

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023

Asesor:

Ph. D. Vásquez Ramírez, Abbon Alex

Autor:

Luna Ochoa, Daniela

Para optar el título profesional de: Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac - Perú

2025



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 037

En la ciudad de Abancay, a los 20 días del mes de junio del 2025, siendo las 11:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0469-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 11 de junio del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| Presidente : | MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel |
| Dictaminante : | Ing. Cayo Baca, Holguer |
| Replicante : | Mag. Saavedra Ore, Danilo |

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto $f_c=210\text{km/cm}^2$ en el Distrito de Abancay, 2023

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Luna Ochoa, Daniela

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

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

Por: Mayoría
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

| Bachiller (Apellidos y Nombres) | Calificación (**) |
|---------------------------------|-------------------|
| Luna Ochoa, Daniela | Aprobada |

Siendo las 12:40m horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel

Dictaminante: Ing. Cayo Baca, Holguer

Replicante: Mag. Saavedra Ore, Danilo

Abancay 02 de julio del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en las folios N° 337

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251665
Filial Andahuaylas, Juan Antonio Trellés N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

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




22% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 15%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 18%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

Metadatos

| Datos del autor | | |
|---|----|---|
| Nombres y Apellidos | : | Luna Ochoa Daniela |
| Tipo de Documento de identidad | : | DNI |
| Numero de Documento de identidad | : | 70753572 |
| URL ORCID | : | https://orcid.org/0009-0005-6986-5699 |
| Datos del Asesor | | |
| Nombres y apellidos | :: | Vásquez Ramírez Abbon Alex |
| Tipo de Documento de identidad | :: | DNI |
| Numero de Documento de identidad | :: | 06532658 |
| URL ORCID | :: | https://orcid.org/0000-0001-7299-5367 |
| Datos de la Investigación | | |
| Facultad | :: | Ingeniería |
| Escuela | :: | Ingeniería Civil |
| Línea de Investigación | :: | Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible |
| Rango de años que se realizó la investigación | :: | 2024 |
| Fuente de financiamiento | :: | Autofinanciado |
| Control de antiplagio (Turnitin) | :: | 22% |
| URL de OCDE | :: | https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01 |

Dedicatoria

A mis progenitores, por su afecto incondicional y su apoyo constante en cada instante de mi vida. Gracias por creer en mí y enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Este logro es tanto mío como suyo.

A mis amigos, por estar siempre a mi lado, brindándome su ánimo y compañía en los momentos más difíciles. Su amistad ha sido un pilar fundamental en mi vida.

A mi pareja, por su paciencia, comprensión y amor inagotable. Gracias por ser mi refugio y mi mayor motivación para seguir adelante.

Daniela Luna Ochoa

Agradecimiento

Deseo extender mi gratitud profunda a todos los involucrados e instituciones que hicieron posible la realización de esta tesis.

En primer lugar, agradezco a mi asesor, Ph.D Abbon Alex Vásquez Ramírez por su guía experta, sus valiosos consejos y su inquebrantable paciencia durante todo el proceso de investigación. Su dedicación y compromiso han sido esenciales para la culminación de este trabajo.

Resumen

El presente trabajo investigativo "Influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión (f'_c) y flexión (f_f) de un concreto $F'_c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023" analiza las características de los agregados afectan el concreto. El estudio aborda la relevancia de los áridos, que forman el 70% del volumen del concreto, y su impacto en las propiedades mecánicas y físicas del material endurecido. Objetivo general fue determinar la influencia del tamaño y forma de los agregados en las propiedades del concreto con una resistencia especificada de 210 kg/cm^2 . Metodología se empleó un enfoque cuantitativo, diseño experimental, de alcance correlacional, evaluando el (f'_c) y (f_f) del concreto evaluado en 3 canteras Murillo, Gamarra y Sahuinto. Resultados: Se encontró que los agregados de forma angular mejoran el (f'_c) y (f_f) llegando a la resistencia las Cantera Murillo: 307.09 kg-f/cm^2 , Cantera Gamarra: 314.60 kg-f/cm^2 , Cantera Sahuinto: 294.61 kg-f/cm^2 y la resistencia a flexión Cantera Murillo: 51.02 kg-f/cm^2 Cantera Gamarra: 48.13 kg-f/cm^2 y Cantera Sahuinto: 48.46 kg-f/cm^2 . Conclusión: Estas características permiten que el concreto constituido con áridos de la cantera Gamarra alcance un f'_c de 314.60 kg-f/cm^2 a los 28 días, superando la resistencia de diseño inicial de 210 kg-f/cm^2 , demostrando la alta calidad y adecuación de estos agregados para la fabricación de concreto de resistencia alta.

Palabras clave: agregados, propiedades, concreto.

Abstract

The present research work "Influence of Aggregate Shape on Compressive (f_c) and Flexural (f_f) Strength of Concrete $F_c=210\text{kg/cm}^2$ in Abancay District 2023" analyzed how aggregate characteristics affect concrete. The study addresses the importance of aggregates, which comprise 70% of concrete volume, and their impact on mechanical and physical properties of hardened concrete. The main objective was to determine the influence of aggregate size and shape on concrete properties with a specified strength of 210 kg/cm^2 . The methodology used a quantitative approach, non-experimental design, with correlational scope, evaluating concrete's (f_c) and (f_f) from 3 quarries: Murillo, Gamarra, and Sahuinto. Results: Angular-shaped aggregates improved (f_c) and (f_f), reaching strengths of - Murillo Quarry: 307.09 kg-f/cm^2 , Gamarra Quarry: 314.60 kg-f/cm^2 , Sahuinto Quarry: 294.61 kg-f/cm^2 , and flexural strength - Murillo Quarry: 51.02 kg-f/cm^2 , Gamarra Quarry: 48.13 kg-f/cm^2 , and Sahuinto Quarry: 48.46 kg-f/cm^2 . Conclusion: These characteristics allowed concrete made with Gamarra quarry aggregates to achieve f_c of 314.60 kg-f/cm^2 at 28 days, exceeding the initial design strength of 210 kg-f/cm^2 , demonstrating these aggregates' high quality and suitability for high-strength concrete production.

Keywords: aggregates, properties, concrete

Índice

| | |
|---|--------------|
| Portada..... | i |
| Acta de sustentación | ii |
| Reporte de similitud | iii |
| Metadatos..... | iv |
| Dedicatoria.... | v |
| Agradecimiento | vi |
| Resumen..... | vii |
| Abstract..... | viii |
| Índice general..... | ix |
| Índice de tablas | xi |
| Índice de figuras | vxiii |
| I. Introducción..... | 20 |
| II. Planteamiento del problema | 22 |
| 2.1. Descripción y Formulación del problema | 22 |
| Problema general | 24 |
| Problemas específicos..... | 25 |
| 2.2. Objetivos | 25 |
| 2.2.1. Objetivo general | 25 |
| 2.2.2. Objetivos específicos | 25 |
| 2.3. Justificación e importancia | 25 |
| 2.4 Hipótesis | 26 |
| 2.5. Variables..... | 27 |
| III. Marco Teórico..... | 29 |

| | |
|--|------------|
| 3.1. Antecedentes | 29 |
| 3.2. Bases teóricas | 36 |
| 3.3. Definición de términos | 53 |
| IV. Metodología..... | 56 |
| 4.1. Tipo y nivel de investigación | 56 |
| 4.2. Ámbito temporal y espacial..... | 56 |
| 4.3. Población y muestra | 57 |
| 4.4. Instrumentos | 57 |
| 4.5. Procedimientos: | 58 |
| 4.6. Análisis de datos..... | 65 |
| 4.7. Consideraciones éticas | 66 |
| V. Resultados y discusiones | 67 |
| 5.1. Resultados..... | 67 |
| 5.2. Prueba de hipótesis | 151 |
| 5.3. Discusión | 153 |
| VI. Conclusiones..... | 156 |
| VII. Recomendaciones..... | 159 |
| VIII. Referencias..... | 160 |

Índice de tablas

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Tamaño y designación de tamices ASTM | 40 |
| Tabla 2 | Clasificación de partículas según su forma..... | 42 |
| Tabla 3 | Clasificación de la textura superficial de los agregados | 43 |
| Tabla 4 | Composición química de los cementos (% en masa | 44 |
| Tabla 5 | Norma nacional NTP e internacional ASTM..... | 58 |
| Tabla 6 | Tolerancia de tiempo de ensayo..... | 62 |
| Tabla 7 | Análisis granulométrico del agregado grueso Cantera Murillo | 67 |
| Tabla 8 | Análisis granulométrico agregado fino Cantera Murillo | 68 |
| Tabla 9 | Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado grueso Cantera Murillo..... | 69 |
| Tabla 10 | Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso Cantera Murillo | 69 |
| Tabla 11 | Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado fino Cantera Murillo.. | 70 |
| Tabla 12 | Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino Cantera Murillo..... | 71 |
| Tabla 13 | Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado grueso Cantera Murillo..... | 71 |
| Tabla 14 | Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado fino Cantera Murillo..... | 72 |
| Tabla 15 | Contenido de humedad del agregado grueso Cantera Murillo..... | 72 |
| Tabla 16 | Contenido de humedad del agregado Cantera Murillo | 73 |
| Tabla 17 | Cantidad de material fino que pasa el tamiz n ° 200 del agregado grueso Cantera Murillo..... | 73 |
| Tabla 18 | Cantidad de material fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado fino Cantera Murillo..... | 74 |
| Tabla 19 | Partículas chatas y alargadas en agregados cantera Murillo..... | 74 |
| Tabla 20 | Porcentaje de Partículas fracturadas cantera Murillo..... | 75 |

| | |
|--|----|
| Tabla 21 Diseño de mezcla para un concreto con resistencia a la compresión de 210kg/cm ² | 76 |
| Tabla 22 Diseño del agregado grueso Cantera Murillo | 76 |
| Tabla 23 Diseño del agregado fino Cantera Murillo | 77 |
| Tabla 24 Procesamiento del diseño de mezcla Cantera Murillo | 78 |
| Tabla 25 Volumen absolutos Cantera Murillo | 79 |
| Tabla 26 Contenido de agregado fino Cantera Murillo | 80 |
| Tabla 27 Valores de diseño Cantera Murillo | 81 |
| Tabla 28 Corrección por humedad de agregado fino y grueso húmedo Cantera Murillo.. | 82 |
| Tabla 29 Pesos corregidos por humedad Cantera Murillo | 82 |
| Tabla 30 Cantidad de materiales y proporción usados en la Cantera Murillo..... | 83 |
| Tabla 31 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso Cantera Gamarra .. | 85 |
| Tabla 32 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino Cantera Gamarra..... | 86 |
| Tabla 33 Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado grueso Cantera Gamarra... .. | 87 |
| Tabla 34 Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso Cantera Gamarra..... | 87 |
| Tabla 35 Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado fino Cantera Gamarra | 88 |
| Tabla 36 Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino Cantera Gamarra..... | 89 |
| Tabla 37 Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado grueso Cantera Gamarra..... | 89 |
| Tabla 38 Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado fino Cantera Gamarra... .. | 90 |
| Tabla 39 Contenido de humedad del agregado grueso Cantera Gamarra..... | 90 |
| Tabla 40 Contenido de humedad del agregado fino Cantera Gamarra | 91 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 41 Cantidad de material fino que pasa el tamiz del agregado grueso Cantera Gamarra..... | 91 |
| Tabla 42 Cantidad de material fino que pasa el tamiz del agregado fino Cantera Gamarra..... | 92 |
| Tabla 43 Partículas chatas y alargadas en agregados cantera Gamarra | 93 |
| Tabla 44 Porcentajes de partículas fracturadas cantera Gamarra..... | 94 |
| Tabla 45 Diseño de mezcla por el método agregado grueso y fino Cantera Gamarra..... | 94 |
| Tabla 46 Datos de diseño del agregado grueso Cantera Gamarra | 95 |
| Tabla 47 Datos de diseño del agregado fino Cantera Gamarra..... | 96 |
| Tabla 48 Procesamiento del diseño de mezcla Cantera Gamarra | 97 |
| Tabla 49 Volúmenes absolutos de materiales usados en el diseño de mezcla Cantera Gamarra..... | 98 |
| Tabla 50 Contenido de agregado fino Cantera Gamarra..... | 99 |
| Tabla 51 Valores de diseño de mezcla Cantera Gamarra | 100 |
| Tabla 52 Corrección por humedad del agregado fino y grueso Cantera Gamarra..... | 101 |
| Tabla 53 Pesos corregidos por humedad Cantera Gamarra | 102 |
| Tabla 54 Cantidad de materiales y proporción | 103 |
| Tabla 55 Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso Cantera Sahuinto | 104 |
| Tabla 56 Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino Cantera Sahuinto | 105 |
| Tabla 57 Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado grueso Cantera Sahuinto..... | 106 |
| Tabla 58 Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso Cantera Sahuinto | 107 |
| Tabla 59 Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado fino Cantera Sahuinto..... | 108 |
| Tabla 60 Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino Cantera Sahuinto..... | 108 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 61 Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado grueso Cantera Sahuinto..... | 109 |
| Tabla 62 Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado fino Cantera Sahuinto..... | 109 |
| Tabla 63 Contenido de humedad del agregado grueso Cantera Sahuinto..... | 110 |
| Tabla 64 Contenido de humedad del agregado fino Cantera Sahuinto..... | 111 |
| Tabla 65 Cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso Cantera Sahuinto..... | 111 |
| Tabla 66 Porcentaje de fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino Cantera Sahuinto..... | 112 |
| Tabla 67 Partículas Chatas y alargadas en agregados cantera Sahuinto | 113 |
| Tabla 68 Porcentaje de partículas fracturadas..... | 113 |
| Tabla 69 Diseño de mezcla para un concreto con resistencia a la compresión de 210kg/cm ² Cantera Sahuinto | 114 |
| Tabla 70 Datos de diseño del agregado grueso Cantera Sahuinto | 115 |
| Tabla 71 Datos de diseño del agregado fino Cantera Sahuinto | 115 |
| Tabla 72 Procesamiento del diseño de mezcla Cantera Sahuinto | 116 |
| Tabla 73 Volumen absolutos Cantera Sahuinto | 117 |
| Tabla 74 Contenido de agregado fino Cantera Sahuinto | 118 |
| Tabla 75 Valores de diseño Cantera Sahuinto | 118 |
| Tabla 76 Corrección por humedad del agregado grueso y fino Cantera Sahuinto..... | 119 |
| Tabla 77 Pesos corregidos por humedad Cantera Sahuinto | 119 |
| Tabla 78 Cantidad de materiales y proporción Cantera Sahuinto..... | 120 |
| Tabla 79 Medición temperatura del agregado grueso: Cantera Murillo | 120 |
| Tabla 80 Medición de asentamiento del agregado grueso Cantera Murillo..... | 121 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 81 Ensayo de peso unitario del concreto fresco Cantera Murillo | 121 |
| Tabla 82 Medición de contenido de aire Cantera Murillo | 122 |
| Tabla 83 Medición de temperatura Cantera Gamarra | 122 |
| Tabla 84 Medición de asentamiento Cantera Gamarra | 123 |
| Tabla 85 Unitario del concreto fresco Cantera Gamarra | 123 |
| Tabla 86 Medición de contenido de aire Cantera Gamarra..... | 124 |
| Tabla 87 Medicación temperatura del agregado grueso Cantera Sahuinto..... | 124 |
| Tabla 88 Medición de asentamiento Cantera Sahuinto..... | 125 |
| Tabla 89 Unitario del concreto fresco Cantera Sahuinto | 125 |
| Tabla 90 Medición de contenido de aire Cantera Sahuinto | 126 |
| Tabla 91 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 7 días – Cantera Murillo..... | 129 |
| Tabla 92 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 7 días – Cantera Gamarra..... | 129 |
| Tabla 93 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 7 días – Cantera Sahuinto..... | 130 |
| Tabla 94 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 14 días – Cantera Murillo..... | 130 |
| Tabla 95 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 14 días – Cantera Gamarra..... | 131 |
| Tabla 96 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 14 días – Cantera Sahuinto..... | 131 |
| Tabla 97 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 28 días – Cantera Murillo..... | 132 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 98 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 28 días – Cantera Gamarra..... | 132 |
| Tabla 99 Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 28 días – Cantera Sahuinto..... | 133 |
| Tabla 100 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 7 días - Cantera Murillo..... | 133 |
| Tabla 101 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 7 días - Cantera R. Gamarra..... | 134 |
| Tabla 102 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 7 días - Cantera Sahuinto..... | 134 |
| Tabla 103 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 14 días - Cantera Murillo..... | 135 |
| Tabla 104 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 14 días - Cantera R. Gamarra..... | 135 |
| Tabla 105 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 14 días - Cantera Sahuinto..... | 136 |
| Tabla 106 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 28 días - Cantera Murillo..... | 136 |
| Tabla 107 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 28 días - Cantera R. Gamarra..... | 137 |
| Tabla 108 Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 28 días - Cantera Sahuinto..... | 137 |
| Tabla 109 Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Murillo..... | 139 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 110 Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera Gamarra..... | 140 |
| Tabla 111 Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Sahuinto..... | 141 |
| Tabla 112 Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Murillo..... | 142 |
| Tabla 113 Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera Gamarra..... | 143 |
| Tabla 114 Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Sahuinto..... | 144 |
| Tabla 115 Consolidado comparativo sobre la resistencia a la compresión de probetas a los 28 días de las tres canteras..... | 145 |
| Tabla 116 Consolidado comparativo sobre la resistencia a flexión de probetas a los 28 días de las tres canteras..... | 147 |
| Tabla 117 Objetivo General..... | 149 |

Índice de figuras

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 1 | Forma de los granos | 42 |
| Figura 2 | Representación del ensayo de resistencia a compresión del concreto. | 45 |
| Figura 3 | Análisis granulométrico agregado grueso Cantera Murillo | 67 |
| Figura 4 | Análisis granulométrico por tamizado de agregado fino | 68 |
| Figura 5 | Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso Cantera Gamarra . | 85 |
| Figura 6 | Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino Cantera Gamarra..... | 86 |
| Figura 7 | Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso Cantera Sahuinto . | 105 |
| Figura 8 | Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino | 106 |
| Figura 9 | Comparación de edades | 138 |
| Figura 10 | Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera Murillo..... | 139 |
| Figura 11 | Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera Gamarra..... | 140 |
| Figura 12 | Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Sahuinto..... | 141 |
| Figura 13 | Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera Murillo..... | 142 |
| Figura 14 | Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera Gamarra..... | 143 |
| Figura 15 | Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Sahuinto..... | 144 |
| Figura 16 | Consolidado comparativo sobre la resistencia a la compresión de probetas a los 28 días de las tres canteras..... | 146 |

| | |
|--|-----|
| Figura 17 Consolidado comparativo sobre la resistencia a flexión de probetas a los 28 días de las tres canteras | 148 |
| Figura 18 ObjetivoGeneral | 151 |

I. Introducción

El concreto representa un componente fundamental en las obras a nivel mundial debido a su versatilidad, durabilidad y costo relativamente bajo. La calidad de este sigue varios parámetros, entre los cuales destacan los agregados. Los agregados se dividen en dos categorías principales: gruesos y finos (piedra triturada o grava, y arena). Este estudio se enfoca en los agregados gruesos y su influencia en las características del hormigón endurecido con un f'_c de 210 kg/cm² en el distrito de Abancay, 2023.

El distrito de Abancay, ubicado en la región Apurímac de Perú, presenta condiciones geográficas y climáticas específicas que pueden influir en la disponibilidad y calidad de los agregados. En esta región, la selección adecuada de los agregados es esencial para lograr una adecuada durabilidad del concreto utilizado en las construcciones locales. La presente tesis se desarrolló sobre la influencia del tamaño y la forma de los áridos en el concreto endurecido es vital para optimizar su uso y mejorar las prácticas de construcción en Abancay, y consta de los capítulos:

En el I desarrollaremos la realidad problemática, objetivos, justificación, delimitaciones de la investigación. La falta de antecedentes sobre la influencia de estos elementos en el concreto endurecido dificulta la optimización de las mezclas, afectando la durabilidad y resistencia estructural de las construcciones locales.

En el II se desarrolló el marco de teorías donde se describe los antecedentes que son estudios previos que han demostrado que la forma y tamaño de los áridos influyen significativamente en el concreto (Propiedades), las bases teóricas determinaron que el concreto es combinación de áridos, H₂O y cementos. Los agregados gruesos y finos forman el esqueleto del concreto y su selección influye en la calidad final del material.

En el III desarrollaremos la metodología donde se utilizará un enfoque no experimental para evaluar diferentes combinaciones de tamaños y formas de agregados. Se

prepararán muestras de concreto con variaciones controladas en los agregados y se realizarán ensayos de f'_c y trabajabilidad. La población del estudio incluye todas las posibles combinaciones de formas de agregados disponibles en Abancay. Se selecciono una muestra representativa para realizar los ensayos.

En el IV se presentaron los hallazgos de las pruebas de f'_c y trabajabilidad. Se analizarán las diferencias observadas en función del tamaño y forma de los agregados, discutiendo las implicaciones de estos hallazgos para la práctica de la construcción en Abancay.

En el V se resumieron las conclusiones, destacando la óptima combinación de áridos para obtener concreto de alta calidad. Se proporcionarán recomendaciones para la selección y uso de agregados en la construcción local, así como sugerencias para futuras investigaciones en esta área.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y Formulación del problema

El concreto es el material de construcción más común a nivel mundial. Su fabricación, traslado y uso implica la intervención de numerosos expertos en distintas áreas, desde profesionales de campo hasta académicos y personal de laboratorio. Esta extensa participación conlleva un amplio rango de posibles errores, lo cual puede derivar en la obtención de concreto de calidad deficiente (Orozco, 2018).

“Los materiales granulares ocupan una proporción significativa del volumen del concreto y juegan un papel esencial en su fabricación, influyendo de manera importante tanto en el comportamiento del concreto recién mezclado como en sus características una vez que ha endurecido” (Muñoz , 2021). Sin embargo, este problema no se limita a criterios técnicos más aplicados por parte de profesionales, sino también a criterios aplicados por parte de personas que realizan construcciones, mayormente viviendas familiares, de manera empírica, elevando de manera significativa el riesgo ante un eventual desastre que comprometa los cimientos de las mismas. Esto es evidente en América Latina; pues, la vivienda informal por autoconstrucción alcanza niveles de hasta un 32%, tipología recurrente cuya tendencia se debe a la desigualdad social propia de estas naciones (Vergara, et al. 2022).

El Perú tiene una tendencia a la autoconstrucción de estructuras, especialmente viviendas, que puede responder a las condiciones de desigualdad económica con las que convive la población; esto, lejos de ser una justificación, resulta preocupante tomando en cuenta que nuestro país es constantemente azotado por numerosos fenómenos naturales que ponen en peligro estas construcciones; pero estas no solo se ven vulnerables por las condiciones externas sino también por condiciones que se gestan desde antes del propio proceso de construcción. Pues, es sabido que la falla de las estructuras hechas de concreto

se debe al uso de un ingrediente de baja calidad que se usa directamente sin probar sus propiedades y sin estudiar su idoneidad en la producción de diferentes grados de mezcla de concreto (Khadka y Mishra, 2022).

“A nivel nacional se estimó hasta el año 2019, que cada año se construyen 50 mil viviendas informales en la capital, esto a través de la autoconstrucción, y solo 21 mil viviendas formales por parte de empresas privadas” (Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios, 2019). A su vez, de acuerdo a estimaciones del (MVCS), alrededor del 70% de las edificaciones en el Perú se realiza de manera informal; y en Lima Metropolitana, alrededor del 68.5% de las viviendas que fueron construidas entre los años 2007 y 2014 son informales (Centro Terwiliger de Innovación en Vivienda, 2019).

“A su vez, para el 2020, el porcentaje de viviendas que no cumplían con los requerimientos básicos para albergar de manera adecuada a las familias alcanzó un 11.2% de hogares, que representan a 1'054,692 hogares” (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2021).

Estos datos son preocupantes considerando que el país tiende a sufrir fenómenos naturales ante eventuales sismos o huaicos, corriendo el riesgo de desplomarse o dañarse severamente; nivel de vulnerabilidad que llega a afectar al 60% de círculos familiares que viven en casas no seguras; esto a su vez, genera que se ponga en riesgo hasta el 70% de la inversión de toda la vida de una familia; pues solo el 30% se destina a la construcción de las estructuras (Centro Terwiliger de Innovación en Vivienda, 2019).

El distrito de Abancay no está libre de este tipo de carencias técnicas y de calidad en los insumos para la elaboración del concreto. A ello se suman las condiciones climáticas que presenta la ciudad como constantes lluvias, huaicos y suelos cuyas características no son adecuadas para la construcción de viviendas u otro tipo de edificaciones. Se tiene conocimiento de la falta de criterios técnicos con los que se construyen muchas viviendas en

la ciudad, se busca determinar dentro de los parámetros más importantes que definen la calidad de la construcción, identificando la influencia del tamaño y la estructura de los áridos sobre las características del hormigón simple endurecido, teniendo en cuenta la procedencia de los agregados del sector Pachachaca.

En Pachachaca, Abancay, los agregados utilizados en la producción de concreto presentan características heterogéneas en cuanto a su tamaño y forma, lo cual impacta directamente en las propiedades del concreto al endurecer. El f'_c y f_f del concreto (con un $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$) depende en gran medida de las propiedades de los agregados, ya que estos constituyen entre el 60% y el 80% del volumen. Sin embargo, se ha observado que los agregados del área de Pachachaca presentan irregularidades que pueden afectar la compacidad y la adherencia en la mezcla, alterando el desempeño mecánico final del concreto.

Uno de los elementos que incide en esta problemática es la variabilidad en el tamaño y forma de los áridos, que puede ocasionar una distribución irregular en la matriz del concreto, generando zonas de menor densidad y puntos de concentración de esfuerzos. Agregados con formas angulares o irregulares tienden a dificultar la trabajabilidad de la mezcla, lo que puede llevar a una compactación deficiente y a la aparición de vacíos en el material endurecido. Por otro lado, un tamaño inadecuado de los agregados, con una distribución granulométrica poco uniforme, impacta en la homogeneidad del concreto y reduce las capacidades para resistir cargas compresivas y flexivas de manera uniforme.

2.1.1 Problema general

¿Cuál es la Influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023?

1.1.2 Problemas específicos

a) ¿Cuál es la Influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023?

b) ¿Cuál es la Influencia de la forma de los agregados en la resistencia flexión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023?

2.2.Objetivos

2.2.1. Objetivo general

Analizar la Influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023.

2.2.2. Objetivos específicos

a) Determinar la Influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023.

b) Identificar la Influencia de la forma de los agregados en la resistencia flexión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023.

2.3.Justificación e importancia

La presente tesis cuenta con una justificación práctica pues a través de la clasificación de los áridos gruesos y finos se determinará el efecto del tamaño y estructura de estos en las características del concreto endurecido, a fin de obtener un criterio de diseño más idóneo para las mezclas de concreto y brindar data válida sobre la índole de los áridos para la optimización de obras.

Metodológica reside en la aplicación de los lineamientos de la NTP y criterios internacionales para la ejecución de pruebas en laboratorio; en ese sentido, para responder a los problemas planteados, se desarrolla una metodología no experimental de enfoque cuantitativo y de alcance explicativo, de manera que se constituya en un soporte para futuras investigaciones en el sentido procedimental del estudio.

Por último, la justificación teórica se basa en que el presente estudio permitirá identificar los efectos que las distintas formas y tamaños de los áridos extraídos de las canteras de cantera Murillo, Sahuinto y Gamarra la ciudad de Abancay y utilizadas en las obras de Abancay, tienen en sus edificaciones; lo cual, también brindará conocimiento de la calidad de los áridos según las (NTP): 400,012,2013.

La presente tesis es importante ya que podemos conocer la influencia del tamaño y estructura de los áridos en las características del hormigón endurecido con un $f'c$ de 210 kg/cm^2 es de suma importancia en el área de la ingeniería civil, particularmente en el contexto del distrito de Abancay. La relevancia de esta investigación se fundamenta en varios aspectos clave:

En primer lugar, la resistencia del concreto está directamente afectada por las propiedades de los áridos. La selección adecuada de estos materiales puede mejorar significativamente la resistencia del concreto, garantizando estructuras más duraderas y seguras.

Por otra parte, los agregados también afectan la durabilidad del concreto frente a factores ambientales y cargas mecánicas. La utilización de agregados con las propiedades adecuadas puede incrementar la resistencia al desgaste y prolongar la vida útil de las obras, lo cual es particularmente relevante en zonas con condiciones climáticas adversas como Abancay.

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

Existe influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023.

2.4.2. Hipótesis Específicas

a) Existe influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023.

b) Existe influencia de la forma de los agregados en la resistencia a flexión de un concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay 2023.

2.5. Variables

Variable independiente

Forma de los agregados: son materiales particulados de naturaleza inorgánica, que pueden ser naturales o artificiales, y cuyas dimensiones se ajustan a los parámetros establecidos NTP.400.011.

Variable dependiente

Propiedades del concreto: Según Riva (2000), aspectos abarcan como su durabilidad, resistencia mecánica, elasticidad, volumétricos cambios, impermeabilidad, al desgaste resistencia y la cavitación, así como térmicas características, acústicas y estéticas.

Tabla 1*Matriz de operacionalización*

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Instrumento |
|--|---|---|---|---|--|
| Independiente Forma de los agregados | Natural o artificial, el grupo de partículas inorgánicas tiene dimensiones establecidas según la normativa NTP.400.011. | Se evalúa la forma de los agregados y cómo influyen estas en el concreto simple endurecido | Forma de los agregados | Redondeadas o cantos rodados generalmente procedentes de ríos en las que por rozamiento se eliminan las partes salientes de las mismas Angulosas que son las que presentan ángulos, aristas vivas y superficies más o menos planas, procedentes generalmente de trituraciones; Planas o laminares | NTP 400.017 Norma E. 060 ASTM C 1157 |
| Dependiente Resistencia a compresión y flexión | Las mecánicas resistencias, la durabilidad, elásticas propiedades, de volumen cambios, la impermeabilidad, al desgaste resistencia, a la cavitación resistencia, térmicas y acústicas propiedades y la apariencia son, según Riva (2000), las más relevantes propiedades del concreto cuando se endurece, | Propiedades del concreto en función a la resistencia a compresión, flexión y el módulo de elasticidad | Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión | Predominan dos dimensiones sobre la tercera y aciculares que son las que predomina una dimensión sobre las otras dos dando lugar a agregados en forma de agujas. La resistencia a la compresión se determina a partir de ensayos de laboratorio en probetas estándar cargadas axialmente. Este ensayo se utiliza para monitorear la resistencia del concreto tanto para el control de la calidad como para la aceptación del concreto fabricado. Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento | ASTM C39 Norma E060 fichas técnicas |

Nota. Esta matriz permite establecer la correspondencia entre las variables experimentales y las normas técnicas aplicables, asegurando la validez técnica y reproducibilidad del estudio.

III. Marco Teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel internacional

Konitufe et al. (2023) Desarrollaron una investigación titulada “Influencia de las dimensiones y la forma de los áridos en el $f'c$ ”. El objetivo fue investigar el efecto de las dimensiones y estructuras de los áridos gruesos sobre el $f'c$. La metodología cuantitativa (enfoque), de experimento (diseño), se usaron seis tamaños de áridos gruesos tanto angulares como redondeados con los que se fabricaron probetas de hormigón. Los resultados demostraron que bajo las mismas condiciones de curado y relación a/c, el $f'c$ del hormigón producido tanto con áridos angulares como redondeados, aumentaba en proporción al tamaño del árido, hasta un tamaño de 14 mm; aunque, se alcanzó mayor valor con el árido angular con un valor de 27.58 N/mm² frente a 25.88 N/mm² que se alcanzó con el árido redondeado, ambos con tamaño de 14 mm y a los 28 días de curado; además, el modelo predictivo de $f'c$ del árido grueso redondeado a partir del árido grueso angular tiene un coeficiente de determinación R^2 de 0.9566, y en cuanto mayor sea el valor de R^2 , mejor se ajustará el modelo de los datos. Se concluyó que los agregados gruesos con formas angulares produjeron hormigones con mejor $f'c$ que los áridos gruesos con forma redondeada.

Reza et al. (2020) Elaboraron un estudio titulado “Efectos de la temperatura de secado y la forma de los áridos en el $f'c$: experimentos y técnicas de minería de datos”. El objetivo fue evaluar el impacto de la geometría y el tamaño del agregado, así como la temperatura de secado en el $f'c$ del concreto ordinario. La metodología aplicada fue de diseño experimental, cuantitativa (enfoque), análisis mediante Regresión Lineal Múltiple (MLR), Análisis de Sensibilidad de Taguchi (TSA) y Análisis de Árbol de Decisión (DTA). Los resultados mostraron que hubo un pequeño impacto en el $f'c$ para los áridos de tamaño 10 y 20 en la geometría de esquina aguda, pero al usar el tamaño 30 del árido, este impacto

fue significativo, aumentando de un aproximado en (N) de 60000 según el análisis experimental, a un aproximado de 100000; además, a medida que se redujo la temperatura de secado, el $f'c$ también aumentó; a temperatura de 10°C el valor de resistencia aumento a un aproximado en N de 85000 según el análisis de regresión de primer orden, de un valor aproximado de casi 60000 a temperatura de 30°C . Se concluyó que, de acuerdo a las técnicas AT y DTA, el factor más importante que afecta el $f'c$ del hormigón es el tamaño del árido, con un impacto de 47.02% y 51.38% respectivamente; a su vez, la temperatura de secado tuvo varias veces mayor efecto que la geometría de los áridos, con una relación de eficacia de 2.69 y 2.8 según TA y DTA respectivamente.

Gora y Szafraniec (2020) realizaron un estudio titulado “Incidencia del TMN del árido en las características de resistencia y módulo elástico del concreto”. El objetivo fue analizar la incidencia del TMN en las propiedades básicas de resistencia y deformación del hormigón. La metodología fue de diseño experimental, enfoque cuantitativo, con granulometrías máximas de 8 mm, 16 mm y 31.5 mm. Los resultados mostraron que la diferencia entre los valores extremos de $f't$ por hendimiento fue de 1.73 MPa y $f't$ por hendimiento del hormigón GC2/31.5 fue un 34.5% inferior a la resistencia del hormigón GC2/8, diferencia que en la prueba ANOVA confirmó, con valor de $p=5.6 \times 10^{-9} < 0.05$, demostrando diferencia estadísticamente significativa clara y fuerte; por otro lado, la diferencia entre los valores extremos del módulo de elasticidad fue de 0.8 GPa, con el valor más alto para GC2/8, solo un 1% más alto que el módulo de elasticidad más bajo para el hormigón GC2/31.5; con valor $p=0.43 > 0.05$, demostrándose la diferencia estadísticamente insignificante; a su vez, se obtuvo una correlación muy fuerte ($r=0.91$) entre $f't$ por hendimiento de los hormigones y el valor de aplastamiento del agregado (ACV), cuyo coeficiente más bajo está en el GC2/8; también se encontró una correlación fuerte entre $f'c$ y los valores ACV ($r=0.84$); el hormigón GC2/8 obtuvo un índice de fragilidad de 0.09,

superior a las otras dos muestras. El estudio determinó que la resistencia no depende únicamente del TMN, sino que también está relacionada con qué tan resistente es el agregado a ser aplastado. Sin embargo, esto no aplica al módulo de elasticidad. También se encontró que conforme aumenta las dimensiones del agregado, los hormigones evaluados se vuelven más frágiles.

Huang et ál. (2020) Realizaron una investigación titulada “Efecto de la estructura del árido grueso en las resistencias de los hormigones hidráulicos”. El objetivo fue cuantificar cómo incide la forma del árido grueso en las resistencias de los hormigones hidráulicos. La metodología fue cuantitativa y experimental; la muestra se compuso por 30 muestras de piedra; escamosa (S1), pequeña piedra escamosa (S2), piedra medianamente maciza (S3) y pequeña piedra maciza (S4) de las cuales se obtuvo el agregado grueso en 100% escamoso (A1), 50% entre escamoso y masivo (A2) y 100% masivo (A3). Los resultados detallaron que el $f'c$ difiere significativamente entre los tres áridos cuando la relación a/c es de 0.33; a los 60 días de curado, $f'c$ del hormigón se elevó hasta los 56 MPa en el agregado A3, 53 MPa en el agregado A2 y 50.4 MPa en el agregado A1, ello con una relación a/c de 0.33; a diferencia de la relación de 0.5 que no mostró diferencias significativas entre los tres áridos. El comportamiento fue similar en la resistencia a la rotura por tracción; pues, a los 60 días se logró un valor de 5.6 MPa en el agregado A3, mientras que los otros dos lograron un valor de 5.4 MPa, esto en una relación a/c de 0.33; el menor valor se dio en la relación a/c 0.5, con 3.4 MPa en los agregados A1 y A3. Se concluyó que un mayor $f'c$ corresponde a una mayor influencia de la forma del agregado para una relación de agua/aglomerante de 0.33, donde, además, el árido más plano genera una menor resistencia a compresión, y aunque la incidencia de la estructura del árido no es notoria en la resistencia tractiva, esta se reduce a medida que aumentan los agregados escamosos.

Petros et al. (2022) llevó a cabo una investigación titulada “El papel de la forma del árido en la resistencia a la compresión del hormigón mediante una nueva metodología microgeoinformática”. El objetivo fue determinar el impacto de la forma del árido grueso en las propiedades de la mezcla del hormigón fresco y en la resistencia del hormigón autocompactante de alta resistencia. La metodología experimental (diseño), cuantitativo (enfoque), con tres mezclas: sólo con granos regulares (SCC1); sólo con granos irregulares (SCC2); y con una mezcla de 50% de granos regulares e irregulares (SCC3). Los resultados mostraron que para el caso de la mezcla SCC1, esta obtuvo el valor más bajo de viscosidad plástica con 3.2s; sin embargo, tuvo el valor máximo de asentamiento con 800 mm, que en el caso de la mezcla SCC2 fue el menor valor con 650 mm; por otro lado, el $f'c$ fue mayor a los 28 días en la mezcla SCC3 (125.8 MPa), que fue un 26% y 36% superior a la mezcla SCC1 (100.2 MPa) y SCC2 (92.2 MPa) respectivamente; a su vez, la mezcla del hormigón SCC3 logró la densidad más alta con 2440 kg/m³ que en el caso del SCC2 fue la más baja con 2410 kg/m³. Se concluyó que la forma del árido tiene un impacto significativo en los parámetros reológicos del hormigón fresco, con mejores resultados en el empleo de áridos regulares; además, el uso de granos irregulares afecta de manera significativa en la reducción de la resistencia del hormigón por la baja resistencia de los áridos detriticos apilados y la formación de huecos bajo la superficie.

3.1.2. A nivel nacional

Loza y Machacca (2022) realizaron una investigación denominada "Análisis del impacto del cemento y distribución granulométrica de agregados en el desempeño físico-mecánico del pavimento de concreto permeable en Arequipa". El objetivo consistió en evaluar la influencia de dos variedades de cemento, tres granulometrías de árido grueso y dos proporciones de árido fino en mezclas de concreto hidráulico poroso. La metodología aplicada fue cuantitativa, deductiva, con alcance descriptivo-correlacional y diseño

experimental; para la dosificación de la mezcla se utilizaron los lineamientos del ACI 522R-10. Los resultados mostraron que, en un concreto de 21 MPa con cemento IP y 5% de árido fino, se alcanzó el f'_c más alta a los 28 días utilizando agregado grueso huso 89, con 137.07 kg/cm²; mientras que, para el ensayo flexivo, el diseño con agregado fino huso 7 tuvo mejor desempeño, con 35.02 kg/cm² a los 28 días; a su vez, se estableció que el efecto de la variación de la granulometría en concreto 21 MPa HE 5% de árido fino, determinó que el agregado huso 67 (3/4") presentó mayor f'_c , con 184.84 kg/cm² a los 28 días y el agregado fino huso 7 logro mayor resistencia a flexión, con 40.9 kg/cm² a los 28 días. Para el hormigón de 21 MPa IP 15%, el f'_c se obtiene a los 28 días, con 172.12 MPa con el agregado grueso de uso 67 (3/4"); para la f_f se obtuvo el mayor valor a los 28 días con el agregado fino huso 7 con 45.41 kg/cm²; finalmente, el efecto de la granulometría en un concreto 21 MPa HE 15%, determinó que el mejor resultado lo obtuvo el árido grueso huso 67 (3/4") con 215.96 kg/cm² y el huso 7 en la f_f con 49.89 kg/cm². Se pudo concluir que el mejor diseño para el concreto con mejor capacidad de paso de agua es el diseño 21 MPa IP H67 5%, y para lograr la mejor resistencia a los esfuerzos el mejor es el diseño 21 MPa HE H67 y H7 15%, evidenciándose una clara incidencia en el parte físico mecánico del material con el que se diseñará el pavimento.

Tasayco (2021) desarrolló un estudio denominado "Análisis del impacto de las características físico-mecánicas de los componentes agregados en el desempeño estructural del hormigón en la región de Chincha", cuyo objetivo fue analizar cómo impactan las características físicas y mecánicas de los materiales agregados en el comportamiento resistente del hormigón en Chincha. La metodología implementada fue de naturaleza aplicada, con un abordaje cuantitativo, diseño de carácter no experimental y nivel correlacional, utilizando como muestra agregados pétreos triturados de 1/2" y 1". Los resultados evidenciaron que, respecto al módulo de fineza en las zonas de extracción Guior

Fino y Bonifacio, únicamente la granulometría del árido fino proveniente de la Zona Guior Fino no satisfizo los requerimientos de los tamices N°50 y N°100, ocasionando que la curva de distribución granulométrica se ubicara fuera de los límites establecidos; asimismo, el desempeño resistente del hormigón mostró una correlación negativa respecto al módulo de fineza ($\rho=-1.00$); esto significa que conforme aumenta el módulo de fineza, reduce la resistencia de los concretos; y en términos globales, las características de los agregados (físicas) presentaron una correlación negativa perfecta con un coeficiente $Rho=-1.00$ y nivel de significancia de 0.00, confirmando que su influencia optimiza en un 15% la resistencia del hormigón. Se concluyó que el impacto de las propiedades físico y mecánico de los áridos sobre la resistencia del hormigón fue de nivel moderado ($\rho=-1.00$).

Guillén y Llerena (2020) efectuaron una investigación denominada "Efecto de la morfología, dimensión y superficie de los áridos gruesos en el comportamiento mecánico del hormigón". El propósito fue examinar cómo la morfología, dimensión y superficie del árido grueso impactan en las características del hormigón. La metodología implementada fue de carácter descriptivo-explicativo, sin manipulación experimental, deductiva y comparativa; realizando mediciones de los áridos y del hormigón solidificado. Los hallazgos evidenciaron que, en cuanto a la morfología, un árido esférico de 19mm requirió una mezcla de 388.49 kg de cemento, 699.228kg de árido fino (A.F.), 1010.07kg de árido grueso (A.G.) y 233.09 L; mientras que con un árido angular de 19mm se necesitaron 332kg de cemento, 772.28kg de A.F., 1029kg de A.G. y 216L; obteniéndose un peso inferior con el árido esférico; asimismo, se verificó que el descenso para una grava esférica de 19mm alcanzó 7.62cm, produciendo una consistencia plástica y manejabilidad intermedia, mientras que para un árido angular de 19mm el descenso fue de 15.25, presentando consistencia fluida y húmeda con alta manejabilidad. Se determinó que los áridos cúbicos o esféricos proporcionan mejor manejabilidad y resistencia del hormigón; adicionalmente, el árido

grueso angular presenta superior adherencia al hormigón; no obstante, según la dimensión, para un árido grueso esférico, la consistencia resultaría húmeda o fluida con alta manejabilidad, diferenciándose de la manejabilidad media del angular.

Casilla (2023) ejecutó una investigación denominada "Evaluación de los agregados de la cantera Rio Carbón como materiales para el concreto en edificaciones - Madre de Dios". El fin fue establecer el impacto de la dimensión máxima nominal (DMN) del árido grueso de 1/2" y 1" en el f_c . Metodológicamente de naturaleza aplicada, experimental (diseño) y comparativo, empleando el método de diseño de mezcla "Módulo de Fineza de la Combinación de Áridos". Los hallazgos evidenciaron que el hormigón de DMN de 1/2" de árido grueso demandó más pasta cementante y alcanzó resistencias a compresión a los 7, 14 y 28 días, de 192.64 kg/cm², 245.21 kg/cm² y 285.50 kg/cm² respectivamente, mientras que para el de 1", la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días fue de 160.94 kg/cm², 215.31 kg/cm² y 255.33 kg/cm² respectivamente; lo que, a los 28 días de comparación, implica una disminución de 10.57% del DMN de 1" frente al DMN de 1/2". Se determinó que el DMN de 1/2" resultó más beneficioso que el DMN de 1" para optimizar el f_c .

Bautista (2025) desarrollaron un estudio titulado "Influencia del perfil del agregado grueso en la resistencia a compresión de un concreto con $f_c=210$ kg/cm²". El propósito fue analizar la influencia de la granulometría del árido grueso en las características mecánicas e hidráulicas de un hormigón poroso. La metodología cuantitativa (enfoque), cuasi experimental (diseño), utilizando técnicas de observación directa, análisis documental y pruebas de laboratorio. Los hallazgos revelaron que el hormigón poroso elaborado con la gradación N°4 mostró superior f_c y f_t con valores de 209.68 kg/cm² y 33.81 kg/cm², mientras que la permeabilidad logro los mejores hallazgos con la gradación de 3/8" exhibiendo una tasa de filtración media de 0.222 cm/s; además, la resistencia a compresión tiende a incrementarse cuando la dimensión del árido grueso se reduce, y la relación de esta con f_t es

de un promedio de 16.06%. Se concluyó el efecto de la granulometría del árido grueso en las características mecánicas e hidráulicas del hormigón poroso, consiguiendo los hallazgos mejores de f'_c y f_f con la gradación N°4 y superior permeabilidad con 3/8" de gradación.

3.1.3.A nivel regional o local

No se encontraron estudio a nivel local

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Agregados del concreto

De acuerdo con Toirac (2012) los agregados para concretos definidos como aquellos inertes materiales con resistencia suficiente propia para evitar perturbar o afectar el proceso de secado del cemento hidráulico, garantizando adherencia con la pasta de cemento endurecida, influyen notablemente en la trabajabilidad y resistencia del hormigón (Jamkar y Rao, 2004). Otros estudios han demostrado que, teniendo en cuenta algunas propiedades físicas del árido como el peso específico, la densidad aparente, la absorción y el contenido húmedo, pueden tener un efecto significativo en el hormigón resultante, logrando que concreto endurecido cuente con estabilidad de volumen y durabilidad (Umasabor y Osayogie, 2020). Todas estas propiedades y otras, en dependencia de la roca madre y la forma de las partículas (Solís et al.,2012).

- **Procedencia natural.** Son el resultado de procesos naturales como intemperismo o abrasión (Palacio, et al.,2017).
- **Procedencia artificial.** Son el resultado de técnicas industriales especializados en el proceso de triturar los materiales de los cuales proceden (Palacio et al., 2017).

En atención a su tamaño, podemos clasificarlos en áridos gruesos y finos; los cuales se pasan a explicar a continuación:

- **Agregado fino.** Según la NTP 400.011, se considera árido fino al material pétreo, obtenido por fragmentación natural o mecánica, que atraviesa el tamiz estandarizado de 9.5 mm (3/8")

y cumple las especificaciones de la NTP 400.037 (INDECOPI, 2009). Al respecto, Serrano y Pérez (2010) indican que la morfología y superficie de los granos arenosos pueden potenciar la resistencia del hormigón al lograr un mejor entrelazamiento entre partículas.

- **Agregado grueso.** Constituye el material procedente de la fragmentación natural o artificial de roca que, conforme a la NTP 400.011, es retenido en el tamiz normalizado 4.75 mm (N°4), ajustándose a los parámetros de la NTP 400.037 (INDECOPI, 2009). De acuerdo a Kalra y Mehmood (2018) señalan que el árido grueso tradicionalmente se ha considerado un elemento inerte donde solo se evalúan sus propiedades físicas como morfología, dimensión, absorción hídrica y densidad específica; no obstante, al incrementar la calidad de la mezcla de mortero, la resistencia del árido grueso adquiere mayor relevancia;

Caracterización de agregados para el concreto.

De acuerdo a León y Ramírez (2010), sostienen que las propiedades de los áridos inciden de manera significativa en el comportamiento del hormigón y sus características fresco y endurecido, destacando como fundamentales: su morfología y textura superficial, distribución granulométrica, capacidad de absorción, composición mineralógica, resistencia y módulo elástico, TMN, peso específico, resistencia al ataque sulfático y dureza.

Siguiendo a estos autores y a Toirac (2012), se desarrollan las características de los áridos.

- ✓ **Gradación.** La gradación se define como la distribución granulométrica de los áridos; de modo que, si el elemento agregado tiene tamaños uniformes o son del mismo tamaño; entonces, el volumen del poro será grande; por el contrario, si los granos del árido son de tamaño variable (gradación continua), el volumen del, pero será pequeño; ya que, los granos más pequeños llenarán los poros entre los granos más grandes y se generará una buena distribución (Ginting, 2019).

Donde:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}}$$

- ✓ **Absorción.** Se interpreta como un indicador del contenido hídrico que penetra en los poros efectivos de los áridos; esta propiedad en conjunto con la gravedad específica, se utiliza en el diseño volumétrico de los pavimentos de mezcla bituminosa en caliente y en la determinación de los cálculos de a/c para el hormigón del cemento portland; así mismo, de acuerdo a la norma AASHTO T85, (Mills et al., 2009).

$$\text{Absorción (\%)} = \frac{S-A}{A} \times 100$$

- ✓ **Mineralogía.** Las propiedades mineralógicas de los agregados permiten identificar la idoneidad del material para cierto uso en particular, además permite prever los problemas que puedan presentarse al combinar el agregado con otros elementos (Suárez y Vera, 2017).
- ✓ **Angularidad.** Esta característica refiere a la definición de los bordes y esquinas de una partícula; a su vez, la redondez se puede describir en medida de la convexidad del contorno de las partículas; se debe tener en cuenta que las partículas cúbicas o esféricas requieren menos pasta y menos agua para su trabajabilidad; al contrario que las partículas escamosas y alargadas que afectan negativamente a la trabajabilidad, generando mezclas muy ásperas (Umasabor y Osayogie, 2020)
- ✓ **Gravedad específica.** La gravedad específica de un árido se describe como el cociente entre los pesos específicos del material y del agua destilada a una t° específica, siendo los datos adimensionales; a su vez, la gravedad específica se puede determinar en seco considerando el peso específico cuando el agua ha penetrado en todos los poros del árido grueso (Mills et al., 2009).

Según la Norma ASTM C 128-07, la gravedad específica puede determinarse por medio de un método gravimétrico o volumétrico; donde:

A: peso del espécimen seco en estufa

B: peso del picnómetro colmado con H₂O hasta la marca calibrada

C: peso del picnómetro lleno con el espécimen y H₂O hasta la marca calibrada

S: peso del espécimen saturado con superficie seca (empleado en método gravimétrico para densidades y densidades relativas) o en absorción con los dos métodos

S1: peso del espécimen saturado con superficie seca (empleado en el método volumétrico para densidades y densidades relativas)

R1: registro de inicio del nivel de H₂O en el frasco Le Chatelier, ml

R2: registro final del nivel de H₂O en el frasco Le Chatelier, ml

- **Procedimiento gravimétrico**

$$SH = A/(B + S - C)$$

- **Procedimiento volumétrico**

$$x = \frac{S_1 \frac{A}{S}}{0.9975(R_2 - R_1)}$$

- ✓ **Resistencia a sulfatos.** De acuerdo a Bulatović et ál. (2017) La resistencia a los sulfatos es importante ante estructuras de hormigón expuestas a suelos, aguas subterráneas, ríos, agua de mar y residuos industriales que contienen altas concentraciones de iones de sulfato; ya que estos se transportan al interior de la estructura de concreto a través de sus poros, lo que causa una reacción con los productos sólidos de hidratación; degenerando en productos nocivos como la etringita, el yeso y la taumasita, que conducen a la descalcificación del hidrato de silicato cálcico, y posterior debilitamiento de la pasta; para lo cual, según Catur (2021).
- ✓ **Granulometría.** Se entiende como la distribución porcentual de las diferentes dimensiones de áridos en un espécimen, que habitualmente se expresa mediante un valor que representa, en peso, el % parcial de cada dimensión que atravesó o fue retenido en los tamices empleados en la medición; cuya distribución, en base a una granulometría corrida, permitirá dejar

espacios vacíos mínimos en la mezcla, evitando el uso excesivo de cemento y optimizando su uso; pues, la pasta necesaria para pegar y llenar los espacios será mínimo (Toirac, 2012).

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso de material retenido en tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \text{Retenido acumulado}$$

Tabla 2

Tamaño y designación de tamices ASTM

| Posición | Abertura(pulg.) | Abertura(mm) | Designación tamiz | Módulo de finura |
|----------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|
| 0 | 3/1024 | 0,0744 ~ 0,075 | #200 | 0 |
| 1 | 3/512 | 0,149 ~ 0,150 | #100 | 1 |
| 2 | 3/256 | 0,298 ~ 0,300 | #50 | 2 |
| 3 | 3/126 | 0,595 ~ 0,600 | #30 | 3 |
| 4 | 3/64 | 0,196 ~ 1,20 | #16 | 4 |
| 5 | 3/32 | 2,381 ~ 2,40 | #8 | 5 |
| 6 | 3/16 | 4,762 ~ 4,80 | #4 | 6 |
| 7 | 3/8 | 9,52 ~ 9,5 | 3/8" | 7 |
| 8 | 3/4 | 19,05 ~ 19 | 3/4" | 8 |
| 9 | 3/2 | 38,1 ~ 38 | 1.5" | 9 |
| 10 | 3 | 76,2 ~ 76 | 3" | 10 |

Nota. La tabla muestra la designación y tamaño de los tamices ASTM, empleados para la clasificación granulométrica de agregados en ensayos de laboratorio. Cada posición representa una abertura progresiva expresada en pulgadas (pulg.) y su correspondiente equivalencia en milímetros (mm), según los estándares establecidos por la American Society for Testing and Materials (ASTM). Fuente: Tomado de Palacio et ál. (2017).

- ✓ **Densidad.** Es una propiedad física de la materia definida como las cantidades de masa presente en una unidad de volumen de una sustancia. Se expresa mediante la relación (Bracamonte et al., 2013). Cuya fórmula es:

$$D = \frac{M}{V}$$

Las unidades más comunes de densidad incluyen:

Gramo por centímetro cúbico (g/cm³): Esta es una de las unidades más utilizadas en el ámbito científico y es especialmente común en química y física.

Kilogramo por litro (kg/L) o Kilogramo por decímetro cúbico (kg/dm³): Estas unidades son equivalentes y también se usan frecuentemente para medir la densidad de líquidos.

Gramo por mililitro (g/ml): Esta unidad es igual a g/cm³ y se usa habitualmente en laboratorios para medir la densidad de líquidos y sólidos.

Kilogramo por metro cúbico (kg/m³): Esta unidad se utiliza más en el contexto de la ingeniería y la física para medir la densidad de gases y grandes volúmenes de materiales.

Masa Unitaria. También denominada peso volumétrico, es el peso de la cantidad de agregado necesario para llenar un volumen conocido; toma en cuenta el volumen ocupado por el agregado y los vacíos entre sus partículas (Tierra, 2015).

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M: masa unitaria del agregado (g/cm³)

G: masa del agregado más el molde (g)

T: masa del molde (g)

V: volumen del molde (cm³)

Forma. Puede afectar la manejabilidad del concreto; estas dependen a su vez del tipo de roca que las originó; en ese sentido, las formas más alargadas y escamosas, son las más perjudiciales, influyendo en el cemento, sus resistencia y durabilidad (López y Sepúlveda, 2014). Matthey et al. (2014) deben estar uniformemente graduados; por ejemplo, si el árido fino es demasiado fino aumentará la demanda de agua o si de demasiado grueso generará segregación, dureza o exudación; en consecuencia, el factor forma del árido afectará al hormigón (Umasabor y Osayogie, 2020).

Tabla 3*Clasificación de partículas según su forma*

| Clasificación | Descripción |
|-----------------------------|---|
| Redondeado (Frotamiento) | Con desgaste total por el H ₂ O o totalmente limitada por ella |
| Irregular | Morfología irregular natural o parcialmente definida por desgaste, con superficies curvas. |
| Angular | Elemento con superficies bien determinadas, formadas por la intersección de caras aproximadamente planas. |
| Escamosa | Elemento cuyo grosor es reducido en comparación con su anchura y longitud. |
| Elongada | Elemento típicamente angular donde la longitud es notablemente superior a su anchura y grosor. |
| Escamosa y elongada | Material con longitud considerablemente mayor al ancho, que a su vez es considerablemente mayor que el espesor. |

Nota. La tabla presenta la clasificación de las partículas según su forma, la cual constituye un parámetro esencial en el estudio de los agregados para concreto y su influencia en las propiedades mecánicas y de trabajabilidad de la materia. Fuente: Adaptado de López y Sepúlveda (2014).

La forma de los granos también se indica puede determinarse según su grado de redondez y esfericidad mediante el siguiente esquema (Suárez y Vera, 2017).

Figura 1*Forma de los granos*

Nota. La figura muestra la clasificación morfológica de los granos según dos parámetros fundamentales: el redondeamiento y la esfericidad, empleados en la caracterización petrográfica y granulométrica de los agregados. Fuente: Tomado de Suarez y Vera (2017).

✓ **Textura de las partículas.** En cuanto a la textura superficial, se indica que esta se relaciona con su morfología; ya que, usualmente, los áridos esféricos presentan una superficie pulida mientras que los áridos angulares exhiben una superficie áspera; esta característica resulta relevante para generar una adherencia adecuada entre el área superficial y la matriz cementante submicroscópica (López y Sepúlveda, 2014).

Tabla 4

Clasificación de la textura superficial de los agregados

| Grupo | Textura superficial | Características |
|--------------|----------------------------|---|
| 1 | Vítrea | Fractura concoide |
| 2 | Lisa | Desgastada por el agua o losa debido a la fractura de la roca laminada o de grano fino |
| 3 | Granular | Fractura que muestra granos más o menos más finos uniformemente redondeados |
| 4 | Áspera | Fractura áspera de roca con granos finos o medianos que contienen partículas cristalinas no fácilmente visibles |
| 5 | Cristalina | Contiene partículas fácilmente visibles |
| 6 | Apanalada | Con poros y cavidades visibles |

Nota. La tabla presenta la clasificación de la textura superficial de los agregados, un parámetro esencial para evaluar la interacción entre el agregado y la pasta de cemento en el concreto. Fuente: Tomado de López y Sepúlveda (2014).

De manera general, según Jamkar y Rao (2004), la estructura y contextura de la superficie del árido puede variar desde muy angulosa y rugosa a totalmente redondeada y lisa, porque es el resultado de parámetros como el tipo de roca madre, las fuerzas a las que está sometida durante y después de su formación, y el diseño y funcionamiento del equipo de trituración.

3.2.2 Concreto

Compuesto artificial que resulta de combinar varios elementos: cemento (que actúa como aglutinante), materiales agregados como arena y piedra, agua, y opcionalmente algunos aditivos. Este material, mediante un proceso químico entre sus componentes, se endurece hasta formar una estructura similar a una piedra natural (Guevara et al., 2011).

Cemento. Juega un papel fundamental en este proceso, ya que su característica más importante es su capacidad de crear, al mezclarse con agua y áridos, estructuras resistentes y longevas que son esenciales para la construcción y obras de ingeniería civil; y dado que fragua y endurece tanto en el aire como sumergido en agua, se denomina como un conglomerante hidráulico, de los cuales, el más conocido es el cemento portland; aunque, no el único (Sanjuán & Chinchón, 2014)

Tabla 5

Composición química de los cementos (% en masa)

| Parámetro | Rango aproximado |
|---|-------------------------|
| Residuo insoluble | 0.1 – 1.4 |
| Óxido de calcio (CaO) | 58.2 – 65.6 |
| Sílice (SiO ₂) | 19.8 – 26.45 |
| Alúmina (Al ₂ O ₃) | 4.1 – 9.5 |
| Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃) | 2.1 – 4.5 |
| Magnesia (MgO) | Trazas – 2.9 |
| Álcalis (K ₂ O, Na ₂ O) | 0.1 - 2.8 |
| Sulfatos (SO ₃) | 0.1 2.2 |
| Pérdida por calcinación | 0.2 - 2.8 |

Nota. La tabla muestra la composición química típica de los cementos Portland, expresada en porcentaje en masa. Fuente: Tomado de Sanjuán y Chinchón (2014).

Propiedades del concreto endurecido. De acuerdo a García et ál. (2015) pueden clasificarse en propiedades mecánicas y propiedades de durabilidad.

a) Propiedades mecánicas del concreto endurecido. Definidas como las características intrínsecas de resistencia que los elementos de hormigón deben poseer para soportar las tensiones a las que estos son sometidos (García et al., 2015).

- ✓ **Resistencia a compresión.** La resistencia constituye el indicador más importante para evaluar y determinar la calidad del concreto (Solís et al., 2008). De acuerdo con Salamanca (2001), la alta resistencia a compresión del concreto posibilita soportar cargas pesadas colocadas directamente sobre ellas. No obstante, alcanzar una elevada resistencia está condicionado por diversos elementos, entre ellos: la calidad de los componentes agregados, el proceso de preparación de la mezcla, el nivel de asentamiento, la temperatura durante el

proceso de fraguado, y el uso de aditivos que pueden modificar una o más características del concreto (Fernández et al., 2016).

En base a la Norma ASTM C39/C39M-18 el cálculo de este parámetro se da como se muestra en la siguiente ecuación:

$$f_{cm} = \frac{4000P_{max}}{\pi \cdot D^2}$$

Donde:

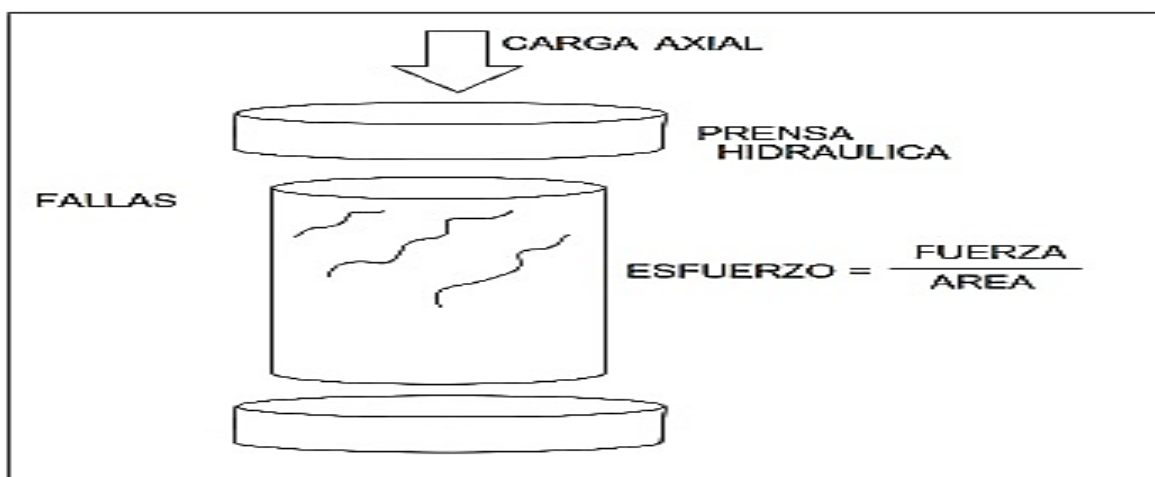
f_{cm} : resistencia compresiva en MPa

P_{max} : carga máxima kN

D: diámetro promedio medio en mm

Figura 2

Representación del ensayo de resistencia a compresión del concreto.



Nota. La figura ilustra el procedimiento básico del ensayo de compresión del concreto, donde una probeta cilíndrica es sometida a una carga axial mediante una prensa hidráulica hasta que se produce la falla del material. Fuente: Tomado de “De la Cruz et al.” (2022).

✓ **Módulo de elasticidad (E_c).** También denominado “Módulo de Young”, es un parámetro utilizado en los análisis y diseños de estructuras de concreto reforzado, que se encuentra relacionado con el f'_c ; esta propiedad refleja la habilidad que tiene el concreto para deformarse elásticamente y se obtiene aplicando cargas conocidas sobre un espécimen para evaluar la deformación del material; en un medio isotrópico sometido a carga axial,

el módulo de Young puede calcularse dividiendo el esfuerzo por la elongación unitaria de la siguiente manera:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{\frac{F}{A_0}}{\frac{\Delta L}{L_0}} = \frac{FL_0}{A_0\Delta L}$$

Donde:

F: Fuerza axial aplicada

A_0 : Área de la sección transversal original

ΔL : Variación de dimensión longitudinal del objeto

L_0 : Altura original

✓ **Resistencia a la tensión.** Esta resistencia es importante para predecir agrietamientos en este material; también pueden producirse esfuerzos de tensión en elementos que trabajan a compresión cuando existen importantes asimetrías geométricas en el sistema estructural o cuando existen cargas accidentales laterales, o por efecto de contracción en el concreto, y su valor puede obtenerse a través de pruebas de tensión por compresión y de tensión por flexión; tal que, los resultados de la primera se usan para determinar el agrietamiento cortante, mientras que el segundo, para el agrietamiento por flexión, siendo mayor el valor en esta última prueba (Moreno et al., 2016).

Cálculo de resistencia a tensión por compresión: De acuerdo con la norma ASTM C496-96, esta se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$

Donde:

T: Resistencia tractiva por hendimiento (kPa)

P: Carga aplicada máxima señalada por el equipo de prueba (kN)

l: longitud (mm)

d: diámetro (mm)

Cálculo de la resistencia a tensión por flexión. Para el cálculo de este parámetro, la norma ASTM C78-02 señala dos supuestos:

Cuando la grieta o ruptura comienza en la zona sometida a tensión y se encuentra localizada en el tercio central de las dimensiones del espécimen, el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$R=PL/bd^2$$

Donde:

R: módulo de rotura (MPa)

P: cargas máximas aplicadas indicada por la prueba de ensayos (N)

L: largo de la luz (mm)

b: ancho medio de la probeta (mm) en la fractura

d: altura media de la probeta (mm), en la fractura

El otro caso es cuando la fractura ocurre en la superficie de tracción fuera del medio tercio del largo de la luz en no más del 5% del largo de la luz:

$$R=3Pa/bd^2$$

Dónde:

a: distancia entre las líneas de fracturas y el apoyo más inmediato medido en la superficie de la viga en cm.

b) Propiedades de durabilidad del concreto endurecido. La durabilidad es una propiedad que cuantifica la capacidad de resistencia a las condiciones del entorno a las cuales estará sometida la construcción; viéndose afectada por factores internos como su permeabilidad y porosidad, propiedades que determinan su destreza para admitir el flujo de líquidos o gases; de los cuales, los principales compuestos químicos que terminan afectando a las estructuras, son los cloruros, el dióxido de carbono, los sulfatos y los ácidos (Solís y

Alcocer, 2019). Estas propiedades dependen de las características intrínsecas del hormigón, del tipo de ambiente al que se exponen y de la colocación del hormigón en las obras (García et al., 2015). Por su parte, Muñoz y Mendoza (2012) la durabilidad hace referencia a la capacidad de las estructuras de concreto para mantener inalteradas sus propiedades físicas y químicas a lo largo de su vida útil, a pesar de la degradación del material causada por las cargas y sollicitaciones a las que se encuentran expuestas; en tal sentido, se consideran tres estados límites:

- i) Estado límite último
- ii) Estado límite de servicio
- iii) Estado límite de durabilidad.

Estado Límite último. Estado relacionado con el colapso o cualquier otra forma de fallo estructural que determina la interrupción del uso de la estructura (Juliani y De Santana, 2021).

Estado límite de servicio. Se caracteriza por situaciones que, debido a su ocurrencia, repetición o duración, generan efectos estructurales que no cumplen con las condiciones especificadas para el uso normal de la misma o manifiestan deterioro de su durabilidad (Juliani y De Santana, 2021). De acuerdo a Basteskår et ál. (2019) En muchos casos, el diseño con especial preocupación en el Estado Límite de Servicio aumenta considerablemente los costos debido al mayor consumo de material para las medidas destinadas a limitar el agrietamiento.

Estado límite de durabilidad. Evalúa la capacidad estructural para resistir los efectos químicos y físicos del entorno a lo largo de todo su periodo de servicio previsto (Muñoz y Mendoza, 2012)

✓ **Porosidad.** De acuerdo con Solís et ál. (2012) La calidad de las pastas de cemento está en función inversa de su porosidad, propiedad que depende de la cantidad de productos

hidratados generados a partir de los compuestos contenidos en el cemento; en ese sentido, la baja relación (A/C); es decir, la cantidad mayor de cemento y la cantidad menor de H₂O posibles, minimiza la red de poros capilares.

De acuerdo con Vélez (2010) la porosidad del concreto (P) está modelado en función de la relación (a/c), grado del cemento de hidratación (h), el volumen atrapado de aire (A), las cantidades de áridos finos (A_f) y grueso (A_g) y del cemento (c); y de las gravedades específicas de los agregados (p_f y p_g), constituyéndose en el siguiente modelo matemático:

$$P = \frac{\frac{a}{c} - 0.36h + \frac{A}{C}}{0.317 + \frac{1}{p_f} * \frac{A_f}{c} + \frac{1}{p_g} * \frac{A_g}{c} + \frac{A}{c}}$$

García et ál. (2015) Señalan que tanto la porosidad como la distribución del tamaño de los poros, son parámetros que impactan significativamente en las características y en la durabilidad del concreto endurecido, constituyéndose en uno de los elementos más relevantes que inciden en la durabilidad óptima del hormigón. Pues, sabiendo que en los materiales sólidos existe una inversa vinculación entre resistencia y porosidad, esta última reside en las partes sólidas de los materiales, por lo que lógicamente los huecos serán perjudiciales para ella; además de que el tamaño de los poros determinará no solo el paso del agua, sino también de especies agresivas que pueden destruir la estructura (Guevara et al.,2011) Por otro lado, dado que la corriente eléctrica en un material depende de su microestructura y su distribución de poros, este flujo se ve afectado por el grado de saturación de los poros por un electrolito, generándose una relación entre la durabilidad del concreto y su resistividad eléctrica; en síntesis, se espera que, a menor porosidad del concreto, mayor sea su resistividad u oposición al flujo de la corriente (Solís y Alcocer, 2019).

Ensayo a Tracción del Concreto

El ensayo a tracción indirecta o ensayo de tracción diametral (también conocido como ensayo brasileño) es una prueba mecánica fundamental para evaluar el comportamiento del concreto ante esfuerzos de tracción. Aunque el concreto es ampliamente reconocido por su alta resistencia a la compresión, presenta una resistencia limitada a la tracción, generalmente entre el 8 % y el 15 % de su resistencia a compresión. Esta debilidad lo hace susceptible a la fisuración, razón por la cual es habitual reforzarlo con acero.

El ensayo de tracción indirecta tiene como propósito determinar la resistencia a la tracción del concreto en forma práctica y reproducible, dado que la aplicación directa de una carga de tracción pura sobre especímenes de concreto es técnicamente compleja. En este método, se utiliza una probeta cilíndrica de dimensiones estándar (habitualmente de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura), la cual se somete a una carga compresiva aplicada de forma diametral, generando un esfuerzo de tracción perpendicular al plano de carga. La fractura se produce típicamente a lo largo del diámetro cargado, revelando la resistencia del concreto a esfuerzos de tracción.

El valor de la resistencia a la tracción (f_{ct}) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot L \cdot D}$$

Donde:

- f_{ct} = resistencia a la tracción indirecta (MPa o kg/cm²)
- P = carga máxima aplicada (N o kgf)
- L = longitud de la probeta (cm)
- D = diámetro de la probeta (cm)

Este ensayo es regulado por normas técnicas como la ASTM C496 y su equivalente en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, que recomiendan su uso para verificar

el desempeño estructural del concreto y como criterio complementario para diseños que incorporan elementos en los que los esfuerzos de tracción pueden volverse críticos, como losas, vigas o placas de cimentación.

En investigaciones donde se comparan diferentes tipos de agregados o aditivos, el ensayo a tracción permite determinar cómo influyen estos factores en la cohesión interna del concreto y su capacidad para resistir fisuración. Particularmente, agregados angulares tienden a mejorar la resistencia a la tracción debido a su mayor adherencia con la pasta cementicia, lo cual ha sido evidenciado en estudios comparativos entre agregados redondeados y angulares.

En conclusión, el ensayo a tracción del concreto no solo complementa la caracterización mecánica del material, sino que ofrece datos esenciales para el diseño estructural seguro y eficiente, permitiendo prever el comportamiento del concreto en zonas críticas donde puedan generarse esfuerzos de tracción o flexión.

Módulo de Ruptura del Concreto

El módulo de ruptura (también conocido como resistencia a la flexión del concreto) es una propiedad mecánica que mide la capacidad del concreto endurecido para resistir esfuerzos de tracción indirectos cuando se somete a una carga transversal. A diferencia de la resistencia a compresión, el módulo de ruptura proporciona información sobre el comportamiento del concreto ante momentos flectores, condición fundamental en elementos estructurales como vigas, losas, placas de cimentación y pavimentos rígidos.

Este parámetro se determina mediante el ensayo de flexión en vigas prismáticas de concreto, siguiendo procedimientos estandarizados como la norma ASTM C78 o su equivalente en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú. En este ensayo, una viga de dimensiones usuales (15 cm × 15 cm × 50 cm) se apoya en sus extremos y se somete a

una carga en su tercio central, produciendo un momento de flexión máximo en la parte media del vano.

El módulo de ruptura (f_r) se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_r = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

Donde:

- f_r = módulo de ruptura o resistencia a la flexión (kg/cm² o MPa)
- P = carga máxima aplicada (kg o N)
- L = luz entre apoyos (cm o mm)
- b = ancho de la viga (cm o mm)
- d = altura de la viga (cm o mm)

El valor típico del módulo de ruptura del concreto es aproximadamente entre el 10 % y 20 % de su resistencia a la compresión (f'_c), dependiendo de la calidad de los materiales, la forma y textura de los agregados, la relación agua/cemento y el proceso de curado.

En el caso específico de concretos elaborados con agregados angulares, como los evaluados en la presente investigación, se ha observado que estos tienden a incrementar el módulo de ruptura, debido a la mejor adherencia y fricción mecánica que generan con la matriz cementicia. Esta característica mejora la capacidad del concreto para resistir tensiones producidas por flexión, especialmente en estructuras de pequeña y mediana envergadura.

El módulo de ruptura es un parámetro especialmente importante en el diseño de pavimentos de concreto y elementos estructurales delgados, donde las fisuras por tracción en la base pueden comprometer la integridad del sistema. Aunque la norma E.060 no exige su medición rutinaria en todos los proyectos, se recomienda su evaluación cuando se desea una caracterización más completa del desempeño estructural del concreto.

En síntesis, el módulo de ruptura permite evaluar de forma realista la resistencia flexional del concreto, siendo un parámetro crítico para la validación de diseños estructurales

sometidos a esfuerzos flectores y un indicador de la calidad integral de la mezcla, particularmente cuando se utilizan agregados con formas y propiedades diversas.

Método Walker – diseño de mezclas de concreto

El método Walker es un procedimiento empírico-gráfico, propuesto por Stanton Walker en 1940, para dosificar concreto normal. Parte de la premisa de que la relación entre pasta, agregado fino y agregado grueso debe variar según:

1. Resistencia de diseño ($f'c$)
2. Módulo de fineza (MF) del agregado fino
3. Perfil y tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso
4. “Factor cemento” (cantidad de pasta que se desea en la mezcla)
5. Requisito de revenimiento (slump)

3.3. Definición de términos

Permeabilidad. capacidad del material para permitir la filtración de un fluido a través de sus poros interconectados, dependiente así de la cantidad de poros, distribución, tamaño e interconectividad (Solís y Alcocer, 2019).

Fraguado. Pérdida de plasticidad de la pasta original y su conversión a estado sólido con escasa resistencia y posterior endurecimiento con desarrollo de resistencia (Vélez, 2010).

Cementación. Proceso de cambios físicos y químicos mediante el cual la arena suelta y dispersa se convierte en arenisca rocosa fuertemente ligada (Haldar y Tišljarić, 2014).

Estado límite estructural. Situación que de ser superada genera que la estructura o alguna de sus partes no cumpla con las funciones para la cual fue diseñada. (Manzanarez, 2013).

Conglomerante. Materiales cerámicos con capacidad de enlazar partes de una o varias sustancias y brindar cohesión al grupo por transformación química en su masa, originando así nuevos compuestos (Muñoz, 2020).

Meteorización. Conjunto de procesos que cambian las características originales de la roca por sometimiento a agentes activos de la intemperie como agua, temperatura y la actividad de los organismos (Colegial et al., 2017).

Agregado ligero. Es un material de baja densidad empleado en la fabricación de concreto liviano, que puede incluir diversos materiales como arcilla expandida, esquisto, escoria o ceniza volante. (INDECOPI, 2009).

Módulo de finura. Es un indicador que caracteriza la distribución del tamaño de las moléculas de los agregados, calculado al dividir entre 100 la suma de los % acumulados detenidos en los tamices estandarizados (Toirac, 2012)

Tamaño máximo. Se refiere a la dimensión de la abertura del tamiz más pequeño que permite el paso completo (100%) de una muestra de agregado (Toirac, 2012).

Silicato tricálcico 3CaO SiO_2 (C3S). Es el resultado de la reacción en estado sólido entre el óxido de calcio y la sílice o a partir de caliza pura y cuarzo; endurece rápidamente y determina la mayoría de las propiedades del cemento (Sanjuán y Chinchón, 2014).

Gradación. La gradación se define como la distribución granulométrica de los áridos; de modo que, si el elemento agregado tiene tamaños uniformes o son del mismo tamaño (Ginting, 2019).

Absorción. Se define como una medida de las cantidades de agua que penetra en los poros efectivos de los áridos; esta propiedad en conjunto con la gravedad específica (Mills et al., 2009).

Angularidad. Esta característica refiere a la definición de los bordes y esquinas de una partícula; a su vez, la redondez se puede describir en medida de la convexidad del contorno de las partículas; se debe tener en cuenta que las partículas cúbicas o esféricas requieren menos pasta y menos agua para su trabajabilidad (Umasabor y Osayogie, 2020).

Gravedad específica. La gravedad específica de un árido se define como la razón entre las densidades del material y agua destilada a una t° determinada, siendo los valores adimensionales (Mills et al. 2009).

Granulometría. Es la distribución porcentual de los diferentes tamaños de moléculas presentes en un espécimen de agregado, que se expresa como un valor que representa el peso de cada fracción (Toirac, 2012).

Densidad. Es una propiedad física de la materia definida como la cantidad de masa presente en una unidad de volumen de una sustancia. Se expresa mediante la relación (Bracamonte et al., 2013).

Masa Unitaria. También denominada peso volumétrico, es el peso de la cantidad de agregado necesario para llenar un volumen conocido; toma en cuenta el volumen ocupado por el árido y los vacíos entre sus partículas (Tierra, 2015).

Forma. La estructura de los áridos puede afectar la manejabilidad del concreto; estas dependen a su vez del tipo de roca que las originó; en ese sentido, las formas más alargadas y escamosas, son las más perjudiciales, influyendo en el cemento, sus resistencia y durabilidad (López y Sepúlveda, 2014).

INACAL, el Instituto Nacional de Calidad del Perú, es el organismo público técnico especializado responsable de la normalización, acreditación y metrología del Sistema Nacional para la Calidad, creado por la Ley N.º 30224 y establecido en 2015

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

4.1.1 Tipo de investigación

Según Hernández, Fernández, Baptista 2014, el tipo de estudio es aplicada por que se hizo uso del conocimiento para probar un criterio técnico y solucionar un problema, por tal razón este informe de tesis contribuyo en solucionar una necesidad reconocida, práctica y específica. El enfoque fue cuantitativo ya que se basó en la recopilación de data numérica y su posterior análisis estadístico para evaluar hipótesis y determinar patrones de comportamiento que permitan validar teorías.

4.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación es correlacional porque se buscó conocer la relación entre ambas variables, como el tamaño y forma del árido influye en las características del concreto simple endurecido. nos ayudó a probar las hipótesis planteadas en el presente estudio Escudero (2019).

Diseño experimental considerando que se manipulo intencionalmente las variables de estudio.

4.2. Ámbito temporal y espacial

4.2.1 Temporal

La presente tesis se desarrolló en los meses de agosto del año 2023 hasta agosto del 2024.

4.2.2 Espacial

El estudio se llevó a cabo en el sector de Pachachaca en el distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac;

4.3. Población y muestra

4.3.1 Población

Según Nino (2011), menciona que, “Cuando tenemos las intenciones de determinar el objeto de estudio, es necesario iniciar con la identificación de la población que se va a analizar, la cual estuvo constituida por la totalidad de un conjunto de elementos, los cuales pueden formar parte del ámbito investigativo” (pag.55). La población de estudio en la presente tesis estuvo conformada por los testigos de concreto elaborados con agregados del sector Pachachaca que jurisdiccionalmente pertenecen a la ciudad de Abancay.

4.3.2 Muestra

Según Hernández (2014), en si es un subgrupo de la población. Se puede definir como un subconjunto de elementos que pertenecen al conjunto, los cuales contienen las características determinadas de lo que llamamos población (pag.175). La muestra está conformada de 54 testigos que fueron elaborados con propósitos de análisis de estudio, los cuales serán sometidos 27 a ensayos f'_c y 27 a f_t .

El muestreo fue de tipo no probabilístico, los métodos de recolección de datos se establecieron bajo las técnicas de las observaciones directas y la medición. Las herramientas para el acopio de data fueron formatos de laboratorio para el registro de resultados de ensayos como instrumentos de análisis de datos se utilizaron el software Excel.

4.4. Instrumentos

Los análisis de características de agregados y concreto se efectuaron según las normativas NTP y ASTM, como se detalla en el cuadro siguiente.

Tabla 6*Norma nacional NTP e internacional ASTM*

| Ensayo | Norma Peruana (NTP) | Norma ASTM |
|--|----------------------------|-------------------|
| Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global | NTP 400.012:2013 | ASTM C 136 |
| Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado | NTP 339.185:2002 | ASTM C 566 |
| Método de ensayo para determinar pesos volumétricos secos, sueltos y compactados | NTP 400.017:2011 | ASTM C 29 |
| Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso | NTP 400.021:2002 | ASTM C 127 |
| Método de ensayo normalizado para peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino | NTP 400.022:2002 | ASTM C 128 |
| Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio | NTP 339.183:2009 | ASTM C 192 |
| Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas | NTP 339.034:2008 | ASTM C 39 |
| Norma que establece las especificaciones para la forma y el tamaño de los agregados utilizados en concreto | NTP 400.037:2018 | ASTM C 33 |

Nota. La tabla presenta la correspondencia entre las normas técnicas peruanas (NTP) y los

estándares internacionales ASTM aplicables a los ensayos de agregados y concreto. Fuente:

Tomado de “De la Cruz et al.” (2022).

4.5.Procedimientos:

Los ensayos de agregados se realizaron en un laboratorio alquilado en Abancay que contaba con el equipamiento completo. La preparación de mezclas y curado de muestras se hizo en un espacio adecuado, mientras que las pruebas de resistencia se efectuaron en un laboratorio privado. El estudio se desarrolló entre agosto y noviembre de 2023 en Abancay, Apurímac.

Agregados

Los materiales finos y gruesos provinieron de las canteras Murillo, Sahuinto y Gamarra. Se obtuvo arena y grava en estado natural, mientras que la piedra triturada se recolectó del almacenamiento posterior al chancado de rocas de dichas canteras.

Procedimiento para usar el calibrador de agregados

1. Preparación de la Muestra:

- Se tomó una muestra representativa de agregados que se iba a analizar. La muestra estaba seca y limpia, libre de polvo o partículas finas adheridas.

2. Selección de Aberturas en el Calibrador:

- El calibrador tenía ranuras o aberturas de diferentes tamaños. Cada una de estas ranuras estaba diseñada para clasificar los agregados según su tamaño.
- Se eligieron las ranuras correspondientes al tamaño que se deseaba evaluar según las especificaciones del proyecto (por ejemplo, tamaños nominales como 10 mm, 20 mm, etc.).

3. Paso de los Agregados:

- Se tomó un agregado de la muestra y se pasó a través de la abertura del tamaño correspondiente.
- Si el agregado pasaba fácilmente, significaba que era menor o igual al tamaño de la ranura. Si no pasaba, el agregado era de un tamaño mayor que esa abertura.

4. Clasificación por Tamaño:

- Se clasificó cada agregado en función de las ranuras por las que podía pasar. Este paso se repitió con todos los agregados de la muestra.
- Se colocaron los agregados que correspondían a cada tamaño en diferentes recipientes o se separaron visualmente las fracciones.

5. Registro de Resultados:

- Se registró la cantidad de agregados que pasaron o no pasaron por cada abertura, indicando el porcentaje de cada fracción en la muestra total.

- Esto permitió obtener una distribución granulométrica de los agregados, útil para asegurar que cumplieran con las especificaciones requeridas para la mezcla de concreto.

6. Interpretación de Resultados:

- Se compararon los resultados obtenidos con las normas de granulometría específicas (como la ASTM C136 o la NTP 400.037) para verificar si los agregados cumplían con los requisitos de tamaño para el tipo de concreto que se iba a producir.



Para calcular el % de alargadas y chatas en los áridos, según la imagen proporcionada, sigue estos pasos:

1. Identificar el Tamaño de Agregado y las Fracciones de Tamaño:

- La tabla clasifica los agregados según su tamaño, con diferentes rangos

2. Obtener el Peso de la Muestra Total (P. Muestra):

- Para cada fracción de tamaño, el peso del espécimen (P. Muestra) representa el total de agregado en esa fracción antes de realizar el tamizado para cuantificar las moléculas alargadas o chatas.

3. Determinar el Peso Pasante (P. Pasante):

- El peso pasante (P. Pasante) son las cantidades de materiales que pasa por el tamiz correspondiente al tamaño de agregado en esa fracción. Este valor se usa para calcular el % de moléculas alargadas o chatas.

4. Calcular el Porcentaje Pasante (% Pasante):

- Para cada tamaño de agregado, se calcula el % de moléculas chatas o alargadas utilizando la fórmula:

$$\% \text{Pasante} = (\text{P. Pasante} / \text{P. Muestra}) \times 100$$

- Esto se aplica para las moléculas chatas y alargadas en cada fracción de tamaño.

5. Ajuste del Porcentaje (% Corregido):

- Algunas tablas incluyen una columna de "% Corregido", que puede ser un ajuste para cada fracción según el estándar o criterio adoptado. Puede implicar un factor de corrección o promedio según el tamaño de la muestra.

6. Sumar los Valores para el Subtotal de Pasantes:

- Para obtener el subtotal del % de partículas alargadas o chatas, se suman los valores de "% Pasante" en cada fracción.

7. Calcular el Porcentaje Total de Chatas y Alargadas:

- El % de chatas y alargadas se obtiene dividiendo el subtotal de las moléculas chatas o alargadas entre el total de peso de las muestras (P. Muestra) y multiplicando por 100.

Concreto endurecido

Resistencia Compresiva: NTP 339.034

- Equipo empleado: Máquina de ensayo a la compresión
- Método:
 - a) Para poder iniciar esta prueba, debe de tener como mínimo 1 día seco.
 - b) Deberán de romper dentro de la tolerancia del tiempo.
 - c) No deberán ser ensayados en cualquier ϕ (cm).
 - d) Ninguna muestra tiene que estar fuera de las perpendiculares sobre los ejes.
 - e) El ϕ (cm) usado debe ser determinado al 0.25 mm.
 - f) Alinear el espécimen.
 - g) Corroborar que el indicador debe de estar en cero.

Tabla 7

Tolerancia de tiempo de ensayo

| Edad | Tolerancia de tiempo de ensayo |
|----------|--------------------------------|
| 24 horas | ± 0.5 horas |
| 3 días | 2 horas |
| 7 días | 6 horas |
| 28 días | 20 horas |

Nota. La tabla presenta los límites de tolerancia de tiempo de ensayo para la determinación de la resistencia mecánica de especímenes de concreto, según la Norma Técnica Peruana NTP 339.034

Cálculos:

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

Dónde:

- R: resistencia compresiva, kg/cm²
- P: carga máxima aplicada, Kg.
- A: área afectada, cm²

Procedimientos:

Las probetas fueron extraídas de la poza de curado y transportadas hacia el área de trabajo del laboratorio.

- Se efectuaron mediciones de diámetros (superiores e inferiores) y altura de cada probeta empleando regla metálica y vernier, registrando las medidas en el formato de laboratorio.
- Los soportes, neoprenos y moldes metálicos del equipo de compresión axial fueron limpiados antes de colocar las probetas.
- Se activó la máquina compresiva axial configurando los parámetros del ensayo: tipo, dimensiones de probetas y velocidades de carga.
- La probeta fue alineada con el eje de la base inferior, se aseguró la compuerta y se comenzó el ensayo aplicando la fuerza.
- La velocidad de esfuerzo se mantuvo constante en 0.25 MPa/seg, dentro del rango 0.25-0.30 MPa/seg establecido por la NTP 339.034.
- La prueba culminó al detectar la disminución de resistencia y la aparición de fisuras en la superficie de la probeta.
- Durante el ensayo se registraron los valores de fuerzas aplicadas en kg y la resistencia obtenida por cada probeta para análisis posteriores.

Módulo de elasticidad:

Ensayo para la medición del Módulo de Elasticidad, en muestras cilíndricas según ASTM C-469

a) Equipos utilizados en la prueba:

- Dispositivos de medición: anillos de deformación, deformímetro
- Equipo de compresión
- Instrumentos de medición: vernier, regla, nivel
- Se marcaron ejes diametrales en los extremos del espécimen mediante vernier para establecer puntos centrales de referencia.
- La briquea se ubicó en una base estable para instalar el medidor, centrándolo entre los anillos y asegurándolo con tornillos.
- Se tomaron medidas de vástagos y distancias entre anillo y centro de briquea.
- Los micrómetros fueron verificados para asegurar suficiente rango de medición.
- Se retiraron las barras separadoras, confirmando la estabilidad de los micrómetros.
- El conjunto briquea-deformímetro se centró en la prensa, calibrando los instrumentos a cero.
- Se realizaron precargas del 10-15% de la resistencia promedio de ruptura para verificar los deformímetros y ajustar si necesario.
- Las cargas de ensayos se aplicaron registrando datos hasta alcanzar 40% de la carga de rotura previa.
- El módulo elástico se calculó como la pendiente entre los puntos de deformación 0.00005 y 40% de carga máxima.
- Ensayo de Flexión (NTP 339.078)”

Instrumentos y equipos

- Viga de concreto: 15x15x55 cm
- Máquina universal de ensayos.

Procedimiento

Se retiraron las muestras del curado, se secaron superficialmente y se posicionaron centradamente sobre los apoyos a tercios de su longitud. La carga se aplicó continuamente a velocidades constantes (0.9-1.2 MPa/min) hasta la rotura, evitando impactos súbitos.

Calculo

Encontramos la fórmula 12, determinándose el esfuerzo de flexión.

▪ Carga (relación) (r)

$$r = \frac{Sbd^2}{L}$$

Donde:

r= Relaciones de cargas, en N/min

S= Velocidad de aumento de tensión Mpa/min

b= Ancho de viga, mm

d= Altura de viga, mm

L= Longitud del tramo, en mm

4.6. Análisis de datos

Se realizó con el propósito de examinar la incidencia de los agregados provenientes del sector de Pachachaca en f'_c y f_t del concreto endurecido con una resistencia especificada de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. Para ello, se recolectaron y prepararon muestras representativas de agregados de diferentes tamaños, las cuales fueron sometidas a pruebas específicas de laboratorio.

En primer lugar, se determinó la granulometría, las densidades y la absorción de agua de los áridos, para caracterizar su idoneidad como componentes en la mezcla de concreto. Posteriormente, se produjeron probetas utilizando estos agregados, las cuales se curaron bajo condiciones controladas durante 28 días, siguiendo los estándares técnicos de la normativa correspondiente.

Las probetas fueron sometidas a pruebas de compresión y flexión, utilizando una máquina de ensayo universal para medir la resistencia máxima alcanzada en cada caso. Los resultados obtenidos se registraron y analizaron de manera cuantitativa, empleando métodos estadísticos para determinar el impacto específico de las propiedades de los áridos en las resistencias del concreto.

El análisis mostró variaciones en el f'_c y f_f entre las probetas, que se relacionaron con las propiedades físicas de los áridos. Se utilizó una prueba de correlación para evaluar la relación entre las características de los áridos y los resultados de resistencia obtenidos. Los datos fueron representados en tablas y gráficos para facilitar la interpretación y comparación de los resultados, permitiendo identificar patrones y tendencias en el comportamiento del concreto endurecido.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo de las resistencias alcanzadas en función de los valores esperados según el diseño de mezcla, lo cual permitió evaluar la conformidad del concreto con las especificaciones de resistencia para $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. Los hallazgos del análisis cuantitativo aportaron conclusiones relevantes sobre la adecuación de los agregados de Pachachaca para su uso en concreto estructural en Abancay.

4.7. Consideraciones éticas

- i) **Ética de la recolección de datos:** Gracias a la indagación obtenida en el proceso de la investigación puede ser utilizada en los estudios a futuro, ya que está siendo ratificada con la verdad y lo más cercano a la realidad.
- ii) **Ética de la publicación:** El presente estudio ayudo como inicio a las investigaciones que vieron a continuación, es por ello que se debió registrar la dedicación del autor evitando la réplica.

V. Resultados y discusiones

5.1. Resultados

Análisis granulométrico de la Cantera Murillo

Tabla 8

Análisis granulométrico del agregado grueso Cantera Murillo

| Análisis granulométrico por lavado y tamizado | | | | | | | | | |
|---|------------|-------------------------|------------------|-------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| Muestra inicial | 10700.0 gr | Muestra lavada y secada | | | 10654.7 | Peso Recipiente | 0.0 gr | Huso | 4 |
| Tamiz (Pulg.) | Tamiz (mm) | Peso ret. (gr.) | Peso corr. (gr.) | %ret. | %retenido acumulado | %pasa | Límite inferior | Límite superior | |
| 2 | 50.000 | 0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100% | 100% | |
| 1 1/2 | 37.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 95% | 100% | |
| 1 | 25.000 | 5050.2 | 5050.21 | 47.20% | 47.20% | 52.80% | 20% | 55% | |
| 3/4 | 19.000 | 4418.0 | 4418.00 | 41.29% | 88.49% | 11.51% | 0% | 15% | |
| 1/2 | 12.500 | 512.2 | 512.20 | 4.79% | 93.27% | 6.73% | 0% | 10% | |
| 3/8 | 9.500 | 325.2 | 325.21 | 3.04% | 96.31% | 3.69% | 0% | 5% | |
| N° 4 | 4.750 | 320.1 | 320.10 | 2.99% | 99.31% | 0.69% | 0% | 0% | |
| N° 8 | 2.360 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.31% | 0.69% | 0% | 0% | |
| N° 16 | 1.180 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.31% | 0.69% | 0% | 0% | |
| N° 50 | 0.300 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.31% | 0.69% | 0% | 0% | |
| N° 200 | 0.075 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.31% | 0.69% | 0% | 0% | |
| Fondo | | 29.0 | 74.28 | 0.69% | 100.00% | | | | |
| Total | | 10654.7 | 10700.0 | 100% | | | | | |

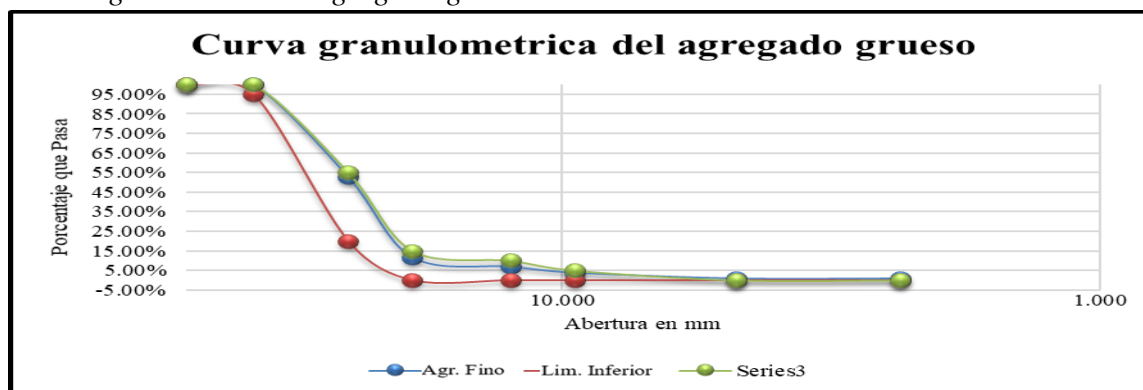
Módulo de Fineza = 7.81

Nota. En la tabla se muestra el análisis granulométrico, módulo de fineza que están en la cantera murillo. Un módulo de fineza de 7.81 es relativamente alto y sugiere que el agregado es predominantemente grueso. Los valores típicos para agregados finos (arenas) suelen estar entre 2.3 y 3.1, mientras que para agregados gruesos pueden variar más ampliamente.

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Figura 3

Análisis granulométrico agregado grueso Cantera Murillo



Nota. En la figura se muestra el análisis granulométrico del agregado grueso de la cantera Murillo.

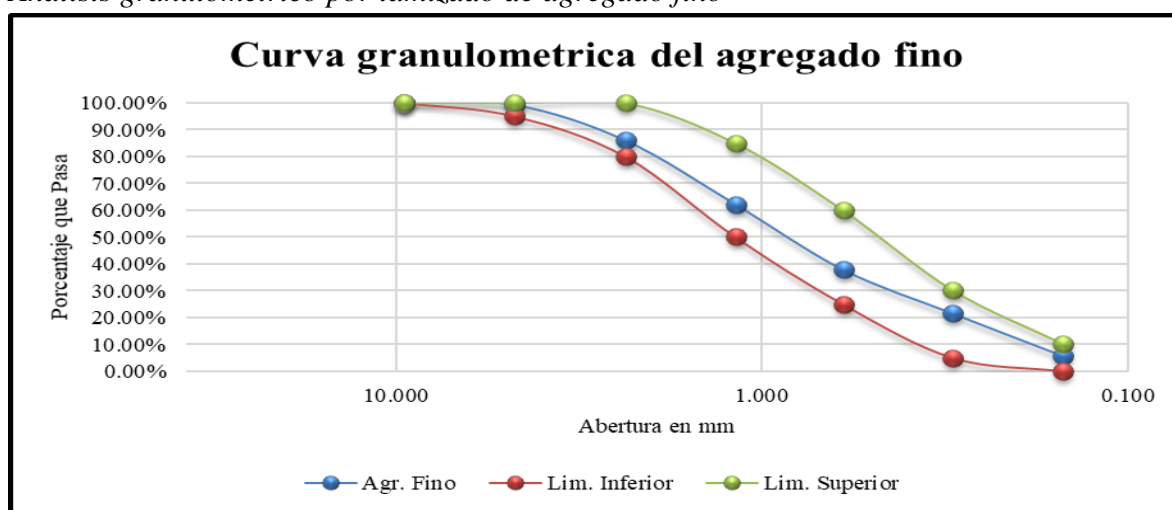
Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 9*Análisis granulométrico agregado fino Cantera Murillo*

| Análisis granulométrico por lavado y tamizado | | | | | | | | |
|--|------------|-------------------------|------------------|-------------|---------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Muestra inicial | 950.0 gr | Muestra lavada y secada | | 932.4 | Peso Recipiente | 0.0 gr | Gradación | |
| Tamiz (Pulg.) | Tamiz (mm) | Peso ret. (gr.) | Peso corr. (gr.) | %ret. | %retenido acumulado | %pasa | Límite inferior | Límite superior |
| 3/8" | 9.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100% | 100% |
| N.º 4 | 4.750 | 8.5 | 8.50 | 0.89% | 0.89% | 99.11% | 95% | 100% |
| Nº 8 | 2.360 | 125.2 | 125.20 | 13.18% | 14.07% | 85.93% | 80% | 100% |
| Nº 16 | 1.180 | 225.4 | 225.40 | 23.73% | 37.80% | 62.20% | 50% | 85% |
| Nº 30 | 0.600 | 230.2 | 230.20 | 24.23% | 62.03% | 37.97% | 25% | 60% |
| Nº 50 | 0.300 | 155.2 | 155.20 | 16.34% | 78.37% | 21.63% | 5% | 30% |
| Nº 100 | 0.150 | 149.5 | 149.50 | 15.74% | 94.11% | 5.89% | 0% | 10% |
| Nº200 | 0.075 | 26.1 | 26.06 | 2.74% | 96.85% | 3.15% | | |
| Fondo | | 12.3 | 29.94 | 3.15% | 100.00% | | | |
| Total | | 932.4 | 950.0 | 100% | | | | |

Módulo de fineza =2.87

Nota. En la tabla se muestra el análisis granulométrico del agregado fino de la cantera Murillo. Un MF de 2.87 es típico para agregados finos, como la arena. Este rango de MF sugiere que el agregado tiene una granulometría adecuada para proporcionar una buena trabajabilidad del concreto. Aunque los agregados finos contribuyen a una mejor cohesión de la mezcla, el $f'c$ también depende de la cantidad correcta de cemento y H_2O . Un MF de 2.87 ayuda a obtener una mezcla bien balanceada para lograr la resistencia especificada de 210 kg/cm^2 . Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Figura 4*Análisis granulométrico por tamizado de agregado fino*

Nota. La figura muestra el análisis granulométrico por tamizado del agregado fino. Fuente:

Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 10*Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado grueso Cantera Murillo*

| Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso | | |
|--|-----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Peso del Molde (gr) | 3431 | 3431 |
| Peso del Molde + Muestra Suelta (gr) | 12956.0 | 12962.0 |
| Peso de la Muestra Suelta (gr) | 9525 | 9531 |
| Volumen del Molde (cm ³) | 6827.00 | 6827.00 |
| Peso Unitario Suelto (gr/cm ³) | 1.395 | 1.396 |
| Peso Específico (kg/m ³) | 2703.654 | 2703.654 |
| Peso Unitario Suelto (kg/m ³) | 1395.196 | 1396.074 |
| Porcentaje de Vacíos | 48.40% | 48.36% |
| Peso Unitario Suelto (kg/m³) | 1395.635 | |
| Porcentaje de Vacíos | 48.38% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario suelto y porcentaje de vacíos de la cantera murillo.

Un peso unitario suelto de 1395.635 kg/m³ influye en la dosificación de materiales. Se debe ajustar la cantidad de cemento, agua y agregados finos para asegurar una mezcla homogénea y adecuada. El alto porcentaje de vacíos (48.38%) requiere una cantidad suficiente de pasta de cemento para llenar estos vacíos, lo que afecta la trabajabilidad y la cohesión del concreto vaciado. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 11*Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso Cantera Murillo*

| Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso | | |
|---|----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Número de Capas | 3 | 3 |
| Número de Golpes | 25 | 25 |
| Peso del Molde (gr) | 3431 | 3431 |
| Peso del Molde + Muestra Varillada (gr) | 13300.0 | 13307.0 |
| Peso de la Muestra Varillada (gr) | 9869 | 9876 |
| Volumen del Molde (cm ³) | 6827.00 | 6827.00 |
| Peso Unitario Varillado (gr/cm ³) | 1.446 | 1.447 |
| Peso Específico (kg/m ³) | 2703.654 | 2703.654 |
| Peso Unitario Varillado (kg/m ³) | 1445.58 | 1446.61 |
| Porcentaje de Vacíos | 46.53% | 46.49% |
| Peso Unitario compactado (kg/m³) | 1446.10 | |
| Porcentaje de Vacíos | 46.51% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario compactado y porcentaje de vacíos de la cantera murillo. Un peso compactado unitario de 1446.10 kg/m³ influye en la dosificación de materiales. Se debe ajustar la cantidad de cemento, agua y agregados finos para asegurar una mezcla homogénea y adecuada. El porcentaje de vacíos (46.51%) requiere una cantidad suficiente de pasta de cemento para rellenar estos vacíos, lo que afecta la trabajabilidad y la cohesión del concreto fresco. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 12

Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado fino Cantera Murillo

| Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino | | |
|--|-----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Peso del Molde (gr) | 1360 | 1360 |
| Peso del Molde + Muestra Suelta (gr) | 5412.2 | 5416.2 |
| Peso de la Muestra Suelta (gr) | 4052.2 | 4056.2 |
| Volumen del Molde (cm ³) | 2831.70 | 2831.70 |
| Peso Unitario Suelto (gr/cm ³) | 1.431 | 1.432 |
| Peso Específico (kg/m ³) | 2719.780 | 2719.780 |
| Peso Unitario Suelto (kg/m ³) | 1431.013 | 1432.426 |
| Porcentaje de Vacíos | 47.38% | 47.33% |
| Peso Unitario Suelto (kg/m³) | 1431.719 | |
| Porcentaje de Vacíos | 47.36% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario suelto y porcentaje de vacíos de la cantera murillo.

Un peso unitario suelto de 1431.719 kg/m³ influye en la dosificación de materiales. Se debe ajustar la cantidad de cemento, agua y agregados finos para asegurar una mezcla homogénea y adecuada. El porcentaje de vacíos (47.36%) requiere una cantidad suficiente de pasta de cemento para rellenar estos vacíos, lo que afecta la trabajabilidad y la cohesión del concreto fresco. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 13*Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino Cantera Murillo*

| Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino | | |
|---|----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Número de capas | 3 | 3 |
| Número de golpes | 25 | 25 |
| Peso del molde (gr) | 1360 | 1360 |
| Peso del molde + muestra varillada (gr) | 5621.1 | 5626.1 |
| Peso de la muestra varillada (gr) | 4261.1 | 4266.1 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2831.70 | 2831.70 |
| Peso unitario varillado (gr/cm ³) | 1.505 | 1.507 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2719.780 | 2719.780 |
| Peso unitario varillado (kg/m ³) | 1504.785 | 1506.551 |
| Porcentaje de vacíos | 44.67% | 44.61% |
| Peso unitario compactado (kg/m³) | 1505.67 | |
| Porcentaje de vacíos | 44.64% | |

Nota. La tabla muestra el peso compactado suelto y porcentaje de vacíos de la cantera murillo. Un peso compactado unitario de 1505.67 kg/m³ influye en la dosificación de materiales. Se debe ajustar la cantidad de cemento, agua y agregados finos para asegurar una mezcla homogénea y adecuada. El porcentaje de vacíos (44.64%) requiere una cantidad suficiente de pasta de cemento para rellenar estos vacíos, lo que afecta la trabajabilidad y la cohesión del concreto fresco. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 14*Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado grueso Cantera Murillo*

| Peso específico y absorción del agregado grueso (MTC E 206) | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Peso de la canastilla sumergida (gr) | 619 |
| Peso de la muestra seca (gr) | 1998 |
| Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr) | 1887 |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) | 2007 |
| Peso del agua absorbida (gr) | 9 |
| Peso específico (gr/cm³) | 2.70 |
| Capacidad de absorción (%) | 0.45% |

Nota. La tabla muestra el peso específico y capacidad de absorción de la cantera murillo. Un peso específico de 2.70 gr/cm³ contribuye a la densidad y compacidad del concreto, lo que

es crucial para lograr la resistencia especificada de 210 kg/cm². Una baja capacidad de absorción (0.45%) asegura que el agua de mezcla disponible en el concreto no sea absorbida por los agregados, manteniendo así la relación a/c adecuado para la hidratación del cemento.

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 15

Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado fino Cantera Murillo

| Gravedad específica y absorción del agregado fino (MTC E 205) | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Volumen del picnómetro (ml) | 500 |
| Peso del picnómetro (gr) | 232.0 |
| Peso de la muestra seca (gr) | 297.0 |
| Peso del picnómetro + agua + muestra (gr) | 902.9 |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) | 300.3 |
| Peso del picnómetro + agua (gr) | 715.1 |
| Peso de la muestra sumergida (gr) | 187.8 |
| Peso del agua desplazada (gr) | 109.2 |
| Peso del agua absorbida (gr) | 3.3 |
| Peso específico (gr/cm³) | 2.72 |
| Capacidad de absorción | 1.11% |

Nota. La tabla muestra el peso específico y capacidad de absorción de la cantera murillo. Un peso específico de 2.72 gr/cm³ contribuye a la densidad y compacidad del concreto, lo que es crucial para lograr la resistencia de 210 kg/cm². Una capacidad de absorción de 1.11% asegura que el H₂O de mezcla disponible en el concreto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 16

Contenido de humedad del agregado grueso Cantera Murillo

| Contenido de humedad del agregado grueso | | |
|---|-------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Cápsula n° | 1 | 2 |
| Peso agregado húmedo + recipiente (g) | 1297.00 | 1293.00 |
| Peso agregado seco + recipiente (g) | 1295.00 | 1290.00 |
| Peso del agua (g) | 2.00 | 3.00 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 | 0.00 |
| Peso neto del suelo seco (g) | 1295.00 | 1290.00 |
| % de humedad | 0.15 | 0.23 |
| W (%) promedio | 0.19 | |

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad del agregado grueso de la cantera murillo.

El contenido húmedo es el % de H₂O presente en el árido respecto a su peso seco. Un valor

de 0.19% sugiere que, en promedio, por cada 100 gramos de agregado seco, hay 0.19 gramos de agua. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 17

Contenido de humedad del agregado Cantera Murillo

| Contenido de humedad del agregado fino | | |
|---|-------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Cápsula n° | 1 | 2 |
| Peso agregado húmedo + recipiente (g) | 293.00 | 288.00 |
| Peso agregado seco + recipiente (g) | 287.00 | 282.00 |
| Peso del agua (g) | 6.00 | 6.00 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 | 0.00 |
| Peso neto del suelo seco (g) | 287.00 | 282.00 |
| % de humedad | 2.09 | 2.13 |
| W (%) promedio | 2.11 | |

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad del agregado fino de la cantera murillo. Un contenido de humedad del 2.11% en el agregado requiere ajustar la cantidad de H₂O añadida a la pasta de hormigón. Esto asegura que la relación a/c se mantenga dentro de los límites deseados para lograr la resistencia especificada de 210 kg/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 18

Cantidad de material fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado grueso Cantera Murillo

| Porcentaje de fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Cápsula n° | 1 |
| Peso de la muestra seca antes de lavado (g) | 10700.00 |
| Peso de la muestra seca después de lavado (g) | 10654.72 |
| Material que pasa el tamiz n° 200 (g) | 45.28 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 |
| % de material fino que pasa el tamiz n° 200 | 0.42% |
| F (%) promedio | 0.42% |

Nota. La tabla muestra el porcentaje de finos de la cantera murillo. Un contenido de finos del 0.42% es relativamente bajo, lo que sugiere que el agregado tiene buena calidad con pocas partículas finas que podrían interferir en la pasta de concreto. La baja cantidad de finos contribuye a una mejor cohesión y compactación del concreto, ayudando a lograr la resistencia de 210 kg/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 19

Cantidad de material fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado fino Cantera Murillo

| Porcentaje de fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Cápsula n° | 1 |
| Peso de la muestra seca antes de lavado (g) | 950.00 |
| Peso de la muestra seca después de lavado (g) | 932.36 |
| Material que pasa el tamiz n° 200 (g) | 17.64 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 |
| % de material fino que pasa el tamiz n° 200 | 1.86% |
| F (%) promedio | 1.86% |

Nota. La tabla muestra el porcentaje de finos de la cantera murillo. Dicho valor indicaría el porcentaje del agregado fino que pasa mediante un tamiz con aberturas de 0.075 mm (N° 200). Un valor de 1.86% significa que, en promedio, 1.86% del peso total del agregado fino tiene un tamaño menor a 0.075 mm. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 20

Partículas chatas y alargadas en agregados cantera Murillo

| Porcentaje de chatas y alargadas en los agregados | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|-----------|-------------|------------|------------|-----------|-------------|
| Tamaño del agregado | | Chatas | | | | Alargadas | | | |
| Pasa | Retenido | P. Muestra | P. Pasante | % Pasante | % Corregido | P. Muestra | P. Pasante | % Pasante | % Corregido |
| 2" | 1 1/2" | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 1/2" | 1" | 5050.21 | 714.20 | 14.14 | 6.84 | 5050.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1" | 3/4" | 4418.00 | 345.20 | 7.81 | 3.31 | 4418.00 | 32.20 | 0.73 | 0.31 |
| 3/4" | 1/2" | 325.21 | 120.20 | 36.96 | 1.15 | 325.21 | 29.00 | 8.92 | 0.28 |
| 1/2" | 3/8" | 325.21 | 88.20 | 27.12 | 0.84 | 325.21 | 10.20 | 3.14 | 0.10 |
| 3/8" | 1/4" | 320.1 | 50.00 | 15.62 | 0.48 | 320.10 | 6.00 | 1.87 | 0.06 |
| Sub Total | | 10438.7 | | 12.62 | | 10438.7 | | 0.74 | |
| | | 3 | | | | 3 | | | |
| Porcentaje de chatas y alargadas (%) | | | | | 13.37 | | | | |

Nota. La tabla muestra el porcentaje de chatas y alargadas del agregado de la cantera murillo.

El análisis del % de partículas alargadas y chatas en los agregados es relevante porque estas características afectan la manejabilidad y la resistencia del concreto al endurecer. Al obtener un 13.37% de partículas chatas y alargadas, es importante evaluar si este porcentaje cumple con las especificaciones de calidad de los agregados para concreto estructural, ya que un

porcentaje elevado puede influir negativamente en la resistencia. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 21

Porcentaje de Partículas fracturadas cantera Murillo

| Porcentaje de partículas fracturadas | | | | | | |
|---|----------|-------------------|---------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|
| Tamaño del agregado Pasa | Retenido | Peso fracción (g) | Peso partículas Fracturadas (g) | Porcentaje partículas fracturadas (%) | Porcentaje retenido original (%) | Porcentaje de caras fracturadas fracción(%) |
| 2" | 1 1/2" | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 1/2" | 1" | 5050.21 | 4345.2 | 86.04 | 48.38 | 41.63 |
| 1" | 3/4" | 4418.00 | 3789.5 | 85.77 | 42.32 | 36.30 |
| 3/4" | 1/2" | 325.21 | 235.2 | 72.32 | 3.12 | 2.25 |
| 1/2" | 3/8" | 325.21 | 220.2 | 67.71 | 3.12 | 2.11 |
| 3/8" | 1/4" | 320.10 | 189.2 | 59.11 | 3.07 | 1.81 |
| Total | | 10438.73 | 8779.30 | 370.95 | 100.00 | 84.10 |
| Porcentaje de caras fracturadas (%) | | | | 84.10 | | |

Nota. La tabla muestra el porcentaje de partículas fracturadas de la cantera murillo. El análisis del % de partículas fracturadas en los áridos es un indicador relevante para la resistencia mecánica del concreto, particularmente en términos de adherencia entre el árido y la matriz de cemento. Las partículas fracturadas, debido a sus superficies irregulares, tienden a ofrecer una mejor adherencia, lo que suele contribuir positivamente a las resistencias de los concretos, tanto en compresión como en flexión. Con un 84.10% de partículas fracturadas en los agregados del sector de Pachachaca, este porcentaje es considerablemente alto y en general favorable, ya que asegura una mejor interacción con la pasta de cemento, lo que tiende a mejorar la cohesión en el concreto endurecido. Para un hormigón con $f'c=210\text{kg/cm}^2$, este nivel de partículas fracturadas es beneficioso y debería contribuir a alcanzar la resistencia especificada en el proyecto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 22

Diseño de mezcla para un concreto con resistencia a la compresión de 210kg/cm²

| Datos | | |
|---------------------|---|------------------------|
| F _{cr} | : | 210 Kg/cm ² |
| Factor de seguridad | : | 84 Kg/cm ² |
| F'cr (diseño) | : | 294 Kg/cm ² |

Nota. La tabla muestra el factor de seguridad y diseño de la cantera murillo. Este valor representa la resistencia característica del concreto (f_c). Es el f'c esperado para el concreto luego de 28 días de curación, bajo condiciones estándar de prueba. Este es el valor objetivo que se desea alcanzar en los diseños y producciones de concretos. Este valor de 84 Kg/cm² se añade a la resistencia característica para obtener (f'cr). Fuente: Laboratorio geotécnico

INGEOCADING

Tabla 23

Diseño del agregado grueso Cantera Murillo

| Datos de diseño del agregado grueso | | |
|--|---|---------------------------|
| Tamaño máximo nominal | : | 1 " |
| Peso específico | : | 2703.65 kg/m ³ |
| Peso unitario suelto | : | 1395.63 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado | : | 1446.10 kg/m ³ |
| Absorción | : | 0.45 % |
| Humedad | : | 0.19 % |

Nota. La tabla muestra el diseño del agregado grueso de la cantera murillo. El TMN del árido se refiere al mayor tamaño de las partículas presentes en el material, el cual, en este caso específico, es de 1 pulgada. Esta medida es crucial para determinar la aplicación adecuada del agregado en diversas mezclas de construcción. Por otro lado, el peso específico del material, que se encuentra en 2703.65 kg/m³, proporciona información sobre la densidad del agregado cuando se encuentra en estado sólido, lo cual es un parámetro fundamental para calcular las cantidades de los elementos en la mezcla. Además, el peso suelto unitario del material, que es de 1395.63 kg/m³, describe la densidad del agregado en estado no compactado, ofreciendo un indicio de su volumen cuando se almacena sin compactar. En contraste, el peso unitario compactado, con un valor de 1446.10 kg/m³, indica la densidad

del material después de haber sido sometido a procesos de compactación, una práctica común para mejorar la estabilidad y resistencia de las pastas de concreto. El porcentaje de absorción, que se establece en 0.45%, representa la capacidad del árido para retener agua, un determinante factor en la durabilidad y comportamiento del concreto en condiciones húmedas. Finalmente, el contenido húmedo del árido, que es de 0.19%, proporciona una medida de la cantidad de H₂O presente en el material antes de su uso, lo que es crucial para ajustar las cantidades de agua en las combinaciones de concreto y garantizar la calidad del producto final. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 24

Diseño del agregado fino Cantera Murillo

| Diseño del agregado fino | | |
|---------------------------------|---|---------------------------|
| Módulo de fineza | : | 2.95 --- |
| Peso específico | : | 2719.78 kg/m ³ |
| Peso unitario suelto | : | 1431.72 kg/m ³ |
| Peso unitario compactado | : | 1505.67 kg/m ³ |
| Absorción | : | 1.11 % |
| Humedad | : | 2.11 % |

Nota. La tabla muestra el diseño del agregado de la cantera murillo. La tabla 24, titulada "Diseño del agregado fino Cantera Murillo," proporciona una descripción técnica detallada de las propiedades del árido fino obtenido de la cantera Murillo. Estos datos, que resultan de pruebas de laboratorio, son esenciales para comprender las características del material y su adecuación para diversas aplicaciones en la construcción. En primer lugar, se presenta el módulo de fineza del árido, el cual es de 2.95. Este valor es crucial ya que indica la granulometría del material y ayuda a determinar su aptitud para mezclas específicas de concreto. A continuación, se menciona el peso específico del árido fino, que es de 2719.78 kg/m³. Este dato refleja la densidad del material en estado sólido y es fundamental para calcular las proporciones de los elementos en una mezcla. El peso suelto unitario del agregado se registra en 1431.72 kg/m³, lo cual describe la densidad del material en su estado no compactado. Este valor es importante para estimar el volumen necesario de agregado en

pastas de hormigón no compactado. Por otro lado, el peso compactado unitario del material es de 1505.67 kg/m³, indicando la densidad del agregado cuando ha sido sometido a procesos de compactación, lo que es común para mejorar la estabilidad y resistencia de las estructuras de hormigón. La absorción del agregado fino, que es de 1.11%, representa la capacidad del material para retener agua. Este valor es crucial para ajustar las proporciones de agua en las mezclas y asegurar la durabilidad y resistencia del concreto. Finalmente, la tabla indica el contenido húmedo del árido, que es de 2.11%. Este dato es crucial para ajustar las cantidades de agua en la pasta de concreto y garantizar que el material mantenga sus propiedades óptimas durante su uso. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 25

Procesamiento del diseño de mezcla Cantera Murillo

| Procesamiento | | |
|------------------------------|---|--------------------------|
| Asentamiento | : | 3 - 4 Pulgadas |
| Volumen | : | 193 Lt/m ³ |
| Contenido de aire | : | 1.5 % |
| Relación a/c | : | 0.5484 |
| Factor cemento | : | 351.93 Kg/m ³ |
| # de bolsas | : | 8.28 Bolsas |
| Contenido de agregado grueso | : | 0.663 |
| Peso del agregado grueso | : | 958.37 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra el procesamiento del diseño de mezcla de la cantera murillo. La tabla 25, titulada "Procesamiento del diseño de mezcla Cantera Murillo," presenta los parámetros clave empleados en el diseño de una mezcla de concreta basada en los materiales provenientes de la cantera Murillo. Los datos, obtenidos a partir de pruebas de laboratorio, son esenciales para garantizar la calidad y consistencia del concreto fabricado. En primer lugar, se menciona el asentamiento, que se encuentra en el rango de 3 a 4 pulgadas. Este parámetro es crucial ya que indica la trabajabilidad de la mezcla de concreto; un asentamiento adecuado garantiza que el hormigón pueda ser vaciado y compactado correctamente sin segregación. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El volumen unitario de agua empleado en la pasta es de 193 litros por metro cúbico (L/m^3). Este dato es fundamental para controlar (a/c), que afecta directamente la resistencia y durabilidad del hormigón. Los contenidos de aire en la mezcla son de 1.5%, un factor que puede influir en la resistencia a la congelación y deshielo del concreto.

La relación a/c de la mezcla es de 0.5484. Este valor es vital para cuantificar la resistencia final del concreto, ya que una relación más baja generalmente indica una mezcla más fuerte. El factor cemento es de $351.93 \text{ kg}/m^3$, lo cual representa la cantidad de cemento por metro³ de concreto, un componente crucial para la resistencia y durabilidad.

El n° de bolsas de cemento utilizadas es de 8.28 por metro cúbico. Este dato es práctico para el cálculo y manejo de los materiales en el sitio de construcción. El contenido y el peso de agregado es de 0.663 y de $958.37 \text{ kg}/m^3$ respectivamente.

Tabla 26

Volumen absolutos Cantera Murillo

| Volúmenes absolutos | |
|----------------------------|------------------------|
| Cemento | : 0.115 m ³ |
| Agua | : 0.193 m ³ |
| Aire | : 0.015 m ³ |
| Agregado grueso | : 0.354 m ³ |

Nota. La tabla muestra el volumen de absolutos de la cantera murillo. La tabla 26, titulada "Volumen absolutos Cantera Murillo," presenta los volúmenes absolutos de los componentes utilizados en la mezcla de concreto provenientes de la cantera Murillo. Esta información es fundamental para comprender las proporciones exactas de cada material en la mezcla y asegurar la calidad del concreto producido. El volumen de cemento absoluto en la mezcla es de 0.115 metros cúbicos (m^3). Este valor indica la cantidad precisa de cemento necesario para una unidad de mezcla, lo cual es crucial para determinar la durabilidad y resistencia del hormigón. El agua ocupa un volumen de 0.193 m^3 , lo que es esencial para la hidratación del cemento y la trabajabilidad de la mezcla. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El aire atrapado en la mezcla tiene un volumen de 0.015 m³. Aunque pequeño, este volumen es importante ya que la presencia de aire puede influir en la durabilidad y resistencia a la congelación y deshielo del hormigón. El agregado grueso representa el mayor volumen entre los componentes, con 0.354 m³, lo que proporciona la estructura y la masa principal del concreto.

Finalmente, la tabla presenta un sub-total de los volúmenes absolutos, que suma 0.678 m³. Este sub-total es esencial para ajustar las cantidades de los elementos y asegurar que la mezcla final tenga las características deseadas.

Tabla 27

Contenido de agregado fino Cantera Murillo

| Contenido de agregado fino | | |
|-----------------------------------|-----------|-------------------|
| Volumen absoluto fino | : 0.322 | m ³ |
| Peso fino seco | : 876.154 | Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra el contenido del agregado de la cantera murillo. La tabla 27, titulada "Contenido de agregado fino Cantera Murillo," proporciona información específica sobre las características del árido fino utilizado en la pasta de concreto proveniente de la cantera Murillo. Estos datos, obtenidos a partir de pruebas de laboratorio, son fundamentales para entender las proporciones y la calidad del árido fino en la pasta. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El volumen absoluto fino del agregado se registra en 0.322 metros cúbicos (m³). Este valor es crucial ya que indica la cantidad exacta de árido fino presente en una unidad de mezcla de concreto, lo que es crucial para asegurar una distribución homogénea del material y garantizar las propiedades mecánicas deseadas en el producto final.

Por otro lado, el peso fino seco del agregado es de 876.154 kilogramos por metro cúbico (Kg/m³). Este dato representa la masa del agregado fino cuando está completamente seco, una medida importante para calcular la densidad y para ajustar las proporciones de

agua en la pasta. Un peso fino seco adecuado asegura que el concreto mantenga su resistencia y durabilidad, evitando problemas como la segregación y la falta de cohesión.

Tabla 28

Valores de diseño Cantera Murillo

| Valores de diseño | | |
|--------------------------|---|--------------------------|
| Cemento | : | 351.93 Kg/m ³ |
| Agua | : | 193.00 Lt/m ³ |
| Agregado fino seco | : | 876.15 Kg/m ³ |
| Agregado grueso seco | : | 958.37 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra los valores de diseño de la cantera murillo. La tabla 28, titulada "Valores de diseño Cantera Murillo," proporciona una descripción detallada de las cantidades específicas de los materiales utilizados en el diseño de mezcla de hormigón provenientes de la cantera Murillo. Estos valores, derivados de pruebas de laboratorio, son esenciales para asegurar que el concreto producido cumpla con los requisitos de resistencias y durabilidad. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

En primer lugar, se presenta el contenido de cemento, que es de 351.93 kilogramos por metro cúbico (Kg/m³). Este valor es fundamental para la resistencia final del concreto, ya que el cemento es el principal agente aglutinante en la mezcla. El agua utilizada tiene un volumen de 193.00 (L/m³). La cantidad de agua es crucial para la hidratación del cemento y la manejabilidad de la mezcla.

El árido fino seco tiene un peso de 876.15 Kg/m³. Este valor es importante para proporcionar una textura adecuada al concreto y mejorar su cohesión. Por último, el árido grueso seco tiene un peso de 958.37 Kg/m³, lo que proporciona la masa y la estructura necesarias para la pasta de concreto, contribuyendo a su resistencia y estabilidad.

Tabla 29*Corrección por humedad de agregado fino y grueso húmedo Cantera Murillo*

| Corrección por humedad | | |
|-------------------------------|---|--------------------------|
| Agregado fino húmedo | : | 894.64 Kg/m ³ |
| Agregado grueso húmedo | : | 960.19 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra la corrección por humedad de la cantera murillo. La tabla 29, titulada "Corrección por humedad de árido fino y grueso húmedo Cantera Murillo," presenta los valores corregidos para los agregados finos y gruesos en estado húmedo. Esta corrección es crucial para asegurar que las cantidades de los materiales en la pasta de hormigón sean precisas, manteniendo así la calidad y consistencia del producto final. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El agregado fino húmedo tiene un valor corregido de 894.64 (Kg/m³). Este ajuste se realiza para tener en cuenta el contenido húmedo presente en el árido, lo cual es vital para calcular la cantidad efectiva de material seco que se incorpora en la mezcla de concreto.

De manera similar, el agregado grueso húmedo tiene un valor corregido de 960.19 Kg/m³. La corrección por humedad para el agregado grueso asegura que el volumen de agua adicional debido a la humedad del material no afecte negativamente las proporciones de la mezcla. Esto es crucial para mantener la resistencia y durabilidad del hormigón.

Tabla 30*Pesos corregidos por humedad Cantera Murillo*

| Pesos corregidos por humedad | | |
|-------------------------------------|---|--------------------------|
| Cemento | : | 351.93 Kg/m ³ |
| Agua | : | 186.74 Lt/m ³ |
| Agregado fino húmedo | : | 894.64 Kg/m ³ |
| Agregado grueso húmedo | : | 960.19 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra los pesos corregidos por humedad de la cantera murillo. La tabla 30, titulada "Pesos corregidos por humedad Cantera Murillo," presenta los valores ajustados de los componentes de la pasta de hormigón para tener en cuenta la humedad presente en los materiales. Esta corrección es crucial para asegurar la precisión en las cantidades de los

materiales y mantener la calidad y consistencia del concreto producido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El valor del cemento se mantiene en 351.93 kilogramos por metro cúbico (Kg/m^3), ya que la humedad no afecta directamente a este componente. Por otro lado, el valor del agua corregido por humedad es de 186.74 litros por metro cúbico (L/m^3). Este ajuste es necesario para compensar el contenido húmedo de los áridos, asegurando que la cantidad de agua en la pasta sea la adecuada para la hidratación del cemento y la trabajabilidad del concreto.

El agregado fino húmedo tiene un valor corregido de $894.64 \text{ Kg}/\text{m}^3$. Este valor refleja el peso del agregado incluyendo su contenido de humedad, lo cual es fundamental para calcular correctamente las proporciones de la mezcla. Asimismo, el árido grueso húmedo tiene un valor corregido de $960.19 \text{ Kg}/\text{m}^3$. La corrección por humedad para el agregado grueso garantiza que el volumen adicional de agua debido a la humedad del material no afecte negativamente las cantidades de la pasta, manteniendo la resistencia y durabilidad del concreto.

Tabla 31

Cantidad de materiales y proporción usados en la Cantera Murillo

| Materiales | Cantidad de materiales y proporción | | | | | | |
|-------------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------|--|--------------|--|--------|
| | Cantidad $/\text{m}^3$ | Proporción en volumen por bolsa | | Proporción en volumen para 1 m^3 | | Dosificación en baldes (20 litros) | |
| Cemento | 351.93 Kg | 1.00 | Bolsa | 8.281 | Bolsas | 1.0 | Bolsa |
| Agua | 186.74 Lt | 22.55 | Lt | 0.187 | M^3 | 1.1 | Baldes |
| Agr. Fino | 894.64 Kg | 2.66 | Pie^3 | 0.625 | M^3 | 3.7 | Baldes |
| Agr. Grueso | 960.19 Kg | 2.93 | Pie^3 | 0.688 | M^3 | 4.1 | Baldes |

Nota. La tabla muestra la cantidad de materiales y proporciones de la cantera murillo. La

tabla 31, titulada "Cantidad de materiales y proporción usados en la Cantera Murillo," detalla las cantidades y proporciones específicas de los materiales empleados en la mezcla de concreto provenientes de la cantera Murillo. Esta información es esencial para asegurar la

correcta formulación de la mezcla y lograr su calidad y consistencia. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

En primer lugar, se presenta la cantidad de cemento utilizada, que es de 351.93 (Kg/m³). La proporción en volumen por bolsa de cemento es de 1.00, y para producir un m³ de concreto se requieren 8.281 bolsas de cemento. Esto se traduce en una dosificación de 1 bolsa de material cementante por balde de 20 litros.

El agua tiene una cantidad de 186.74 litros por metro cúbico (L/m³). La proporción en volumen es de 22.55 litros por bolsa de cemento, y para un metro cúbico de concreto se necesitan 0.187 metros cúbicos (m³) de agua, lo cual corresponde a 1.1 baldes de 20 litros.

El árido fino tiene un peso de 894.64 Kg/m³. La proporción en volumen por pie cúbico es de 2.66, y para un metro cúbico de concreto se requieren 0.625 metros cúbicos de agregado fino, equivalentes a 3.7 baldes de 20 litros.

Finalmente, el árido grueso tiene un peso de 960.19 Kg/m³. La proporción en volumen por pie cúbico es de 2.93, y para un m³ de concreto se necesitan 0.688 metros cúbicos de agregado grueso, lo cual corresponde a 4.1 baldes de 20 litros.

Análisis granulométrico de la Cantera Gamarra

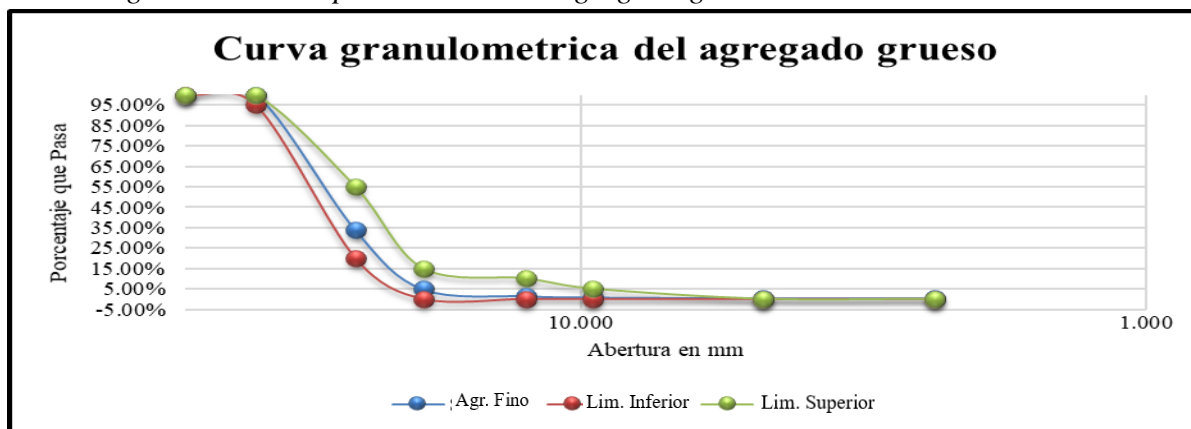
Tabla 32

| Análisis granulométrico por lavado y tamizado | | | | | | | | | |
|--|------------|-------------------------|------------------|-------------|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| Muestra inicial | 10500.0 gr | Muestra lavada y secada | | | 10451.2 | Peso recipiente | 0.0 gr | Huso | 4 |
| Tamiz (pulg.) | Tamiz (mm) | Peso ret. (gr.) | Peso corr. (gr.) | %ret. | %retenido acumulado | %pasa | Límite inferior | Límite superior | |
| 2 | 50.000 | 0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100% | 100% | |
| 1 1/2 | 37.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 95% | 100% | |
| 1 | 25.000 | 6959.0 | 6959.00 | 66.28% | 66.28% | 33.72% | 20% | 55% | |
| 3/4 | 19.000 | 3030.1 | 3030.10 | 28.86% | 95.13% | 4.87% | 0% | 15% | |
| 1/2 | 12.500 | 355.0 | 355.00 | 3.38% | 98.52% | 1.48% | 0% | 10% | |
| 3/8 | 9.500 | 65.2 | 65.20 | 0.62% | 99.14% | 0.86% | 0% | 5% | |
| N° 4 | 4.750 | 40.2 | 40.20 | 0.38% | 99.52% | 0.48% | 0% | 0% | |
| N° 8 | 2.360 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.52% | 0.48% | 0% | 0% | |
| N° 16 | 1.180 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.52% | 0.48% | 0% | 0% | |
| N° 50 | 0.300 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.52% | 0.48% | 0% | 0% | |
| N°200 | 0.075 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.52% | 0.48% | 0% | 0% | |
| Fondo | | 1.7 | 50.50 | 0.48% | 100.00% | | | | |
| Total | | 10451.2 | 10500.0 | 100% | | | | | |
| Módulo de fineza = | | | 7.91 | | | | | | |

Nota. La tabla muestra el análisis granulométrico de la cantera Gamarra. El MF es un índice numérico que representa la finura del árido. Se estima sumando los % acumulados retenidos en una serie de tamices estandarizados y dividiendo por 100. Un MF de 7.91 indica que el agregado es relativamente grueso, ya que un mayor módulo de fineza corresponde a partículas más grandes. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Figura 5

Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso Cantera Gamarra



Nota. La figura muestra la curva granulométrica de la cantera Gamarra. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 33

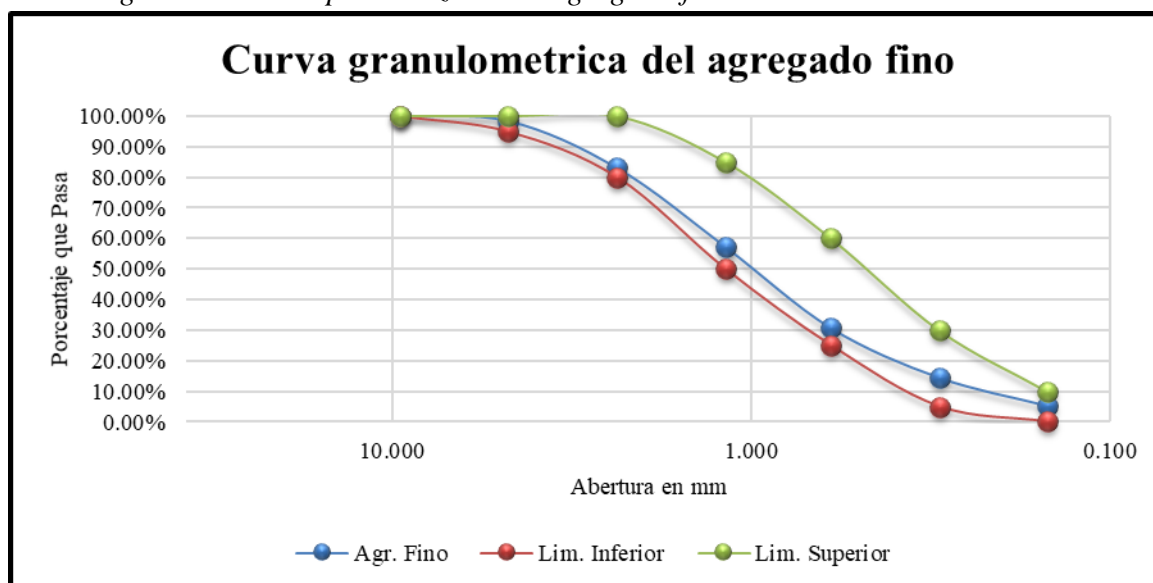
Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino Cantera Gamarra

| Análisis granulométrico por lavado y tamizado | | | | | | | | |
|---|------------|-------------------------|------------------|-----------------|---------------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Muestra inicial | 1300.0 gr | Muestra lavada y secada | 1290.2 | Peso recipiente | 0.0 gr | Gradación | | |
| Tamiz (pulg.) | Tamiz (mm) | Peso ret. (gr.) | Peso corr. (gr.) | %ret. | %retenido acumulado | %pasa | Límite inferior | Límite superior |
| 3/8" | 9.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100% | 100% |
| Nº 4 | 4.750 | 21.2 | 21.20 | 1.63% | 1.63% | 98.37% | 95% | 100% |
| Nº 8 | 2.360 | 200.0 | 200.00 | 15.38% | 17.02% | 82.98% | 80% | 100% |
| Nº 16 | 1.180 | 336.0 | 336.03 | 25.85% | 42.86% | 57.14% | 50% | 85% |
| Nº 30 | 0.600 | 345.2 | 345.20 | 26.55% | 69.42% | 30.58% | 25% | 60% |
| Nº 50 | 0.300 | 210.0 | 210.00 | 16.15% | 85.57% | 14.43% | 5% | 30% |
| Nº 100 | 0.150 | 120.2 | 120.20 | 9.25% | 94.82% | 5.18% | 0% | 10% |
| Nº 200 | 0.075 | 39.4 | 39.43 | 3.03% | 97.85% | 2.15% | | |
| Fondo | | 18.1 | 27.94 | 2.15% | 100.00% | | | |
| Total | | 1290.2 | 1300.0 | 100% | | | | |
| Módulo de fineza = | | | 3.11 | | | | | |

Nota. La tabla muestra el análisis granulométrico de la cantera Gamarra. El MF es un índice que refleja la finura del árido. Se estima sumando los % acumulados retenidos en una serie de tamices estándar y dividiendo la suma entre 100. Un MF de 3.11 indica un agregado fino con una distribución de partículas relativamente equilibrada entre finas y medianas. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Figura 6

Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino Cantera Gamarra



Nota. La figura muestra la curva granulométrica de la cantera Gamarra. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 34

Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado grueso Cantera Gamarra

| Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso | | |
|--|-----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Peso del molde (gr) | 3431 | 3431 |
| Peso del molde + muestra suelta (gr) | 12941.0 | 12940.0 |
| Peso de la muestra suelta (gr) | 9510 | 9509 |
| Volumen del molde (cm ³) | 6827.00 | 6827.00 |
| Peso unitario suelto (gr/cm ³) | 1.393 | 1.393 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2706.360 | 2706.360 |
| Peso unitario suelto (kg/m ³) | 1392.998 | 1392.852 |
| Porcentaje de vacíos | 48.53% | 48.53% |
| Peso unitario suelto (kg/m³) | 1392.925 | |
| Porcentaje de vacíos | 48.53% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario suelto y porcentaje de vacíos de la cantera Gamarra.

Un valor de 1392.925 kg/m³ indica una densidad considerable en estado suelto, útil para determinar la cantidad de árido requerido por volumen. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Un 48.53% de vacíos es significativo, implicando que casi la mitad del volumen del agregado suelto está compuesto de espacios vacíos, lo que afectará la cantidad de cemento.

Tabla 35

Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso Cantera Gamarra

| Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso | | |
|---|----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Número de capas | 3 | 3 |
| Número de golpes | 25 | 25 |
| Peso del molde (gr) | 3431 | 3431 |
| Peso del molde + muestra varillada (gr) | 13101.0 | 13097.0 |
| Peso de la muestra varillada (gr) | 9670 | 9666 |
| Volumen del molde (cm ³) | 6827.00 | 6827.00 |
| Peso unitario varillado (gr/cm ³) | 1.416 | 1.416 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2706.360 | 2706.360 |
| Peso unitario varillado (kg/m ³) | 1416.43 | 1415.85 |
| Porcentaje de vacíos | 47.66% | 47.68% |
| Peso unitario compactado (kg/m³) | 1416.14 | |
| Porcentaje de vacíos | 47.67% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario compactado y porcentaje de vacíos de la cantera Gamarra. Peso unitario compactado: Un valor de 1416.14 kg/m³ proporciona una idea de la densidad que puede esperarse del agregado en una mezcla compactada, crucial para calcular las proporciones adecuadas en la pasta cementante. Un 47.67% de vacíos indica un espacio significativo entre las partículas del agregado, lo que afectará la cantidad de cemento y agua necesarios para una mezcla óptima. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 36

Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado fino Cantera Gamarra

| Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino | | |
|--|-----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Peso del molde (gr) | 1360 | 1360 |
| Peso del molde + muestra suelta (gr) | 5477 | 5473 |
| Peso de la muestra suelta (gr) | 4117 | 4113 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2831.70 | 2831.70 |
| Peso unitario suelto (gr/cm ³) | 1.454 | 1.452 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2722.423 | 2722.423 |
| Peso unitario suelto (kg/m ³) | 1453.897 | 1452.484 |
| Porcentaje de vacíos | 46.60% | 46.65% |
| Peso unitario suelto (kg/m³) | 1453.191 | |
| Porcentaje de vacíos | 46.62% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario suelto y vacíos del agregado de la cantera Gamarra.

Un valor de 1453.191 kg/m³ proporciona una referencia para la cantidad de agregado que ocupa un volumen específico en estado suelto. Un 46.62% de vacíos indica un considerable espacio no ocupado por el agregado, lo que afecta la proporción de H₂O y cementos requeridos para llenar esos espacios en las mezclas de concretos. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 37*Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino Cantera Gamarra*

| Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino | | |
|---|----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Número de capas | 3 | 3 |
| Número de golpes | 25 | 25 |
| Peso del molde (gr) | 1360 | 1360 |
| Peso del molde + muestra varillada (gr) | 5638.2 | 5638.2 |
| Peso de la muestra varillada (gr) | 4278.2 | 4278.2 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2831.70 | 2831.70 |
| Peso unitario varillado (gr/cm ³) | 1.511 | 1.511 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2722.423 | 2722.423 |
| Peso unitario varillado (kg/m ³) | 1510.824 | 1510.824 |
| Porcentaje de vacíos | 44.50% | 44.50% |
| Peso unitario compactado (kg/m³) | 1510.82 | |
| Porcentaje de vacíos | 44.50% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario compactado y porcentaje de vacíos del agregado de la cantera Gamarra. Un valor de 1510.82 kg/m³ proporciona una idea de la densidad del agregado cuando está compactado, lo cual es crucial para calcular las proporciones adecuadas en la pasta de concreto. Un 44.50% de vacíos indica un considerable espacio no ocupado por el árido, lo que afecta la cantidad de cemento y H₂O requeridos para llenar esos espacios en la pasta de concreto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 38*Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado grueso Cantera Gamarra*

| Peso específico y absorción del agregado grueso (MTC E 206) | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Peso de la canastilla sumergida (gr) | 619 |
| Peso de la muestra seca (gr) | 2000 |
| Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr) | 1883 |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) | 2003 |
| Peso del agua absorbida (gr) | 3 |
| Peso específico (gr/cm³) | 2.71 |
| Capacidad de absorción (%) | 0.15% |

Nota. La tabla muestra el peso específico y capacidad de absorción del agregado de la cantera Gamarra. El análisis del peso específico, la gravedad específica y la capacidad de absorción del árido grueso es esencial para evaluar su calidad y comportamiento en la mezcla de concreto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 39

Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado fino Cantera Gamarra

| Gravedad específica y absorción del agregado fino (MTC E 205) | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Volumen del picnómetro (ml) | 500 |
| Peso del picnómetro (gr) | 232.0 |
| Peso de la muestra seca (gr) | 301.1 |
| Peso del picnómetro + agua + muestra (gr) | 905.6 |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) | 305.2 |
| Peso del picnómetro + agua (gr) | 715.1 |
| Peso de la muestra sumergida (gr) | 190.5 |
| Peso del agua desplazada (gr) | 110.6 |
| Peso del agua absorbida (gr) | 4.1 |
| Peso específico (gr/cm³) | 2.72 |
| Capacidad de absorción | 1.36% |

Nota. La tabla muestra el peso específico y capacidad de absorción del agregado de la cantera

Gamarra. El análisis del peso específico, la gravedad específica y la capacidad de absorción del agregado fino es crucial para entender sus propiedades físicas y su comportamiento en la mezcla de concreto. Estos parámetros son cruciales para asegurar la calidad y durabilidad del hormigón. Es la razón entre el peso y volumen que ocupa una sustancia. Se expresa en gr/cm³. Valor: 2.72 gr/cm³, Es el % de H₂O que un agregado puede absorber en condiciones de saturación y superficialmente seca (SSD) Valor: 1.36%. Fuente: Laboratorio geotécnico

INGEOCADING

Tabla 40

Contenido de humedad del agregado grueso Cantera Gamarra

| Contenido de humedad del agregado grueso | | |
|---|-------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Cápsula n° | 1 | 2 |
| Peso agregado húmedo + recipiente (g) | 1001.00 | 995.00 |
| Peso agregado seco + recipiente (g) | 995.20 | 990.20 |
| Peso del agua (g) | 5.80 | 4.80 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 | 0.00 |
| Peso neto del suelo seco (g) | 995.20 | 990.20 |
| % de humedad | 0.58 | 0.48 |
| W (%) promedio | 0.58 | |

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad del agregado de la cantera Gamarra. El

análisis del contenido húmedo del árido grueso es fundamental para ajustar correctamente la proporción de H₂O en la pasta de concreto. La humedad presente en el agregado afecta la

relación a/c y, por lo tanto, la trabajabilidad y resistencia del hormigón. En este caso, el contenido promedio de humedad del árido grueso es 0.58%, lo que sugiere que el agregado contiene una pequeña cantidad de agua. Este valor debe ser considerado al ajustar la proporción de H₂O en la pasta de hormigón para mantener el a/c adecuada. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 41

Contenido de humedad del agregado fino Cantera Gamarra

| Contenido de humedad del agregado fino | | |
|---|-------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Cápsula n° | 1 | 2 |
| Peso agregado húmedo + recipiente (g) | 202.10 | 194.10 |
| Peso agregado seco + recipiente (g) | 198.20 | 190.20 |
| Peso del agua (g) | 3.90 | 3.90 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 | 0.00 |
| Peso neto del suelo seco (g) | 198.20 | 190.20 |
| % de humedad | 1.97 | 2.05 |
| W (%) promedio | 1.97 | |

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad del agregado fino de la cantera Gamarra.

Un contenido de humedad de 1.97% es relativamente alto y debe ser considerado cuidadosamente en el diseño de la mezcla. Un contenido húmedo elevado puede afectar la relación a/c, lo que a su vez impacta la resistencia y manejabilidad del concreto. Es crucial controlar el contenido de humedad para asegurar una pasta uniforme y predecible. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 42

Cantidad de material fino que pasa el tamiz del agregado grueso Cantera Gamarra

| Porcentaje de fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Cápsula n° | 1 |
| Peso de la muestra seca antes de lavado (g) | 10500.00 |
| Peso de la muestra seca después de lavado (g) | 10451.20 |
| Material que pasa el tamiz n° 200 (g) | 48.80 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 |
| % de material fino que pasa el tamiz n° 200 | 0.46% |
| F (%) promedio | 0.46% |

Nota. La tabla muestra la cantidad de material fino de la cantera Gamarra. El análisis de la proporción de árido fino que pasa el tamiz en el árido grueso es grueso para lograr una calidad y la uniformidad del concreto. La presencia de finos en el agregado grueso puede afectar significativamente las propiedades mecánicas y de durabilidad del concreto. En este caso, el % promedio de material fino que pasa el tamiz es 0.46%. Este valor es bajo y generalmente aceptable para la mayoría de aplicaciones de concreto, ya que un contenido alto de finos podría afectar de manera negativa su trabajabilidad y resistencia. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 43

Cantidad de material fino que pasa el tamiz del agregado fino Cantera Gamarra

| Porcentaje de fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Cápsula n° | 1 |
| Peso de la muestra seca antes de lavado (g) | 1300.00 |
| Peso de la muestra seca después de lavado (g) | 1290.19 |
| Material que pasa el tamiz n° 200 (g) | 9.81 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 |
| % de material fino que pasa el tamiz n° 200 | 0.75% |
| F (%) promedio | 0.75% |

Nota. La tabla muestra la cantidad de material fino de la cantera Gamarra. Un promedio de finura de 0.75% indica que los agregados finos tienen una granulometría adecuada, lo cual es crucial para la cohesión y trabajabilidad del concreto. Una adecuada finura contribuye a una mejor distribución de los agregados en la pasta y mejora las propiedades del concreto endurecido.

Tabla 44*Partículas chatas y alargadas en agregados cantera Gamarra*

| Porcentaje de chatas y alargadas en los agregados | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|-----------|-------------|------------|------------|-----------|-------------|
| Tamaño del agregado | | Chatas | | | | Alargadas | | | |
| Pasa | Retenido | P. Muestra | P. Pasante | % Pasante | % Corregido | P. Muestra | P. Pasante | % Pasante | % Corregido |
| 2" | 1 1/2" | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 1 | 1" | 6959.00 | 700.2 | 10.06 | 6.70 | 6959.00 | 22.20 | 0.32 | 0.21 |
| 1/2" | 1" | 3030.10 | 565.2 | 18.65 | 5.41 | 3030.10 | 30.10 | 0.99 | 0.29 |
| 3/4" | 1/2" | 355.00 | 125.2 | 35.27 | 1.20 | 355.00 | 29.00 | 8.17 | 0.28 |
| 1/2" | 3/8" | 65.20 | 20.3 | 31.13 | 0.19 | 65.20 | 8.20 | 12.58 | 0.08 |
| 3/8" | 1/4" | 40.20 | 0 | 0.00 | 0.00 | 40.20 | 6.00 | 14.93 | 0.06 |
| Sub Total | | 10449.5 | | | 13.50 | 10449.5 | | | 0.91 |
| Porcentaje de chatas y alargadas (%) | | | | | 14.42 | | | | |

Nota. El análisis de partículas chatas y alargadas en los áridos es importante, ya que estos tipos de partículas pueden afectar de forma negativa la trabajabilidad y la resistencia del concreto endurecido. Para un $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, se recomienda que el % de partículas chatas y alargadas sea lo más bajo posible, idealmente menor al 15%, para evitar problemas en la compactación y cohesión del concreto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Al obtener un 14.42% de partículas chatas y alargadas, el agregado estaría justo dentro del límite superior aceptable, lo cual es favorable para cumplir con las especificaciones de calidad del concreto estructural. Este nivel sugiere que, si bien el agregado podría tener un desempeño adecuado, está cerca del límite en el cual podría comenzar a afectar la calidad.

Con este 14.42%, el agregado debería tener una influencia aceptable en el f'_c y el f_t del concreto endurecido en tu proyecto en Abancay, siempre y cuando se controle bien el proceso de mezclado y colocación.

Tabla 45*Porcentajes de partículas fracturadas cantera Gamarra*

| Porcentaje de partículas fracturadas | | | | | | |
|---|----------|-------------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|---|
| Tamaño del agregado | | Peso fracción (g) | Peso de las partículas Fracturadas (g) | Porcentaje partículas fracturadas (%) | Porcentaje retenido original (%) | Porcentaje de caras fracturadas fracción(%) |
| Pasa | Retenido | | | | | |
| 2" | 1 1/2" | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 1 1/2" | 1" | 6959.00 | 4512.2 | 64.84 | 66.60 | 43.18 |
| 1" | 3/4" | 3030.10 | 2512.2 | 82.91 | 29.00 | 24.04 |
| 3/4" | 1/2" | 355.00 | 300 | 84.51 | 3.40 | 2.87 |
| 1/2" | 3/8" | 65.20 | 20.3 | 31.13 | 0.62 | 0.19 |
| 3/8" | 1/4" | 40.20 | 0 | 0.00 | 0.38 | 0.00 |
| Total | | 10449.5 | 7344.70 | 263.39 | 100.00 | 70.29 |
| Porcentaje de caras fracturadas (%) | | | | 70.29 | | |

Nota. La tabla muestra el porcentaje de partículas fracturadas cantera Gamarra. El % de partículas fracturadas en los áridos es un indicador clave de la calidad del material, especialmente para su adherencia con la matriz de cemento en el concreto. Las partículas fracturadas presentan superficies irregulares que mejoran la adherencia, lo cual es favorable para el f'_c y f_f . Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Con un 70.29% de partículas fracturadas, el valor es moderado, pero algo bajo en comparación con los valores óptimos para maximizar la adherencia y la resistencia mecánica del concreto, especialmente si consideramos un concreto estructural con $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$. Generalmente, se considera ideal un porcentaje de partículas fracturadas superior al 75-80%, ya que esto asegura un buen nivel de anclaje en la matriz cementante.

Con este 70.29%, es probable que el agregado tenga una influencia razonable, aunque algo limitada, en el f'_c y f_f del concreto endurecido en tu proyecto.

Tabla 46*Diseño de mezcla por el método agregado grueso y fino Cantera Gamarra*

| Datos | |
|---------------------|--------------------------|
| Fcr | : 210 Kg/cm ² |
| Factor de seguridad | : 84 Kg/cm ² |
| F'cr (diseño) | : 294 Kg/cm ² |

Nota. La tabla muestra el factor de seguridad y diseño de la cantera Gamarra. Este valor representa la resistencia característica del concreto (f'_c). Es el f'_c esperada para el concreto después de 28 días de curado, bajo condiciones estándar de prueba. Este es el valor objetivo que se desea alcanzar en el diseño y producción del concreto. Este valor de 84 Kg/cm² se añade a la resistencia característica para lograr la resistencia requerida promedio (f'_{cr}).

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

Tabla 47

Datos de diseño del agregado grueso Cantera Gamarra

| Datos de diseño del agregado grueso | | | |
|--|---|---------|-------------------|
| Tamaño máximo nominal | : | 1 | " |
| Peso específico | : | 2706.36 | Kg/m ³ |
| Peso unitario suelto | : | 1392.93 | Kg/m ³ |
| Peso unitario compactado | : | 1416.14 | Kg/m ³ |
| Absorción | : | 0.15 | % |
| Humedad | : | 0.58 | % |

Nota. La tabla muestra los datos de diseño del agregado grueso cantera Gamarra. La tabla 47, ofrece una descripción detallada de las propiedades del árido grueso obtenido de la cantera Gamarra. Estos datos son resultado de ensayos de laboratorio y son esenciales para determinar la idoneidad del material en diversas aplicaciones de construcción. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El TMN del árido grueso es de 1 pulgada (1"), lo cual indica el mayor tamaño de las partículas presentes en el material. Esta medida es crucial para asegurar la aplicación correcta del agregado en diferentes mezclas de concreto.

El peso específico del material es de 2706.36 kilogramos por metro cúbico (Kg/m³). Este valor representa la densidad del agregado en estado sólido, una característica clave para calcular las cantidades precisas de los elementos en una mezcla de concreto.

El P.U.S del agregado es de 1392.93 Kg/m³, que describe la densidad del material en su estado no compactado. Este valor es importante para estimar el volumen necesario de agregado cuando se almacena sin compactar.

En contraste, el peso compactado unitario del árido es de 1416.14 Kg/m³, lo que refleja la densidad del material después de ser compactado. Este proceso es común para mejorar la estabilidad y resistencia de las pastas de concreto.

La absorción del material es de 0.15%, lo que indicaría la capacidad del árido para retener H₂O. Este valor es esencial para ajustar las proporciones de H₂O en la pasta y asegurar la durabilidad del concreto.

Finalmente, la humedad del agregado es de 0.58%, proporcionando una medida del contenido de agua presente en el material antes de su uso. Este dato es esencial para ajustar las proporciones de agua en la mezcla y garantizar la calidad del concreto producido.

Tabla 48

Datos de diseño del agregado fino Cantera Gamarra

| Datos de diseño del agregado fino | | |
|--|-----------|-------------------|
| Módulo de fineza | : 2.95 | --- |
| Peso específico | : 2722.42 | Kg/m ³ |
| Peso unitario suelto | : 1453.19 | Kg/m ³ |
| Peso unitario compactado | : 1510.82 | Kg/m ³ |
| Absorción | : 1.36 | % |
| Humedad | : 1.97 | % |

Nota. La tabla muestra los datos de diseño del agregado fino cantera Gamarra. La tabla 48, proporciona una descripción técnica detallada de las propiedades del árido fino obtenido de la cantera Gamarra. Estos datos son el resultado de pruebas de laboratorio y son fundamentales para evaluar la adecuación del material en diversas aplicaciones de construcción. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

El MF del agregado es de 2.95. Este valor indica la granulometría del material, siendo un factor crucial para determinar su aptitud en mezclas de concreto, especialmente en términos de trabajabilidad y cohesión.

Los pesos específicos de los agregados finos son de 2722.42 kilogramos por metro cúbico (Kg/m^3). Este dato representa la densidad del material en estado sólido, lo cual es crucial para estimar las cantidades adecuadas de los elementos en la mezcla de concreto.

El P.U.S del árido es de $1453.19 \text{ Kg}/\text{m}^3$, describiendo la densidad del material en su estado no compactado. Este valor es importante para estimar el volumen de agregado necesario cuando se encuentra en su forma suelta.

En contraste, el PUC del árido es de $1510.82 \text{ Kg}/\text{m}^3$, reflejando la densidad del material tras ser sometido a procesos de compactación. Este proceso es comúnmente utilizado para mejorar la estabilidad y resistencia del concreto.

La absorción del árido fino es de 1.36%, lo que indica la capacidad del material para la retención agua. Este valor es crítico para ajustar las proporciones de H_2O en la mezcla y garantizar la durabilidad del concreto.

Finalmente, el contenido húmedo del árido es de 1.97%, proporcionando una medida del agua presente en el material antes de su uso. Este dato es esencial para ajustar las cantidades de agua en la pasta de concreto y asegurar la calidad del producto final.

Tabla 49

Procesamiento del diseño de mezcla Cantera Gamarra

| Procesamiento | | | |
|--------------------------|---|--------|------------------------|
| Asentamiento | : | 3 - 4 | Pulgadas |
| Volumen unitario de agua | : | 193 | Lt/m^3 |
| Contenido de aire | : | 1.5 | % |
| Relación a/c | : | 0.5484 | |
| Factor cemento | : | 351.93 | Kg/m^3 |
| # de bolsas | : | 8.28 | Bolsas |
| Peso agregado grueso | : | 920.49 | Kg/m^3 |

Nota. La tabla muestra los datos de procesamiento de la cantera Gamarra. La tabla 49, titulada "Procesamiento del diseño de mezcla Cantera Gamarra," proporciona los parámetros fundamentales empleados en el diseño de una mezcla de concreta basada en los materiales provenientes de la cantera Gamarra. Estos datos, obtenidos mediante pruebas de laboratorio,

son esenciales para asegurar la calidad y consistencia del hormigón producido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El asentamiento de la mezcla se encuentra en el rango de 3 a 4 pulgadas. Este parámetro es crucial ya que indica la trabajabilidad del concreto; un asentamiento adecuado garantiza que el concreto pueda ser compactado y colocado correctamente sin segregación.

El volumen unitario de H₂O empleado en la mezcla es de 193 litros por metro cúbico (L/m³). Este dato es fundamental para controlar (a/c), que afecta directamente la resistencia y durabilidad del concreto. El contenido de aire en la pasta es de 1.5%, un factor que puede influir en la resistencia a la congelación y deshielo del hormigón.

La relación a/c de la mezcla es de 0.5484. Este valor es vital para cuantificar la resistencia final del concreto, ya que una relación más baja generalmente indica una mezcla más fuerte. El factor cemento es de 351.93 kilogramos por metro cúbico (Kg/m³), lo cual representa la cantidad cementante por m³ de concreto, un componente crucial para la resistencia y durabilidad.

El número de bolsas de cemento utilizadas es de 8.28 por metro cúbico. Este dato es práctico para el cálculo y manejo de los materiales en el sitio de construcción. El peso del árido grueso es de 920.49 Kg/m³, asegurando una adecuada proporción de los componentes y garantizando una mezcla homogénea y de buena calidad.

Tabla 50

Volúmenes absolutos de materiales usados en el diseño de mezcla Cantera Gamarra

| Volúmenes absolutos | |
|----------------------------|------------------------|
| Cemento | : 0.115 m ³ |
| Agua | : 0.193 m ³ |
| Aire | : 0.015 m ³ |
| Agregado grueso | : 0.340 m ³ |
| Sub - total | : 0.664 m ³ |

Nota. La tabla muestra los volúmenes cantera Gamarra. La tabla 50, titulada "Volúmenes absolutos de materiales usados en el diseño de mezcla Cantera Gamarra," proporciona una descripción detallada de los volúmenes de los diferentes elementos utilizados en la mezcla

de concreto provenientes de la cantera Gamarra. Estos datos, obtenidos a partir de pruebas de laboratorio, son esenciales para calcular las proporciones exactas de los materiales en la pasta y asegurar un concreto producido de calidad. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El cemento tiene un volumen absoluto de 0.115 metros cúbicos (m³). Este valor indica la cantidad precisa de material cementante necesario por m³ de hormigón, lo cual es crucial para determinar las resistencias y durabilidades del concreto.

El agua utilizada en la mezcla tiene un volumen de 0.193 m³. Este dato es crucial para la hidratación del cemento y para asegurar la trabajabilidad adecuada del concreto.

El aire atrapado en la mezcla tiene un volumen de 0.015 m³. Aunque pequeño, este volumen es importante ya que la presencia de aire puede influir en la durabilidad y en la resistencia del hormigón a ciclos de deshielo y congelamiento.

El agregado grueso tiene un volumen absoluto de 0.340 m³. Este valor proporciona la estructura y la masa principal del concreto, contribuyendo a su resistencia y estabilidad.

El sub-total de los volúmenes absolutos suma 0.664 m³. Este total es esencial para ajustar las cantidades de los elementos y asegurar que la mezcla final tenga las características deseadas.

Tabla 51

Contenido de agregado fino Cantera Gamarra

| Contenido de agregado fino | | |
|-----------------------------------|-----------|-------------------|
| Volumen absoluto fino | : 0.336 | m ³ |
| Peso fino seco | : 916.069 | Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra el contenido del agregado fino cantera Gamarra. La tabla 51, titulada "Contenido de agregado fino Cantera Gamarra," proporciona una descripción detallada de las propiedades del árido fino utilizado en la pasta de concreto, específicamente provenientes de la cantera Gamarra. Estos datos han sido obtenidos a través de pruebas de laboratorio y

son fundamentales para calcular las proporciones exactas necesarias en la pasta de concreto y garantizar su calidad y consistencia. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El volumen absoluto fino del agregado se registra en 0.336 metros cúbicos (m³). Este valor es crucial ya que indica la cantidad precisa de agregado fino presente en una unidad de mezcla de concreto, asegurando así una distribución homogénea del material y contribuyendo a las propiedades mecánicas deseadas en el producto final.

Por otro lado, el peso fino seco del agregado es de 916.069 kilogramos por metro cúbico (Kg/m³). Este dato representa la masa del agregado fino cuando está completamente seco, una medida importante para calcular la densidad del material y ajustar las proporciones de H₂O en la pasta. Un peso fino seco adecuado asegura que el concreto mantenga su resistencia y durabilidad, evitando problemas como la segregación y la falta de cohesión.

Tabla 52

Valores de diseño de mezcla Cantera Gamarra

| Valores de diseño | | |
|--------------------------|---|--------------------------|
| Cemento | : | 351.93 Kg/m ³ |
| Agua | : | 193.00 Lt/m ³ |
| Agregado fino seco | : | 916.07 Kg/m ³ |
| Agregado grueso seco | : | 920.49 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra los valores de diseño de mezcla del agregado de la cantera Gamarra. La tabla 52, titulada "Valores de diseño de mezcla Cantera Gamarra," proporciona los valores específicos de los componentes necesarios para el diseño de mezclas de concretos utilizando materiales de la cantera Gamarra. Estos datos han sido obtenidos a través de pruebas de laboratorio y son esenciales para lograr la calidad y consistencia del concreto producido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El cemento tiene un valor de 351.93 kilogramos por metro cúbico (Kg/m³). Este valor indica la cantidad precisa de cemento necesaria para la mezcla, un componente fundamental que aporta resistencia y durabilidad al concreto.

El agua utilizada en la mezcla tiene un volumen de 193.00 litros por metro cúbico (L/m³). La cantidad adecuada de agua es crucial para hidratar el cemento y para asegurar la trabajabilidad del concreto. Un exceso o falta de agua puede afectar negativamente las propiedades del concreto.

El agregado fino seco tiene un peso de 916.07 Kg/m³. Este valor representa la cantidad de agregado fino, que contribuye a la cohesión y a la resistencia del concreto. Un adecuado balance de agregados finos y gruesos es esencial para lograr una mezcla homogénea y de alta calidad.

El agregado grueso seco tiene un peso de 920.49 Kg/m³. Este componente aporta estructura y masa al concreto, contribuyendo a su resistencia y estabilidad. La proporción correcta de agregado grueso es crucial para evitar problemas como la segregación y asegurar la durabilidad del concreto.

Tabla 53

Corrección por humedad del agregado fino y grueso Cantera Gamarra

| Corrección por humedad | |
|-------------------------------|----------------------------|
| Agregado fino húmedo | : 934.12 Kg/m ³ |
| Agregado grueso húmedo | : 925.83 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra la corrección por humedad de la cantera Gamarra. La tabla 53, proporciona los valores corregidos por humedad de los áridos finos y gruesos utilizados en la mezcla de hormigón provenientes de la cantera Gamarra. Estos datos, obtenidos mediante pruebas de laboratorio, son esenciales para ajustar las proporciones de los materiales en la mezcla y asegurar la calidad y consistencia del concreto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El agregado fino húmedo tiene un peso corregido por humedad de 934.12 kilogramos por metro cúbico (Kg/m³). Este valor indica la densidad del árido fino cuando contiene su

contenido natural de humedad, lo cual es fundamental para calcular con precisión la cantidad de agua libre en la mezcla y ajustar las proporciones de los demás componentes.

El agregado grueso húmedo presenta un peso corregido por humedad de 925.83 Kg/m³. Este valor es importante ya que la humedad presente en el agregado grueso puede influir significativamente en la cantidad total de H₂O en la pasta de concreto, afectando su trabajabilidad y resistencia.

La corrección por humedad de ambos tipos de agregados permite un control más preciso sobre la mezcla de concreto, asegurando que se mantengan las proporciones adecuadas y se logre la calidad deseada en el producto final. Estas correcciones son cruciales para evitar problemas como la segregación, la falta de cohesión y la variabilidad en la resistencia del concreto.

Tabla 54

Pesos corregidos por humedad Cantera Gamarra

| Pesos corregidos por humedad | | |
|-------------------------------------|---|--------------------------|
| Cemento | : | 351.93 Kg/m ³ |
| Agua | : | 183.47 Lt/m ³ |
| Agregado fino húmedo | : | 934.12 Kg/m ³ |
| Agregado grueso húmedo | : | 925.83 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra los pesos corregidos por humedad de la cantera Gamarra. La tabla 54, titulada "Pesos corregidos por humedad Cantera Gamarra," presenta los valores de los elementos de la mezcla de hormigón ajustados por su contenido de humedad. Estos datos, obtenidos mediante pruebas de laboratorio, son fundamentales para garantizar la precisión en la formulación de la pasta de concreto, asegurando la calidad y consistencia del producto final. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING

El cemento tiene un peso constante de 351.93 kilogramos por metro cúbico (Kg/m³). Este valor es una referencia crucial para la dosificación del cemento en la mezcla de concreto, ya que este material es el principal responsable de la cohesión y resistencia del concreto.

El agua presenta un valor ajustado de 183.47 litros por metro cúbico (L/m³). La proporción de H₂O corregida es vital para controlar la trabajabilidad del concreto y evitar problemas como la segregación y la excesiva contracción, que podrían afectar negativamente las propiedades mecánicas del concreto.

El árido fino húmedo tiene un peso corregido de 934.12 Kg/m³. Este ajuste por humedad asegura que la proporción de H₂O presente en el árido fino sea contabilizada adecuadamente, lo cual es esencial para mantener la proporción correcta de los materiales y lograr la homogeneidad de la mezcla.

El agregado grueso húmedo presenta un peso corregido de 925.83 Kg/m³. Similar al agregado fino, la corrección por humedad del árido grueso es crucial para asegurar que la mezcla tenga la cantidad de agua adecuada, contribuyendo a la estabilidad y durabilidad del concreto.

Tabla 55

Cantidad de materiales y proporción

| Cantidad de materiales y proporción | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|----|--|------------------|---|----------------|---|--------|
| Materiales | Cantidad /m³ | | Proporción en volumen por bolsa | | Proporción en volumen para 1 m³ | | Dosificación en baldes (20 litros) | |
| Cemento | 351.93 | Kg | 1.00 | Bolsa | 8.281 | Bolsas | 1.0 | Bolsa |
| Agua | 183.47 | L | 22.16 | Lt | 0.183 | M ³ | 1.1 | Baldes |
| Agr. Fino | 934.12 | Kg | 2.74 | Pie ³ | 0.643 | M ³ | 3.8 | Baldes |
| Agr. Grueso | 925.83 | Kg | 2.83 | Pie ³ | 0.665 | M ³ | 4.0 | Baldes |

Nota. La tabla muestra la cantidad de materiales y proporción de la cantera Gamarra. La tabla 55, titulada "Cantidad de materiales y proporción", presenta información detallada sobre los materiales empleados y sus proporciones en el diseño de mezcla de la Cantera Gamarra. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

En primer lugar, se indica que, para cada metro cúbico de mezcla, se utilizan 351.93 kg de cemento, lo que corresponde a una proporción de 1 bolsa por volumen, con una

dosificación en baldes (de 20 litros) de 1.0 bolsa. El agua requerida es de 183.47 litros, equivalente a 22.16 litros por volumen por bolsa y 1.1 baldes.

En cuanto a los agregados, el agregado fino tiene un peso de 934.12 kg por metro cúbico, con una proporción de 2.74 pies cúbicos por bolsa, lo que equivale a 3.8 baldes. El agregado grueso pesa 925.83 kg por metro cúbico, con una proporción de 2.83 pies cúbicos por bolsa, lo que equivale a 4.0 baldes.

Análisis granulométrico de la Cantera Sahuinto

Tabla 56

Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso Cantera Sahuinto

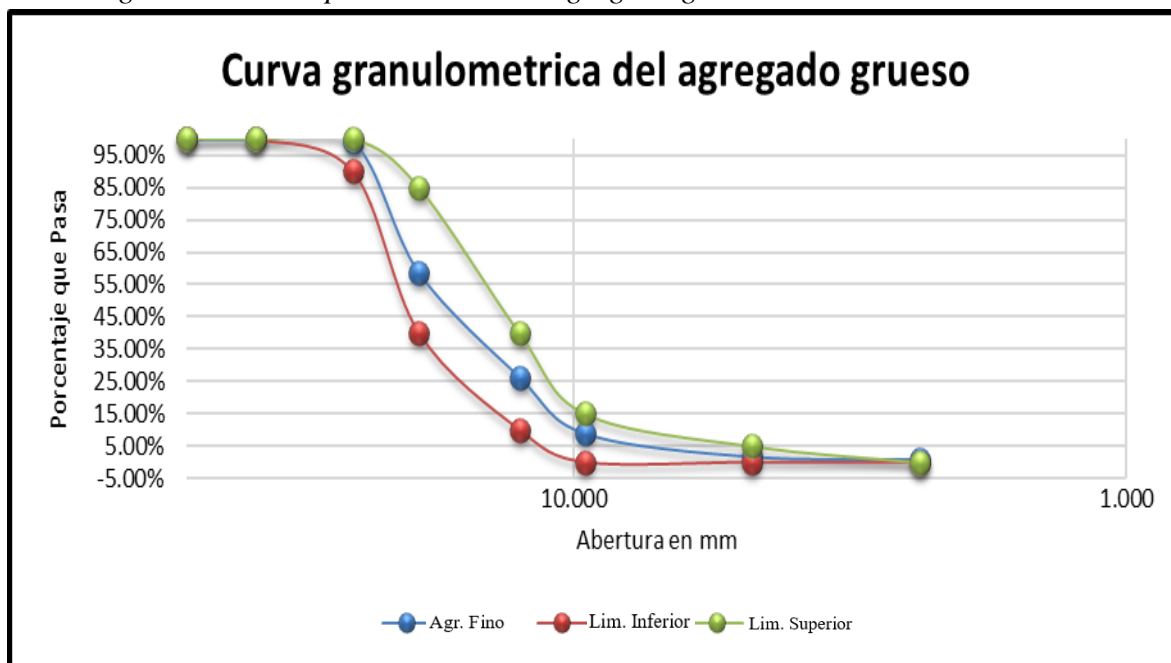
| Análisis granulométrico por lavado y tamizado | | | | | | | | | |
|--|------------|-------------------------|------------------|-------------|---------------------|----------------|-----------------|-----------------|----|
| Muestra inicial | 5711.0 gr | Muestra lavada y secada | | | 5676.5 | eso recipiente | 0.0 gr | Huso | 56 |
| Tamiz (pulg.) | Tamiz (mm) | Peso ret. (gr.) | Peso corr. (gr.) | %ret. | %retenido acumulado | %pasa | Límite inferior | Límite superior | |
| 2 | 50.000 | 0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100% | 100% | |
| 1 1/2 | 37.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100% | 100% | |
| 1 | 25.000 | 43.0 | 43.00 | 0.75% | 0.75% | 99.25% | 90% | 100% | |
| 3/4 | 19.000 | 2315.2 | 2315.20 | 40.54% | 41.29% | 58.71% | 40% | 85% | |
| 1/2 | 12.500 | 1856.2 | 1856.20 | 32.50% | 73.79% | 26.21% | 10% | 40% | |
| 3/8 | 9.500 | 1001.3 | 1001.30 | 17.53% | 91.33% | 8.67% | 0% | 15% | |
| Nº 4 | 4.750 | 412.1 | 412.10 | 7.22% | 98.54% | 1.46% | 0% | 5% | |
| Nº 8 | 2.360 | 47.0 | 47.00 | 0.82% | 99.37% | 0.63% | 0% | 0% | |
| Nº 16 | 1.180 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.37% | 0.63% | 0% | 0% | |
| Nº 50 | 0.300 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.37% | 0.63% | 0% | 0% | |
| Nº 200 | 0.075 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 99.37% | 0.63% | | | |
| Fondo | | 1.7 | 36.20 | 0.63% | 100.00% | | | | |
| Total | | 5676.5 | 5711.0 | 100% | | | | | |
| Módulo de fineza = | | | 7.28 | | | | | | |

Nota. La tabla muestra el análisis granulométrico de la cantera Sahuinto. El MF es un índice que refleja la finura del árido. Se estima sumando los % acumulados retenidos en una serie de tamices estándar y de dividir la suma entre 100. Un MF de 7.28 indica un agregado con partículas más grandes, lo que generalmente es adecuado para concreto de alta resistencia.

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 7

Análisis granulométrico por tamizado del agregado grueso Cantera Sahuinto



Nota. La figura muestra la curva granulométrica de la cantera Sahuinto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 57

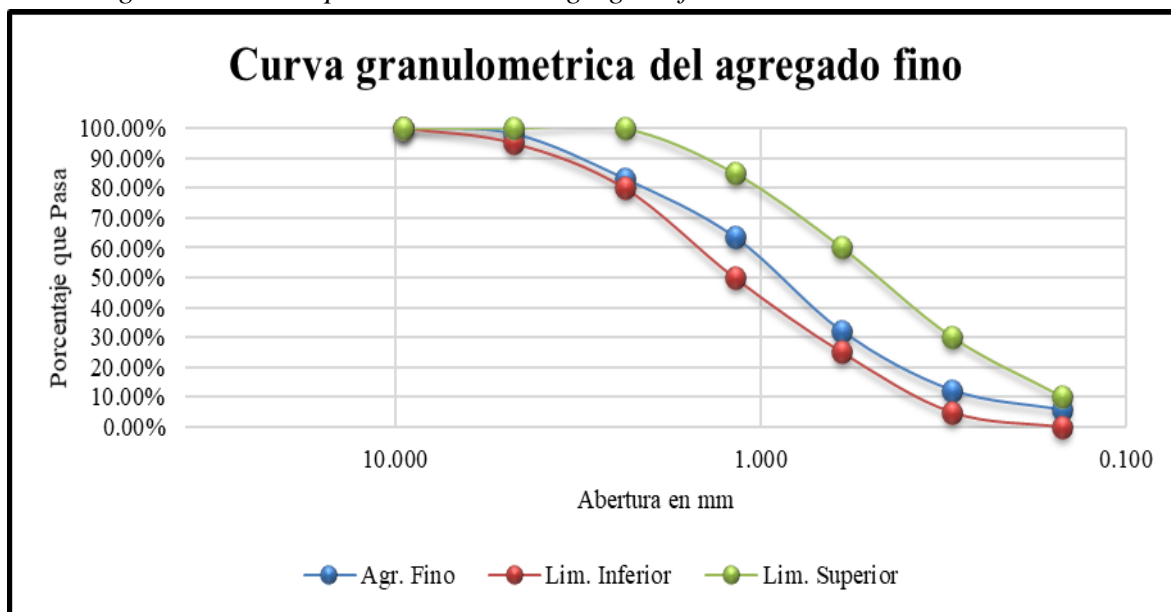
Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino Cantera Sahuinto

| Análisis granulométrico por lavado y tamizado | | | | | | | | |
|---|------------|-------------------------|------------------|-------------|---------------------|---------|-----------------|-----------------|
| Muestra inicial | 1028.5 gr | Muestra lavada y secada | | 1009.4 | Peso recipiente | 0.0 gr | Gradación | |
| Tamiz (pulg.) | Tamiz (mm) | Peso ret. (gr.) | Peso corr. (gr.) | %ret. | %retenido acumulado | %pasa | Límite inferior | Límite superior |
| 3/8" | 9.500 | 0.0 | 0.00 | 0.00% | 0.00% | 100.00% | 100% | 100% |
| N° 4 | 4.750 | 19.9 | 19.90 | 1.93% | 1.93% | 98.07% | 95% | 100% |
| N° 8 | 2.360 | 154.2 | 154.20 | 14.99% | 16.93% | 83.07% | 80% | 100% |
| N° 16 | 1.180 | 200.1 | 200.10 | 19.46% | 36.38% | 63.62% | 50% | 85% |
| N° 30 | 0.600 | 325.2 | 325.20 | 31.62% | 68.00% | 32.00% | 25% | 60% |
| N° 50 | 0.300 | 202.8 | 202.76 | 19.71% | 87.72% | 12.28% | 5% | 30% |
| N° 100 | 0.150 | 68.3 | 68.31 | 6.64% | 94.36% | 5.64% | 0% | 10% |
| N°200 | 0.075 | 31.4 | 31.44 | 3.06% | 97.41% | 2.59% | | |
| Fondo | | 7.5 | 26.59 | 2.59% | 100.00% | | | |
| Total | | 1009.4 | 1028.5 | 100% | | | | |
| Módulo de fineza = | | | 3.05 | | | | | |

Nota. La tabla muestra el análisis granulométrico de la cantera Sahuinto. El MF es un identificador que refleja la finura del árido. Se estima sumando los % acumulados retenidos en una serie de tamices estandarizados y de dividir la suma por 100. Un MF de 3.05 indica que el árido tiene una distribución de partículas relativamente fina. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 8

Análisis granulométrico por tamizado del agregado fino



Nota. La figura muestra el análisis granulométrico de la cantera Sahuinto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 58

Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado grueso Cantera Sahuinto

| Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso | | |
|--|-----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Peso del molde (gr) | 3431 | 3431 |
| Peso del molde + muestra suelta (gr) | 13353.0 | 13360.0 |
| Peso de la muestra suelta (gr) | 9922 | 9929 |
| Volumen del molde (cm ³) | 6827.00 | 6827.00 |
| Peso unitario suelto (gr/cm ³) | 1.453 | 1.454 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2701.087 | 2701.087 |
| Peso unitario suelto (kg/m ³) | 1453.347 | 1454.372 |
| Porcentaje de vacíos | 46.19% | 46.16% |
| Peso unitario suelto (kg/m³) | 1453.860 | |
| Porcentaje de vacíos | 46.18% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso de la cantera Sahuinto. El análisis del P.U.S, compactado y los vacíos del árido grueso es fundamental para entender la densidad y la porosidad de los áridos, lo cual impacta directamente en la calidad del concreto. valor de 1453.860 kg/m³ proporciona una referencia para la cantidad de agregado que ocupa un volumen específico en estado suelto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Un 46.18% de vacíos indica un considerable espacio no ocupado por el agregado, lo que afecta la proporción de cemento y H₂O necesaria para llenar esos espacios en la pasta de concreto.

Tabla 59

Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso Cantera Sahuinto

| Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso | | |
|---|----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Número de capas | 3 | 3 |
| Número de golpes | 25 | 25 |
| Peso del molde (gr) | 3431 | 3431 |
| Peso del molde + muestra varillada (gr) | 14176.0 | 14183.0 |
| Peso de la muestra varillada (gr) | 10745 | 10752 |
| Volumen del molde (cm ³) | 6827.00 | 6827.00 |
| Peso unitario varillado (gr/cm ³) | 1.574 | 1.575 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2701.087 | 2701.087 |
| Peso unitario varillado (kg/m ³) | 1573.90 | 1574.92 |
| Porcentaje de vacíos | 41.73% | 41.69% |
| Peso unitario compactado (kg/m³) | 1574.41 | |
| Porcentaje de vacíos | 41.71% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso de la cantera Sahuinto. El análisis del peso varillado unitario (compactado) y el % de vacíos del árido grueso es fundamental para comprender la densidad y la porosidad del agregado, elementos que inciden directamente en la calidad del concreto. Un valor de 1574.41 kg/m³ proporciona una idea de la densidad del agregado en su estado compactado, esencial para el diseño de pastas de concreto y la estimación del volumen de materiales. Un 41.71% de vacíos indica una cantidad significativa de espacio no ocupado por el árido, lo que afecta la cantidad de H₂O y cemento necesario para llenar esos espacios en la pasta de concreto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 60

Peso unitario suelto, compactado y vacíos del agregado fino Cantera Sahuinto

| Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino | | |
|--|-----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Peso del molde (gr) | 1360 | 1360 |
| Peso del molde + muestra suelta (gr) | 5399 | 5396 |
| Peso de la muestra suelta (gr) | 4039 | 4036 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2831.70 | 2831.70 |
| Peso unitario suelto (gr/cm ³) | 1.426 | 1.425 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2772.812 | 2772.812 |
| Peso unitario suelto (kg/m ³) | 1426.352 | 1425.292 |
| Porcentaje de vacíos | 48.56% | 48.60% |
| Peso unitario suelto (kg/m³) | 1425.822 | |
| Porcentaje de vacíos | 48.58% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario suelto y vacíos del agregado fino de la cantera Sahuinto. El análisis del PUS, compactado y los vacíos del árido fino es crucial para entender las propiedades del material y su impacto en la mezcla de concreto. Un valor de 1425.822 kg/m³ proporciona una referencia para la cantidad de agregado que ocupa un volumen específico en estado suelto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 61

Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino Cantera Sahuinto

| Peso unitario varillado y vacíos del agregado fino | | |
|---|----------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Número de capas | 3 | 3 |
| Número de golpes | 25 | 25 |
| Peso del molde (gr) | 1360 | 1360 |
| Peso del molde + muestra varillada (gr) | 5777 | 5783 |
| Peso de la muestra varillada (gr) | 4417 | 4423 |
| Volumen del molde (cm ³) | 2831.70 | 2831.70 |
| Peso unitario varillado (gr/cm ³) | 1.560 | 1.562 |
| Peso específico (kg/m ³) | 2772.812 | 2772.812 |
| Peso unitario varillado (kg/m ³) | 1559.840 | 1561.959 |
| Porcentaje de vacíos | 43.75% | 43.67% |
| Peso unitario compactado (kg/m³) | 1560.90 | |
| Porcentaje de vacíos | 43.71% | |

Nota. La tabla muestra el peso unitario varillado y vacíos del agregado fino de la cantera Sahuinto. El análisis del peso varillado unitario (compactado) y el % de vacíos del árido fino es crucial para evaluar la calidad y las características del material empleado en la pasta de concreto. Estos parámetros afectan directamente la resistencia y trabajabilidad. Un valor de 1560.90 kg/m³ proporciona una idea de la densidad del agregado en su estado compactado,

esencial para el diseño de pastas de concreto y la estimación del volumen de materiales. Un 43.71% de vacíos indica una cantidad significativa de espacio no ocupado por el árido, lo que afecta la proporción de cemento y H₂O necesarios para llenar esos espacios en la mezcla de concreto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 62

Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado grueso Cantera Sahuinto

| Peso específico y absorción del agregado grueso (MTC E 206) | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Peso de la canastilla sumergida (gr) | 619 |
| Peso de la muestra seca (gr) | 1988 |
| Peso de la canastilla + muestra sumergida (gr) | 1883 |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) | 2000 |
| Peso del agua absorbida (gr) | 12 |
| Peso específico (gr/cm³) | 2.70 |
| Capacidad de absorción (%) | 0.60% |

Nota. La tabla muestra el peso específico y absorción del agregado grueso de la cantera Sahuinto. Una capacidad de absorción de 0.60% sugiere que los agregados pueden retener una cantidad moderada de agua, lo cual es importante para la hidratación del cemento y la durabilidad del concreto. Una capacidad de absorción controlada ayuda a mantener la relación a/c adecuado, lo que es esencial para alcanzar la resistencia deseada del concreto.

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 63

Peso específico, gravedad específica y absorción del agregado fino Cantera Sahuinto

| Gravedad específica y absorción del agregado fino (MTC E 205) | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Volumen del picnómetro (ml) | 500 |
| Peso del picnómetro (gr) | 232.0 |
| Peso de la muestra seca (gr) | 297.8 |
| Peso del picnómetro + agua + muestra (gr) | 905.5 |
| Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr) | 301.0 |
| Peso del picnómetro + agua (gr) | 715.1 |
| Peso de la muestra sumergida (gr) | 190.4 |
| Peso del agua desplazada (gr) | 107.4 |
| Peso del agua absorbida (gr) | 3.2 |
| Peso específico (gr/cm³) | 2.77 |
| Capacidad de absorción | 1.08% |

Nota. La tabla muestra la gravedad específica y absorción del agregado fino de la cantera Sahuinto. Una capacidad de absorción de 1.08% sugiere que los agregados finos pueden retener una cantidad moderada de agua. Esto es importante para la hidratación del cemento y la durabilidad del concreto. Una capacidad de absorción controlada ayuda a mantener una relación a/c adecuado, esencial para alcanzar la resistencia deseada del concreto.

Tabla 64

Contenido de humedad del agregado grueso Cantera Sahuinto

| Contenido de humedad del agregado grueso | | |
|---|-------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Cápsula n° | 1 | 2 |
| Peso agregado húmedo + recipiente (g) | 850.20 | 846.20 |
| Peso agregado seco + recipiente (g) | 845.60 | 840.60 |
| Peso del agua (g) | 4.60 | 5.60 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 | 0.00 |
| Peso neto del suelo seco (g) | 845.60 | 840.60 |
| % de humedad | 0.54 | 0.67 |
| W (%) promedio | 0.61 | |

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad del agregado grueso de la cantera Sahuinto.

El análisis del contenido húmedo en el árido grueso es esencial para ajustar correctamente la cantidad de en la pasta de concreto. La humedad presente en el agregado afecta la proporción de H₂O en la mezcla y, en consecuencia, la trabajabilidad y resistencia del concreto. En este caso, el contenido de humedad promedio del agregado grueso es 0.61%, lo que indica que el agregado contiene una pequeña cantidad de agua. Este valor debe ser considerado al ajustar la proporción de H₂O en la pasta de concreto para mantener la relación a/c adecuada. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 65*Contenido de humedad del agregado fino Cantera Sahuinto*

| Contenido de humedad del agregado fino | | |
|---|-------------|------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 | Muestra 02 |
| Cápsula n° | 1 | 2 |
| Peso agregado húmedo + recipiente (g) | 410.10 | 402.10 |
| Peso agregado seco + recipiente (g) | 398.20 | 390.20 |
| Peso del agua (g) | 11.90 | 11.90 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 | 0.00 |
| Peso neto del suelo seco (g) | 398.20 | 390.20 |
| % de humedad | 2.99 | 3.05 |
| W (%) promedio | 3.02 | |

Nota. La tabla muestra el contenido de humedad del agregado fino de la cantera Sahuinto.

El análisis del contenido húmedo en el árido fino es fundamental para ajustar adecuadamente la proporción de H₂O en la pasta de concreto. La humedad presente en el agregado afecta directamente la proporción de H₂O en la mezcla, lo cual influye en la trabajabilidad y la resistencia del hormigón. En este caso, el contenido húmedo promedio del árido fino es 3.02%, lo que sugiere que el agregado contiene una cantidad moderada de agua. Este valor debe ser considerado al ajustar la proporción de H₂O en la pasta de concreto para mantener la relación a/c adecuada. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 66*Cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso Cantera Sahuinto*

| Porcentaje de fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado grueso | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Cápsula n° | 1 |
| Peso de la muestra seca antes de lavado (g) | 5711.00 |
| Peso de la muestra seca después de lavado (g) | 5676.50 |
| Material que pasa el tamiz n° 200 (g) | 34.50 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 |
| % de material fino que pasa el tamiz n° 200 | 0.60% |
| F (%) promedio | 0.60% |

Nota. La tabla muestra la cantidad de material del agregado fino de la cantera Sahuinto. El análisis de las cantidades de materiales finos que pasan el tamiz n° 200 en el árido grueso es crucial para evaluar la calidad del material utilizado en la construcción de concreto. La presencia de material fino puede afectar las propiedades de la pasta de concreto, incluyendo su resistencia y trabajabilidad. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

En este caso, el % de material fino que pasa la malla N° 200 es 0.60%, lo que indicaría una cantidad baja de material fino en el agregado grueso. Este valor es importante para asegurar que el agregado cumple con las requeridas especificaciones para la producción de concreto de calidad.

Tabla 67

Porcentaje de fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino Cantera Sahuinto

| Porcentaje de fino que pasa el tamiz n° 200 del agregado fino | |
|--|--------------|
| Datos del ensayo | Muestra 01 |
| Cápsula n° | 1 |
| Peso de la muestra seca antes de lavado (g) | 1028.50 |
| Peso de la muestra seca después de lavado (g) | 1009.44 |
| Material que pasa el tamiz n° 200 (g) | 19.06 |
| Peso del recipiente (g) | 0.00 |
| % de material fino que pasa el tamiz n° 200 | 1.85% |
| F (%) promedio | 1.85% |

Nota. La tabla muestra el porcentaje de fino de la cantera Sahuinto. El análisis del % de material fino que pasa la malla N° 200 en el agregado fino es fundamental para evaluar la calidad del material utilizado en la producción de concreto. Este análisis ayuda a determinar la cantidad de moléculas finas presentes, que pueden afectar la resistencia y trabajabilidad del concreto. En este caso, el % de materiales finos que pasa la malla N° 200 es 1.85%, lo que indica una cantidad adecuada de material fino en el árido fino. Este valor es importante para garantizar que el árido cumple con las especificaciones requeridas para la producción de concreto de calidad. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 68*Partículas Chatas y alargadas en agregados cantera Sahuinto*

| Porcentaje de chatas y alargadas en los agregados | | | | | | | | | |
|--|----------|------------|------------|-----------|-------------|------------|------------|-----------|-------------|
| Tamaño del agregado | | Chatas | | | | Alargadas | | | |
| Pasa | Retenido | P. Muestra | P. Pasante | % Pasante | % Corregido | P. Muestra | P. Pasante | % Pasante | % Corregido |
| 2" | 1 1/2" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 1 1/2" | 1" | 43.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 43 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 1" | 3/4" | 2315.20 | 612.20 | 26.44 | 10.88 | 2315.2 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 3/4" | 1/2" | 1856.20 | 265.50 | 14.30 | 4.72 | 1856.2 | 29 | 1.56 | 0.52 |
| 1/2" | 3/8" | 1001.30 | 33.50 | 3.35 | 0.60 | 1001.3 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 3/8" | 1/4" | 412.10 | 23.20 | 5.63 | 0.41 | 412.1 | 6 | 1.46 | 0.11 |
| Sub Total | | 5627.8 | | | 16.60 | 5627.8 | | | 0.62 |
| Porcentaje de chatas y alargadas (%) | | | | | 17.23 | | | | |

Nota. La tabla muestra las partículas chatas y largas en agregados de la cantera Sahuinto.

Con un 17.23% de partículas alargadas y chatas en los áridos, este valor supera el límite generalmente aceptado del 15% para concreto estructural, especialmente cuando se busca un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Un % elevado de partículas chatas y alargadas puede afectar de manera negativa la trabajabilidad del concreto fresco y la resistencia endurecida, ya que estas partículas tienden a orientarse durante la colocación, generando vacíos o puntos débiles en la estructura. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 69*Porcentaje de partículas fracturadas*

| Porcentaje de partículas fracturadas | | | | | | |
|---|---------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---|--|
| Tamaño del agregado | Peso fracción | Peso de partículas Fracturadas (g) | Porcentaje partículas fracturadas (%) | Porcentaje retenido original (%) | Porcentaje de caras fracturadas fracción(%) | |
| Pasa | Retenido | (g) | | | | |
| 2" | 1 1/2" | 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | |
| 1 1/2" | 1" | 43.00 | 9.5 | 22.09 | 0.17 | |
| 1" | 3/4" | 2315.20 | 2132.2 | 92.10 | 37.89 | |
| 3/4" | 1/2" | 1856.20 | 1200.5 | 64.68 | 21.33 | |
| 1/2" | 3/8" | 1001.30 | 845.2 | 84.41 | 15.02 | |
| 3/8" | 1/4" | 412.10 | 200.2 | 48.58 | 3.56 | |
| Total | | 5627.8 | 4387.60 | 311.85 | 77.96 | |
| Porcentaje de caras fracturadas (%) | | | | 77.96 | | |

Nota. La tabla muestra el porcentaje de partículas fracturadas de la cantera Sahuinto. Con un 77.96% de partículas fracturadas en los agregados del sector de Pachachaca, este valor es favorable y cumple con los estándares recomendados para concreto estructural,

especialmente cuando se busca una resistencia de $f'_c=210$ kg/. Las partículas fracturadas tienen superficies irregulares que mejoran la adherencia entre el árido y la pasta cementante, lo cual contribuye positivamente al f'_c y f_t del concreto endurecido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

En términos generales, un porcentaje de partículas fracturadas superior al 75% es considerado adecuado, ya que asegura una buena interacción mecánica entre los componentes del concreto, ayudando a distribuir las cargas de manera uniforme y mejorando la cohesión de la mezcla. Con este 77.96%, es probable que el agregado contribuya a alcanzar la resistencia especificada en el proyecto. El 77.96% de partículas fracturadas es un porcentaje óptimo que debería facilitar el logro de las propiedades mecánicas deseadas en el concreto endurecido, aportando tanto a la resistencia como a la estabilidad estructural del proyecto.

Tabla 70

Diseño de mezcla para un concreto con resistencia a la compresión de 210kg/cm² Cantera Sahuinto

| Datos | |
|---------------------|--------------------------|
| Fcr | : 210 Kg/cm ² |
| Factor de seguridad | : 84 Kg/cm ² |
| F'cr (diseño) | : 294 Kg/cm ² |

Nota. La tabla muestra el factor de seguridad de la cantera Sahuinto. El diseño de mezcla para un concreto con un f'_c de 210 kg/cm² implica determinar la proporción correcta de los materiales componentes, considerando un factor de seguridad adecuado para asegurar la durabilidad y calidad del concreto. Valor: 84 kg/cm². Este factor se agrega a la resistencia requerida para compensar variaciones en los materiales, condiciones de mezclado y colocación, asegurando que el concreto cumpla o supere la resistencia especificada. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 71*Datos de diseño del agregado grueso Cantera Sahuinto*

| Datos de diseño del agregado grueso | | |
|--|-----------|-------------------|
| Tamaño máximo nominal | : 3/4 | " |
| Peso específico | : 2701.09 | Kg/m ³ |
| Peso unitario suelto | : 1453.86 | Kg/m ³ |
| Peso unitario compactado | : 1574.41 | Kg/m ³ |
| Absorción | : 0.60 | % |
| Humedad | : 0.61 | % |

Nota. La tabla muestra el diseño de agregado grueso de la cantera Sahuinto. La Tabla 71 muestra los datos de diseño del árido grueso proveniente de la cantera Sahuinto. El TMN del agregado es de 3/4 de pulgada. El peso específico del material es de 2701.09 kg/m³, indicando la densidad del material en estado sólido. En su estado suelto, el PU es de 1453.86 kg/m³, mientras que al ser compactado, el PU aumenta a 1574.41 kg/m³. La absorción del material, que representa el porcentaje de H₂O que puede absorber en relación con su peso seco, es del 0.60%. Finalmente, el contenido húmedo del árido es de 0.61%, lo cual indicaría la proporción de H₂O presente en el material en su estado actual. Estos datos fueron obtenidos a partir de análisis de laboratorio. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 72*Datos de diseño del agregado fino Cantera Sahuinto*

| Datos de diseño del agregado fino | | |
|--|-----------|-------------------|
| Módulo de fineza | : 2.95 | --- |
| Peso específico | : 2772.81 | Kg/m ³ |
| Peso unitario suelto | : 1425.82 | Kg/m ³ |
| Peso unitario compactado | : 1560.90 | Kg/m ³ |
| Absorción | : 1.08 | % |
| Humedad | : 3.02 | % |

Nota. La tabla muestra el diseño del agregado fino de la cantera Sahuinto. La Tabla 72 muestra los datos de diseño del árido fino provenientes de la cantera Sahuinto. Seguidamente, se describen hallazgos alcanzados en el laboratorio para este material. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

El MF del árido fino es de 2.95. Este valor es un indicador de la uniformidad de la granulometría del agregado. El peso específico del material es de 2772.81 kg/m³, lo que indica la densidad del agregado en su estado compacto.

En cuanto al peso unitario suelto, se registró un valor de 1425.82 kg/m³, mientras que el PUC es de 1560.90 kg/m³. Estas mediciones son cruciales para determinar la compacidad del agregado cuando no está compactado y cuando se ha sometido a un proceso de compactación.

Además, el agregado fino presenta una absorción del 1.08%, lo cual es un dato relevante para conocer la proporción del H₂O que el agregado puede absorber y cómo esto puede influir en la pasta de concreto. Por último, la humedad del material se midió en 3.02%, proporcionando información sobre la cantidad de agua presente en el árido en su estado natural.

Tabla 73

Procesamiento del diseño de mezcla Cantera Sahuinto

| Procesamiento | | |
|---------------------------|----------|-------------------|
| Asentamiento | : 3 - 4 | Pulgadas |
| Volumen unitario de agua | : 205 | Lt/m ³ |
| Contenido de aire | : 2 | % |
| Relación a/c | : 0.5484 | |
| Factor cemento | : 373.81 | Kg/m ³ |
| # de bolsas | : 8.80 | Bolsas |
| Contenido agregado grueso | : 0.600 | |
| Peso agregado grueso | : 944.65 | Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra el procesamiento del diseño de la mezcla de la cantera Sahuinto. La Tabla 73 detalla el procesamiento del diseño de mezcla para el agregado proveniente de la cantera Sahuinto. Los datos específicos de este procesamiento son los siguientes. El asentamiento se encuentra en el rango de 3 a 4 pulgadas, lo cual es indicativo de la consistencia de la pasta. El volumen unitario de agua utilizado es de 205 litros por metro cúbico (l/m³), necesario para alcanzar el asentamiento deseado y asegurar una adecuada hidratación del cemento. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

El contenido de aire en la mezcla es del 2%, lo cual ayuda a mejorar la trabajabilidad y la durabilidad del hormigón. La relación (a/c) es de 0.5484, un valor crítico para cunatificar la resistencia y la calidad del concreto final.

El factor cemento utilizado en la mezcla es de 373.81 kg/m³, equivalente a 8.80 bolsas de cemento. Este valor es fundamental para lograr la resistencia estructural deseada. Además, el contenido de árido grueso es de 0.600, con un peso total del árido grueso de 944.65 kg/m³.

Tabla 74

Volumen absolutos Cantera Sahuinto

| Volúmenes absolutos | | |
|----------------------------|---|----------------------|
| Cemento | : | 0.123 M ³ |
| Agua | : | 0.205 M ³ |
| Aire | : | 0.020 M ³ |
| Agregado grueso | : | 0.350 M ³ |
| Sub - total | : | 0.697 M ³ |

Nota. La tabla muestra el volumen de absolutos de la cantera Sahuinto. La Tabla 74 muestra los volúmenes del diseño absolutos de pasta para el árido fino de la cantera Sahuinto. A continuación, se detallan los componentes y sus respectivos volúmenes. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

El volumen del cemento absoluto es de 0.123 m³, lo cual es fundamental para la resistencia del concreto. El volumen de H₂O es de 0.205 m³, necesario para la hidratación del cemento y para asegurar la trabajabilidad de la pasta. El contenido de aire es de 0.020 m³, lo cual contribuye a la durabilidad y a la reducción del peso del concreto.

El volumen de árido grueso es de 0.350 m³, proporcionando la estructura y el esqueleto del concreto. Estos componentes suman un volumen total de 0.697 m³, que es el subtotal de los volúmenes absolutos considerados en este diseño de mezcla.

Tabla 75*Contenido de agregado fino Cantera Sahuinto*

| Contenido de agregado fino | | |
|-----------------------------------|-----------|-------------------|
| Volumen absoluto fino | : 0.303 | M ³ |
| Peso fino seco | : 839.357 | Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra el contenido del agregado fino de la cantera Sahuinto. La Tabla 75 muestra el contenido de árido fino proveniente de la cantera Sahuinto. A continuación, se detallan las características del árido fino. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

El volumen del árido fino absoluto es de 0.303 m³. Este valor representa el volumen que ocupa el agregado fino en la pasta de concreto, sin considerar el espacio entre las partículas del agregado.

El peso del agregado fino en su estado seco es de 839.357 kg/m³. Este peso es crucial para determinar la densidad del agregado fino y su contribución a la mezcla de concreto.

Tabla 76*Valores de diseño Cantera Sahuinto*

| Valores de diseño | | |
|--------------------------|----------|-------------------|
| Cemento | : 373.81 | Kg/m ³ |
| Agua | : 205.00 | Lt/m ³ |
| Agregado fino seco | : 839.36 | Kg/m ³ |
| Agregado grueso seco | : 944.65 | Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra los valores de diseño de la cantera Sahuinto. La Tabla 76 presenta los valores de diseño para los materiales que provienen de la cantera Sahuinto. A continuación, se describen estos valores. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

El contenido de cemento es de 373.81 kg/m³, una cantidad necesaria para asegurar la resistencia del concreto. El volumen de H₂O empleado en la pasta es de 205.00 litros por metro cúbico (l/m³), crucial para la hidratación adecuada del cemento y para mantener la trabajabilidad de la pasta.

El árido fino seco tiene un peso de 839.36 kg/m³, mientras que el agregado grueso seco pesa 944.65 kg/m³. Estos valores indican las densidades de los agregados en su estado

seco, y son fundamentales para calcular las proporciones adecuadas en la mezcla de concreto.

Tabla 77

Corrección por humedad del agregado grueso y fino Cantera Sahuinto

| Corrección por humedad | |
|-------------------------------|----------------------------|
| Agregado fino húmedo | : 864.71 Kg/m ³ |
| Agregado grueso húmedo | : 950.41 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra la corrección por humedad del agregado de la cantera Sahuinto. La Tabla 77 muestra la corrección por humedad de los áridos gruesos y finos de la cantera Sahuinto. Los datos obtenidos de laboratorio son los siguientes. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

El árido fino húmedo tiene un peso de 864.71 kg/m³. Esta medida considera la humedad presente en el árido fino, lo cual es crucial para ajustar las cantidades de agua en la pasta de concreto.

El agregado grueso húmedo tiene un peso de 950.41 kg/m³. Similar al agregado fino, este valor incluye la cantidad de humedad en el agregado grueso, relevante para calcular la cantidad de agua que debe añadirse o restarse en la mezcla para lograr la a/c correcto.

Tabla 78

Pesos corregidos por humedad Cantera Sahuinto

| Pesos corregidos por humedad | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Cemento | : 373.81 Kg/m ³ |
| Agua | : 188.64 Lt/m ³ |
| Agregado fino húmedo | : 864.71 Kg/m ³ |
| Agregado grueso húmedo | : 950.41 Kg/m ³ |

Nota. La tabla muestra los pesos corregidos por humedad de la cantera Sahuinto. La Tabla 78 presenta los pesos por humedad corregidos de los materiales provenientes de la cantera Sahuinto. A continuación, se describen los valores obtenidos. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

El contenido de cemento es de 373.81 kg/m³, que permanece constante independientemente de la humedad. El volumen de H₂O corregido es de 188.64 litros por metro cúbico (l/m³).

El peso del árido fino húmedo es de 864.71 kg/m³. Este valor incluye la corrección por la humedad presente en el agregado fino, que es necesaria para ajustar adecuadamente la cantidad de agua añadida en la mezcla. De manera similar, el peso del árido grueso húmedo es de 950.41 kg/m³, considerando también su humedad.

Tabla 79

Cantidad de materiales y proporción Cantera Sahuinto

| Cantidad de materiales y proporción | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|----|--|------------------|---|----------------|---|--------|
| Materiales | Cantidad /m³ | | Proporción en volumen por bolsa | | Proporción en volumen para 1 m³ | | Dosificación en baldes (20 litros) | |
| Cemento | 373.81 | Kg | 1.00 | Bolsa | 8.796 | Bolsas | 1.0 | Bolsa |
| Agua | 188.64 | Lt | 21.45 | Lt | 0.189 | M ³ | 1.1 | Baldes |
| Agr. Fino | 864.71 | Kg | 2.43 | Pie ³ | 0.606 | M ³ | 3.4 | Baldes |
| Agr. Grueso | 950.41 | Kg | 2.62 | Pie ³ | 0.654 | M ³ | 3.7 | Baldes |

Nota. La tabla muestra la cantidad de materiales y proporciones la cantera Sahuinto. Fuente:

Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Propiedades físicas del concreto fresco

temperatura (NTP 339.184), asentamiento (NTP 339.035), peso unitario del concreto fresco (NTP 339.046) y contenido de aire (NTP 339.035)

Tabla 80

Medición temperatura del agregado grueso: Cantera Murillo

| Medición de temperatura | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| Pruebas n° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Temperatura °c | 25.6 | 26.1 |
| Promedio (°c) | 25.85 | |

Nota. La tabla muestra la medición de la temperatura del agregado grueso de la cantera Murillo. La temperatura promedio medida del agregado grueso, que es de 25.85 °C, es un dato importante para interpretar varios aspectos del comportamiento del concreto: la temperatura promedio de 25.85 °C del agregado grueso debe ser considerada en el proceso

de mezclado y curado del concreto para asegurar que las propiedades deseadas se logren y mantengan consistentemente. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 81

Medición de asentamiento del agregado grueso Cantera Murillo

| Medición de asentamiento | | | |
|---------------------------------|------------|------------------|------------------|
| Pruebas n° | | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Asentamiento (") | Bajo | 3.5 | 3.5 |
| | Intermedio | | |
| | Alto | | |
| Promedio (") | | 3.5 | |

Nota. La tabla muestra la medición del asentamiento del agregado grueso de la cantera Murillo. El dato de la medición del asentamiento promedio de 3.5 pulgadas es relevante para entender la trabajabilidad y consistencia del concreto simple endurecido en el estudio. Aquí se explica cómo interpretar este valor en el contexto del concreto con un $f'c$ de 210 kg/cm². Un asentamiento promedio de 3.5 pulgadas indica una trabajabilidad moderada. Esto significa que el concreto tiene suficiente fluidez para ser vaciado y compactado adecuadamente sin ser demasiado fluido o demasiado rígido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 82

Ensayo de peso unitario del concreto fresco Cantera Murillo

| Ensayo de peso unitario del concreto fresco | | |
|--|------------------|------------------|
| Pruebas n° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Volumen del molde (cm ³) | 6827.55 | 6827.55 |
| Peso del molde (gr) | 3430 | 3430 |
| Peso del molde + muestra (gr) | 20011 | 20010 |
| Peso unitario (gr/cm ³) | 2.43 | 2.43 |
| Promedio (gr/cm ³) | 2.43 | |

Nota. La tabla muestra del ensayo de peso unitario del concreto fresco de la cantera Murillo. Un peso unitario de 2.43 gr/cm³ (2430 kg/m³) es típico para el concreto normal, que suele estar en el rango de 2.2 a 2.5 gr/cm³. Esta densidad sugiere que la mezcla tiene una cantidad adecuada de agregados, cemento y agua para lograr las propiedades deseadas. el peso unitario promedio de 2.43 gr/cm³ refleja una combinación de concreto bien proporcionada

que cumple con los estándares esperados de densidad y calidad, asegurando así las propiedades mecánicas deseadas del concreto endurecido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 83

Medición de contenido de aire Cantera Murillo

| Medición de contenido de aire | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| Pruebas n° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Contenido de aire (%) | 1.6 | 1.7 |
| Promedio (%) | 1.65 | |

Nota. La tabla muestra la medición de contenido de aire de la cantera Murillo. El contenido de aire en el hormigón es un elemento crucial que influye en varias propiedades del concreto fresco y endurecido. Un promedio de contenido de aire de 1.65% sugiere una mezcla de concreto bien diseñada para alcanzar la resistencia necesaria, asegurando la durabilidad y trabajabilidad adecuadas según los requisitos del proyecto en el distrito de Abancay. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 84

Medición de temperatura Cantera Gamarra

| Medición de temperatura | | |
|--------------------------------|-----------|-----------|
| Pruebas n° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Temperatura °c | 26.5 | 27 |
| Promedio (°c) | 26.75 | |

Nota. La tabla muestra la medición de la temperatura de la cantera Gamarra. La temperatura promedio medida del agregado grueso, que es de 26.75 °C, es un dato importante para interpretar varios aspectos del comportamiento del concreto: la temperatura promedio de 26.75 °C del agregado grueso debe ser considerada en los procesos de mezclados y curado del concreto para asegurar que las propiedades deseadas se logren y mantengan consistentemente. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 85*Medición de asentamiento Cantera Gamarra*

| Medición de asentamiento | | | |
|---------------------------------|------------|------------------|------------------|
| Pruebas n° | | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Asentamiento (") | Bajo | | |
| | Intermedio | 3.1 | 3.2 |
| | Alto | | |
| Promedio (") | | 3.15 | |

Nota. La tabla muestra la medición del asentamiento del agregado grueso de la cantera Gamarra . El dato de la medición del asentamiento promedio de 3.15 pulgadas es relevante para entender la trabajabilidad y consistencia del concreto simple endurecido en el estudio. Aquí se explica cómo interpretar este valor en el contexto del concreto con un $f'c$ de 210 kg/cm². Un asentamiento promedio de 3.15 pulgadas indica una trabajabilidad moderada. Esto significa que el hormigón tiene suficiente fluidez para ser compactado y colocado adecuadamente sin ser demasiado fluido o demasiado rígido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 86*Unitario del concreto fresco Cantera Gamarra*

| Ensayo de peso unitario del concreto fresco | | |
|--|------------------|------------------|
| Pruebas N° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Volumen del molde (cm ³) | 6827.55 | 6827.55 |
| Peso del molde (gr) | 3430 | 3430 |
| Peso del molde + muestra (gr) | 19995 | 19997 |
| Peso unitario (gr/cm ³) | 2.43 | 2.43 |
| Promedio (gr/cm ³) | 2.43 | |

Nota. La tabla muestra unitario del concreto fresco de la cantera Gamarra. Un peso unitario de 2.43 gr/cm³ (2430 kg/m³) es típico para el concreto normal, que suele estar en el rango de 2.2 a 2.5 gr/cm³ . Esta densidad sugiere que la mezcla tiene una cantidad adecuada de agregados, cemento y agua para lograr las propiedades deseadas. el peso unitario promedio de 2.43 gr/cm³ refleja una pasta de concreto bien proporcionada que cumple con los estándares esperados de densidad y calidad, asegurando así las propiedades mecánicas deseadas del concreto endurecido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 87*Medición de contenido de aire Cantera Gamarra*

| Medición de contenido de aire | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|
| Pruebas n° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Contenido de aire (%) | 1.8 | 1.6 |
| Promedio (" | 1.7 | |

Nota. La tabla muestra la medición de contenido de aire de la cantera Gamarra . El contenido de aire en el concreto es un elemento crucial que influye en varias propiedades del concreto endurecido y fresco. Un promedio de contenido de aire de 1.65% sugiere una mezcla de concreto bien diseñada para alcanzar la resistencia necesaria, asegurando la durabilidad y trabajabilidad adecuadas según los requisitos del proyecto en el distrito de Abancay. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 88*Medición temperatura del agregado grueso Cantera Sahuinto*

| Medición de temperatura | | |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| Pruebas n° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Temperatura °c | 25.5 | 25 |
| Promedio (°c) | 25.25 | |

Nota. La tabla muestra la medición de la temperatura de la cantera Sahuinto . La temperatura promedio medida del agregado grueso, que es de 25.25 °C, es un dato importante para interpretar varios aspectos del comportamiento del concreto: la temperatura promedio de 25.25 °C del agregado grueso debe ser considerada en los procesos de mezclado y curado del concreto para asegurar que las propiedades deseadas se logren y mantengan consistentemente. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 89*Medición de asentamiento* Cantera Sahuinto

| Medición de asentamiento | | | |
|---------------------------------|------------|------------------|------------------|
| Pruebas n° | | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Asentamiento (") | Bajo | 4 | 3.8 |
| | Intermedio | | |
| | Alto | | |
| Promedio (") | | 3.9 | |

Nota. La tabla muestra la medición del asentamiento de la cantera Sahuinto. El dato de la medición del asentamiento promedio de 3.9 pulgadas es relevante para entender la consistencia y trabajabilidad del concreto simple endurecido en el estudio. Aquí se explica cómo interpretar este valor en el contexto del concreto con un $f'c$ 210 kg/cm². Un asentamiento promedio de 3.9 pulgadas indica una trabajabilidad moderada. Esto significa que el concreto tiene suficiente fluidez para ser colocado y compactado adecuadamente sin ser demasiado fluido o demasiado rígido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 90*Unitario del concreto fresco* Cantera Sahuinto

| Ensayo de peso unitario del concreto fresco | | |
|--|------------------|------------------|
| Pruebas N° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Volumen del molde (cm ³) | 6827.55 | 6827.55 |
| Peso del molde (gr) | 3430 | 3430 |
| Peso del molde + muestra (gr) | 19995 | 19997 |
| Peso unitario (gr/cm ³) | 2.43 | 2.43 |
| Promedio (gr/cm ³) | 2.43 | |

Nota. La tabla muestra el ensayo de peso unitario del concreto fresco de la cantera Sahuinto. Un peso unitario de 2.43 gr/cm³ (2430 kg/m³) es típico para el concreto normal, que suele estar en el rango de 2.2 a 2.5 gr/cm³. Esta densidad sugiere que la mezcla tiene una cantidad adecuada de agregados, cemento y agua para lograr las propiedades deseadas. el peso unitario promedio de 2.43 gr/cm³ refleja una mezcla de concreto bien proporcionada que cumple con los estándares esperados de densidad y calidad, asegurando así las propiedades mecánicas deseadas del concreto endurecido. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 91*Medición de contenido de aire* Cantera Sahuinto

| Medición de contenido de aire | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| Pruebas n° | Prueba 01 | Prueba 02 |
| Contenido de aire (%) | 2.1 | 2 |
| Promedio (%) | 2.05 | |

Nota. La tabla muestra la medición del contenido de aire de la cantera Sahuinto. El contenido de aire es un elemento crucial que influye en varias propiedades del concreto tanto fresco y endurecido. Un promedio de contenido de aire de 2.05 % sugiere una mezcla de concreto bien diseñada para alcanzar la resistencia necesaria, asegurando la durabilidad.

Resistencia a la compresión ($f'c$) alcanzada vs norma

Los resultados obtenidos en la investigación demuestran que el concreto diseñado con agregados angulares logró una resistencia a la compresión promedio superior a los 210 kg/cm², superando el valor de diseño establecido inicialmente. Esta resistencia coincide con lo estipulado en la Norma Técnica Peruana E.060 – Concreto Armado, la cual establece que para elementos estructurales de concreto armado, la resistencia mínima del concreto debe ser igual o superior a 210 kg/cm², conforme al artículo 5.2.1. Por tanto, desde el punto de vista normativo, el concreto desarrollado en esta investigación cumple con los requerimientos estructurales mínimos exigidos, y su uso se encuentra técnicamente justificado para estructuras que requieran dicha capacidad de carga.

Aplicabilidad estructural del concreto según la norma

En cuanto a la aplicabilidad estructural, la E.060 diferencia el uso del concreto en función del tipo de elemento y su exigencia estructural. Para elementos no estructurales, como veredas, sardineles o muros de contención sin refuerzo, la norma permite concretos con una resistencia mínima de 175 kg/cm². En este contexto, el concreto evaluado no solo

cumple, sino que supera dicho umbral, lo que lo hace plenamente viable para este tipo de obras.

Por otro lado, para elementos estructurales como vigas, columnas o losas, el Reglamento Nacional de Edificaciones exige un mínimo de 210 kg/cm², lo cual también es alcanzado por la mezcla evaluada con agregados angulares. Esta condición permite su aplicación en edificaciones de baja altura, particularmente viviendas de uno o dos niveles. No obstante, para estructuras de mayor envergadura o aquellas ubicadas en zonas de alta sismicidad, la norma recomienda concretos de mayor resistencia (superiores a los 245 o 280 kg/cm²), por lo que el concreto analizado no es recomendable para estas condiciones.

Flexión y comportamiento estructural

Si bien la norma E.060 no establece exigencias específicas en cuanto a resistencia a la flexión del concreto, este parámetro representa un indicador importante del comportamiento mecánico del material ante esfuerzos laterales, particularmente en elementos sometidos a cargas puntuales o distribuidas. En la investigación, se evidenció que el concreto elaborado con agregados angulares presentó un mejor desempeño en la resistencia a la flexión frente al concreto con agregados redondeados. Este hallazgo refuerza la idoneidad del concreto angular para su uso en elementos tales como losas aligeradas, placas de cimentación ligera o vigas de corto claro, donde los esfuerzos flexionantes adquieren relevancia en el diseño estructural.

I. Influencia de la forma de los agregados angulares

La forma de los agregados representa un factor determinante en las propiedades mecánicas del concreto. En particular, los agregados angulares han demostrado un impacto significativo en el comportamiento estructural del concreto, especialmente en su resistencia a la compresión y a la flexión. A diferencia de los agregados redondeados, los angulares presentan superficies irregulares, aristas vivas y mayor aspereza, lo que favorece la

adherencia con la pasta cementicia y, por tanto, una mejor interconexión dentro de la matriz del concreto.

En la investigación desarrollada en el distrito de Abancay durante el año 2023, se observó que el uso de agregados angulares permitió alcanzar valores superiores de resistencia a la compresión respecto al diseño original de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Esta mejora se atribuye principalmente al mayor entrelazamiento mecánico que ofrecen los agregados angulares con la pasta de cemento endurecida, generando una microestructura más densa y resistente a la fractura.

Asimismo, en los ensayos de resistencia a la flexión, el concreto con agregados angulares también presentó un mejor desempeño. Este comportamiento está relacionado con la capacidad de los agregados angulares para resistir y distribuir de manera más eficiente los esfuerzos de tracción generados durante la flexión, lo que mejora la integridad de la sección transversal del elemento.

Desde un enfoque normativo, la Norma Técnica Peruana E.060 no especifica explícitamente restricciones sobre la forma de los agregados; sin embargo, reconoce la importancia de las características físicas de los materiales pétreos en la calidad del concreto. En ese sentido, el uso de agregados angulares, siempre que cumplan con los límites granulométricos, absorción, densidad y resistencia exigidos por la norma, se considera favorable y recomendado para elementos estructurales que requieren buena resistencia mecánica.

Resistencia a la compresión de probetas de concreto (NTP 339.034 / ASTM C 39M)

Tabla 92

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 7 días – Cantera Murillo.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Murillo | 30.00 | 14.99 | 15.00 | 7 | 47390 | 176.59 | 210.00 | 268.36 | 127.79 | 265.91 | Corte |
| | 30.00 | 14.98 | 15.00 | 7 | 46550 | 176.47 | 210.00 | 263.78 | 125.61 | | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 14.99 | 7 | 46900 | 176.59 | 210.00 | 265.58 | 126.47 | | Columnar |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 7 días cantera Murillo. El f'_c a los 7 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Murillo fue de 268.36 kg-f/cm², 263.78 kg-f/cm² y por último 265.58 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 265.91 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 93

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 7 días – Cantera Gamarra

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Gamarra | 30.20 | 14.98 | 15.00 | 7 | 42010 | 176.47 | 210.00 | 238.05 | 113.36 | 238.25 | Corte |
| | 30.10 | 15.00 | 15.00 | 7 | 42200 | 176.71 | 210.00 | 238.81 | 113.72 | | Columnar |
| | 30.00 | 15.00 | 14.99 | 7 | 42010 | 176.59 | 210.00 | 237.89 | 113.28 | | Columnar |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 7 días cantera Gamarra. El f'_c a los 7 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Gamarra fue de 238.05 kg-f/cm², 238.81 kg-f/cm² y por último 237.89 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 238.25 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 94

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 7 días – Cantera Sahuinto.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Sahuinto | 30.00 | 15.00 | 15.00 | 7 | 41150 | 176.71 | 210.00 | 232.87 | 110.89 | 235.49 | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 15.00 | 7 | 41650 | 176.71 | 210.00 | 235.70 | 112.24 | | Corte |
| | 30.01 | 14.99 | 15.00 | 7 | 42010 | 176.59 | 210.00 | 237.89 | 113.28 | | Columnar |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 7 días cantera Sahuinto. El f_c a los 7 días de los 3 especímenes de las 3 muestras donde se usó el agregado de la cantera Sahuinto fue de 232.87 kg-f/cm², 235.70 kg-f/cm² y por último 237.87 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 235.49 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 95

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 14 días – Cantera Murillo.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Murillo | 30.00 | 15.00 | 15.00 | 14 | 49770 | 176.71 | 210.00 | 281.65 | 134.12 | 282.06 | Corte |
| | 30.00 | 14.98 | 15.00 | 14 | 49680 | 176.47 | 210.00 | 281.51 | 134.05 | | Columnar |
| | 30.00 | 15.00 | 15.00 | 14 | 50009 | 176.71 | 210.00 | 283.00 | 134.76 | | Corte |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 14 días cantera Murillo. El f_c a los 14 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Murillo fue de 281.65 kg-f/cm², 281.51 kg-f/cm² y por último 283.00 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 282.06 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 96

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 14 días – Cantera Gamarra.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Gamarra | 30.01 | 15.00 | 15.00 | 14 | 48800 | 176.71 | 210.00 | 276.16 | 131.50 | 273.94 | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 14.99 | 14 | 48210 | 176.59 | 210.00 | 273.00 | 130.00 | | Columnar |
| | 30.02 | 15.00 | 15.00 | 14 | 48180 | 176.71 | 210.00 | 272.65 | 129.83 | | Corte |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 14 días cantera Gamarra. El f'_c a los 14 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Gamarra fue de 276.16 kg-f/cm², 273.00 kg-f/cm² y por último 272.65 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 273.94 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 97

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 14 días – Cantera Sahuinto.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Sahuinto | 30.00 | 15.00 | 15.00 | 14 | 47320 | 176.71 | 210.00 | 267.78 | 127.52 | 267.14 | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 14.99 | 14 | 46899 | 176.59 | 210.00 | 265.58 | 126.47 | | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 15.00 | 14 | 47370 | 176.71 | 210.00 | 268.07 | 127.65 | | Columnar |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 14 días cantera Sahuinto. El f'_c a los 14 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Sahuinto fue de 267.78 kg-f/cm², 265.58 kg-f/cm² y por último 268.07 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 267.14 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 98

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 28 días – Cantera Murillo.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Murillo | 30.00 | 15.00 | 15.01 | 28 | 54670 | 176.83 | 210.00 | 309.17 | 147.22 | 307.09 | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 15.01 | 28 | 54570 | 176.83 | 210.00 | 308.61 | 146.96 | | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 15.00 | 28 | 53630 | 176.71 | 210.00 | 303.49 | 144.52 | | Corte |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 28 días cantera Murillo. El f'_c a los 28 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Murillo fue de 309.17 kg-f/cm², 308.61 kg-f/cm² y por último 303.49 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 307.09 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 99

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 28 días – Cantera Gamarra.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Gamarra | 30.01 | 15.00 | 15.00 | 28 | 55300 | 176.71 | 210.00 | 312.94 | 149.02 | 314.60 | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 14.99 | 28 | 56100 | 176.59 | 210.00 | 317.68 | 151.28 | | Corte |
| | 30.02 | 15.00 | 15.00 | 28 | 55340 | 176.71 | 210.00 | 313.17 | 149.13 | | Corte |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 28 días cantera Gamarra. El f'_c a los 28 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Gamarra fue de 312.94 kg-f/cm², 317.68 kg-f/cm² y por último 313.17 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 314.60 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 100

Resistencia a la compresión de probetas de concreto a los 28 días – Cantera Sahuinto.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Área (cm ²) | Resistencia de diseño (kg-f/cm ²) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Tipo de falla |
|----------------------------|--------------|--------|--------|-------------|---------------------|-------------------------|---|---|-----------------|----------|---------------|
| | H | D inf. | D sup. | | | | | | | | |
| Cantera Sahuinto | 30.00 | 15.00 | 15.01 | 28 | 52360 | 176.83 | 210.00 | 296.11 | 141.00 | 294.61 | Corte |
| | 30.00 | 15.00 | 15.00 | 28 | 52130 | 176.71 | 210.00 | 295.00 | 140.48 | | Corte |
| | 30.00 | 14.99 | 15.00 | 28 | 51690 | 176.59 | 210.00 | 292.71 | 139.39 | | Columnar |

Nota. La tabla muestra la resistencia a la compresión a los 28 días cantera Sahuinto. El f'_c a los 28 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Sahuinto fue de 296.11 kg-f/cm², 295.00 kg-f/cm² y por último 292.71 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 294.61 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los tercios del tramo NTP 339.078 / ASTM c 78 / AASHTO T 97

Tabla 101

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 7 días - Cantera Murillo.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Murillo | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3290 | 43.87 | 28.65 | 20.9 | 43.63 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3210 | 42.80 | 28.65 | 20.4 | | Primer tercio |
| | 15.2 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3360 | 44.21 | 28.65 | 21.1 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 7 días cantera Murillo. El f_f a los 7 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Murillo fue de 43.87 kg-f/cm², 42.80 kg-f/cm² y por último 44.21 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 43.63 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 102

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 7 días - Cantera R. Gamarra.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Gamarra | 15.2 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3510 | 46.18 | 28.65 | 22.0 | 46.33 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3470 | 46.27 | 28.65 | 22.0 | | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3490 | 46.53 | 28.65 | 22.2 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 7 días cantera Gamarra. El f_f a los 7 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Gamarra fue de 46.18 kg-f/cm², 46.27 kg-f/cm² y por último 46.53 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 46.33 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 103

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 7 días - Cantera Sahuinto.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Sahuinto | 15.2 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3600 | 47.37 | 28.65 | 22.6 | 48.00 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3710 | 49.47 | 28.65 | 23.6 | | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 7 | 3640 | 48.53 | 28.65 | 23.1 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 7 días cantera Sahuinto. El f_f a los 7 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Sahuinto fue de 47.37 kg-f/cm², 49.47 kg-f/cm² y por último 48.53 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 48.00 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 104

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 14 días - Cantera Murillo.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Murillo | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3470 | 46.27 | 28.65 | 22.0 | 45.47 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3410 | 45.47 | 28.65 | 21.7 | | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3350 | 44.67 | 28.65 | 21.3 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 14 días cantera Murillo. El f_f a los 14 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Murillo fue de 46.27 kg-f/cm², 45.47 kg-f/cm² y por último 44.67 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 45.47 kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 105

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 14 días - Cantera R. Gamarra.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Gamarra | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3590 | 47.87 | 28.65 | 22.8 | 47.11 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3440 | 45.87 | 28.65 | 21.8 | | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3570 | 47.60 | 28.65 | 22.7 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 14 días cantera Gamarra. El f_f a los 14 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Gamarra fue de 47.87 kg-f/cm², 45.87 kg-f/cm² y por último 47.60 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 47.11 kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 106

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 14 días - Cantera Sahuinto.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Sahuinto | 15.05 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3630 | 48.24 | 28.65 | 23.0 | 48.08 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3611 | 48.15 | 28.65 | 22.9 | | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 14 | 3590 | 47.87 | 28.65 | 22.8 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 14 días cantera Sahuinto. El f_f a los 14 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Sahuinto fue de 48.24 kg-f/cm², 48.15 kg-f/cm² y por último 47.87 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 48.08 kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 107

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 28 días - Cantera Murillo.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Murillo | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3890 | 51.87 | 28.65 | 24.7 | 51.02 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3880 | 51.73 | 28.65 | 24.6 | | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3710 | 49.47 | 28.65 | 23.6 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 28 días cantera Murillo. El f_f a los 28 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Murillo fue de 51.87 kg-f/cm², 51.73 kg-f/cm² y por último 49.47 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 51.02 kg-f/cm². Fuente:

Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 108

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 28 días - Cantera R. Gamarra.

| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Gamarra | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3660 | 48.80 | 28.65 | 23.2 | 48.13 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3640 | 48.53 | 28.65 | 23.1 | | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3530 | 47.07 | 28.65 | 22.4 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 28 días cantera Gamarra. El f_f a los 28 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Gamarra fue de 48.80 kg-f/cm², 48.53 kg-f/cm² y por último 47.07 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 48.13 kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 109

Resistencia a la flexión de vigas de concreto con cargas a los 28 días - Cantera Sahuinto.

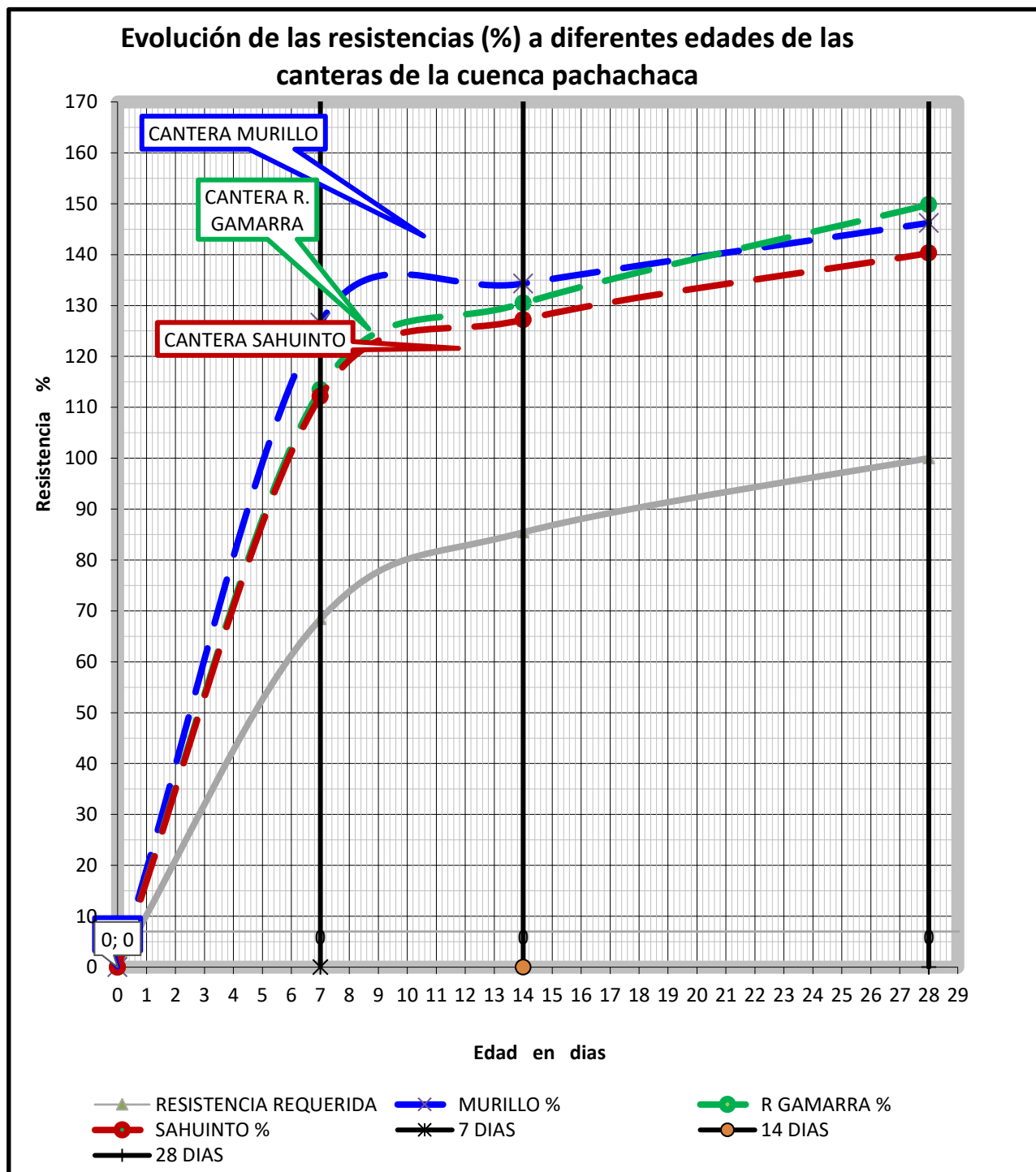
| Identificación de muestras | Medidas (cm) | | | D.a.* | Edad (días) | Carga máxima (kg-f) | Resistencia alcanzada (kg-f/cm ²) | Resistencia de diseño (kg/cm ²) | Resistencia (%) | Promedio | Lugar de falla |
|----------------------------|--------------|----|------|-------|-------------|---------------------|---|---|-----------------|----------|----------------|
| | H | A | L | | | | | | | | |
| Cantera Sahuinto | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3580 | 47.73 | 28.65 | 22.7 | 48.46 | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3610 | 48.13 | 28.65 | 22.9 | | Tercio central |
| | 15 | 15 | 54.5 | 4.75 | 28 | 3610 | 48.13 | 28.65 | 22.9 | | Tercio central |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 28 días cantera Sahuinto. El f_f a los 28 días de los 3 especímenes donde se usó el agregado de la cantera Sahuinto fue de 47.73 kg-f/cm², 48.13 kg-f/cm² y por último 48.13 kg-f/cm² donde la resistencia promedio fue 48.46 kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 9

Comparación de edades



Nota. La figura muestra la consolidada resistencia a la compresión de probetas de concreto

(NTP 339.034 / ASTM C39M). Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 110

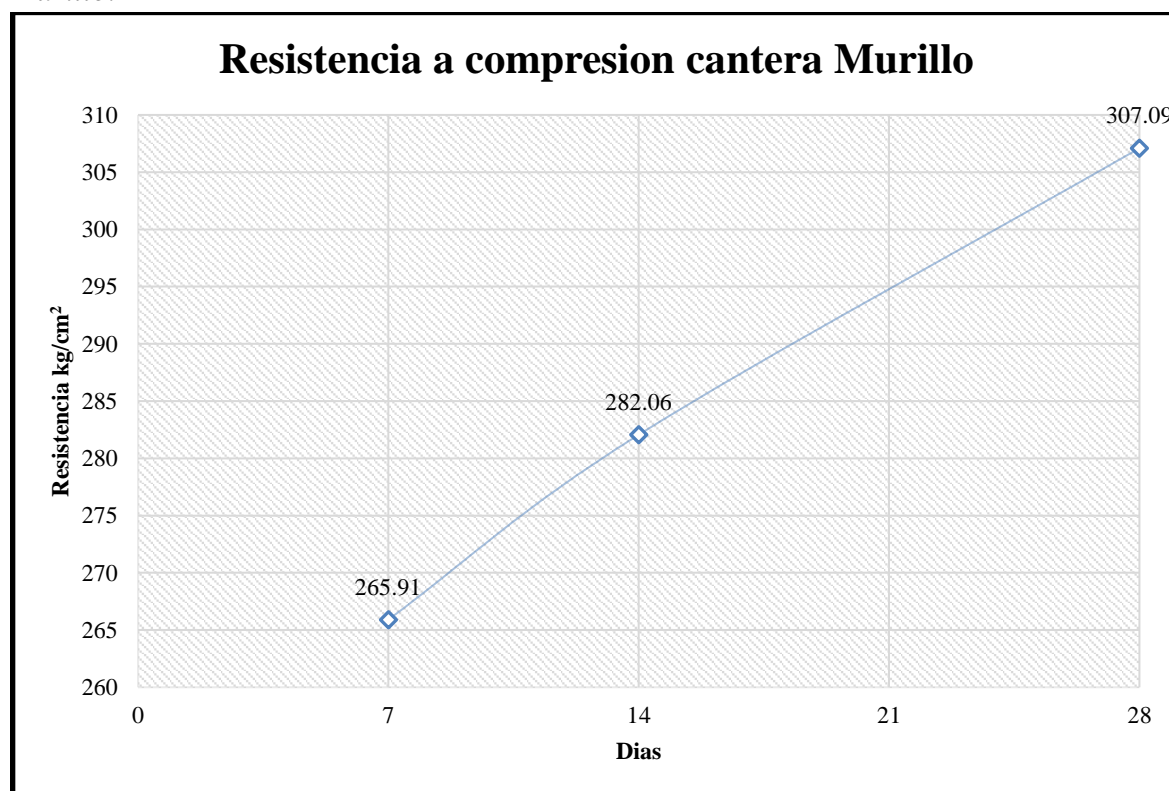
Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Murillo.

| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de diseño | Resistencia alcanzada |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera Murillo | 7 | 47390 | 176.59 | 210 | 265.91 |
| | 14 | 50009 | 176.71 | 210 | 282.06 |
| | 28 | 54570 | 176.83 | 210 | 307.09 |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión a los 28 días cantera Murillo. El f_c alcanzo 265.91 Kg-f/cm² a los 7 días, a los 14 días alcanzo 282.06 Kg-f/cm² y a los 28 días 307.09 Kg-f/cm². Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 10

Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera Murillo.



Nota. La figura muestra la resistencia a flexión de la cantera Murillo. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 111

Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera Gamarra.

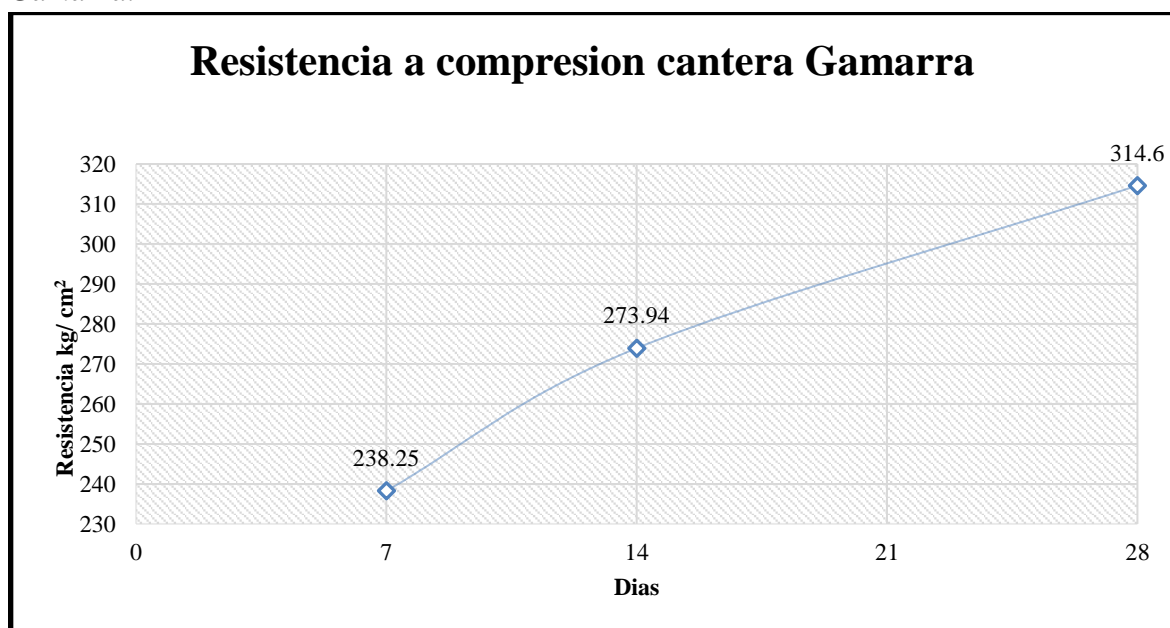
| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de diseño | Resistencia alcanzada |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera R. Gamarra | 7 | 42200 | 176.71 | 210 | 238.25 |
| | 14 | 48180 | 176.71 | 210 | 273.94 |
| | 28 | 55340 | 176.83 | 210 | 314.60 |

Nota. La tabla muestra la resistencia a compresión de la cantera Gamarra. EL f_c alcanzo 238.25 Kg-f/cm² a los 7 días, a los 14 días 273.94 Kg-f/cm² y a los 28 días 314.60 Kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 11

Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera Gamarra.



Nota. La figura muestra la resistencia a compresión de la cantera Gamarra. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 112

Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Sahuinto.

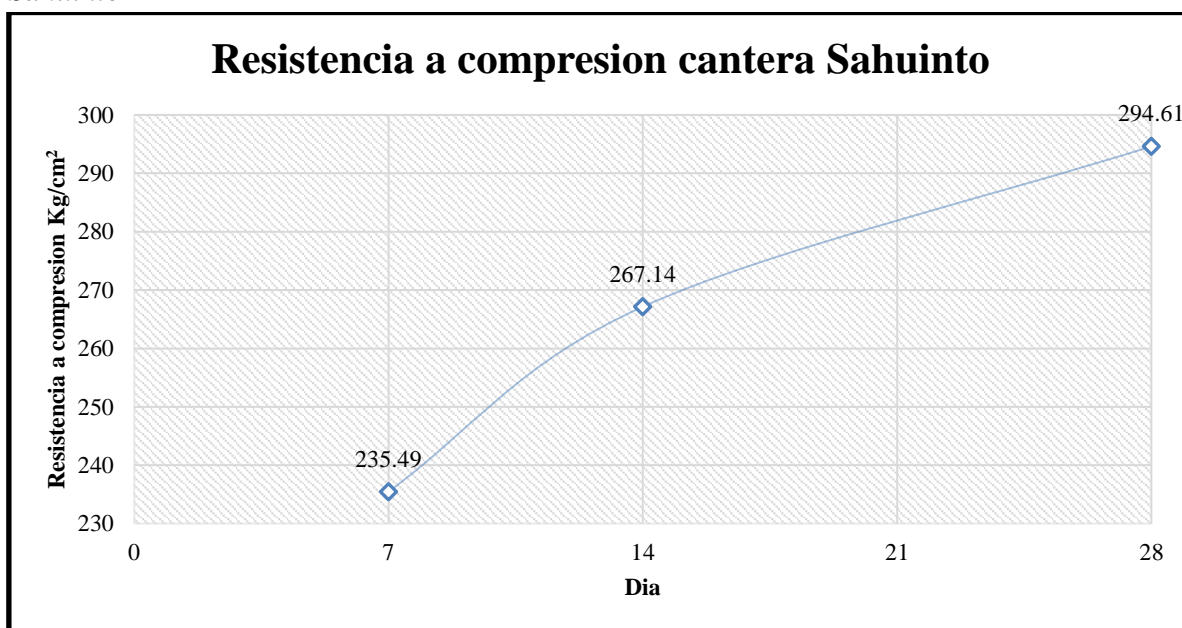
| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de diseño | Resistencia alcanzada |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera Sahuinto | 7 | 42010 | 176.59 | 210 | 235.49 |
| | 14 | 47370 | 176.71 | 210 | 267.14 |
| | 28 | 52360 | 176.83 | 210 | 294.61 |

Nota. La tabla muestra la resistencia a compresión de la cantera Sahuinto. EL f'c alcanzo 235.49 Kg-f/cm² a los 7 días, a los 14 días 267.14 Kg-f/cm² y a los 28 días 294.61 Kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 12

Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Sahuinto



Nota. La figura muestra la resistencia a compresión de la cantera Sahuinto. Fuente:

Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Consolidada resistencia a la flexión de Vigas de concreto (NTP 339.078 / ASTM C 78 / AASHTO T 97)

Tabla 113

Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Murillo.

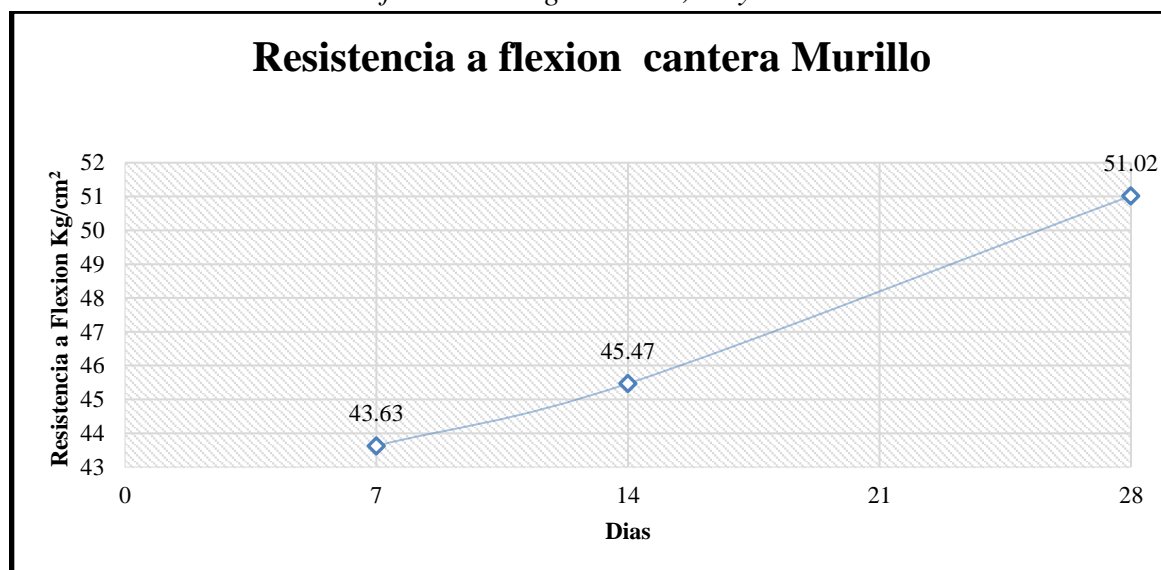
| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de diseño | Resistencia alcanzada |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera Murillo | 7 | 47390 | 176.59 | 28.65 | 43.63 |
| | 14 | 50009 | 176.71 | 28.65 | 45.47 |
| | 28 | 54570 | 176.83 | 28.65 | 51.02 |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas de la cantera Murillo. El f'_c alcanzó 43.63 Kg-f/cm² a los 7 días, a los 14 días 45.47 Kg-f/cm² y a los 28 días 51.02 Kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 13

Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera Murillo.



Nota. La figura muestra la resistencia a flexión de vigas de la cantera Murillo. Fuente:

Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 114

Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera Gamarra.

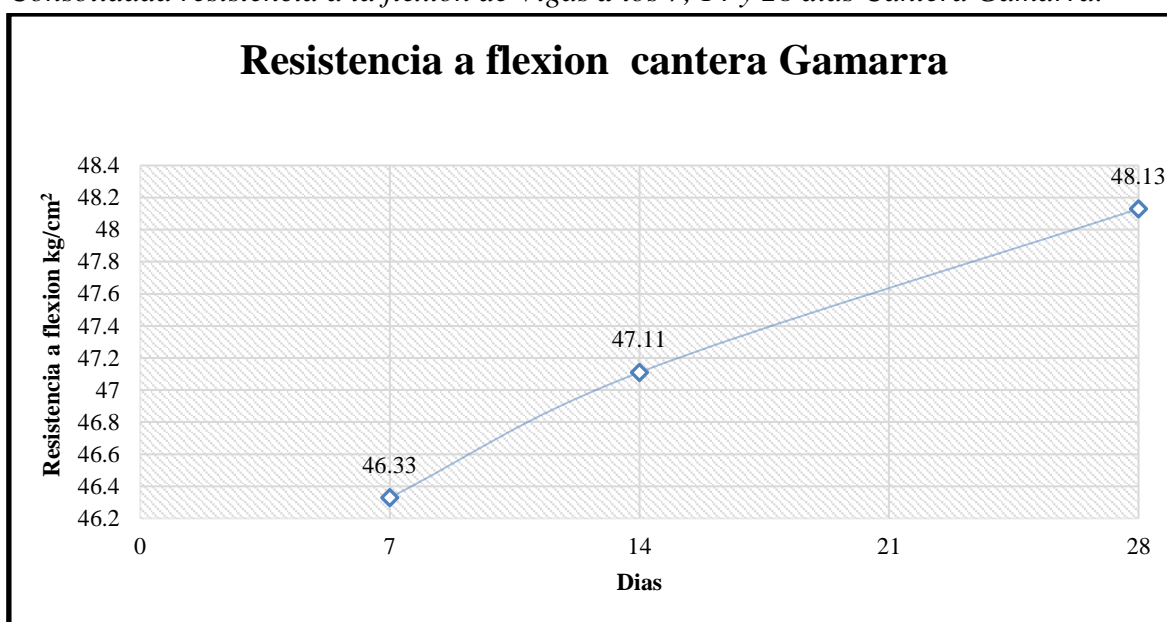
| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de diseño | Resistencia alcanzada |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera Gamarra | 7 | 42200 | 176.71 | 28.65 | 46.33 |
| | 14 | 48180 | 176.71 | 28.65 | 47.11 |
| | 28 | 55340 | 176.83 | 28.65 | 48.13 |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas de la cantera Gamarra. El f'_c alcanzó 46.33 Kg-f/cm² a los 7 días, a los 14 días 47.11 Kg-f/cm² y a los 28 días 48.13 Kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 14

Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera Gamarra.



Nota. La figura muestra la resistencia a flexión de vigas de la cantera Gamarra. Fuente:

Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 115

Consolidada resistencia a la flexión de Vigas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Sahuinto.

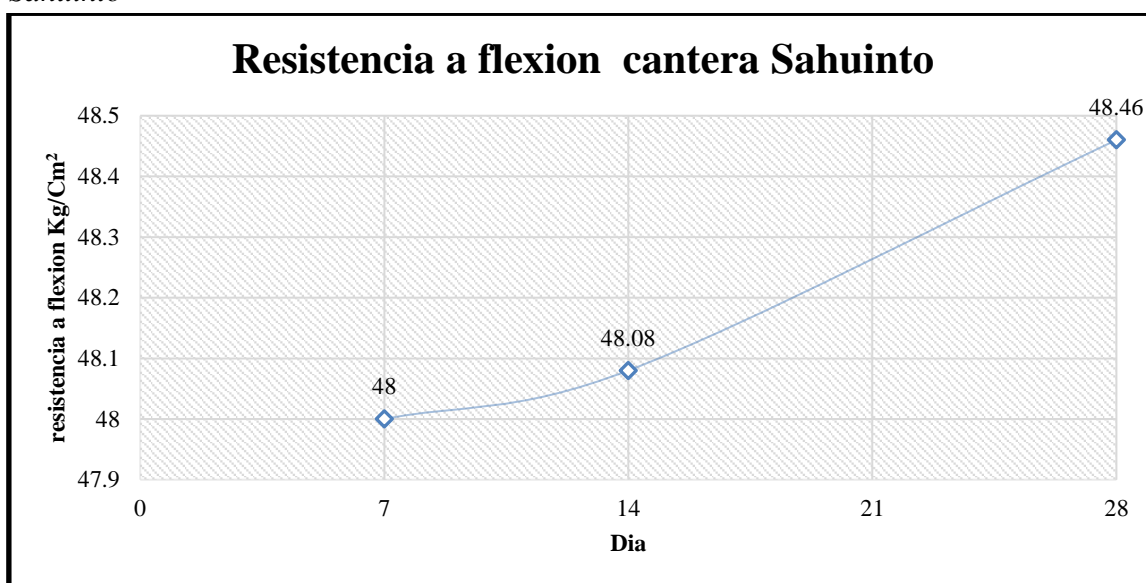
| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de diseño | Resistencia alcanzada |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera Sahuinto | 7 | 42010 | 176.59 | 28.65 | 48.00 |
| | 14 | 47370 | 176.71 | 28.65 | 48.08 |
| | 28 | 52360 | 176.83 | 28.65 | 48.46 |

Nota. La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas de la cantera Sahuinto. El f'_c alcanzo 48.46 Kg-f/cm² a los 7 días, a los 14 días 48.08 Kg-f/cm² y a los 28 días 48.00 Kg-f/cm².

Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Figura 15

Consolidada resistencia a la compresión de probetas a los 7, 14 y 28 días Cantera – Sahuinto



Nota. La figura muestra la resistencia a flexión de vigas de la cantera Sahuinto. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Resultados Objetivos específicos

Tabla 116

Consolidado comparativo sobre la resistencia a la compresión de probetas a los 28 días de las tres canteras

| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de diseño | Resistencia alcanzada |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera Murillo | 28 | 42010 | 176.59 | 210 | 307.09 |
| Cantera Gamarra | 28 | 47370 | 176.71 | 210 | 314.60 |
| Cantera Sahuinto | 28 | 52360 | 176.83 | 210 | 294.61 |

Nota. La tabla muestra el consolidado de la resistencia a compresión. La tabla 115 se presenta un consolidado comparativo del f^c de probetas de concreto a los 28 días, proveniente de tres canteras diferentes: Murillo, Gamarra y Sahuinto. A continuación, se realiza la interpretación de los datos. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Identificación de Muestras:

- **Cantera Murillo:**
 - Carga máxima: 42010 kg-f
 - Área: 176.59 cm²
 - Resistencia alcanzada: 307.09 kg-f/cm²
- **Cantera Gamarra:**
 - Carga máxima: 47370 kg-f
 - Área: 176.71 cm²
 - Resistencia alcanzada: 314.60 kg-f/cm²
- **Cantera Sahuinto:**
 - Carga máxima: 52360 kg-f
 - Área: 176.83 cm²
 - Resistencia alcanzada: 294.61 kg-f/cm²

Comparación de la Resistencia Alcanzada:

La **Cantera Gamarra** mostró el mayor $f'c$ con 314.60 kg-f/cm².

La **Cantera Murillo** tuvo un $f'c$ de 307.09 kg-f/cm², que es ligeramente inferior a la de Gamarra.

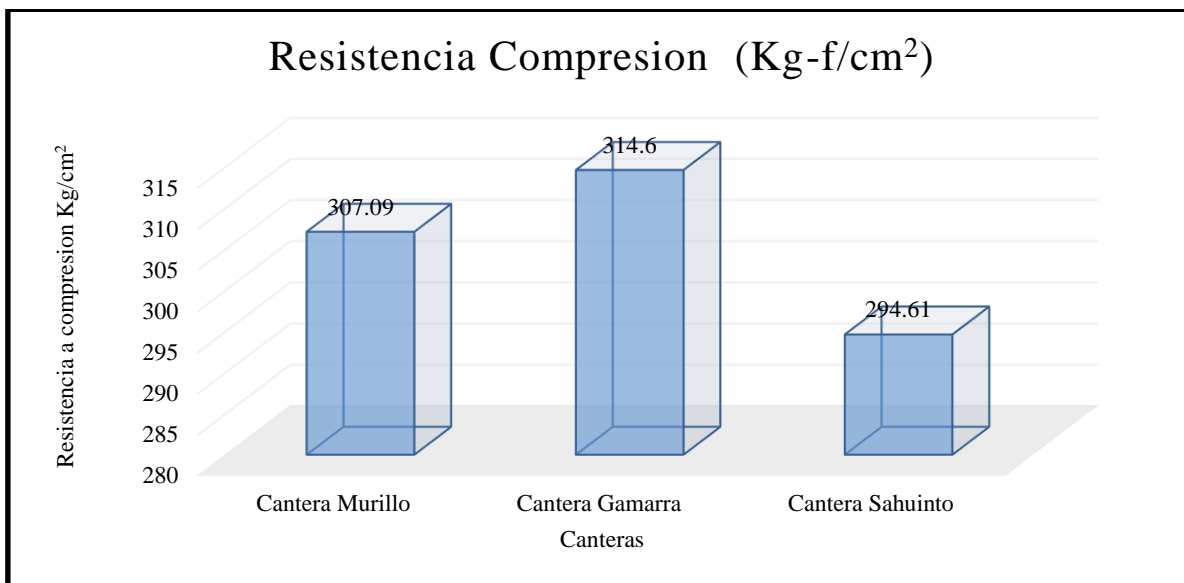
La **Cantera Sahuinto** presentó la menor resistencia a la compresión con 294.61 kg-f/cm², aunque aún supera la resistencia de diseño de 210 kg-f/cm².

Resistencia de Diseño:

Todas las muestras superan ampliamente la resistencia de diseño de 210 kg-f/cm², lo que indica que los materiales de las tres canteras proporcionan un concreto con una resistencia adecuada para su uso en construcción.

Figura 16

Consolidado comparativo sobre la resistencia a la compresión de probetas a los 28 días de las tres canteras



Nota. La figura muestra el consolidado comparativo de la resistencia a compresión. Fuente:

Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Tabla 117

Consolidado comparativo sobre la resistencia a flexión de probetas a los 28 días de las tres canteras

| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de diseño | Resistencia alcanzada |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera Murillo | 28 | 42010 | 176.59 | 28.65 | 51.02 |
| Cantera Gamarra | 28 | 47370 | 176.71 | 28.65 | 48.13 |
| Cantera Sahuinto | 28 | 52360 | 176.83 | 28.65 | 48.46 |

Nota. La tabla muestra el consolidado de la resistencia a flexión. La tabla 116 se presenta un consolidado comparativo sobre la resistencia a flexión de probetas a los 28 días, provenientes de tres canteras diferentes: Murillo, Gamarra y Sahuinto. A continuación, se realiza la interpretación de los datos. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Identificación de Muestras:

- **Cantera Murillo:**
 - Carga máxima: 42010 kg-f
 - Área: 176.59 cm²
 - Resistencia alcanzada: 51.02 kg-f/cm²
- **Cantera Gamarra:**
 - Carga máxima: 47370 kg-f
 - Área: 176.71 cm²
 - Resistencia alcanzada: 48.13 kg-f/cm²
- **Cantera Sahuinto:**
 - Carga máxima: 52360 kg-f
 - Área: 176.83 cm²
 - Resistencia alcanzada: 48.46 kg-f/cm²

Comparación de la Resistencia Alcanzada:

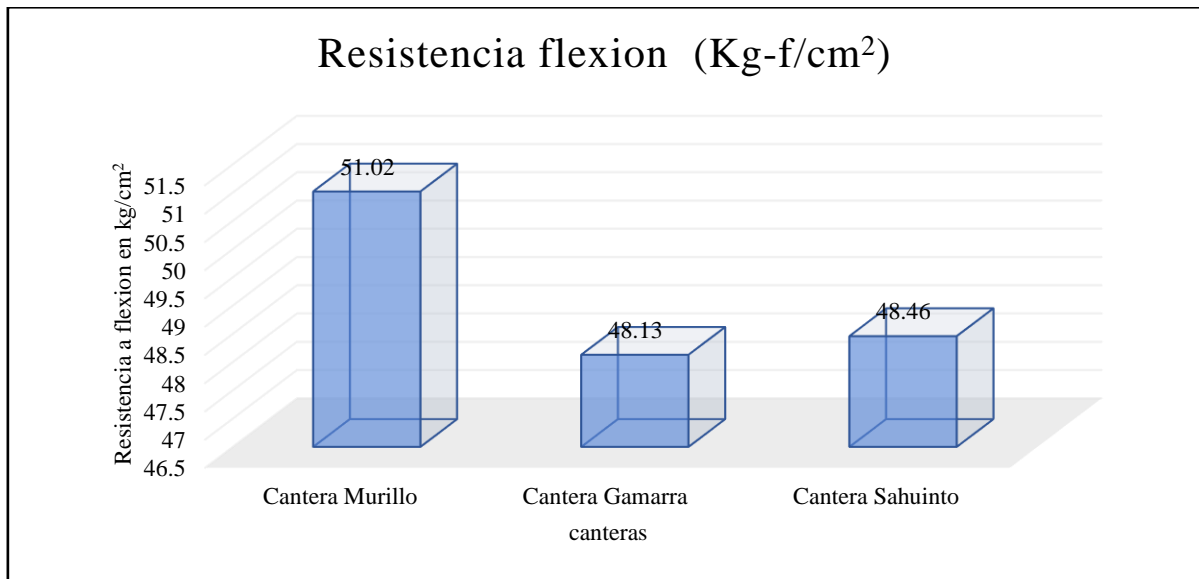
La **Cantera Murillo** mostró la mayor resistencia a flexión con 51.02 kg-f/cm².

La **Cantera Gamarra** tuvo un f_f de 48.13 kg-f/cm².

La **Cantera Sahuinto** presentó una f_f de 48.46 kg-f/cm², siendo la más baja entre las tres canteras, aunque la diferencia es mínima comparada con Gamarra.

Figura 17

Consolidado comparativo sobre la resistencia a flexión de probetas a los 28 días de las tres canteras



Nota. La figura muestra el consolidado comparativo de la resistencia a flexión. Fuente:

Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Resultado objetivo general

Tabla 118

Objetivo General

| Identificación de muestras | Edad | Carga máxima | Área | Resistencia de Alcanzada Compresión | Resistencia alcanzada Flexión |
|----------------------------|--------|--------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| | (días) | (kg-f) | (cm ²) | (Kg-f/cm ²) | (Kg-f/cm ²) |
| Cantera Murillo | 28 | 42010 | 176.59 | 307.09 | 51.02 |
| Cantera Gamarra | 28 | 47370 | 176.71 | 314.60 | 48.13 |
| Cantera Sahuinto | 28 | 52360 | 176.83 | 294.61 | 48.46 |

Nota. La tabla muestra el consolidado de la resistencia mecánica. La tabla 117 se presenta un consolidado comparativo sobre la f_f y f_c de probetas a los 28 días, provenientes de tres canteras diferentes: Murillo, Gamarra y Sahuinto. A continuación, se realiza la interpretación de los datos. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

Identificación de muestras:

Se identifican tres canteras de donde provienen las muestras de concreto: Cantera Murillo, Cantera Gamarra y Cantera Sahuinto.

Carga máxima:

Cantera Murillo: 42,010 kg-f

Cantera Gamarra: 47,370 kg-f

Cantera Sahuinto: 52,360 kg-f

Esto indica la máxima carga que cada muestra puede soportar antes de fallar.

Área:

Cantera Murillo: 176.59 cm²

Cantera Gamarra: 176.71 cm²

Cantera Sahuinto: 176.83 cm²

Resistencia alcanzada a compresión:

Cantera Murillo: 307.09 kg-f/cm²

Cantera Gamarra: 314.60 kg-f/cm²

Cantera Sahuinto: 294.61 kg-f/cm²

Estos valores indican la capacidad del concreto para soportar fuerzas compresivas. La muestra de la Cantera Gamarra presenta la mayor f^c .

Resistencia alcanzada a flexión:

Cantera Murillo: 51.02 kg-f/cm²

Cantera Gamarra: 48.13 kg-f/cm²

Cantera Sahuinto: 48.46 kg-f/cm²

Estos valores muestran la capacidad del concreto para resistir fuerzas de flexión. La muestra de la Cantera Murillo tiene la mayor f_f .

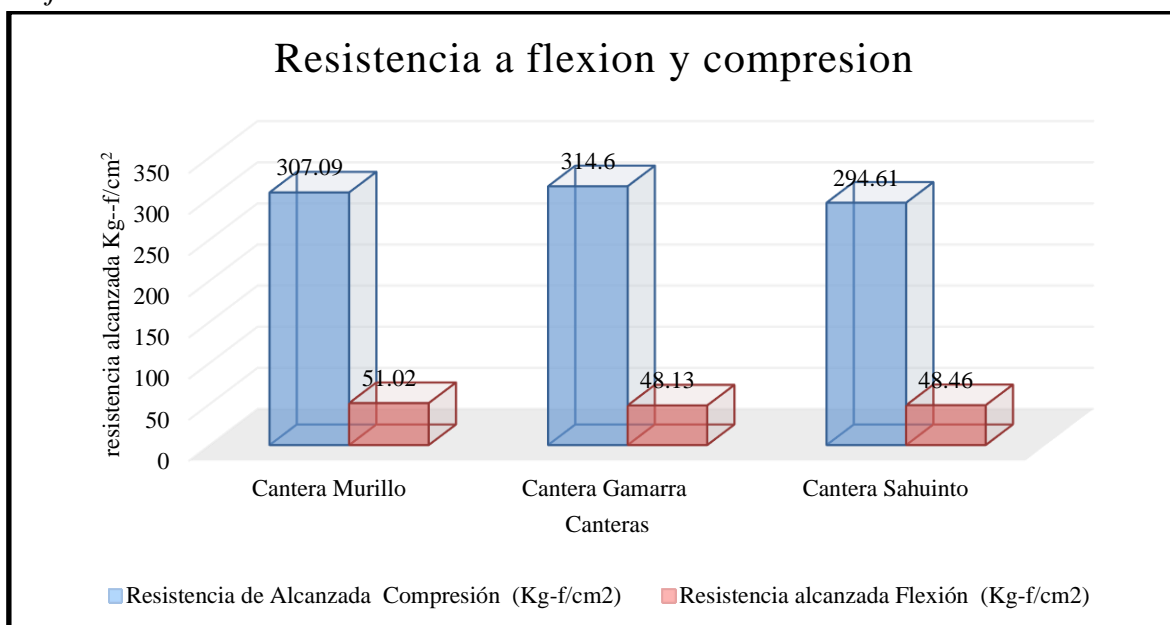
Conclusión

Comparación de Canteras:

Resistencia a compresión: La Cantera Gamarra presenta la mayor f^c , seguida por la Cantera Murillo y finalmente la Cantera Sahuinto.

Resistencia a flexión: La Cantera Murillo muestra la mayor f_f , mientras que las muestras de las canteras Gamarra y Sahuinto tienen valores ligeramente menores y similares entre sí.

Estas diferencias en las resistencias alcanzadas pueden deberse a las propiedades intrínsecas de los áridos de cada cantera, como la composición mineralógica, la forma y el tamaño de las partículas.

Figura 18*Objetivo General*

Nota. La figura muestra el consolidado comparativo de la resistencia a flexión. Fuente: Laboratorio geotécnico INGEOCADING.

5.2. Prueba de hipótesis

Contrastación de la hipótesis general

Al aplicar la prueba T- Student para comparar las medias de las 3 canteras a los 28 días y partiendo de la premisa:

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en la f'_c y f_r entre los grupos comparados.

Hipótesis alternativa (H1): Hay una diferencia significativa en la f'_c y f_r entre los grupos comparados.

Aplicando los cálculos de la prueba T Student en el software estadístico SPSS se evidencio un valor de significancia de 0.042. Estos resultados muestran que la forma de los agregados tiene un impacto de significancia en el f'_c y f_r del concreto simple endurecido, con lo cual podemos indicar que aceptamos la hipótesis alterna que indica que la forma de los agregados influye de manera positiva en las propiedades del concreto simple endurecido $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay sector de Pachachaca, 2023.

Contrastación de la hipótesis específica 1

Al aplicar la prueba T- Student para comparar las medias de las 3 canteras a los 28 días y partiendo de la premisa:

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en la f'_c entre los grupos comparados.

Hipótesis alternativa (H1): Hay una diferencia significativa en la f'_c entre los grupos comparados.

Aplicando los cálculos de la prueba T Student en el software estadístico SPSS se evidencio un valor de significancia de 0. 002.Los resultados muestran que la forma de los agregados utilizados en las distintas canteras tiene un impacto significativo en la f'_c , la Cantera Gamarra mostró la mayor resistencia a la compresión a los 28 días, seguida de la Cantera Murillo y la Cantera Sahuinto. Esto indica que los agregados de la Cantera Gamarra proporcionan un concreto más resistente a la compresión, lo que podría deberse a sus características intrínsecas como la composición mineralógica y la forma de las partículas. Con lo cual podemos indicar que aceptamos la hipótesis alterna que indica, la forma de los agregados influye de manera positiva en f'_c del concreto simple endurecido $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay sector de Pachachaca, 2023.

Contrastación de la hipótesis específica 2

Al aplicar la prueba T- Student para comparar las medias de las 3 canteras a los 28 días y partiendo de la premisa:

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en la f_f entre los grupos comparados.

Hipótesis alternativa (H1): Hay una diferencia significativa en la f_f entre los grupos comparados.

Aplicando los cálculos de la prueba T Student en el software estadístico SPSS se evidencio un valor de significancia de 0. 011.Los resultados indican la forma de los agregados tienen un impacto significativo en la resistencia a flexión del concreto simple

endurecido. La Cantera Murillo mostró la mayor f_f a los 28 días, seguida de cerca por las canteras Gamarra y Sahuinto. Estos valores sugieren que los agregados de la Cantera Murillo son los más efectivos para mejorar la resistencia a flexión del concreto, aunque las diferencias entre las canteras no son drásticas. Con lo cual podemos indicar que aceptamos la hipótesis alterna que indica, la forma de los agregados influye de manera positiva en la f_f del concreto simple endurecido $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ en el distrito de Abancay sector de Pachachaca, 2023.

5.3. Discusión

La relación entre la forma de los agregados y la resistencia del concreto ha sido ampliamente estudiada en distintos contextos, lo que permite establecer comparaciones con los resultados obtenidos en Abancay. En este sentido, Konitufe et al. (2023) investigaron el efecto del tamaño y forma de los áridos gruesos sobre el f'_c . A través de un diseño experimental con áridos angulares y redondeados, demostraron que los agregados angulares favorecen una mayor resistencia (27.58 N/mm^2 frente a 25.88 N/mm^2 en áridos redondeados). Similar a lo observado en Abancay, se concluye que los agregados angulares mejoran la resistencia a compresión. No obstante, mientras que en el estudio de Konitufe la variación de tamaño fue crucial, en Abancay la diferencia predominante se relacionó con la granulometría y las propiedades intrínsecas de los agregados de cada cantera.

De manera complementaria, Reza et al. (2020) evaluaron la influencia del tamaño y geometría de los agregados, junto con la temperatura de secado, en la resistencia a compresión. A través de técnicas de minería de datos, concluyeron que el tamaño de los áridos es el factor más determinante, con una resistencia máxima obtenida a bajas temperaturas (10°C). Si bien ambos estudios coinciden en que la forma y características de los áridos influyen en la resistencia, el análisis de Abancay excluyó factores externos como la temperatura, lo que marcó una diferencia metodológica significativa.

En un enfoque más técnico, Gora y Szafraniec (2020) analizaron cómo el TMN afecta la resistencia y el módulo elástico del concreto. Encontraron una correlación positiva entre la resistencia y la resistencia al aplastamiento del agregado ($r=0.84$). Este hallazgo coincide con lo obtenido en Abancay, donde la resistencia también mostró variaciones relacionadas con las propiedades físicas de los agregados. Sin embargo, en el caso de la Cantera Sahuinto, el alto porcentaje de partículas chatas y alargadas (17.23%) podría explicar diferencias específicas en cohesión y compactación, un aspecto no abordado por Gora y Szafraniec.

Por otro lado, Huang et al. (2020) se centraron en la influencia de la forma del árido grueso en hormigones hidráulicos, utilizando áridos de diferentes geometrías. Su estudio destacó que los áridos masivos presentan la mayor resistencia a compresión (56 MPa), especialmente en mezclas con baja relación agua/cemento (0.33). Este enfoque difiere del de Abancay, donde se emplearon relaciones de agua y cemento típicas para $f'c=210$ kg/cm², lo que podría justificar las diferencias en los valores de resistencia observados.

En un ámbito más específico, Ostrowsky (2017) estudió las propiedades mecánicas del concreto autocompactante con áridos de distinta forma. Su investigación concluyó que las mezclas con áridos regulares alcanzan mejores parámetros reológicos y mayor resistencia a compresión (125.8 MPa). En comparación, el estudio en Abancay también destacó el impacto positivo de los áridos regulares, pero no incluyó parámetros reológicos, centrándose exclusivamente en la resistencia mecánica.

Asimismo, Loza y Machacca (2022) exploraron la influencia del cemento y la granulometría en concretos porosos, concluyendo que las variaciones granulométricas afectan significativamente las propiedades mecánicas. Aunque ambos estudios confirman la importancia de la granulometría, en Abancay se obtuvieron resistencias mayores, posiblemente debido a las diferencias en las propiedades intrínsecas de los agregados y al diseño de mezcla empleado.

Desde otro enfoque, Tasayco (2021) evaluó las propiedades físicas y mecánicas de agregados en Chincha, encontrando una correlación negativa perfecta entre el módulo de finura y la resistencia ($\rho=-1.00$). En contraste, el análisis en Abancay mostró que la resistencia estuvo más influenciada por la forma y proporción de partículas fracturadas, con la Cantera Gamarra destacándose por su regularidad.

Por su parte, Guillén y Llerena (2020) analizaron la forma, tamaño y textura de los agregados en concreto, concluyendo que los agregados cúbicos y esféricos mejoran la trabajabilidad. Aunque en Abancay se llegó a conclusiones similares respecto a la forma angular y su impacto en la resistencia, el estudio de Guillén y Llerena no incluyó mediciones específicas de resistencia a flexión, un aspecto relevante en el contexto de Abancay.

En relación al tamaño máximo nominal del agregado, Morales (2017) comparó TMN de $\frac{1}{2}$ " y 1" en concreto para $f'c=250$ kg/cm², demostrando que los agregados más pequeños aumentan la resistencia. Similarmente, en Abancay se destacó cómo las características físicas del agregado influyen en la resistencia, aunque el enfoque principal fue la forma en lugar del tamaño.

Finalmente, Pérez y Azañedo (2017) estudiaron la granulometría del agregado grueso en concreto permeable, concluyendo que las gradaciones menores favorecen la resistencia a compresión (209.68 kg/cm²). En Abancay, aunque se consideraron otras variables, ambos coinciden en que una selección adecuada del agregado es fundamental para optimizar las propiedades mecánicas del concreto.

VI. Conclusiones

Conclusión general

El análisis realizado sobre la influencia de la forma de los agregados en la resistencia a la compresión y flexión del concreto $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de Abancay 2023 permitió evidenciar que las características morfológicas de los agregados tienen un impacto significativo en las propiedades mecánicas del concreto. Se estudiaron tres canteras principales: Murillo, Gamarra y Sahuinto, observándose diferencias marcadas en los resultados de resistencia debido a la variabilidad en la proporción de partículas fracturadas y en las partículas chatas y alargadas.

En términos de resistencia a compresión, los agregados de la Cantera Gamarra demostraron el mejor desempeño, alcanzando un promedio de 314.60 kg/cm² a los 28 días (Tabla 117). Este resultado está asociado a un balance favorable entre partículas fracturadas (70.29%) y una baja proporción de partículas chatas y alargadas (14.42%) (Tabla 43-44), lo que favoreció la cohesión interna del concreto. Por otro lado, la Cantera Murillo presentó una resistencia promedio de 307.09 kg/cm² mientras que la Cantera Sahuinto alcanzó 294.61 kg/cm²(Tabla 117), evidenciando que su porcentaje elevado de partículas chatas y alargadas (17.23%) pudo comprometer la compacidad de la mezcla.

En cuanto a la resistencia a flexión, los mejores resultados se obtuvieron con los agregados de la Cantera Murillo (51.02 kg/cm² a los 28 días), seguida de las canteras Sahuinto y Gamarra, con valores similares alrededor de 48.00 kg/cm² (Tabla 117). Este comportamiento sugiere que las propiedades mecánicas del concreto no dependen exclusivamente de la resistencia a compresión, sino también de la interacción entre las partículas y la matriz de cemento.

El análisis estadístico confirmó que las diferencias observadas son significativas, validando la hipótesis de que la forma de los agregados influye de manera positiva en la

resistencia del concreto. Así, se concluye que el uso de agregados con proporciones óptimas de partículas fracturadas y mínima cantidad de partículas chatas y alargadas mejora las propiedades mecánicas del concreto, resaltando la importancia de seleccionar adecuadamente los materiales de las canteras locales para optimizar su desempeño estructural.

Conclusiones específicas

✓ El análisis de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con agregados provenientes de las canteras Murillo, Gamarra y Sahuinto en el distrito de Abancay evidenció que la forma de los agregados tiene un impacto significativo en este parámetro mecánico. Los resultados mostraron que la Cantera Gamarra obtuvo la mayor resistencia a compresión promedio a los 28 días (314.60 kg/cm^2), seguida de la Cantera Murillo (307.09 kg/cm^2) y la Cantera Sahuinto (294.61 kg/cm^2) (Tabla 117). La superioridad de los agregados de Gamarra se asocia a un balance adecuado entre el porcentaje de partículas fracturadas (70.29%) y una proporción baja de partículas chatas y alargadas (14.42%) (Tabla 43-44), lo que favoreció la cohesión de la mezcla y la transferencia eficiente de cargas. Por el contrario, el desempeño inferior de los agregados de Sahuinto se atribuye a un porcentaje elevado de partículas chatas y alargadas (17.23%) (Tabla 68), que dificultaron la compactación y generaron puntos débiles en el concreto endurecido. Este estudio confirma que una selección adecuada de agregados, basada en su morfología, es crucial para optimizar la resistencia a la compresión del concreto.

✓ En relación con la resistencia a flexión, se determinó que la forma de los agregados también influye significativamente en el desempeño mecánico del concreto. A los 28 días, los agregados de la Cantera Murillo presentaron la mayor resistencia a flexión promedio (51.02 kg/cm^2), superando a los agregados de las canteras Sahuinto (48.46 kg/cm^2) y Gamarra (48.13 kg/cm^2) (Tabla 117). Este resultado destaca el efecto positivo de un alto

porcentaje de partículas fracturadas (84.10% en Murillo) (Tabla 20), que incrementaron la adherencia entre el cemento y los agregados, promoviendo una distribución uniforme de las tensiones. Si bien las diferencias entre las canteras Gamarra y Sahuinto fueron mínimas, su resistencia ligeramente menor puede explicarse por la presencia de partículas con formas menos regulares, que afectan la homogeneidad de la matriz del concreto. En conclusión, una adecuada morfología de los agregados, con un alto porcentaje de partículas fracturadas y un mínimo de partículas chatas y alargadas, resulta esencial para maximizar la resistencia a flexión del concreto.

VII.Recomendaciones

- ✓ Se recomienda priorizar el uso de agregados con proporciones óptimas de partículas fracturadas superiores al 70% y una mínima cantidad de partículas chatas y alargadas (idealmente por debajo del 15%). Esto garantizará una adecuada cohesión y compactación del concreto, optimizando sus propiedades mecánicas. Además, se sugiere realizar un control exhaustivo en la selección y preparación de los agregados de las canteras locales, priorizando aquellos que presenten características morfológicas favorables, como los de las canteras Gamarra y Murillo, para asegurar un desempeño estructural óptimo.
- ✓ Se recomienda utilizar agregados provenientes de la Cantera Gamarra para aplicaciones donde esta propiedad sea prioritaria. Su balance entre un alto porcentaje de partículas fracturadas (70.29%) y una baja cantidad de partículas chatas y alargadas (14.42%) garantiza una mayor transferencia de cargas y cohesión en la mezcla. Adicionalmente, se aconseja realizar evaluaciones granulométricas regulares para verificar la calidad de los agregados antes de su uso en obra, asegurando que cumplan con estándares óptimos.
- ✓ Se recomienda emplear agregados de esta cantera para aplicaciones donde la resistencia a flexión sea crítica, como en estructuras sometidas a fuerzas transversales. Este desempeño puede atribuirse al alto porcentaje de partículas fracturadas (84.10%), lo que mejora la adherencia y distribución uniforme de tensiones en la matriz de concreto. Asimismo, se sugiere complementar esta selección con técnicas adecuadas de mezclado y colocación para maximizar los beneficios derivados de las propiedades del agregado.

VIII. Referencias

- Aftab, T., Hakeem , K .(2022). Metals and Metalloids in Soil-Plant-Water Systems: Phytophysiology and Remediation Techniques. *Academic Press* 40(2)145-152. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91675-2.00009-3>
- Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios. (mayo de 2019). *www.adiperu.pe*. Recuperado el 2023, de <https://adiperu.pe/noticias/adi-se-construyen-unas-50-mil-viviendas-informales-en-lima-todos-los-anos/>
- Basteskår, M. (2019). A review of literature and code requirements for the crack width limitations for design of concrete structures in serviceability limit states. *Structural Concrete*, 20(2), 678-688. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109816>
- Bracamonte, A., Vertel, M. , & Cepeda, J. (agosto de 2013). Caracterización físico-mecánica de agregados pétreos de la formación geológica Tolviejo (Sucre) para producción de concreto. *Scientia et Technica*, 18(2). doi:<https://doi.org/10.22517/23447214.8635>
- Bulatović, V., Melešev, M., Radeka, M., Radonjanin, V., & Lukić, I. (octubre de 2017). Evaluation of sulfate resistance of concrete with recycled and natural aggregates. *Construction and Building*, 152, 614-631. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.06.161>
- Cámara Peruana de la Construcción. (2018). *Nueva iniciativa de CAPECO por la construcción responsable: Construyendo formalidad*. Cusco. Obtenido de https://www.capeco.org/storeimagenes/files/documentos/construyendo_formalidad_oct_-_2018.pdf

- Catur, F.(mayo-agosto de 2021). Valoración del hormigón ante ataque de sulfatos. *Ingeniería y sus alcances. Revista de Investigación*, 5(12), 180-192. doi:<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v5i12.83>
- Centro Terwiliger de Innovación en Vivienda. (2019). *Una aproximación al mundo de los trabajadores de la construcción y su entorno*. Lima. Obtenido de <https://www.ctivperu.org/wp-content/uploads/2019/03/UnaAproximaci%C3%B3n-al-Mundo-de-los-Trabajadores-de-laConstrucci%C3%B3n-y-su-Entorno-vf.pdf>
- Chan, J., Solís, R., & Moreno, E.(2003). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Ingeniería. Revista Académica*, 7(2). <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>
- Colegial, J., Forero Q. , Fuentes R., & Gómez I., (2017). Tipificación de perfiles de meteorización de rocas cristalinas al oriente de Bucaramanga y definición de propiedades hidrogeológicas. *Boletín de Ciencias de la Tierra*(41), 16-30. Obtenido de:<https://www.redalyc.org/journal/1695/169549698002/html/#:~:text=La%20meteorizaci%C3%B3n%20se%20define%20como,la%20actividad%20de%20los%20organismos.>
- Cruz, Z., & Ramírez, P. (diciembre de 2022). Evaluación de muestras del agregado grueso proveniente de residuos de concreto para producir nuevos concretos. *Métodos y materiales*, 12. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8719376>
- De la Cruz V., Dueñas T., Mendoza F., & Garrido O. (2022). Resistencia a compresión simple del concreto con yeso y residuos de conchas de abanico. *Revista Boliviana de Química*, 39(1). doi:<https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.1.1>
- Fernández, A., Morales, J., & Soto, F. (2016). Evaluación del comportamiento de la resistencia a compresión del concreto con la aplicación del aditivo superplastificante

PSP NLS, para edades mayores que 28 días. *Revista Ingeniería UC*, 23(2), 197-203.

Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70746634010.pdf>

García, J., Rodríguez R., Valdés, A., Morán del Pozo, J., & Guerra R. (2015). Porosity and pore size distribution in recycled concrete. *Magazine of Concrete Research*, 67(22), 1214-1221. Obtenido de

https://www.researchgate.net/publication/281700255_Porosity_and_pore_size_distribution_in_recycled_concrete

Ginting, A. (2019). Comparison of compressive strength and porosity of porous concrete using the coarse aggregates graded uniform with continuous gradient. *Journal of Physics*, 1175(1). [doi:10.1088/1742-6596/1175/1/012020](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012020)

Gora, J., & Szafraniec, M. (2020). Influence of Maximum Aggregate Grain Size on the Strength Properties and Modulus of Elasticity of Concrete. *Applied Sciences*, 10(11). <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/11/3918>

Guevara, G., Hidalgo M., Pizarro G., Rodríguez V., I., Rojas V., & Segura G.(2011). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en Marcha*, 25(2), 80-86. <file:///C:/Users/OS/Downloads/Dialnet-EfectoDeLaVariacionAguacementoEnElConcreto-4835626.pdf>

Guillén, F., & Llerena T.(2020). *Influencia de forma, tamaño y textura de los agregados gruesos en las propiedades mecánicas del concreto*. [Tesis de pregrado : Universidad Ricardo Palma, Lima]. <https://repositorio.urp.edu.pe/entities/publication/7f340d5d-7a89-4f6f-960c-96d3d3941f07>

Haldar, S., & Tišljár, J. (2014). Sedimentary Rocks. En *Introduction to Mineralogy and Petrology* (págs. 121-212). Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408133-8.00005-5>

- Hama, S., Mawlood, I., & Hilal, N. (2022). Influence of Mix Water Quality on Compressive Strength of Making Concrete. *Iraqi Journal of Civil Engineering*, 13(1), 19-22. Obtenido de <https://www.iasj.net/iasj/download/4d23c3bed316f9ed>
- Huashua, M., & Sánchez, A. (2017). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas de la urbanización Bella Vista de la ciudad de Abancay-Apurímac*. Abancay: [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay]. Obtenido de <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/51>
- Idencity Consulting. (junio de 2018). *El alto riesgo de las viviendas informales en Perú*. Obtenido de <https://www.idencityconsulting.com/viviendas-informales-en-el-peru/>
- INDECOPI. (2009). Norma Técnica Peruana 400.011 2008. 2da, 1-12. Lima, Perú. Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-agraria-la-molina/resistencia-de-materiales/ntp-400011-agregados-definicionyclasificacion/8804956>
- Jamkar, S., & Rao, C. (noviembre de 2004). Index of aggregate particle shape and texture of coarse aggregate as a parameter for concrete mix proportioning. *Cement and Concrete Research*, 34(11). doi:<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.03.010>
- Juliani, M., & De Santana, W.(2021). Optimal configuration of RC frames considering ultimate and serviceability limit state constraints. *IBRACON*, 14(2). doi:<https://doi.org/10.1590/S1983-41952021000200004>
- Kalra, M., & Mehmood, G. (2018). A review paper on the effect of different types of coarse aggregate on concrete. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 431(8). doi:[10.1088/1757-899X/431/8/082001](https://doi.org/10.1088/1757-899X/431/8/082001)
- Khadka, S., & Mishra, A. (2022). Effect of Fine Aggregate Sources on Compressive Strength of Cement Concrete. *Journal of Advanced Research in Construction and Urban Architecture*, 7(1), 9-17. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile/Er-Sujan>

[Khadka/publication/360524412 Effect of Fine Aggregate Sources on Compressive Strength of Cement Concrete/links/627c93953a23744a7278568a/Effect-of-Fine-Aggregate-Sources-on-Compressive-Strength-of-Cement-Concre](https://doi.org/10.2478/ceer-2019-0033)

Kokoszka, W. (2019). Impact of water quality on concrete mix and hardened concrete parameters. *Sciendo*, 29(3), 174-182. [doi:10.2478/ceer-2019-0033](https://doi.org/10.2478/ceer-2019-0033)

Konitufe, C., Abubakar, A., & Sabo B. (junio de 2023). Influence of Aggregate Size and Shape on the Compressive Strength of Concrete. *Construction*, 3(1). [doi:https://doi.org/10.15282/construction.v3i1.9075](https://doi.org/10.15282/construction.v3i1.9075)

León, M., & Ramirez, F. (2010). Caracterización morfológica de agregados para concreto mediante el análisis de imágenes. *Revista ingeniería de construcción*, 25(2). [doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732010000200003)

Llamccaya, H. (2018). *Evaluación de las viviendas autoconstruidas para determinar la vulnerabilidad sísmica en la urbanización Patibamba Baja-Abancay-Apurímac-2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Abancay]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/34668>

López, L., & Sepúlveda, D. (2014). *Caracterización física de diferentes muestras de agregados pétreos para el concreto - zona norte de Bogota*. [Tesis de posgrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá]. https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UCATOLICA2_708e908fffd7e8469732854b9e251181/Details

Loza, D., & Machacca C. (2022). *Estudio de la influencia del tipo de cemento y granulometrías de agregado fino y grueso en las propiedades físicas y mecánicas de pavimento de concreto hidráulico poroso en la ciudad de Arequipa*. [Tesis de pregrado, Universidad Continental, Huancayo]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12124>

- Maina, K., Gwaya, A., & Koteng, D. (marzo de 2022). Effects of different fine aggregate on concrete strength. *JKUAT*, 135-140. Obtenido de <https://sri.jkuat.ac.ke/jkuatsri/index.php/sri/article/view/130/113>
- Manzanarez, C. (2013). *Revisión de estado límite en estructuras*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2013/abril/0691611/0691611.pdf>
- Mattey, C., Robayo, S., Silva, U., Álvarez, J., & Delvasto A. (julio-diciembre de 2014). Caracterización física y mecánica de agregados reciclados obtenidos a partir de escombros de la construcción. *Informador Técnico*, 78(2), 121-127. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12124>
- Mills, J., You, Z., Williams, R., & Dai, Q. (2009). Determining the specific gravities of coarse aggregates utilizing vacuum saturation approach. *Construction and Building Materials*, 23(3), 1316-1322. [doi:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.07.025](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.07.025)
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2021). *Reporte de seguimiento del PESEM 2016-2024. Año 2020*. Reporte de seguimiento. Obtenido de https://ww3.vivienda.gob.pe/documentos/reporteseguimiento_pesem_2016-2024.pdf
- Moreno, E., Solís C., Varela, R., & Gómez, L. (julio-diciembre de 2016). Resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo de alta absorción. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 8(1). Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v8n1/2007-3011-ccid-8-01-00035.pdf>
- Muñoz, F., & Mendoza, C. (2012). La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 4(1). Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ccid/v4n1/v4n1a4.pdf>

- Muñoz, M. (2020). *Procesamiento de materiales conglomerantes: cal, yeso y cemento*. Ingeniería Química y Nuclear. [Tesis de posgrado, Universidad Politécnica de Valencia]. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/146535/Mu%C3%B1oz%20-%20Procesamiento%20de%20materiales%20conglomerantes%3A%20cal%2C%20yeso%20y%20cemento.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz, S., Díaz, S., Gamarra, C. & Chaname, B. (2021). La influencia de los RCD en reemplazo de los agregados para la elaboración de concreto: una revisión literatura. *Ecuadorian Science Journal*, 5(2), 107-120. [doi:https://doi.org/10.46480/esj.5.2.111](https://doi.org/10.46480/esj.5.2.111)
- Onajite, E. (2014). Sedimentation and Oil/Gas Formation. En *Seismic Data Analysis Techniques in Hydrocarbon Exploration* (págs. 3-16). [doi:https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420023-4.00001-0](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-420023-4.00001-0)
- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., & Parody, A. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Revista ingeniería de construcción*, 33(2). [doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000200161](http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000200161)
- Ostrowsky, K. (2017). The influence of coarse aggregate shape on the properties of high-performance, self-compacting concrete. *Technical Transactions*, 114(5), 25-33. [doi:https://doi.org/10.4467/2353737XCT.17.066.6423](https://doi.org/10.4467/2353737XCT.17.066.6423)
- Palacio, Ó., Chávez, P., & Velásquez, C. (2017). Evaluación y comparación del análisis granulométrico obtenido de abregados naturales y reciclados. *Tecnura*, 21(53). [doi:https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.3.a06](https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.3.a06)
- Reza, K., Ghorbani, S., & Forouzanmehr, M. (2020). Effects of drying temperature and aggregate shape on the concrete compressive strength: Experiments and Data mining

- techniques. *International Journal of Engineering*, 33(9), 1780-1791.
[doi:10.5829/IJE.2020.33.09C.12](https://doi.org/10.5829/IJE.2020.33.09C.12)
- Salamanca, R. (julio de 2001). Aplicación del cemento portland y los cementos adicionados. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*(10), 33-38. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/911/91101005.pdf>
- Sanjuán, M., & Chinchón, S. (2014). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. [Tesis de posgrado, Universidad de Alicante, España]. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/32322379.pdf>
- Serrano, G., & Pérez, R. (2010). Análisis de sensibilidad para estimar el módulo de elasticidad estático del concreto. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 12(1). Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-30112010000100002
- Solís, C., Moreno, E., & Arcudia, A. (diciembre de 2008). Study of the concrete's compressive strength due to the combined effect of the water-cement ratio, the coarse-fine aggregate ratio and the source of the aggregates. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad de Zulia*, 31(3). Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702008000300002
- Solís, R., & Alcocer, M. (octubre-diciembre de 2019). Durabilidad del concreto con agregados de alta absorción. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(4).
[doi:https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n4.039](https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2019.20n4.039)
- Solís, R., Moreno, E., & Arjona, O. (diciembre de 2012). Evaluación del concreto con bajas relaciones agua/cemento y agregados calizos de alta absorción. *Revista de la facultad de ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 27(4). Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652012000400006

- Tasayco, D. (2021). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los agregados y su influencia en la resistencia del concreto en Chincha*. [Universidad Cesar Vallejo, Lima]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/90295>
- Tierra, E. (2014-2015). *Determinación de la masa unitaria de los agregados fino y grueso*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. Obtenido de https://www.academia.edu/34894765/determinaci%C3%93n_de_la_masa_unitaria_de_los_agregados_fino_y_grueso
- Toirac, J. (julio-septiembre de 2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, 37(3). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024622003.pdf>
- Tovar, C.& Posada, M. (2018). *Caracterización mineralógica y microestructural de los agregados petreos perteneciente a una cantera del municipio de Guamal del departamento del Meta*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia, Bogotá]. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/213560424.pdf>
- Umasabor, R. & Osayogie, E. (2020). Effect of coarse aggregate sizes on the compressive strength of concrete using response surface methodology. *Journal of Science and Technology Research*, 2(1), 129-134. file:///C:/Users/OS/Downloads/2020_02_015_NJSTR-.pdf
- Vélez, L. (2010). Permeabilidad y porosidad en concreto. *Revista Tecno Lógicas*(25), 169-187. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12622/869>
- Vergara, F., Fuster, X., Rojas, I., Hidalgo, R., Rincón, S., Camilo, J., Lizana, F. (2022). Vivienda informal y las organizaciones territoriales en América Latina. *Revista de geografía Norte Grande*(81). [doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022022000100005](https://doi.org/10.4067/S0718-34022022000100005)

Ying, Y., Xie, T., & Fei, D. (2020). Effects of coarse-aggregate shape on strength of hydraulic concrete. *Structural Concrete*, 22, 1-10. [doi:DOI: 10.1002/suco.201900346](https://doi.org/10.1002/suco.201900346)

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