20% y 25% de vidrio.

Para el diseño de mezclas de concreto se empleó el método más comúnmente utilizado, el del ACI, específicamente la norma ACI 211. Este método se basa en cuadros empíricos obtenidos de ensayos realizados previamente, permitiendo calcular las cantidades de materiales necesarias por metro cúbico de concreto para alcanzar una resistencia a la compresión de diseño de $f'_c=210$ kg/cm². Una vez determinados los materiales por metro cúbico para el concreto patrón, se procedió a reemplazar el agregado fino con vidrio en proporciones del 5%, 10% y 15%, calculando así las cantidades requeridas para los diferentes diseños de mezcla. Se usó una relación agua cemento de 0.558, dando como resultado 386kg/m³ de cemento, 223.23 lts/m³ de agua, 926.16 kg/m³ de agregado grueso y 793.24 kg/m³ de agregado fino para el concreto patrón. Para los demás concretos solo reemplazamos el 5%, 10% y 15% de agregado fino con vidrio.

Para determinar las características de las mezclas en estado fresco primero se realizó el ensayo de asentamiento (slump) para evaluar la trabajabilidad de las mezclas con sustitución parcial de agregado fino por polvo de vidrio. Los resultados mostraron que a medida que aumentaba la cantidad de vidrio, el asentamiento disminuía. Específicamente, el asentamiento fue de 3.38" con 15% de vidrio molido, 3.52" con 10% y 3.72" con 5%, en comparación con 3.82" del concreto patrón. Esta tendencia se atribuye a la mayor rigidez de la mezcla debido a la finura del polvo de vidrio, lo que incrementa la cohesión pero aún permite una trabajabilidad adecuada, gracias a una correcta relación agua-material cementante. En el ensayo de temperatura del concreto fresco, se observó que no hubo variaciones significativas entre las diferentes mezclas. Los valores obtenidos fueron 23.7°C para la mezcla con 5% de vidrio, 23.8°C para la de 10%, y 22.8°C para la de 15%, mientras que el concreto patrón registró 23.6°C. Por otra parte, Amaya & Araque (2020), afirman que la temperatura del concreto se ve afectada de manera significativa por la inclusión de vidrio en polvo ya que al usar 3%, 5% y 8% de vidrio hubo un cambio significativo de 27,3°, 27,8° y 27,4°. El ensayo de peso unitario en estado fresco reveló una disminución progresiva del peso unitario a medida que aumentaba la cantidad de vidrio en la mezcla. El concreto patrón mostró un peso unitario de 2392.29 kg/m³, mientras que las mezclas con 5%, 10%, y 15% de vidrio en polvo presentaron valores de 2388.86 kg/m³, 2384.86 kg/m³, y 2379.71 kg/m³, respectivamente.

Para evaluar la resistencia a compresión de las mezclas de concreto, se realizaron ensayos a los 7, 14, y 28 días, siguiendo la norma NTP 339.034. A los 7 días, la resistencia promedio del concreto patrón fue de 153.35 kg/cm², equivalente al 72% de la resistencia requerida de 210 kg/cm². El concreto con 5% de sustitución de agregado fino por polvo de vidrio alcanzó una resistencia de 172.59 kg/cm² (83%), mientras que las mezclas con 10% y 15% de vidrio lograron 167.50 kg/cm² (80%) y 157.89 kg/cm² (76%), respectivamente. Estos resultados indican que la mezcla con 5% de vidrio mostró un aumento del 9% en resistencia comparado con el concreto patrón. A los 14 días, la resistencia del concreto patrón se incrementó a 204.96 kg/cm² (97%), mientras que la mezcla con 5% de vidrio alcanzó 221.31 kg/cm² (106%), la de 10% llegó a 214.13 kg/cm² (102%), y la de 15% alcanzó 209.91 kg/cm² (99%). De nuevo, la mezcla con 5% de vidrio mostró un mayor

incremento en resistencia. Finalmente, a los 28 días, la resistencia del concreto patrón fue de 234.47 kg/cm² (112%), mientras que la mezcla con 5% de vidrio alcanzó 259.75 kg/cm² (123%), la de 10% llegó a 243.02 kg/cm² (117%), y la de 15% alcanzó 240.94 kg/cm² (114%). Estos resultados confirman que la menor sustitución parcial (5%) de agregado fino por polvo de vidrio no solo mejoró la resistencia a compresión a corto plazo, sino que mantuvo su ventaja a largo plazo, como lo indicaron los resultados obtenidos por Paredes (2019), quien hizo mezclas con 15%, 20% y 25% de vidrio, dando como resultado para el de 15% una resistencia de 252 kg/cm², siendo 18% superior en comparación a los otros concretos, comprobando que a menor cantidad de vidrio, mayor resistencia.

Al realizar el análisis comparativo en los ensayos de nuestro concreto tenemos que en el ensayo de temperatura hay un aumento ligero, conforme más polvo de vidrio se le agrega la temperatura incrementa ligeramente, dándonos un resultado de 1.2° de diferencia entre el concreto con 15% de sustitución con polvo de vidrio comparándolo el concreto patrón, una cantidad que no afectaría a nuestro concreto. Al comparar nuestro asentamiento tenemos que la sustitución parcial del agregado fino por polvo de vidrio tiene un efecto claro en el concreto, reduciéndolo a medida que aumenta la proporción de vidrio. Asimismo, comparando los resultados del ensayo de peso unitario del concreto fresco, a medida que aumenta la proporción de vidrio en la mezcla, el peso unitario disminuye. Al realizar la comparación de la resistencia a compresión de nuestro concreto patrón, con sus variantes tenemos que, la adición de vidrio a la concreta mejora su resistencia a la compresión hasta cierto punto. El mejor rendimiento se obtiene con un 5% de vidrio en los 7, 14 y 28 días consecutivamente en comparación al concreto patrón y demás variantes, lo cual contrasta con lo señalado por León & Razuri (2020), quienes establecen que a menor % de vidrio, mayor resistencia probando esto con un concreto de 10% de VRFM con una resistencia de 294.80 kg/cm² a los 28 días, 19.1% mayor que las demás variantes con 15% y 20%

CONCLUSIONES

En conclusión, los ensayos realizados en el agregado grueso demuestran que este material cumple con todas las normativas técnicas necesarias para su uso en la construcción. El agregado grueso muestra una granulometría adecuada, una alta resistencia al desgaste, baja absorción de agua, y una densidad consistente tanto en estado suelto como compactado. Estas características lo convierten en un material fiable y adecuado para mezclas de concreto, asegurando una construcción duradera, estable y de alta calidad. También, los ensayos realizados a los agregados finos indican que el material cumple con los estándares establecidos por las Normas Técnicas Peruanas (NTP), lo que asegura su idoneidad para ser utilizado en mezclas de concreto. En conjunto, los agregados analizados aseguran una mezcla de concreto con buen comportamiento mecánico, estabilidad y durabilidad, lo que es esencial para obtener un concreto de alta calidad.

El uso de la norma ACI 211 en el diseño de mezclas de concreto permitió obtener una mezcla optimizada para alcanzar la resistencia deseada de $f'c=210$ kg/cm², superándola por 11%. Manteniendo una relación agua-cemento constante, se logró un equilibrio adecuado en la proporción de materiales. Al sustituir el agregado fino por vidrio en diferentes porcentajes, se demostró que es posible incorporar materiales alternativos sin comprometer la calidad y la integridad estructural del concreto. Esto subraya la viabilidad de prácticas más sostenibles en la construcción, manteniendo al mismo tiempo los estándares de rendimiento requeridos.

El análisis del asentamiento de las mezclas de concreto con sustitución parcial del agregado fino por polvo de vidrio muestra que a medida que se incrementa el porcentaje de vidrio, el asentamiento disminuye. Esto indica que la mezcla se vuelve más rígida con un mayor contenido de vidrio, lo cual se atribuye a la mayor finura del polvo de vidrio y al incremento de la cohesión en la mezcla. A pesar de esta rigidez adicional, la mezcla sigue siendo trabajable, gracias a una adecuada relación agua-material cementante.

El ensayo de temperatura del concreto y sus variantes con polvo de vidrio muestra que no hubo variaciones significativas en la temperatura entre las diferentes mezclas.

El ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco reveló que a medida que se incrementa el porcentaje de polvo de vidrio en la mezcla, el peso unitario disminuye. Los resultados indican que la incorporación de polvo de vidrio reduce ligeramente la densidad del concreto, lo cual es consistente con la tendencia observada y sugiere que el polvo de vidrio, al sustituir al agregado fino, influye en la reducción del peso unitario de la mezcla.

A lo largo del período de prueba de 28 días, el concreto con sustitución parcial del 5% del agregado fino mostró consistentemente el mejor desempeño en términos de resistencia a compresión en comparación con el concreto patrón y otras variantes. En contraste, el concreto con sustitución del 10% y del 15% con polvo de vidrio mostró mejoras menores en comparación con la variante del 5%, con incrementos en la resistencia que no fueron tan significativos en las pruebas a largo plazo. El concreto con el 15% de sustitución, en particular, presentó el menor aumento relativo en resistencia, sugiriendo que una mayor proporción de polvo de vidrio no contribuye de manera tan efectiva a la resistencia global del concreto como lo hace una sustitución del 5%, sin embargo todavía conserva una mejor resistencia que el concreto patrón. Es decir, el concreto con una sustitución parcial del 5% del agregado fino con polvo de vidrio no solo ofrece mejoras en la resistencia temprana, sino que también mantiene estas ventajas a lo largo del tiempo, siendo la opción más efectiva para optimizar la resistencia a compresión del concreto en comparación con las otras variantes y el concreto patrón.

El análisis comparativo indica que el concreto con una sustitución parcial del 5% de agregado fino por polvo de vidrio ofrece las mejores propiedades en términos de resistencia a compresión. A pesar de un ligero aumento en la temperatura con mayores proporciones de vidrio, este efecto es insignificante y no afecta negativamente el rendimiento del concreto. La reducción en el peso unitario puede ser beneficiosa para ciertas aplicaciones estructurales, mientras que un mayor porcentaje de vidrio, como el 10% o el 15%, no proporciona mejoras adicionales y puede incluso reducir la resistencia, confirmando la tendencia observada en estudios previos.

RECOMENDACIONES

Para mantener la calidad de la mezcla, se recomienda seguir el procedimiento establecido para eliminar partículas grandes mediante el tamiz N°100, que podrían afectar negativamente las propiedades del concreto. La sustitución de un 5% es la más efectiva para asegurar un buen rendimiento del concreto. Sin embargo, si se decide utilizar porcentajes mayores (20% o 30%), se debe evaluar la necesidad de ajustar otros parámetros de la mezcla, como la relación agua-cemento, para compensar cualquier posible efecto negativo en la resistencia o trabajabilidad del concreto.

La disminución en el asentamiento con el aumento del porcentaje de polvo de vidrio sugiere que la mezcla se vuelve más rígida. Para mantener una buena trabajabilidad, se recomienda ajustar la relación agua - cemento, especialmente cuando se usan mayores porcentajes de polvo de vidrio. Es importante realizar ensayos adicionales para determinar la cantidad óptima de agua necesaria para garantizar que la mezcla sea fácilmente trabajable sin comprometer la resistencia y durabilidad del concreto. Además, se debe considerar la posibilidad de utilizar aditivos plastificantes si se requiere mantener la trabajabilidad con altos contenidos de polvo de vidrio.

Para maximizar la resistencia a compresión del concreto, se recomienda realizar estudios comparativos adicionales en diferentes tipos de estructuras y condiciones de carga. También es útil realizar un seguimiento continuo del desempeño del concreto en proyectos reales para confirmar que los resultados de laboratorio se reflejan en condiciones de uso práctico. Además, considerar la posibilidad de combinar el polvo de vidrio con otros aditivos que puedan mejorar la resistencia y durabilidad del concreto podría proporcionar beneficios adicionales en aplicaciones específicas.

Aunque las variaciones de temperatura no fueron significativas, se recomienda implementar un control más estricto de la temperatura en condiciones extremas, como altas temperaturas ambientales o en mezclas de gran volumen. La utilización de retardadores o aceleradores de fraguado puede ayudar a gestionar el impacto de la temperatura en el tiempo de fraguado y las propiedades del concreto, asegurando un rendimiento óptimo en todas las condiciones.

Dado que el polvo de vidrio es un material reciclado, su uso en concreto puede contribuir a la sostenibilidad y a la reducción de desechos. Se recomienda promover el uso de polvo de vidrio como una alternativa ecológica en proyectos de construcción para reducir el impacto ambiental de los residuos de vidrio. Además, evaluar el ciclo de vida del concreto con polvo de vidrio puede proporcionar información sobre sus beneficios ambientales comparados con los métodos tradicionales de construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sánchez, D. (2021). Tecnología del concreto y del mortero (Décima ed.). Bhandar Editores LTDA.
- Abanto, F. (2019). Tecnología del Concreto (Quinta ed.). Editorial San Marcos.
- Harmsen, T. (2019). Diseño de estructuras de concreto armado. Fondo editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Amaya, C., & Araque, M. (2020). Estudio de las propiedades físico-mecánicas del concreto con incorporación de vidrio molido y análisis comparativo a partir de concreto con fibra de acero y concreto convencional. Villavicencio: Universidad Santo Tomás.
- Hernández, E., & Rojas, J. (2021). Estudio de la Resistencia a la compresión del concreto, con vidrio molido reciclado como sustituto parcial del agregado fino. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Paredes, A. (2019). Análisis de la resistencia a la compresión del concreto $F'c=210$ kg/cm² con adición de vidrio reciclado molido. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Anco, G., & Sarmiento, O. (2021). Influencia del vidrio molido reciclado como agregado fino para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- León, D., & Rázuri, D. (2020). Resistencia a la compresión de un concreto agregando vidrio finamente molido. Trujillo: Universidad César Vallejo.
- Cordero, G. D. (2022). Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI. Cúcuta: UFPS.
- Chávez, A. (2019). Influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto, Trujillo 2019. Trujillo: Universidad Privada del Norte.

- Segura Terrones, L. A., Sigüenza Abanto, R. W., Solar Jara, M. Á., & Zamora Mondragón, J. E. (2022). Efecto del uso de vidrio reciclado en el diseño de concreto. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(1), 179-192.
- Matos, R., Villarreal, R., & Ng Puga, K. (2023). Evaluación del concreto con vidrio reciclado molido como reemplazo parcial del agregado fino. *I+D Tecnológico*, 19. <https://doi.org/10.33412/idt.v19.1.3782>
- Vargas, D. (2019). Reutilización de vidrio plano como agregado fino en la elaboración de morteros de cemento y concretos. Cartago: Tecnológico de Costa Rica.
- Shetty, M., & Jain, A. (2020). *Agregados en el concreto* (2ª ed.). S. Chand Publishing.
- Shetty, M. S. (2020). *Tecnología del concreto* (9ª ed.). S. Chand Publishing.
- Li, Z. (2021). *Tecnología del concreto avanzada* (1ª ed.). Wiley.
- Neville, A. M. (2019). *Propiedades del concreto* (5ª ed.). Pearson Education.
- Folliard, K., Kosmatka, S., & Kerkhoff, B. (2021). *Diseño y control de mezclas de hormigón* (17ª ed.). Portland Cement Association.
- Gómez, J. A., & Rodríguez, M. (2021). *Economía circular y gestión de residuos: Teoría y práctica*. Editorial Académica Española.
- Castañeda, J., & Gómez, E. (2020). *Propiedades del concreto: Fundamentos y aplicaciones*. Editorial Universidad de la Sabana.
- Pérez, M., & Rodríguez, A. (2021). *Manual de tecnología del concreto: Agregados y mezclas*. Editorial Alfaomega.
- González, R., & Martínez, L. (2022). *Cemento y concreto: Ciencia y tecnología*. Editorial Díaz de Santos.
- Industrias Inoxrohl SAS. (s.f.). Proceso de obtención del vidrio. Recuperado el 16 de octubre, 2019, de <http://www.inoxrohl.com/ingenieria.html>

NTP 400.017. (2020). Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados.

NTP 400.019. (2020). Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Método de ensayo.

NTP 400.021. (2020). Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo.

NTP 400.022. (2024). AGREGADOS. Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo. 5ª Edición

NTP 339.035. (2022). Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico. Método de ensayo. 5ª Edición.

NTP 339.046. (2019). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 3a Edición.

NTP 339.184. (2022). Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado. Método de ensayo. 3a Edición.

NTP 339.185. (2021). Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. 3a Edición.

NTP 339.034. (2021). Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo. 5a Edición.

NTP 400.037. (2021). Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Edición.

American Concrete Institute. (2019). ACI 318-19: Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. American Concrete Institute.

Instituto Americano del Concreto. (2019). ACI 308R-16: Guía para el curado del concreto. Instituto Americano del Concreto.

ASTM International. (2018). ASTM C31/C31M-18: Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field. ASTM International.

American Concrete Institute. (2021). ACÍ Overview. Recuperado de <https://www.concrete.org>.

ANEXOS

Anexo 1

Visita a la cantera Cruz de David ubicada en centro poblado El Milagro.



Anexo 2

Recolección del agregado grueso de la cantera Cruz de David.

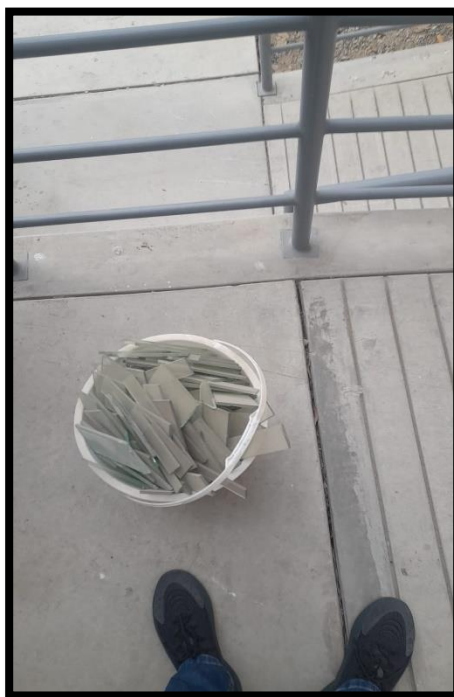


Anexo 3

Recolección del agregado fino de la cantera Cruz de David.

**Anexo4**

Recolección y traslado del vidrio.



Anexo 5

Trituradora industrial para moler el vidrio.



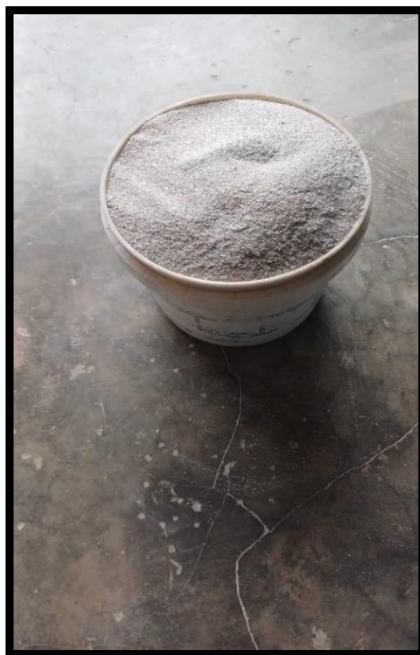
Anexo 6

Trituración del vidrio para convertirse en polvo.



Anexo 7

Resultado final de la trituración para obtener el polvo de vidrio.

**Anexo 8**

Tamizado del polvo de vidrio en el tamiz N°100.



Anexo 9

Muestra agregado grueso en el laboratorio.

**Anexo 10**

Muestra agregado fino en el laboratorio.

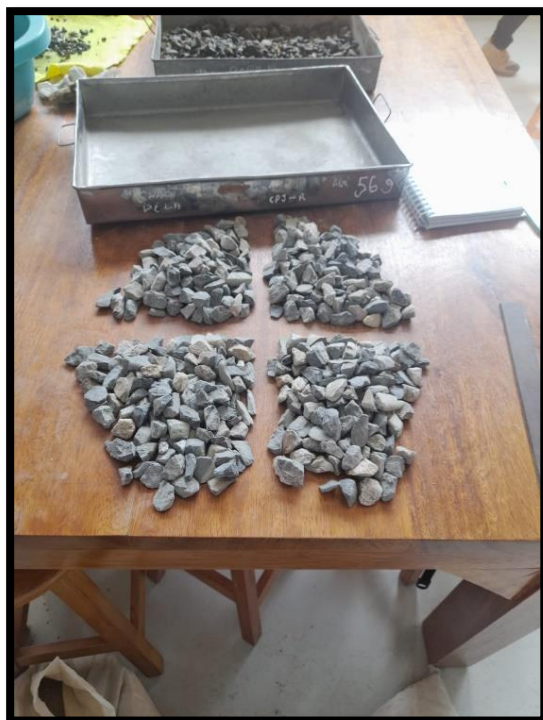


Anexo 11

Muestra polvo de vidrio luego de ser tamizado.

**Anexo 12**

Cuarteo del agregado grueso para ensayos.



Anexo 13

Cuarteo del agregado fino para ensayos.

**Anexo 14**

Ensayo de Abrasión de los Ángeles.



Anexo 15

Tamizado de agregado grueso para análisis granulométrico.

**Anexo 16**

Tamizado de agregado fino para análisis granulométrico.



Anexo 17

Colocado de los tamices en la tamizadora.

**Anexo 18**

Ensayo de peso específico del agregado fino.



Anexo 19

Colocado de la arena en un picnómetro para el ensayo del peso específico del agregado fino.

**Anexo 20**

Ensayo de peso específico del agregado grueso.



Anexo 21

Se realizaron 25 golpes por cada capa para el ensayo de peso unitario de agregados.

**Anexo 22**

Peso del agregado grueso para ensayo de peso unitario.

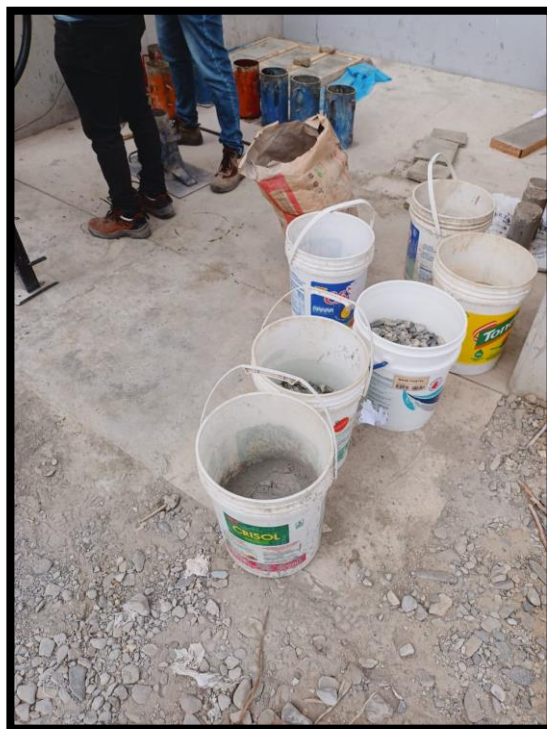


Anexo 23

Peso del agregado fino para el ensayo de peso unitario.

**Anexo 24**

Preparación de los materiales a emplear para la mezcla de concreto patrón.



Anexo 25

Mezcla de materiales en el trompo.

**Anexo 26**

Llenado del cono de Abrams para prueba de Slump.



Anexo 27

Prueba de Slump del concreto.

**Anexo 28**

Ensayo de peso unitario del concreto.



Anexo 29

Peso del recipiente más concreto compactado.

**Anexo 30**

Vaciado de probetas con concreto.



Anexo 31

Elaboración de probetas.

**Anexo 32**

Piscina de curado de probetas.



Anexo 33

Colocado de materiales para la mezcla de concreto más polvo de vidrio.

**Anexo 34**

Colocado de vidrio en polvo en mezcladora.



Anexo 35

Ensayo de Slump de mezcla de concreto con polvo de vidrio.

**Anexo 36**

Probetas con polvo de vidrio elaboradas.



Anexo 37

Colocado de probetas con polvo de vidrio en piscina de concreto.

**Anexo 38**

Curado de probetas en la piscina de curado.



Anexo 39

Colocado de probetas secas en la mesa de concreto para toma de medidas.

**Anexo 40**

Toma de medidas del diámetro de la probeta con el instrumento de medida Bernier.



Anexo 41

Ensayo de compresión de probeta con concreto patrón.

**Anexo 42**

Ensayo de compresión de probeta con concreto adicionando 5% de vidrio en prensa hidráulica.



Anexo 43

Ensayo de compresión de probeta con concreto adicionando 10% de vidrio en prensa hidráulica.

**Anexo 44**

Ensayo de compresión de probeta con concreto adicionando 15% de vidrio en prensa hidráulica.



Anexo 45

Resolución de inscripción del proyecto de tesis.



UPAO | Facultad de Ingeniería

Trujillo, 17 de mayo de 2024

RESOLUCIÓN N° 0831-2024-FI-UPAO

VISTO, el informe favorable del Jurado Evaluador del Proyecto de Tesis, titulado: **"INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS DE UN CONCRETO ADICIONANDO POLVO DE VIDRIO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO FINO EN 5%, 10% Y 15%"**, de los Bachilleres: **VÁSQUEZ CHÁVEZ, MIGUEL OMAR** y **VEJARANO JIMÉNEZ, CARLOS EDUARDO**, de la Carrera Profesional de Ingeniería Civil, y;

CONSIDERANDO:

Que, el Jurado Evaluador conformado por los señores docentes: **Ms. LUCIO MEDINA CARBAJAL**, Presidente; **Ms. CARMEN SANCHEZ MALPICA**, Secretario; **Ms. JOSE GALVEZ PAREDES**, Vocal; han revisado el Proyecto de Tesis, encontrándolo conforme;

Que, el Proyecto de Tesis ha sido elaborado conforme a las exigencias prescritas por el Reglamento de Grados y Títulos de Pregrado de la Universidad, el mismo que fue sometido a evaluación por el mencionado jurado evaluador, quien por acuerdo unánime recomendó su aprobación, tal como se desprende del informe elevado a la Facultad de Ingeniería;

Que, de acuerdo al Artículo 35° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad, el Proyecto de Tesis se inscribe en el libro de proyectos de tesis a cargo de la Secretaría Académica de la Facultad;

Estando al Estatuto de la Universidad, al Reglamento de Grados y Títulos la Universidad y a las atribuciones conferidas a éste Despacho;

SE RESUELVE:

PRIMERO: APROBAR la modalidad de titulación solicitada por los Bachilleres: **VÁSQUEZ CHÁVEZ, MIGUEL OMAR** y **VEJARANO JIMÉNEZ, CARLOS EDUARDO**, consistente en presentación, ejecución y sustentación de una **TESIS** para optar el título profesional de **INGENIERO CIVIL**.

SEGUNDO: APROBAR y DISPONER la inscripción del Proyecto de Tesis titulado: titulado: **"INFLUENCIA EN LAS CARACTERÍSTICAS DE UN CONCRETO ADICIONANDO POLVO DE VIDRIO CON SUSTITUCIÓN PARCIAL DEL AGREGADO FINO EN 5%, 10% Y 15%"**.

TERCERO: COMUNICAR a los Bachilleres que tienen un plazo máximo de **UN AÑO** para desarrollar y presentar su tesis, a cuyo vencimiento, se produce la caducidad del mismo, perdiendo el derecho exclusivo sobre el tema elegido.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.





Dr. Ángel Alanoca Quenta
DECANO

C. Copia
 Archivo
 Programa de Estudio de Ingeniería Civil
 Interesados
 A.A.Q.ºº Karlo

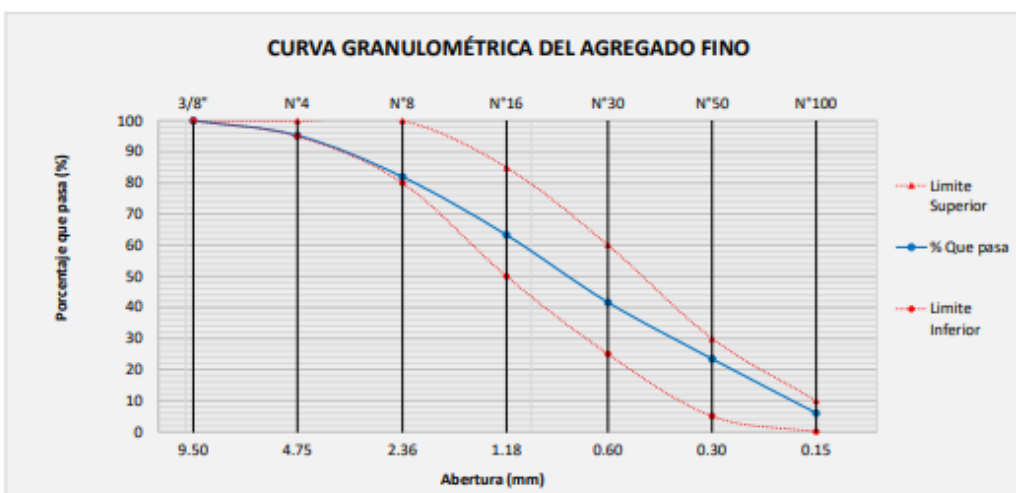
Anexo 46

Análisis granulométrico del agregado fino.

	<p>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 400.012 / ASTM C-136)</p>	
---	---	---

TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad
MATERIAL:	Agregado fino
PROCEDENCIA:	Cantera Cruz de David
FECHA:	Julio 2024



N° Malla	Abertura (mm)	P. Retenido (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Que Pasa	NTP 400.037
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
N° 4	4.75	30.20	4.72	4.72	95.28	95 - 100
N° 8	2.36	85.20	13.30	18.02	81.98	80 - 100
N° 16	1.18	119.90	18.72	36.74	63.26	50 - 100
N° 30	0.60	138.80	21.67	58.41	41.59	25 - 60
N° 50	0.30	116.10	18.13	76.53	23.47	5 - 30
N° 100	0.15	112.00	17.49	94.02	5.98	0 - 10
N° 200	0.08	22.50	3.51	97.53	2.47	-
<200	FONDO	15.80	2.47	100.00	0.00	-
TOTAL		640.50	100.00			
MF		2.88				



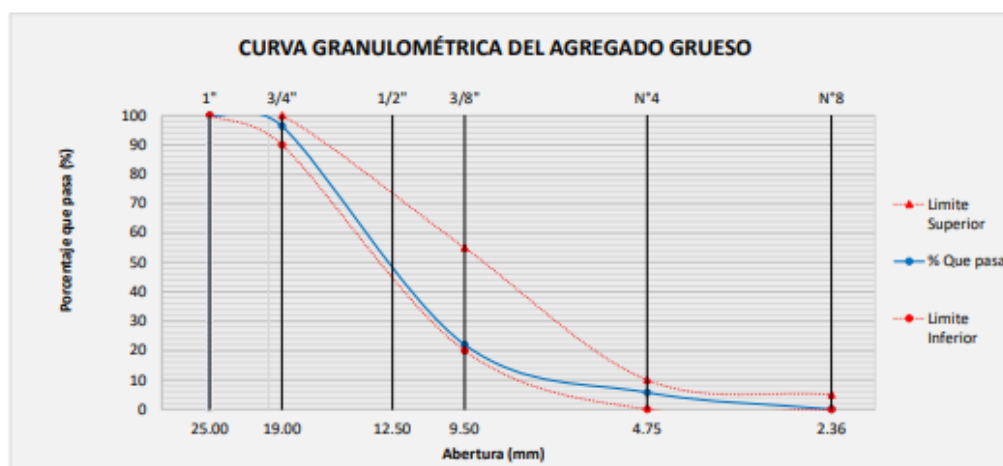

 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 47

Análisis granulométrico del agregado grueso.

 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (NTP 400.012 / ASTM C-136)		
TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR	
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"	
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad	
MATERIAL:	Agregado grueso	
PROCEDENCIA:	Cantera Cruz de David	
FECHA:	Julio 2024	

N° Malla	Abertura (mm)	P. Retenido (g)	% Ret. Parcial	% Ret. Acum.	% Que Pasa	HUSO 67
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/4"	19.00	187.30	3.65	3.65	96.35	90 - 100
1/2"	12.50	2743.50	53.41	57.06	42.94	-
3/8"	9.50	1073.50	20.90	77.96	22.04	20 - 55
N°4	4.75	840.30	16.36	94.32	5.68	0 - 10
BC	FONDO	292.00	5.68	100.00	0.00	-
TOTAL		5136.60	100.00			
TMN		1/2"				




 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 48

Ensayo de peso unitario del agregado fino.

		PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017)	
TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR		
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"		
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad		
MATERIAL:	Agregado fino		
PROCEDENCIA:	Cantera Cruz de David		
FECHA:	Julio 2024		
		 SOTO LEON, LUIS MIGUEL ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO ID: 000124238	

PESO UNITARIO SUELTO				
DESCRIPCIÓN	UND.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso recipiente + muestra suelta	kg	6.339	6.341	6.333
Peso recipiente	kg	3.091	3.091	3.091
Peso de la muestra en estado suelto	kg	3.248	3.251	3.242
Volumen del recipiente	m ³	0.0020602	0.0020602	0.0020602
Peso unitario suelto	kg/m ³	1576.59	1577.86	1573.63
Peso unitario suelto promedio	kg/m ³	1576.03		

PESO UNITARIO COMPACTADO				
DESCRIPCIÓN	UND.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso recipiente + muestra compactada	kg	6.839	6.827	6.824
Peso recipiente	kg	3.091	3.091	3.091
Peso de la muestra en estado compactado	kg	3.748	3.737	3.733
Volumen del recipiente	m ³	0.0020602	0.0020602	0.0020602
Peso unitario compactado	kg/m ³	1819.34	1813.66	1812.06
Peso unitario compactado promedio	kg/m ³	1815.02		

Anexo 49

Ensayo de peso unitario del agregado grueso.

		PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS (NTP 400.017)	
TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR		
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"		
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad		
MATERIAL:	Agregado Grueso		
PROCEDENCIA:	Cantera Cruz de David		
FECHA:	Julio 2024		
	 SOTO LEON, LUIS MIGUEL ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO ID: 000124238		

PESO UNITARIO SUELTO				
DESCRIPCIÓN	UND.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso recipiente + muestra suelta	kg	20.962	20.910	20.954
Peso recipiente	kg	7.105	7.105	7.105
Peso de la muestra en estado suelto	kg	13.857	13.806	13.850
Volumen del recipiente	m ³	0.0091588	0.0091588	0.0091588
Peso unitario suelto	kg/m ³	1512.96	1507.36	1512.18
Peso unitario suelto promedio	kg/m ³	1510.83		

PESO UNITARIO COMPACTADO				
DESCRIPCIÓN	UND.	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
Peso recipiente + muestra compactada	kg	22.713	22.722	22.712
Peso recipiente	kg	7.105	7.105	7.105
Peso de la muestra en estado compactado	kg	15.608	15.618	15.607
Volumen del recipiente	m ³	0.0091588	0.0091588	0.0091588
Peso unitario compactado	kg/m ³	1704.18	1705.22	1704.04
Peso unitario compactado promedio	kg/m ³	1704.48		

Anexo 50

Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)		
TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR	
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"	
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad	
MATERIAL:	Agregado fino	
PROCEDENCIA:	Cantera Cruz de David	
FECHA:	Julio 2024	

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA
A	Peso picnómetro + agua	gr	905.20
B	Peso de la muestra seca en horno	gr	493.70
C	Peso de la muestra SSS	gr	500.00
D	Peso picnómetro + agua + muestra	gr	1215.20
	Peso específico base seca = $B/(C-(D-A))$	gr/cm ³	2.60
	Peso específico base SSS = $C/(C-(D-A))$	gr/cm ³	2.63
	Peso específico aparente = $B/(B-(D-A))$	gr/cm ³	2.69
	% Absorción = $(C-B)*100/B$	%	1.28

SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 51

Ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso.

	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)	
TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR	
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"	
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad	
MATERIAL:	Agregado grueso	
PROCEDENCIA:	Cantera Cruz de David	
FECHA:	Julio 2024	

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA
A	Peso de la muestra SSS (al aire)	gr	3134.40
B	Peso de la muestra saturada en agua	gr	1994.30
C	Peso de la muestra seca en horno (al aire)	gr	3117.10
	Peso específico base seca = $C/(A-B)$	gr/cm ³	2.73
	Peso específico base SSS = $A/(A-B)$	gr/cm ³	2.75
	Peso específico aparente = $C/(C-B)$	gr/cm ³	2.78
	% Absorción = $(A-C)*100/C$	%	0.56


 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 52

Ensayo de contenido de humedad del agregado fino.



CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (NTP 339.185)		
TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR	
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"	
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad	
MATERIAL:	Agregado fino	
PROCEDENCIA:	Cantera Cruz de David	
FECHA:	Julio 2024	

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso recipiente	gr	194.60	93.40
Peso recipiente + arena húmeda	gr	1794.60	1393.40
Peso recipiente + arena seca	gr	1782.50	1385.50
Peso del agua contenida	gr	12.10	7.90
Peso de la arena húmeda	gr	1600.00	1300.00
Peso de la arena seca	gr	1587.90	1292.10
Contenido de humedad	%	0.76	0.61
Contenido de humedad promedio	%	0.69	


 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 53

Ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.

	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS (NTP 339.185)	
---	--	---

TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad
MATERIAL:	Agregado grueso
PROCEDENCIA:	Cantera Cruz de David
FECHA:	Julio 2024

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 1	MUESTRA 2
Peso recipiente	gr	166.70	188.50
Peso recipiente + piedra húmeda	gr	3767.90	3314.50
Peso recipiente + piedra seca	gr	3757.50	3306.00
Peso del agua contenida	gr	10.40	8.50
Peso de la piedra húmeda	gr	3601.20	3126.00
Peso de la piedra seca	gr	3590.80	3117.50
Contenido de humedad	%	0.29	0.27
Contenido de humedad promedio	%	0.28	


SOTO LEON, LUIS MIGUEL
ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
ID: 000124238

Anexo 54

Ensayo de peso unitario del concreto.

	PESO UNITARIO DEL CONCRETO (NTP 339.046)	
---	---	---

TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad
MATERIAL:	Concreto fresco
FECHA:	Julio 2024

TIPO DE MUESTRA	CONCRETO PATRÓN	CONCRETO CON 5% VIDRIO	CONCRETO CON 10% VIDRIO	CONCRETO CON 15% VIDRIO
FECHA DEL ENSAYO	27/06/2024	3/07/2024	11/07/2024	18/07/2024
	27/06/2024	3/07/2024	11/07/2024	18/07/2024
	28/06/2024	5/07/2024	15/07/2024	22/07/2024
	28/06/2024	5/07/2024	15/07/2024	22/07/2024
	2/07/2024	8/07/2024	16/07/2024	24/07/2024
VOLUMEN DEL MOLDE (M3)	0.007			
PESO DEL CONCRETO (KG)	16.75	16.72	16.68	16.69
	16.71	16.69	16.63	16.73
	16.74	16.77	16.71	16.71
	16.81	16.73	16.65	16.64
	16.72	16.70	16.62	16.70
PESO UNITARIO (KG/M3)	2392.86	2388.57	2382.86	2384.29
	2387.14	2384.29	2375.71	2390.14
	2391.43	2395.71	2387.14	2387.14
	2401.43	2390.14	2378.57	2377.14
	2388.57	2385.71	2374.29	2385.71
PESO UNITARIO PROMEDIO (KG/M3)	2392.29	2388.89	2379.71	2384.89


 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 55

Ensayo de temperatura del concreto.

	TEMPERATURA DEL CONCRETO (NTP 339.184)	
---	---	---

TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad
MATERIAL:	Concreto fresco
FECHA:	Julio 2024

TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	TEMPERATURA (°C)	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)
CONCRETO PATRÓN	CP	27/06/2024	23.6	23.6
		27/06/2024	23.6	
		28/06/2024	23.7	
		28/06/2024	23.7	
		2/07/2024	23.6	
CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	CV5	3/07/2024	23.7	23.7
		3/07/2024	23.6	
		5/07/2024	23.7	
		5/07/2024	23.6	
		8/07/2024	23.8	
CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	CV10	11/07/2024	23.8	23.8
		11/07/2024	23.7	
		15/07/2024	23.8	
		15/07/2024	23.7	
		16/07/2024	23.8	
CONCRETO DE 15% DE VIDRIO	CV15	18/07/2024	23.7	23.8
		18/07/2024	23.8	
		22/07/2024	23.7	
		22/07/2024	23.8	
		24/07/2024	23.8	


SOTO LEÓN, LUIS MIGUEL
ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
ID: 000124238

Anexo 56

Ensayo de asentamiento (slump) del concreto.

	ASENTAMIENTO (SLUMP) DEL CONCRETO (NTP 339.035)	
--	--	--



TESISTAS:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN:	Trujillo - La Libertad
MATERIAL:	Concreto fresco
FECHA:	Julio 2024

TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	ASENTAMIENTO (PULG.)	ASENTAM. PROMEDIO	ASENTAM. REQUERIDO
CONCRETO PATRÓN	CP	27/06/2024	3.87	3.85	3 a 4"
		27/06/2024	3.85		
		28/06/2024	3.84		
		28/06/2024	3.88		
		2/07/2024	3.80		
CONCRETO CON 5% DE VIDRIO	CV5	3/07/2024	3.71	3.72	3 a 4"
		3/07/2024	3.75		
		5/07/2024	3.73		
		5/07/2024	3.72		
		8/07/2024	3.70		
CONCRETO CON 10% DE VIDRIO	CV10	11/07/2024	3.54	3.52	3 a 4"
		11/07/2024	3.50		
		15/07/2024	3.52		
		15/07/2024	3.53		
		16/07/2024	3.49		
CONCRETO DE 15% DE VIDRIO	CV15	18/07/2024	3.41	3.38	3 a 4"
		18/07/2024	3.42		
		22/07/2024	3.33		
		22/07/2024	3.35		
		24/07/2024	3.41		

SOTO LEON, LUIS MIGUEL
ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
ID: 000124238

Anexo 57

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto patrón.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO	
NTP 339.031/ ASTM C-39	
	
TESISTAS :	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS :	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN :	Trujillo - La Libertad
ENSAYO :	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
FECHA :	Junio/Julio 2024


ELABORACION DE PROBETAS PARA CONCRETO PATRÓN

CODIGO DE MUESTRA	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	CARGA APLICADA (KN)	CARGA APLICADA (KG)	RESISTENCIA OBTENIDA (KG/CM2)	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM2)	% RESISTENCIA OBTENIDO	% MINIMO REQUERIDO
CP-1	27/06/2024	4/07/2024	7	15.20	30.03	181.47532	271.38	27138.36	149.54	210	71.21	65%
CP-2	27/06/2024	4/07/2024	7	15.25	30.07	182.75855	285.30	28530.12	156.11	210	74.34	65%
CP-3	27/06/2024	4/07/2024	7	15.03	30.05	177.52284	274.74	27473.90	154.76	210	73.70	65%
CP-4	27/06/2024	4/07/2024	7	15.17	30.07	180.73258	276.19	27618.59	152.81	210	72.77	65%
CP-5	27/06/2024	4/07/2024	7	15.26	30.08	182.93352	277.68	27768.13	151.79	210	72.28	65%
CP-6	27/06/2024	4/07/2024	7	15.14	30.05	179.92359	271.29	27128.74	150.78	210	71.80	65%
CP-7	27/06/2024	4/07/2024	7	15.04	30.02	177.70964	279.70	27970.08	157.39	210	74.95	65%
CP-8	27/06/2024	4/07/2024	7	15.16	30.08	180.46775	276.66	27666.00	153.30	210	73.00	65%
CP-9	27/06/2024	4/07/2024	7	15.23	30.07	182.08101	275.94	27593.89	151.55	210	72.17	65%
CP-10	27/06/2024	4/07/2024	7	15.02	30.11	177.26292	274.82	27482.29	155.04	210	73.83	65%
CP-11	27/06/2024	4/07/2024	7	15.28	30.09	183.31558	275.67	27566.77	150.38	210	71.61	65%
CP-12	28/06/2024	12/07/2024	14	15.07	30.05	178.32141	366.56	36655.59	205.56	210	97.89	90%
CP-13	28/06/2024	12/07/2024	14	15.18	30.12	180.95545	366.81	36681.08	202.71	210	96.53	90%
CP-14	28/06/2024	12/07/2024	14	15.21	30.05	181.69666	366.40	36640.09	201.66	210	96.03	90%
CP-15	28/06/2024	12/07/2024	14	15.14	30.10	179.95527	366.47	36647.32	203.65	210	96.97	90%
CP-16	28/06/2024	12/07/2024	14	14.97	30.06	176.11846	365.51	36551.08	207.54	210	98.83	90%
CP-17	28/06/2024	12/07/2024	14	15.01	30.08	177.06411	365.52	36551.74	206.43	210	98.30	90%
CP-18	28/06/2024	12/07/2024	14	15.25	30.04	182.57379	365.23	36523.19	200.05	210	95.26	90%
CP-19	28/06/2024	12/07/2024	14	15.19	30.11	181.32661	366.73	36672.58	202.25	210	96.31	90%
CP-20	28/06/2024	12/07/2024	14	15.11	30.07	179.37665	366.04	36604.21	204.06	210	97.17	90%
CP-21	28/06/2024	12/07/2024	14	15.23	30.11	182.25386	366.67	36667.50	201.19	210	95.80	90%
CP-22	28/06/2024	12/07/2024	14	15.06	30.05	178.23761	365.61	36560.70	205.12	210	97.68	90%
CP-23	2/07/2024	30/07/2024	28	15.16	30.09	180.50968	423.25	42324.54	234.47	210	111.65	99%
CP-24	2/07/2024	30/07/2024	28	15.21	30.07	181.75239	423.03	42303.07	232.75	210	110.83	99%
CP-25	2/07/2024	30/07/2024	28	14.97	30.09	176.00176	421.97	42196.50	239.75	210	114.17	99%
CP-26	2/07/2024	30/07/2024	28	14.99	30.03	176.49939	423.00	42299.53	239.66	210	114.12	99%
CP-27	2/07/2024	30/07/2024	28	14.98	30.09	176.35392	421.83	42182.93	239.19	210	113.90	99%
CP-28	2/07/2024	30/07/2024	28	15.04	30.12	177.57668	420.07	42006.99	236.56	210	112.65	99%
CP-29	2/07/2024	30/07/2024	28	15.19	30.03	181.2373	422.13	42213.12	232.92	210	110.91	99%
CP-30	2/07/2024	30/07/2024	28	15.05	30.12	177.89401	424.41	42441.48	238.58	210	113.61	99%
CP-31	2/07/2024	30/07/2024	28	15.20	30.10	181.36416	421.30	42130.11	232.30	210	110.62	99%
CP-32	2/07/2024	30/07/2024	28	15.12	30.04	179.44726	420.83	42083.00	234.51	210	111.67	99%
CP-33	2/07/2024	30/07/2024	28	15.01	30.07	176.85641	419.74	41973.90	237.33	210	113.02	99%


 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 58

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 5% de vidrio.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO	
NTP 339.031/ ASTM C-39	
	
TESISTAS :	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS :	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN :	Trujillo - La Libertad
ENSAYO :	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
FECHA :	Junio/Julio 2024



ELABORACION DE PROBETAS PARA CONCRETO CON 5% DE VIDRIO

CODIGO DE MUESTRA	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	CARGA APLICADA (KN)	CARGA APLICADA (KG)	RESISTENCIA OBTENIDA (KG/CM2)	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM2)	% RESISTENCIA OBTENIDO	% MINIMO REQUERIDO
CVS - 1	3/07/2024	10/07/2024	7	15.01	30.08	177.04396	312.00	31200.00	176.23	210	83.92	65%
CVS - 2	3/07/2024	10/07/2024	7	15.02	30.09	177.17041	316.50	31650.12	178.64	210	85.07	65%
CVS - 3	3/07/2024	10/07/2024	7	15.07	30.08	178.47986	312.90	31290.00	175.31	210	83.48	65%
CVS - 4	3/07/2024	10/07/2024	7	15.21	30.12	181.73559	310.30	31030.00	170.74	210	81.31	65%
CVS - 5	3/07/2024	10/07/2024	7	15.10	30.10	179.12342	316.58	31658.00	176.74	210	84.16	65%
CVS - 6	3/07/2024	10/07/2024	7	14.97	30.06	176.05593	302.49	30248.74	171.81	210	81.82	65%
CVS - 7	3/07/2024	10/07/2024	7	15.10	30.05	179.19168	310.90	31090.08	173.50	210	82.62	65%
CVS - 8	3/07/2024	10/07/2024	7	15.11	30.09	179.27311	307.86	30786.00	171.73	210	81.77	65%
CVS - 9	3/07/2024	10/07/2024	7	15.23	30.09	182.22994	307.14	30713.89	168.54	210	80.26	65%
CVS - 10	3/07/2024	10/07/2024	7	14.98	30.10	176.14893	314.50	31450.00	178.54	210	85.02	65%
CVS - 11	3/07/2024	10/07/2024	7	15.17	30.03	180.72598	306.87	30686.77	169.80	210	80.86	65%
CVS - 12	5/07/2024	19/07/2024	14	15.05	30.12	177.84784	397.76	39775.59	223.65	210	106.50	90%
CVS - 13	5/07/2024	19/07/2024	14	15.15	30.05	180.34854	398.01	39801.08	220.69	210	105.09	90%
CVS - 14	5/07/2024	19/07/2024	14	15.01	30.10	177.02971	397.60	39760.09	224.60	210	106.95	90%
CVS - 15	5/07/2024	19/07/2024	14	15.09	30.09	178.85904	397.67	39767.32	222.34	210	105.88	90%
CVS - 16	5/07/2024	19/07/2024	14	15.25	30.03	182.72294	396.71	39671.08	217.11	210	103.39	90%
CVS - 17	5/07/2024	19/07/2024	14	15.07	30.07	178.33044	396.72	39671.74	222.46	210	105.93	90%
CVS - 18	5/07/2024	19/07/2024	14	15.09	30.11	178.90818	396.43	39643.19	221.58	210	105.52	90%
CVS - 19	5/07/2024	19/07/2024	14	15.21	30.08	181.77906	397.93	39792.58	218.91	210	104.24	90%
CVS - 20	5/07/2024	19/07/2024	14	15.00	30.11	176.65224	397.24	39724.21	224.87	210	107.08	90%
CVS - 21	5/07/2024	19/07/2024	14	15.19	30.04	181.17103	397.87	39787.50	219.61	210	104.58	90%
CVS - 22	5/07/2024	19/07/2024	14	15.07	30.08	178.32595	396.81	39680.70	222.52	210	105.96	90%
CVS - 23	8/07/2024	5/08/2024	28	15.21	30.09	181.62736	454.45	45444.54	250.21	210	119.15	99%
CVS - 24	8/07/2024	5/08/2024	28	15.21	30.08	181.65337	454.23	45423.07	250.05	210	119.07	99%
CVS - 25	8/07/2024	5/08/2024	28	15.11	30.11	179.24671	453.17	45316.50	252.82	210	120.39	99%
CVS - 26	8/07/2024	5/08/2024	28	15.00	30.11	176.59962	454.20	45419.53	257.19	210	122.47	99%
CVS - 27	8/07/2024	5/08/2024	28	14.98	30.11	176.27505	453.03	45302.93	257.00	210	122.38	99%
CVS - 28	8/07/2024	5/08/2024	28	14.96	30.03	175.69401	471.11	47111.25	268.14	210	127.69	99%
CVS - 29	8/07/2024	5/08/2024	28	15.04	30.11	177.63667	469.58	46958.00	264.35	210	125.88	99%
CVS - 30	8/07/2024	5/08/2024	28	15.09	30.06	178.73272	478.96	47895.56	261.61	210	124.58	99%
CVS - 31	8/07/2024	5/08/2024	28	15.19	30.03	181.26554	479.87	47987.23	264.73	210	126.06	99%
CVS - 32	8/07/2024	5/08/2024	28	15.06	30.11	178.2093	468.91	46890.58	263.12	210	125.30	99%
CVS - 33	8/07/2024	5/08/2024	28	15.25	30.04	182.58268	473.79	47378.80	259.49	210	123.57	99%


 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 59

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 10% de vidrio.

RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO	
NTP 339.031/ ASTM C-39	
	
TESISTAS	: VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS	: "Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN	: Trujillo - La Libertad
ENSAYO	: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
FECHA	: Junio/Julio 2024



ELABORACION DE PROBETAS PARA CONCRETO CON 10% DE VIDRIO

CODIGO DE MUESTRA	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	CARGA APLICADA (KN)	CARGA APLICADA (KG)	RESISTENCIA OBTENIDA (KG/CM2)	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM2)	% RESISTENCIA OBTENIDO	% MINIMO REQUERIDO
CV10 - 1	11/07/2024	18/07/2024	7	15.14	30.06	179.91764	281.51	28151.29	156.47	210	74.51	65%
CV10 - 2	11/07/2024	18/07/2024	7	15.24	30.08	182.36643	285.57	28556.57	156.59	210	74.57	65%
CV10 - 3	11/07/2024	18/07/2024	7	15.24	30.09	182.33133	281.88	28188.26	154.60	210	73.62	65%
CV10 - 4	11/07/2024	18/07/2024	7	14.97	30.08	175.98642	285.49	28549.13	162.22	210	77.25	65%
CV10 - 5	11/07/2024	18/07/2024	7	14.96	30.06	175.74012	280.34	28034.42	159.52	210	75.96	65%
CV10 - 6	11/07/2024	18/07/2024	7	15.28	30.04	183.31428	282.80	28280.28	154.27	210	73.46	65%
CV10 - 7	11/07/2024	18/07/2024	7	14.98	30.07	176.35202	281.12	28112.11	159.41	210	75.91	65%
CV10 - 8	11/07/2024	18/07/2024	7	15.19	30.03	181.16779	280.21	28021.05	154.67	210	73.65	65%
CV10 - 9	11/07/2024	18/07/2024	7	15.06	30.12	178.06562	281.60	28160.31	158.15	210	75.31	65%
CV10 - 10	11/07/2024	18/07/2024	7	15.18	30.07	180.95917	282.73	28272.55	156.24	210	74.40	65%
CV10 - 11	11/07/2024	18/07/2024	7	15.02	30.05	177.08363	280.50	28049.98	158.40	210	75.43	65%
CV10 - 12	15/07/2024	29/07/2024	14	15.07	30.06	178.44615	381.56	38155.59	213.82	210	101.82	90%
CV10 - 13	15/07/2024	29/07/2024	14	15.18	30.07	181.0557	381.81	38181.08	210.88	210	100.42	90%
CV10 - 14	15/07/2024	29/07/2024	14	15.07	30.05	178.46674	381.40	38140.09	213.71	210	101.77	90%
CV10 - 15	15/07/2024	29/07/2024	14	15.08	30.08	178.68773	381.47	38147.32	213.49	210	101.66	90%
CV10 - 16	15/07/2024	29/07/2024	14	15.12	30.08	179.66954	380.51	38051.08	211.78	210	100.85	90%
CV10 - 17	15/07/2024	29/07/2024	14	15.26	30.08	182.98362	380.52	38051.74	207.95	210	99.02	90%
CV10 - 18	15/07/2024	29/07/2024	14	15.22	30.10	181.87055	380.23	38023.19	209.07	210	99.56	90%
CV10 - 19	15/07/2024	29/07/2024	14	15.01	30.08	176.85763	381.73	38172.58	215.84	210	102.78	90%
CV10 - 20	15/07/2024	29/07/2024	14	15.08	30.02	178.4942	381.04	38104.21	213.48	210	101.66	90%
CV10 - 21	15/07/2024	29/07/2024	14	15.05	30.05	177.90827	381.67	38167.50	214.53	210	102.16	90%
CV10 - 22	15/07/2024	29/07/2024	14	15.10	30.07	179.08562	380.61	38060.70	212.53	210	101.20	90%
CV10 - 23	16/07/2024	13/08/2024	28	15.24	30.12	182.37812	438.25	43824.54	240.29	210	114.43	99%
CV10 - 24	16/07/2024	13/08/2024	28	15.15	30.04	180.36401	438.03	43803.07	242.86	210	115.65	99%
CV10 - 25	16/07/2024	13/08/2024	28	15.19	30.05	181.28856	436.97	43696.50	241.03	210	114.78	99%
CV10 - 26	16/07/2024	13/08/2024	28	15.00	30.09	176.70445	438.00	43799.53	247.87	210	118.03	99%
CV10 - 27	16/07/2024	13/08/2024	28	15.13	30.03	179.86268	436.83	43682.93	242.87	210	115.65	99%
CV10 - 28	16/07/2024	13/08/2024	28	15.12	30.06	179.57166	435.07	43506.99	242.28	210	115.37	99%
CV10 - 29	16/07/2024	13/08/2024	28	15.05	30.08	177.93596	437.13	43713.12	245.67	210	116.98	99%
CV10 - 30	16/07/2024	13/08/2024	28	15.08	30.03	178.51256	439.41	43941.48	246.15	210	117.22	99%
CV10 - 31	16/07/2024	13/08/2024	28	15.18	30.06	180.90627	439.87	43987.00	243.15	210	115.78	99%
CV10 - 32	16/07/2024	13/08/2024	28	15.21	30.05	181.73761	441.06	44106.32	242.69	210	115.57	99%
CV10 - 33	16/07/2024	13/08/2024	28	14.97	30.08	175.98283	446.13	44613.30	253.51	210	120.72	99%


 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238

Anexo 60

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto con 15% de vidrio.

 <div style="text-align: center;"> <p>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS DE CONCRETO</p> <p>NTP 339.031/ ASTM C-39</p> </div> 
--

TESISTAS	:	VEJARANO JIMENEZ CARLOS EDUARDO VÁSQUEZ CHÁVEZ MIGUEL OMAR
TESIS	:	"Influencia en las características de un concreto adicionando polvo de vidrio con sustitución parcial del agregado fino en 5%, 10% y 15%"
UBICACIÓN	:	Trujillo - La Libertad
ENSAYO	:	Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.
FECHA	:	Junio/Julio 2024

ELABORACION DE PROBETAS PARA CONCRETO CON 15% DE VIDRIO

CODIGO DE MUESTRA	FECHA DE VACEADO	FECHA DE ENSAYO	EDAD (DIAS)	DIAMETRO (CM)	ALTURA (CM)	AREA (CM2)	CARGA APLICADA (KN)	CARGA APLICADA (KG)	RESISTENCIA OBTENIDA (KG/CM2)	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM2)	% RESISTENCIA OBTENIDO	% MINIMO REQUERIDO
CV15 - 1	18/07/2024	25/07/2024	7	15.25	30.04	182.58332	282.38	28238.36	154.66	210	73.65	65%
CV15 - 2	18/07/2024	25/07/2024	7	14.97	30.12	175.90471	296.30	29630.12	168.44	210	80.21	65%
CV15 - 3	18/07/2024	25/07/2024	7	15.15	30.07	180.17392	285.74	28573.90	158.59	210	75.52	65%
CV15 - 4	18/07/2024	25/07/2024	7	15.12	30.11	179.49334	287.19	28718.59	160.00	210	76.19	65%
CV15 - 5	18/07/2024	25/07/2024	7	14.99	30.07	176.53985	288.68	28868.13	163.52	210	77.87	65%
CV15 - 6	18/07/2024	25/07/2024	7	15.14	30.02	180.00882	282.29	28228.74	156.82	210	74.68	65%
CV15 - 7	18/07/2024	25/07/2024	7	15.21	30.05	181.79276	290.70	29070.08	159.91	210	76.15	65%
CV15 - 8	18/07/2024	25/07/2024	7	15.24	30.09	182.35027	287.66	28766.00	157.75	210	75.12	65%
CV15 - 9	18/07/2024	25/07/2024	7	15.19	30.06	181.1424	286.94	28693.89	158.41	210	75.43	65%
CV15 - 10	18/07/2024	25/07/2024	7	15.11	30.02	179.40253	285.82	28582.29	159.32	210	75.87	65%
CV15 - 11	18/07/2024	25/07/2024	7	15.17	30.04	180.83331	281.31	28131.12	155.56	210	74.08	65%
CV15 - 12	22/07/2024	5/08/2024	14	15.21	30.09	181.63092	377.56	37755.59	207.87	210	98.99	90%
CV15 - 13	22/07/2024	5/08/2024	14	15.16	30.08	180.41484	377.81	37781.08	209.41	210	99.72	90%
CV15 - 14	22/07/2024	5/08/2024	14	15.27	30.09	183.07638	377.40	37740.09	206.14	210	98.16	90%
CV15 - 15	22/07/2024	5/08/2024	14	15.18	30.07	180.95049	377.47	37747.32	208.61	210	99.34	90%
CV15 - 16	22/07/2024	5/08/2024	14	14.98	30.03	176.33637	376.51	37651.08	213.52	210	101.68	90%
CV15 - 17	22/07/2024	5/08/2024	14	15.21	30.10	181.62488	376.52	37651.74	207.30	210	98.72	90%
CV15 - 18	22/07/2024	5/08/2024	14	15.03	30.05	177.50346	376.23	37623.19	211.96	210	100.93	90%
CV15 - 19	22/07/2024	5/08/2024	14	15.17	30.07	180.6523	377.73	37772.58	209.09	210	99.57	90%
CV15 - 20	22/07/2024	5/08/2024	14	15.14	30.05	179.91996	377.04	37704.21	209.56	210	99.79	90%
CV15 - 21	22/07/2024	5/08/2024	14	15.22	30.04	181.97087	377.67	37767.50	207.55	210	98.83	90%
CV15 - 22	22/07/2024	5/08/2024	14	15.05	30.09	177.93083	376.61	37660.70	211.66	210	100.79	90%
CV15 - 23	24/07/2024	21/08/2024	28	14.98	30.07	176.19684	434.25	43424.54	246.45	210	117.36	99%
CV15 - 24	24/07/2024	21/08/2024	28	15.02	30.11	177.22618	434.03	43403.07	244.90	210	116.62	99%
CV15 - 25	24/07/2024	21/08/2024	28	14.97	30.08	176.03922	432.97	43296.50	245.95	210	117.12	99%
CV15 - 26	24/07/2024	21/08/2024	28	15.13	30.09	179.74486	434.00	43399.53	241.45	210	114.98	99%
CV15 - 27	24/07/2024	21/08/2024	28	15.23	30.03	182.28613	432.83	43282.93	237.45	210	113.07	99%
CV15 - 28	24/07/2024	21/08/2024	28	15.21	30.07	181.8037	431.07	43106.99	237.11	210	112.91	99%
CV15 - 29	24/07/2024	21/08/2024	28	15.12	30.04	179.57494	433.13	43313.12	241.20	210	114.86	99%
CV15 - 30	24/07/2024	21/08/2024	28	15.18	30.07	180.93867	435.41	43541.48	240.64	210	114.59	99%
CV15 - 31	24/07/2024	21/08/2024	28	15.05	30.05	177.813	432.30	43230.11	243.12	210	115.77	99%
CV15 - 32	24/07/2024	21/08/2024	28	15.18	30.03	180.96564	431.83	43183.00	238.63	210	113.63	99%
CV15 - 33	24/07/2024	21/08/2024	28	15.13	30.07	179.80261	430.74	43073.90	239.56	210	114.08	99%


 SOTO LEON, LUIS MIGUEL
 ING. RESPONSABLE LAB. CONCRETO
 ID: 000124238