

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'_c=210$
kg/cm², DEBIDO A LA UBICACIÓN DE LOS AGREGADOS EN EL RÍO MASHCÓN
– CAJAMARCA, 2024”**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. CARLOS OMAR RODRÍGUEZ DÍAZ

ASESOR:

M.Cs. Ing. MANUEL LINCOLN MINCHÁN PAJARES

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: Bach. RODRÍGUEZ DÍAZ, Carlos Omar

DNI: 71970807

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

2. Asesor: M.Cs. Ing. MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln

Facultad: Ingeniería

3. Grado académico o título profesional

☐ Bachiller

☒ Título profesional

☐ Segunda especialidad

☐ Maestro

☐ Doctor

4. Tipo de Investigación:

☒ Tesis

☐ Trabajo de investigación

☐ Trabajo de suficiencia profesional

☐ Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

"VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'_c=210$ kg/cm², DEBIDO A LA UBICACIÓN DE LOS AGREGADOS EN EL RÍO MASHCÓN – CAJAMARCA, 2024"

6. Fecha de evaluación: 02/10/2025

7. Software antiplagio:

☒ TURNITIN

☐ URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 3%

9. Código Documento: oid: 3117: 507091968

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 02/10/2025



FIRMA DEL ASESOR

Nombre: MINCHÁN PAJARES, Manuel Lincoln

DNI: 26704942



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258001 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 02/10/2025 20:33:47-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, DEBIDO A LA UBICACIÓN DE LOS AGREGADOS EN EL RÍO MASHCÓN – CAJAMARCA, 2024.

ASESOR : M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0663-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 06 de octubre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **nueve días del mes de octubre de 2025**, siendo las quince horas (3:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A – Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Vocal : Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Secretario : M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada **VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, DEBIDO A LA UBICACIÓN DE LOS AGREGADOS EN EL RÍO MASHCÓN – CAJAMARCA, 2024** presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **CARLOS OMAR RODRÍGUEZ DÍAZ**, asesorado por el M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 06 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 17 PTS. DIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se lo declara APROBADO con el calificativo de DIECISIETE (17) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las DIECISEIS horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón.
Presidenta

Dr. Ing. Miguel Angel Mosqueira Moreno.
Vocal

M.Cs. Ing. Marco Antonio Silva Silva.
Secretario

M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares.
Asesor

COPYRIGHT @ 2025 by
CARLOS OMAR RODRÍGUEZ DÍAZ
Todos los derechos reservados.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi gratitud a Dios por concederme el regalo de la vida y brindarme la fortaleza necesaria para continuar en este camino.

A mis padres: Aníbal Rodríguez y Eda Díaz; quienes han sido mi pilar constante a través de su apoyo incondicional. Sus palabras de aliento y motivación fueron clave para mantenerme firme en mis objetivos académicos y alcanzar esta meta.

También extendo un especial agradecimiento al M.Cs. Ing. Manuel Lincoln Minchán Pajares y a la Dra. Ing. Rosa Haydee Llique Mondragón, por su invaluable acompañamiento y orientación durante el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradecer a todos mis docentes de la EAPIC de la Universidad Nacional de Cajamarca, quienes con sus enseñanzas han contribuido significativamente en mi formación como profesional.

DEDICATORIA

A Dios:

Por el regalo de la existencia y dotarme de la inteligencia necesaria para alcanzar este objetivo.

A mis padres:

Aníbal Rodríguez y Eda Díaz, por su guía constante y respaldo incondicional. Han sido la base sobre la que he construido cada uno de mis logros, inspirándome siempre a dar lo mejor de mí.

A José Peralta, por haber sido una presencia constante en mi vida, brindándome afecto, apoyo y ejemplo.

Carlos Omar Rodríguez Díaz

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Hipótesis.....	2
1.4. Justificación de la investigación	2
1.5. Alcances o delimitación de la investigación	3
1.6. Limitaciones.....	3
1.7. Objetivos	4
1.7.1. Objetivo general	4
1.7.2. Objetivos específicos.....	4
1.8. Descripción de los contenidos de los capítulos.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes teóricos.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6

2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3. Antecedentes locales	10
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. El concreto.....	11
2.2.2. Componentes del concreto	12
2.2.3. Propiedades del concreto fresco	15
2.2.4. Propiedades del concreto endurecido	16
2.2.5. El agua.....	18
2.2.6. Diseño de mezclas de concreto	18
2.3. Definición de términos básicos	20
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Ubicación geográfica	22
3.1.1. Ubicación geográfica del laboratorio	22
3.1.2. Ubicación geográfica de la cantera	23
3.2. Época de la investigación.....	26
3.3. Metodología de la investigación	27
3.3.1. Tipo, nivel, diseño y enfoque de la investigación	27
3.3.2. Variables.....	27
3.3.3. Población de estudio.....	28
3.3.4. Muestra.....	28
3.3.5. Unidad de análisis	29
3.3.6. Unidad de observación	29

3.4. Procedimiento de la investigación	29
3.4.1. Adquisición de los agregados para el concreto	29
3.4.2. Determinación de las propiedades de los agregados	30
3.4.3. Elaboración del diseño de mezclas del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$	39
3.4.4. Ensayo de Slump	41
3.4.5. Ensayo de peso unitario de las probetas	41
3.4.6. Ensayos de resistencia a la compresión del concreto	42
3.4.7. Determinación de la variación de la resistencia a compresión	43
3.5. Equipos y materiales	43
3.5.1. Equipos	43
3.5.2. Materiales	43
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y presentación de resultados	43
3.6.1. Técnicas	43
3.6.2. Instrumentos	44
3.6.3. Presentación de los resultados	44
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	51
4.1. Análisis de los resultados de las propiedades de los agregados	51
4.2. Análisis de la trabajabilidad de la mezcla de concreto	52
4.3. Análisis del peso unitario	52
4.4. Análisis del diseño de mezcla	52
4.5. Análisis de la resistencia a compresión	53
4.6. Contrastación de Hipótesis	53

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
5.1. Conclusiones	54
5.2. Recomendaciones.....	54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Requerimiento granulométrico del agregado fino	13
Tabla 2. Límites de sustancias deletéreas en el agregado grueso	14
Tabla 3. Consistencias recomendadas (Asentamiento) según el tipo de construcción.	16
Tabla 4. Edad de ensayos y tolerancias permitidas de las probetas cilíndricas	17
Tabla 5. Coordenadas UTM del Laboratorio de Ensayo de Materiales	22
Tabla 6. Coordenadas UTM de la cantera superior.....	24
Tabla 7. Coordenadas UTM de la cantera media - alta.....	25
Tabla 8. Coordenadas UTM de la cantera inferior.....	26
Tabla 9. Detalle de la muestra.....	29
Tabla 10. Propiedades físicas del agregado grueso de la cantera superior.	44
Tabla 11. Propiedades físicas del agregado fino de la cantera superior.....	45
Tabla 12. Propiedades físicas del agregado grueso de la cantera media - alta.....	45
Tabla 13. Propiedades físicas del agregado fino de la cantera media - alta.....	46
Tabla 14. Propiedades físicas del agregado grueso de la cantera inferior.	46
Tabla 15. Propiedades físicas del agregado fino de la cantera inferior.....	47
Tabla 16. Peso de materiales por metro cubico - concreto de prueba.....	47
Tabla 17. Proporción en peso de las tres canteras - concreto de prueba	47
Tabla 18. Proporción en volumen de las tres canteras - concreto de prueba	48
Tabla 19. Peso de materiales por metro cubico – concreto patrón.....	48
Tabla 20. Proporción en peso de los diseños de mezclas de concreto	48
Tabla 21. Proporción en peso de los diseños de mezclas de concreto.	48
Tabla 22. Peso unitario promedio del concreto en estado fresco según la cantera.	49
Tabla 23. Peso específico del agua.	58

Tabla 24.	Factor de calibración (f) del molde para el agregado grueso.	58
Tabla 25.	Peso unitario suelto del agregado grueso.	58
Tabla 26.	Peso unitario compactado del agregado grueso.	59
Tabla 27.	Contenido de humedad del agregado grueso.	59
Tabla 28.	Peso específico del agregado grueso.....	59
Tabla 29.	Absorción del agregado grueso.....	60
Tabla 30.	Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso.....	60
Tabla 31.	Resistencia a la abrasión del agregado grueso.	60
Tabla 32.	Módulo de finura del agregado grueso.	61
Tabla 33.	Factor de calibración (f) del molde para el agregado fino.	62
Tabla 34.	Peso unitario suelto del agregado fino.	62
Tabla 35.	Peso unitario compactado del agregado fino.	62
Tabla 36.	Contenido de humedad del agregado fino.....	63
Tabla 37.	Peso específico del agregado fino.....	63
Tabla 38.	Absorción del agregado fino.	63
Tabla 39.	Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino.	64
Tabla 40.	Módulo de finura del agregado fino.....	64
Tabla 41.	Peso específico del agua para el agregado grueso.	65
Tabla 42.	Factor de calibración (f) del molde para el agregado grueso.	66
Tabla 43.	Peso unitario suelto del agregado grueso.	66
Tabla 44.	Peso unitario compactado del agregado grueso.	66
Tabla 45.	Contenido de humedad del agregado grueso.	66
Tabla 46.	Peso específico del agregado grueso.....	67
Tabla 47.	Absorción del agregado grueso.....	67
Tabla 48.	Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso.....	67

Tabla 49.	Resistencia a la abrasión del agregado grueso.	68
Tabla 50.	Módulo de finura del agregado grueso.	68
Tabla 51.	Factor de calibración (f) del molde para el agregado fino.	69
Tabla 52.	Peso unitario suelto del agregado fino.	69
Tabla 53.	Peso unitario compactado del agregado fino.	70
Tabla 54.	Contenido de humedad del agregado fino.....	70
Tabla 55.	Peso específico del agregado fino.....	70
Tabla 56.	Absorción del agregado fino.....	71
Tabla 57.	Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino.	71
Tabla 58.	Módulo de finura del agregado fino.....	71
Tabla 59.	Peso específico del agua para el agregado grueso.	72
Tabla 60.	Factor de calibración (f) del molde para el agregado grueso.....	73
Tabla 61.	Peso unitario suelto del agregado grueso.....	73
Tabla 62.	Peso unitario compactado del agregado grueso.	73
Tabla 63.	Contenido de humedad del agregado grueso.	73
Tabla 64.	Peso específico del agregado grueso.....	74
Tabla 65.	Absorción del agregado grueso.....	74
Tabla 66.	Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso.....	74
Tabla 67.	Resistencia a la abrasión del agregado grueso.	75
Tabla 68.	Módulo de finura del agregado grueso.	75
Tabla 69.	Peso específico del agua para el agregado fino.....	76
Tabla 70.	Peso unitario suelto del agregado fino.	76
Tabla 71.	Peso unitario compactado del agregado fino.	77
Tabla 72.	Contenido de humedad del agregado fino.....	77
Tabla 73.	Peso específico del agregado fino.....	77

Tabla 74.	Absorción del agregado fino.....	78
Tabla 75.	Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino.	78
Tabla 76.	Módulo de finura del agregado fino.....	78
Tabla 77.	Peso específico del agua para el concreto en estado fresco	98
Tabla 78.	Factor de calibración (f) del molde	98
Tabla 79.	Peso unitario del concreto en estado fresco de la cantera superior.	98
Tabla 80.	Peso unitario del concreto en estado fresco de la cantera media-alta.	99
Tabla 81.	Peso unitario del concreto en estado fresco de la cantera inferior.	99
Tabla 82.	Peso unitario del concreto de la cantera superior (7,14 y 28 días).....	100
Tabla 83.	Peso unitario del concreto de la cantera media-alta (7,14 y 28 días).....	101
Tabla 84.	Peso unitario del concreto de la cantera superior (7,14 y 28 días).....	102

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización de LEM-UNC utilizados en la investigación	22
Figura 2. Ubicación geográfica de la cantera superior, cantera media-alta y cantera inferior.....	23
Figura 3. Ubicación geográfica de la cantera superior	24
Figura 4. Ubicación geográfica de la cantera media - alta	25
Figura 5. Ubicación geográfica de la cantera inferior	26
Figura 6. Gráfica del asentamiento del concreto fresco de las tres canteras	49
Figura 7. Peso unitario promedio del concreto endurecido	50
Figura 8. Resistencia a compresión del concreto a diferentes edades de curado	50
Figura 9. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso.....	61
Figura 10. Curva de distribución granulométrica del agregado fino.....	65
Figura 11. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso.....	69
Figura 12. Curva de distribución granulométrica del agregado fino.....	72
Figura 13. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso.....	76
Figura 14. Curva de distribución granulométrica del agregado fino.....	79
Figura 15. Recolección de muestra - cantera superior	119
Figura 16. Recolección de muestra - cantera media-alta.....	119
Figura 17. Recolección de muestra - cantera inferior.....	120
Figura 18. Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso	120
Figura 19. Ensayo para determinar peso unitario del agregado grueso.....	121
Figura 20. Ensayo para determinar el peso específico del agregado fino.	121
Figura 21. Ensayo para determinar el peso específico agregado grueso.....	122
Figura 22. Análisis granulométrico del agregado fino.	122

Figura 23. Ensayo para determinar el porcentaje de abrasión o desgaste	123
Figura 24. Ensayo para determinar el peso específico de masa.	123
Figura 25. Elaboración de los especímenes de concreto.	124
Figura 26. Verificación del Slump.	124
Figura 27. Curado de los especímenes de concreto.....	125
Figura 28. Medición del diámetro y su altura de los especímenes de concreto	125
Figura 29. Ensayo a la compresión de probetas cilíndricas a los 28 días de curado	126

RESUMEN

En el contexto local, no se dispone de investigaciones que analicen con precisión cómo la ubicación de las canteras a lo largo del río Mashcón afecta las propiedades mecánicas del concreto, situación que restringe la correcta elección de agregados y compromete la fiabilidad estructural de las obras. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la variación de la resistencia a compresión de un concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en función de la ubicación de los agregados del río Mashcón – Cajamarca, 2024. Se elaboraron 90 probetas cilíndricas de concreto, 30 por cada cantera (superior, media-alta e inferior), las cuales fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días de curado. El peso unitario del concreto fresco presentó valores de 2282.14 kg/m^3 para la cantera superior, 2285.22 kg/m^3 para la media-alta y 2292.87 kg/m^3 para la inferior, mientras que el peso unitario del concreto endurecido a los 28 días fue de 2252.42 kg/m^3 , 2244.88 kg/m^3 y 2240.31 kg/m^3 respectivamente, encontrándose dentro del rango establecido para concretos convencionales. En cuanto a la resistencia a compresión, se obtuvo a los 28 días un promedio de 282.88 kg/cm^2 en la cantera superior, 283.42 kg/cm^2 en la media-alta y 295.47 kg/cm^2 en la inferior, superando en todos los casos la resistencia de diseño de 210 kg/cm^2 . Los resultados permiten concluir que los agregados provenientes de zonas más bajas del río Mashcón aportan mejores características mecánicas al concreto, reflejadas en mayores valores de resistencia a compresión.

Palabras claves: Concreto, resistencia a la compresión, agregados, propiedades físicas.

ABSTRACT

At the local level, there are no specific studies that precisely analyze how the location of quarries along the Mashcón River affects the mechanical properties of concrete, which limits the proper selection of aggregates and compromises the structural reliability of constructions. Therefore, this research aimed to determine the variation in compressive strength of a concrete with $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ as a function of the location of aggregates from the Mashcón River – Cajamarca, 2024. A total of 90 cylindrical concrete specimens were produced, 30 from each quarry (upper, middle-high, and lower), and tested at 7, 14, and 28 days of curing. The unit weight of fresh concrete reached values of 2282.14 kg/m^3 for the upper quarry, 2285.22 kg/m^3 for the middle-high, and 2292.87 kg/m^3 for the lower one, while the unit weight of hardened concrete at 28 days was 2252.42 kg/m^3 , 2244.88 kg/m^3 , and 2240.31 kg/m^3 , respectively, remaining within the range established for conventional concretes. Regarding compressive strength, at 28 days the averages obtained were 282.88 kg/cm^2 for the upper quarry, 283.42 kg/cm^2 for the middle-high, and 295.47 kg/cm^2 for the lower, exceeding in all cases the design strength of 210 kg/cm^2 . The results allow concluding that aggregates from the lower sections of the Mashcón River provide better mechanical performance to concrete, as reflected in higher compressive strength values.

Keywords: Concrete, compressive strength, aggregates, physical properties.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El concreto es el material más utilizado en la construcción debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad, siendo esencial en obras civiles de todo el mundo. En el Perú, y particularmente en Cajamarca, su uso es frecuente tanto en infraestructura urbana como rural. Su calidad depende en gran medida de los agregados, que representan entre el 60 % y 75 % de su volumen total. (Rivva, 2019)

Diversos estudios señalan que la resistencia del concreto no solo depende de una adecuada dosificación, sino también de factores como la calidad de los materiales. Orozco et al. (2018) destacan que esta calidad está influida por aspectos como los materiales, mano de obra, métodos, maquinaria y condiciones ambientales, siendo los agregados determinantes en la trabajabilidad y resistencia del concreto.

En muchas localidades, los agregados se obtienen de fuentes naturales cercanas, como los ríos, lo que plantea la necesidad de estudiar cómo la ubicación geográfica de dichas fuentes influye en el rendimiento del concreto. En el caso del río Mashcón (Cajamarca), se estudiaron tres canteras actualmente en operación denominadas para esta investigación: Cantera superior, Cantera media-alta y Cantera inferior. La Cantera media-alta se localiza próxima a la superior y no equidistante respecto a la inferior, debido a que en el tramo intermedio no existen depósitos aprovechables con las características requeridas para esta investigación.

Hasta la fecha de la presente investigación, no existen estudios locales que analicen de manera específica cómo la ubicación de las canteras a lo largo del río Mashcón influye en las propiedades mecánicas del concreto. Esta carencia de información limita la adecuada selección de agregados y la garantía de un desempeño estructural seguro. Por ello, se plantea la necesidad de realizar un análisis comparativo de la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregados provenientes de dichas canteras.

1.2. Formulación del problema

De lo anterior surge la pregunta: ¿Cómo influye la ubicación de las canteras en el río Mashcón en la variación de la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en Cajamarca, 2024?

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis general

"La variación de la resistencia a compresión del concreto con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, está influenciada por la ubicación de las canteras en el río Mashcón, observándose los valores más altos al emplear agregados provenientes de la parte inferior del cauce."

1.4. Justificación de la investigación

La investigación analiza la influencia de la ubicación de las canteras a lo largo del río Mashcón en la resistencia a la compresión de un concreto diseñado con $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$. La importancia que radica en que, se debe conocer las características aportantes de los agregados, dependiendo de su ubicación geográfica a lo largo del lecho del río.

Asimismo, el estudio se sustenta en la necesidad de contar con información técnica precisa acerca de la influencia que ejerce la ubicación de las canteras, dentro del cauce del río, en las propiedades mecánicas del concreto. En el caso particular del río Mashcón, disponer de un análisis detallado de la calidad de sus agregados resulta esencial para garantizar un desempeño estructural confiable en las obras que los utilizan. Una adecuada caracterización y selección de estos materiales no solo permite optimizar el diseño de mezclas, sino también incrementar la resistencia, durabilidad y seguridad de las construcciones, contribuyendo al uso eficiente de los recursos disponibles y a la reducción de costos en proyectos de ingeniería civil.

1.5. Alcances o delimitación de la investigación

1.5.1. Alcances

Se desarrolló un análisis de la resistencia a la compresión del concreto, evaluando los agregados de tres zonas de extracción ubicadas a lo largo del cauce del río Mashcón, identificadas para esta investigación como: Cantera superior, Cantera media - alta, Cantera inferior.

Para alcanzar los propósitos del estudio, se propuso una serie de pruebas a los distintos agregados (con el fin de determinar sus características físicas), como al concreto fresco y endurecido (resistencia a la compresión). Esperando que los resultados alcanzados favorezcan a la población y a las empresas de construcción que emplean los agregados extraídos.

1.5.2. Delimitación

La investigación se realizó durante los meses comprendidos entre octubre del año 2024 y febrero del año 2025.

El estudio seleccionó agregados ubicados en tres zonas representativas del río Mashcón de la ciudad de Cajamarca, y los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

1.6.Limitaciones

Una de las principales limitaciones de esta investigación fue la ausencia de un análisis químico de los agregados utilizados en la elaboración del concreto. Contar con esta información habría permitido profundizar en la evaluación de la influencia de la composición química de los agregados sobre la resistencia a la compresión del concreto, aportando un análisis más completo de los factores que intervienen en su desempeño mecánico.

1.7.Objetivos

1.7.1. Objetivo general

- Evaluar la variación de la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en función de la ubicación de los agregados del río Mashcón – Cajamarca, 2024.

1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de los agregados provenientes de la cantera superior, cantera media-alta y cantera inferior.
- Determinar la resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días del concreto elaborado con los agregados provenientes de las tres canteras.
- Analizar la variación de la resistencia a compresión del concreto en función a la ubicación de las canteras en el río Mashcón.

1.8. Descripción de los contenidos de los capítulos

- **Capítulo I: Introducción.** Se presenta el planteamiento y formulación del problema, los objetivos de la investigación, la hipótesis, la justificación, así como los alcances y delimitaciones del estudio.
- **Capítulo II: Marco teórico.** Muestra los antecedentes teóricos internacionales, nacionales y locales. También las bases teóricas y las definiciones de términos básicos utilizados en la investigación.
- **Capítulo III: Materiales y métodos.** Se describen los materiales, equipos y herramientas empleados en la investigación, así como el diseño metodológico utilizado para este estudio.
- **Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados.** Se describió el análisis y la interpretación de los datos obtenidos durante el trabajo de campo.
- **Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.** Finalmente, se formularon las conclusiones y recomendaciones como producto del análisis final de la investigación.
- **Referencias bibliográficas**
- **Anexos**

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

La revisión bibliográfica evidenció la ausencia de estudios que analicen de forma directa la influencia de la ubicación de los agregados dentro de un mismo río sobre la resistencia del concreto. No obstante, se encontraron investigaciones afines que evalúan agregados fluviales y su impacto en las características del concreto, aportando fundamentos útiles para la presente investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Lamichhane et al.,(2023), en su investigación titulada:“Effect of Coarse Aggregate Size Variation on Compressive Strength of Concrete along the Length of Kali Gandaki River” [Efecto de la variación del tamaño del agregado grueso en la resistencia a compresión del concreto a lo largo del río Kali Gandaki], evaluaron la influencia de la variación del tamaño del agregado grueso proveniente de distintos puntos del mismo cauce en la resistencia a compresión del concreto. Se emplearon agregados con rangos de 10–16 mm, 16–20 mm, 20–25 mm y 25–31.5 mm, elaborando concretos de diseño M20 y ensayados a 7 y 28 días. Los resultados mostraron que la resistencia aumentaba hasta alcanzar un máximo con agregados de 20–25 mm, mientras que tamaños superiores redujeron el desempeño por problemas de heterogeneidad. Asimismo, se evidenció que las propiedades físicas y mecánicas de los áridos mejoraban a medida que se descendía hacia zonas más bajas del río, siendo Belchaur Ghat la que presentó mayores valores de resistencia a compresión. Este comportamiento se explica porque la grava, al desplazarse río abajo, sufre abrasión superficial producto del movimiento del agua y del contacto con distintos límites geológicos, lo que contribuye a suavizar su textura, aumentar su dureza y optimizar su desempeño en la mezcla de concreto. Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que respalda la hipótesis de que los

agregados provenientes de canteras situadas en zonas más bajas presentan mejores características y, en consecuencia, una mayor resistencia a compresión.

Adhikari et al.,(2022), en su investigación titulada “Analysis of the Aggregate Strength Variation along Different Sections of the River Basin” [Análisis de la variación de la resistencia de los agregados a lo largo de diferentes secciones de la cuenca del río], analizaron la variación de la resistencia de los agregados gruesos a lo largo de diferentes tramos del río Biring, en Morang, Nepal. Para ello, se recolectaron muestras en seis puntos distribuidos a lo largo de aproximadamente 20 km del cauce y se evaluaron sus propiedades físicas y mecánicas, además de elaborar probetas de concreto ensayadas a compresión. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los distintos sectores, registrándose resistencias promedio de 25 a 28 MPa en las zonas río abajo, mientras que los áridos de las zonas altas alcanzaron valores de 21 a 23 MPa a los 28 días de curado, con ellos demostrando que los agregados provenientes de zonas río abajo presentaron mejores características de dureza y desempeño mecánico que los de aguas altas. Este trabajo permitió concluir que la procedencia longitudinal de los agregados dentro de un mismo río es un factor determinante en la calidad del concreto y en su resistencia a compresión, aportando evidencia empírica sobre la influencia directa de la ubicación de extracción en el comportamiento del material.

La Investigación de Abril y Ramos (2017), denominada: “Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso”, estudiaron cómo influye el origen del agregado grueso en la resistencia del concreto al completar su tiempo de fraguado a los 28 días. Para su investigación, seleccionaron dos canteras cercanas a Bogotá que suministraban agregados para la construcción, pero con diferentes características de origen. Se utilizó una dosificación estándar que incluyó 351 kg de cemento, 1270 kg de agregado grueso, 980 kg de agregado fino y 198 litros de agua, fabricando un total de 40 especímenes de concreto, 20 con cada tipo de agregado. De cada grupo, se seleccionaron 15 especímenes para

ensayos, distribuyéndose en tres edades de análisis: 5 especímenes a los 7 días, 5 a los 14 días y 5 a los 28 días. Los resultados mostraron que los especímenes fabricados con el primer tipo de agregado alcanzaron una resistencia a compresión de 220 kg/cm² a los 28 días, mientras que los elaborados con el segundo tipo de agregado lograron una resistencia de 186 kg/cm² en el mismo periodo. Se concluyó que el origen del agregado grueso influye significativamente en la resistencia del concreto, demostrando que este factor debe ser considerado en el diseño de mezclas para garantizar el desempeño estructural deseado.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vidaurre y Cisneros(2023), en su tesis titulada “Estudio de la calidad de los agregados del río Olmos, Sector Laguna El Carmen para su empleo en diferentes resistencias a la compresión del concreto, distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región Lambayeque”, efectuaron un estudio orientado a determinar su calidad y aplicabilidad en concretos de distintas resistencias de diseño ($f'_c = 175, 210, 240$ y 280 kg/cm²). Se realizaron cinco calicatas en diferentes puntos del mismo río para la obtención de muestras, las cuales fueron sometidas a caracterización física y mecánica conforme a normas NTP y ASTM. Posteriormente, se diseñaron mezclas bajo el método ACI 211 y se elaboraron 480 probetas cilíndricas, ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días. Los resultados mostraron que las resistencias obtenidas superaron a las de diseño, registrándose, por ejemplo, valores promedio de 226.78 kg/cm² para $f'_c = 210$ y de 297.65 kg/cm² para $f'_c = 280$ a los 28 días. Con un coeficiente de variación menor al 10%, se evidenció uniformidad en los resultados, concluyéndose que los agregados del río Olmos poseen la calidad requerida para la elaboración de concretos estructurales, aunque sin considerar la influencia de factores geomorfológicos como la pendiente o el tramo del cauce.

Eulogio (2022), en su tesis “Variación de la resistencia a la compresión del concreto, debido al tipo de agregado grueso utilizado, Huánuco – 2021”, la cual tuvo como objetivo determinar cómo varía la resistencia a la compresión del concreto en función del tipo de

agregado grueso empleado: tipo 1(canto rodado, redondeado, liso) y tipo 2(de cantera, angular y rugoso) . Teniendo como conclusión que, a los tres días de edad, el concreto elaborado con el agregado grueso tipo 1 presentó una resistencia a la compresión de 154.10 kg/cm², mientras que el concreto con el agregado grueso tipo 2 alcanzó 154.43 kg/cm², mostrando una diferencia de 0.33 kg/cm². A los siete días, el concreto con el agregado tipo 1 registró una resistencia de 216.88 kg/cm², en comparación con los 214.14 kg/cm² obtenidos con el agregado tipo 2, lo que representa una diferencia de 2.74 kg/cm². Finalmente, a los 28 días, el concreto con el agregado tipo 1 logró una resistencia a la compresión de 241.11 kg/cm², frente a los 239.59 kg/cm² alcanzados con el agregado tipo 2, con una diferencia de 1.52 kg/cm². Estos resultados reflejan ligeras variaciones en la resistencia a compresión entre ambos tipos de agregados a distintas edades.

Velásquez (2021), en su tesis titulada “Evaluación de las propiedades de los agregados de las principales canteras del distrito de Rioja y su incidencia en la resistencia del concreto utilizado en la construcción de edificaciones”, analizó las propiedades de los agregados provenientes de las principales canteras de la localidad de Rioja y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de edificaciones. Este análisis permitió determinar la resistencia del concreto utilizado en la construcción de edificaciones en la localidad. A través de ensayos granulométricos y de mecánica de suelos, se identificaron las características de los agregados finos y gruesos de ambas canteras. Los agregados de la cantera del río Yuracyacu mostraron deficiencias en sus propiedades, lo que afectó negativamente la resistencia del concreto. En contraste, los agregados de la cantera del río Naranjillo cumplieron completamente con los parámetros establecidos en los ensayos, lo que se reflejó en una resistencia del concreto superior al valor esperado.

2.1.3. Antecedentes locales

Toro (2024), en su proyecto de investigación “Caracterización física, mecánica y química de agregados para concreto de canteras Manuel Olano (Chamaya) y Grupo Josecito (Balsahuaico), Jaén”. Tuvo como finalidad analizar la influencia de las propiedades de los agregados de origen fluvial. Para ello, se caracterizaron los agregados finos y gruesos mediante ensayos de granulometría, módulo de finura, gravedad específica, absorción y composición química, siguiendo la normativa técnica vigente. Posteriormente, se elaboraron mezclas de concreto con dichos agregados y se evaluó la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado. Los resultados mostraron valores de resistencia comprendidos entre 230 y 256 kg/cm² a los 28 días, evidenciando un comportamiento mecánico satisfactorio para aplicaciones estructurales. El estudio concluyó que la calidad física y química de los agregados inciden de manera significativa en el comportamiento mecánico del concreto.

Flores (2023), en su trabajo de investigación “Evaluación de la resistencia a compresión del concreto de $f'_c = 210$ kg/cm², empleando los agregados del río Chotano en el distrito de Cochabamba, provincia de Chota, departamento de Cajamarca”, se investigó el desempeño del concreto elaborado con agregados finos y gruesos provenientes de una cantera de dicho río. La investigación incluyó la caracterización física de los materiales y el diseño de mezclas mediante el método ACI Comité 211. Se fabricaron 30 especímenes cilíndricos de 6" × 12", los cuales fueron ensayados a los 7, 14 y 28 días. Los resultados mostraron que, desde los 14 días de curado, la resistencia a compresión superó en promedio en 21.37 % el valor de diseño, alcanzando a los 28 días un incremento del 36.84 %, con resistencias promedio cercanas a 287 kg/cm². Estos hallazgos evidencian que los agregados del río Chotano cumplen con las especificaciones de calidad y aportan un desempeño mecánico superior al proyectado, lo que refuerza la importancia de su adecuada caracterización y uso en obras de la región.

Cubas (2023), en su tesis denominada “Comparación de la resistencia a compresión, para concreto $f'_c=210$ kg/cm², elaborado con agregados de las canteras "Arenera Jaén" y "Lamparán", en la ciudad de Jaén - Cajamarca", tuvo como propósito identificar y analizar las variaciones en la resistencia a la compresión del concreto en función de la procedencia de los agregados de origen fluvial. Se elaboraron probetas con un diseño de mezcla de $f'_c=210$ kg/cm² y se evaluaron a 7, 14 y 28 días. Los resultados mostraron que, a los 28 días, el concreto fabricado con agregados de la cantera Lamparán alcanzó una resistencia promedio de 262.40 kg/cm², mientras que el confeccionado con agregados de la Arenera Jaén obtuvo 248.30 kg/cm², reflejando una diferencia de 5.7 % a favor de Lamparán. El análisis estadístico confirmó que las diferencias son significativas, concluyéndose que la calidad de los agregados fluviales incide directamente en la resistencia del concreto, siendo los de Lamparán los que proporcionaron un mejor desempeño mecánico.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El concreto

Según la definición del ACI (2014), el concreto es una mezcla compuesta por cemento hidráulico, agregados finos y gruesos, y agua; a la cual, en ciertos casos, se le pueden añadir aditivos específicos con el fin de modificar sus propiedades físicas o químicas según los requisitos del diseño estructural.

El concreto es un compuesto artificial formado por una pasta que actúa como aglutinante, en la cual se incorporan partículas de agregados. Esta pasta se genera mediante la reacción entre el cemento y el agua, constituyendo la fase continua del material. Por su parte, los agregados representan la fase discontinua, ya que sus partículas están separadas entre sí por capas de pasta endurecida de distintos espesores. (Rivva, 2000)

2.2.1.1. Clasificación del concreto

El concreto puede clasificarse tomando en cuenta diversos criterios técnicos, entre los que se incluyen(Cordero et al., 2018):

- Según el tamaño máximo de su agregado grueso.
- Según su consistencia.
- Según la resistencia a la compresión.
- Según su peso unitario.
- Según la exposición y durabilidad.

2.2.2. Componentes del concreto

2.2.2.1. Cemento Portland

El cemento Portland es un material ampliamente utilizado en la industria de la construcción que pertenece a la categoría de cementos hidráulicos, cuya propiedad esencial es su capacidad para endurecer y ganar resistencia al reaccionar con el agua. Esta reacción se debe principalmente a la presencia de silicatos de calcio hidráulicos en su composición. Su fabricación implica la molienda fina del Clinker, un material constituido mayoritariamente por dichos silicatos, así como por cantidades controladas de óxidos de calcio, sílice, alúmina y hierro.(Maldonado, 2020).

De acuerdo con las normas técnicas peruanas (NTP 334.090, 2020), existen cinco clasificaciones principales de cemento:

- Cemento Tipo I: Es el cemento de uso general, recomendado cuando no se presentan condiciones especiales en la obra o cuando no demanden el uso de otras variedades. Su aplicación es común en construcciones convencionales. (NTP 334.009, 2020)

2.2.2.2. Agregados

Según la norma NTP 400.011 (2013), los agregados también denominados áridos son materiales compuestos por partículas de origen natural o artificial, que pueden haber sido procesadas o modificadas. Estos materiales se caracterizan por tener tamaños determinados, los cuales deben encontrarse dentro de rangos definidos según su distribución granulométrica.

Los agregados constituyen entre el 60 % y 75 % del volumen total del concreto, siendo componentes esenciales que otorgan masa, resistencia, estabilidad dimensional y durabilidad al material. Se clasifican, principalmente, en agregado fino y agregado grueso, diferenciándose por su tamaño de partícula y su función dentro de la mezcla. (Rivva, 2019)

- **Agregado fino:** Este tipo de agregado puede tener origen natural o ser producido artificialmente, y debe cumplir con ciertas condiciones de calidad: presentar una adecuada gradación, estar libre de impurezas, materia orgánica y partículas suaves. Asimismo, no debe contener más del 5 % de materiales finos como arcillas o limos. En cuanto a su granulometría, no se permite que más del 45 % del material quede retenido entre dos mallas consecutivas. Además, su módulo de finura debe estar dentro del rango de 2.3 a 3.1, y en ningún caso exceder el límite de $\frac{1}{4}$ " (NTP 400.037, 2021).

Debe tener la gradación según los límites siguientes:

Tabla 1.

Requerimiento granulométrico del agregado fino

Tamiz	Porcentaje que Pasa %
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (N° 4)	95 a 100
2,36 mm (N° 8)	80 a 100
1,18 mm (N° 16)	50 a 85
600 μ m (N° 30)	25 a 60
300 μ m (N° 50)	10 a 30
150 μ m (N° 100)	2 a 10

Nota: Adaptado de la NTP 400.037, 2021.

- **Agregado grueso:** Este tipo de agregado puede estar constituido por gravas naturales, fragmentos de roca triturada, concreto reciclado o combinaciones de estos materiales. Es fundamental que posea alta densidad, tamaño adecuado y una resistencia mecánica significativa. Además, debe presentar baja absorción de agua y una adecuada capacidad de adherencia con la pasta de cemento, características esenciales para garantizar un buen desempeño del concreto. (NTP 400.037, 2021)

El agregado grueso debe cumplir los límites de sustancias deletéreas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Límites de sustancias deletéreas en el agregado grueso

Ensayo	% Total de la Muestra (Máx)
Terrones de arcilla y partículas friables	5,0
Material más fino que la malla normalizada 75 μ m (N° 200)	1,0A
Horsteno (menos de 2.40 de densidad) 5.0 B Carbón y lignito	5.0B
Cuando la apariencia del concreto es importante	0,5
Otros concretos	1,0

Nota: Adaptado de la NTP 400.037, 2021

Donde;

A: Este porcentaje se puede aumentar al 1,5% si el material está esencialmente libre de limo y arcilla.

B: Sólo en casos de intemperismo moderado (el concreto usado al aire libre está constantemente expuesto a congelación y descongelación mientras está húmedo). (NTP 400.037, 2021)

2.2.3. Propiedades del concreto fresco

a. Trabajabilidad

Es una propiedad esencial del concreto en estado fresco, pues determina su facilidad de mezclado, colocación, compactación y acabado, sin que se presenten segregaciones ni pérdidas de cohesión. Esta característica está condicionada principalmente por la relación agua/cemento, la granulometría, forma y textura de los agregados, además del uso de aditivos. Para su evaluación, el método más empleado es el ensayo de asentamiento con el cono de Abrams, el cual permite verificar si una mezcla presenta la consistencia adecuada para las condiciones de colocación en obra (Mindess, S. et al., 2017)

b. Consistencia

La consistencia del concreto hace referencia al nivel de fluidez que presenta una mezcla en estado fresco, el cual está directamente relacionado con su contenido de humedad. A mayor cantidad de agua en la mezcla, mayor será su capacidad para desplazarse con facilidad durante el proceso de vaciado (Rivva, 2019).

▪ Ensayo de consistencia del concreto

El ensayo de asentamiento, también llamado “slump test” o prueba de consistencia, es utilizado para determinar las propiedades del concreto en su estado fresco. Este procedimiento fue desarrollado inicialmente por Duft Abrams y posteriormente estandarizado por la ASTM en 1921, con su más reciente actualización en 1978. La prueba consiste en llenar un molde con forma de cono truncado con concreto recién mezclado, compactarlo adecuadamente y luego retirar el molde para observar cuánto se deforma o hunde la mezcla. La medida del asentamiento proporciona una indicación de la consistencia del concreto, reflejando su capacidad para adaptarse al moldeado dentro de los encofrados (Matallana Rodríguez, 2019).

Tabla 3.

Consistencias recomendadas (Asentamiento) según el tipo de construcción.

Tipos de Estructuras	Slump	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losa y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Nota: Adaptado de Matallana ,2019.

c. Peso unitario del concreto

El peso unitario del concreto fresco, también conocido como densidad en estado fresco, se refiere al peso del concreto por unidad de volumen inmediatamente después de su mezcla y antes de que inicie el fraguado. Este parámetro se mide mediante el ensayo de peso unitario según la norma ASTM C138, y sus resultados permiten verificar si la mezcla cumple con el diseño establecido.

El peso unitario del concreto está condicionado principalmente por las características de los materiales que lo conforman, en especial de los agregados, además de factores como la humedad, la forma y el grado de compactación. En condiciones habituales, el concreto fresco presenta valores que oscilan entre 2200 y 2400 kg/m³, en función de su densidad y composición. (Mindess, S. et al., 2017)

2.2.4. Propiedades del concreto endurecido

2.2.4.1. Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión constituye una propiedad esencial del concreto, ya que refleja su capacidad para soportar cargas sin fallar. Esta resistencia, expresada en kilogramos por centímetro cuadrado, puede verse influenciada por múltiples factores, tales como el tipo de

especímenes empleados, las proporciones de los materiales en la mezcla, la técnica de mezclado, el procedimiento de muestreo y moldeo, así como el tiempo y las condiciones de curado, incluyendo la temperatura ambiente durante dicho proceso.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana 334.051 del 2021, para evaluar esta resistencia se debe: Someter los cilindros moldeados a una fuerza de compresión axial controlada hasta que fallen, calcular la resistencia dividiendo la carga máxima entre el área transversal del cilindro y asegurar que todas las muestras de la misma edad se rompan dentro de los intervalos de tiempo establecidos por la norma que a continuación se detalla:

Tabla 4.

Edad de ensayos y tolerancias permitidas de las probetas cilíndricas

Edad de Ensayo	Tolerancia permisible
24 h	± 0.5 h o 2.1 %
03 d	± 2 h o 2.8 %
07 d	± 6 h o 3.6 %
28 d	± 20 h o 3.0 %
90 d	± 48 h o 2.2 %

Nota: Adaptado de la NTP 334.051 (2021)

2.2.4.2. Peso unitario del concreto endurecido

El peso unitario del concreto endurecido, también denominado densidad del concreto endurecido, es una propiedad física fundamental que se define como el peso por unidad de volumen del concreto una vez fraguado y alcanzada su resistencia inicial. Este parámetro es clave en el control de calidad y en el diseño estructural, ya que influye directamente en el peso propio de las estructuras y, por tanto, en la magnitud de las cargas permanentes que deben ser consideradas en el cálculo estructural.(Rivva, 2019)

Conocer este parámetro es importante no solo para validar el diseño de la mezcla, sino también para detectar posibles vacíos, defectos o diferencias en la compactación del concreto, lo cual puede afectar su resistencia y durabilidad.

2.2.5. El agua

El agua cumple una función fundamental en la fabricación del concreto, ya que incide directamente en su resistencia mecánica, su facilidad de manejo en estado fresco y en las características que presenta una vez endurecido (Rivva, 2019).

Asimismo, Pacheco (2017) señala que el agua en el concreto sirve para hacer reaccionar químicamente el material cementante presente en la mezcla de concreto esto con la finalidad de lograr:

- a. Conformar el gel
- b. Que la mezcla del concreto adquiera propiedades que:
 - En estado fresco contribuya a la trabajabilidad y colocación de la misma; y
 - En estado endurecido la ayuden en el proceso de curación y la conviertan en un

producto de las propiedades y características requeridas.

2.2.6. Diseño de mezclas de concreto

2.2.6.1. Método del módulo de finura de la combinación de los agregados

El método del módulo de finura aplicado a la combinación de agregados se utiliza en el diseño de mezclas de concreto con el propósito de alcanzar una distribución granulométrica adecuada de los materiales finos y gruesos. Este procedimiento facilita la determinación de la proporción más conveniente entre ambos tipos de agregado, permitiendo obtener una curva granulométrica que favorezca la trabajabilidad, la compacidad de la mezcla y un uso eficiente de la pasta de cemento. (Mindess, S. et al., 2017)

2.2.6.2. Factores que influyen en la resistencia del concreto

La resistencia del concreto constituye una de sus propiedades más relevantes, pues determina su capacidad para soportar cargas sin presentar fallas estructurales. En particular, la resistencia a compresión depende de múltiples factores que actúan de manera conjunta durante las etapas de producción, colocación y curado de la mezcla. Reconocer la influencia de estos

aspectos resulta indispensable para asegurar un concreto de calidad y que cumpla con las exigencias estructurales establecidas.(Mindess, S. et al., 2017)

Entre los principales factores que influyen en la resistencia del concreto se encuentran:

- **Relación agua/cemento (a/c):** Es uno de los factores más determinantes. A menor relación a/c, mayor será la resistencia del concreto, ya que se reduce el exceso de agua que genera vacíos al evaporarse. Sin embargo, esta reducción debe equilibrarse con la trabajabilidad deseada.(Kosmatka, S. H. et al., 2016)
- **Calidad del cemento:** Las propiedades del cemento, como su composición química y finura, afectan el desarrollo de la resistencia. Cementos con mayor contenido de C_3S (silicato tricálcico) favorecen una resistencia más rápida.(Mindess, S. et al., 2017)
- **Propiedades de los agregados:** El tamaño, forma, textura superficial, módulo de finura, absorción y procedencia geográfica de los agregados influyen en la adherencia pasta-agregado y, por tanto, en la resistencia. Agregados angulares y con buena gradación tienden a producir concretos más resistentes.(Neville, 2012)
- **Dosificación de los materiales:** Una mezcla correctamente dosificada, de acuerdo con métodos establecidos (como el ACI 211.1), asegura una proporción óptima entre los materiales, lo que favorece una mezcla uniforme, con buena compactación y resistencia.
- **Método de mezclado:** Una mezcla homogénea garantiza una distribución uniforme de los materiales, evitando puntos débiles en la estructura del concreto.(Kosmatka, S. H. et al., 2016)
- **Condiciones de curado:** El proceso de curado influye directamente en la hidratación del cemento. Condiciones óptimas de humedad y temperatura

permiten que el concreto desarrolle su resistencia de forma adecuada. El curado insuficiente puede reducir significativamente la resistencia final.(Mindess, S. et al., 2017)

- **Edad del concreto:** La resistencia del concreto aumenta con el tiempo, especialmente durante los primeros 28 días, debido a la continua hidratación del cemento.(Kosmatka, S. H. et al., 2016)
- **Temperatura ambiente:** Altas temperaturas pueden acelerar el fraguado y disminuir la resistencia a largo plazo si no se controla adecuadamente el curado. Temperaturas muy bajas pueden retardar o inhibir la hidratación.(Mindess, S. et al., 2017)

2.3. Definición de términos básicos

- **Resistencia a la compresión:** la resistencia a compresión es una propiedad que indica la capacidad de un material para resistir esfuerzos que buscan disminuir su volumen. En el caso del concreto, se refiere al valor máximo de carga que puede soportar una probeta antes de fracturarse, lo cual se determina mediante un ensayo de compresión.(Mindess, S. et al., 2017)
- **Concreto:** también conocido como hormigón, es un material de construcción formado por **agregados (arena y grava o piedra triturada)** unidos por una **pasta de cemento Portland y agua**, que se endurece mediante reacción química para formar un material sólido. Puede incluir **aditivos o materiales suplementarios** para modificar propiedades específicas en estado fresco o endurecido.(Kosmatka, S. H. et al., 2016)
- **Cemento Pórtland tipo I:** este tipo de cemento es un material de uso general ampliamente empleado en la construcción. cemento de uso general, compuesto principalmente por silicatos de calcio con propiedades hidráulicas, al que se pueden agregar pequeñas cantidades de yeso, piedra caliza o aditivos. (ASTM C150, 2020)

- **Agregado fino:** está compuesto por partículas de tamaño menor a 4.75 mm (usualmente arena) y se utiliza para llenar los vacíos entre los agregados gruesos en la mezcla de concreto, mejorando la trabajabilidad y la cohesión de la mezcla (ASTM C33, 2018)
- **Agregado Grueso:** está compuesto por partículas de tamaño mayor a 4.75 mm (usualmente grava o piedra triturada) y se utiliza en la mezcla de concreto para proporcionar resistencia y volumen a la mezcla, y para reducir la cantidad de pasta necesaria.(Neville, 2012)

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

3.1.1. Ubicación geográfica del laboratorio

La investigación se realizó en la ciudad de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca, en el Laboratorio de Ensayo de Materiales “Mg. Ing. Carlos Esparza Diaz” de la Universidad Nacional de Cajamarca.

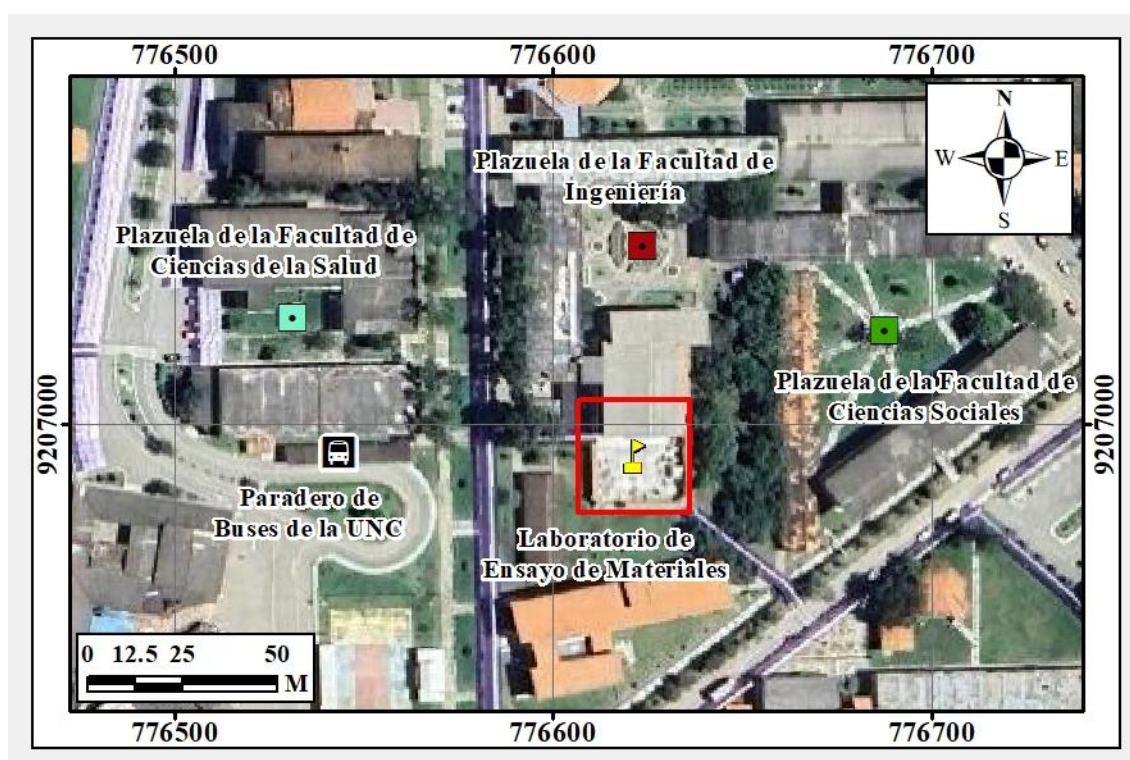
Tabla 5.

Coordenadas UTM del Laboratorio de Ensayo de Materiales

COORDENADAS UTM – DATUM WGS 84	
NORTE:	9 206 995.85 N
ESTE:	776 619.31E

Figura 1.

Localización de LEM-UNC utilizados en la investigación



3.1.2. Ubicación geográfica de la cantera

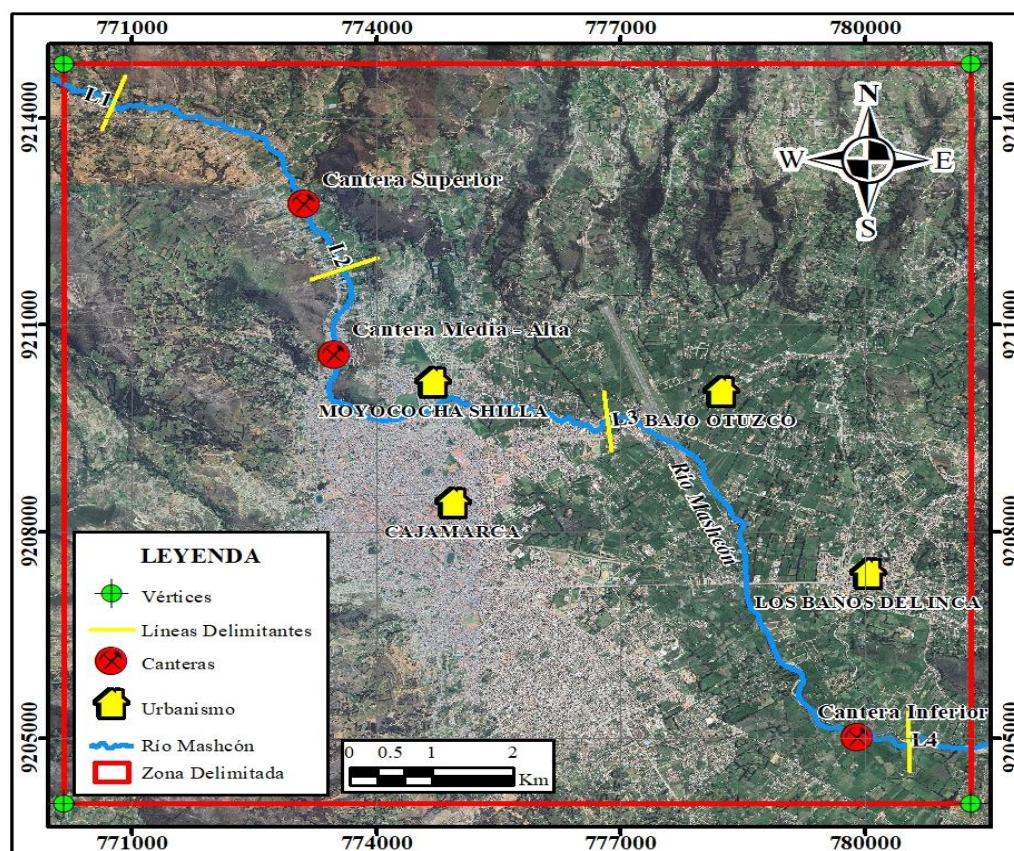
La zona de extracción de agregados se localiza en el cauce del río Mashcón, que forma parte de la provincia y departamento de Cajamarca. Esta área se caracteriza por la presencia de depósitos naturales de material aluvial, conformados principalmente por gravas, arenas y limos, los cuales han sido clasificados como agregados gruesos y finos.

Para efectos de este estudio, el cauce del río Mashcón fue dividido en tres sectores mediante líneas de referencia (L1-L2-L3-L4), que permiten identificar con claridad las zonas de extracción en las que se ubican las canteras evaluadas:

- Parte superior (L1–L2): tramo de 4.36 km, en la cual se localiza la Cantera Superior.
- Parte media (L2–L3): tramo de 5.95 km que incluye la Cantera Media-Alta.
- Parte inferior (L3–L4): con 7.05 km de longitud, correspondiente a la Cantera Inferior.

Figura 2.

Ubicación geográfica de la cantera superior, cantera media-alta y cantera inferior



1.1.1.1. Cantera Superior

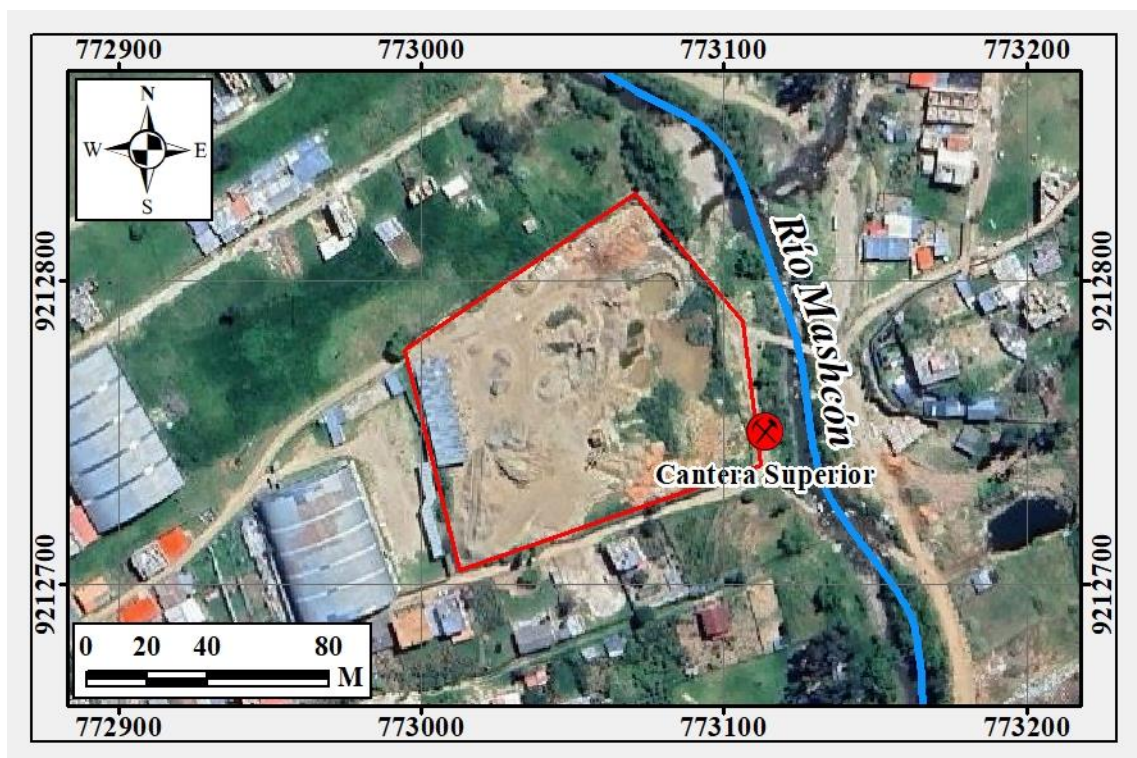
Tabla 6.

Coordenadas UTM de la cantera superior

COORDENADAS UTM – DATUM WGS 84	
NORTE:	9 212 750.00N
ESTE:	773114.00E

Figura 3.

Ubicación geográfica de la cantera superior



Nota. En este estudio, la cantera evaluada fue identificada como “Cantera Superior”, ubicada en la margen izquierda del río Mashcón, designación empleada únicamente con fines académicos ante la ausencia de una denominación comercial registrada.

1.1.1.2. Cantera Media - Alta

Tabla 7.

Coordenadas UTM de la cantera media - alta

COORDENADAS UTM – DATUM WGS 84	
NORTE:	9 208941.00N
ESTE:	779 910.90E

Figura 4.

Ubicación geográfica de la cantera media - alta



Nota. El gráfico muestra, en la margen izquierda del río Mashcón, la zona designada en este estudio como “Cantera Media-Alta” con fines académicos; no obstante, su denominación comercial es “Cantera Bazán”, la cual se dedica a la extracción de agregados fluviales.

1.1.1.3. Cantera Inferior

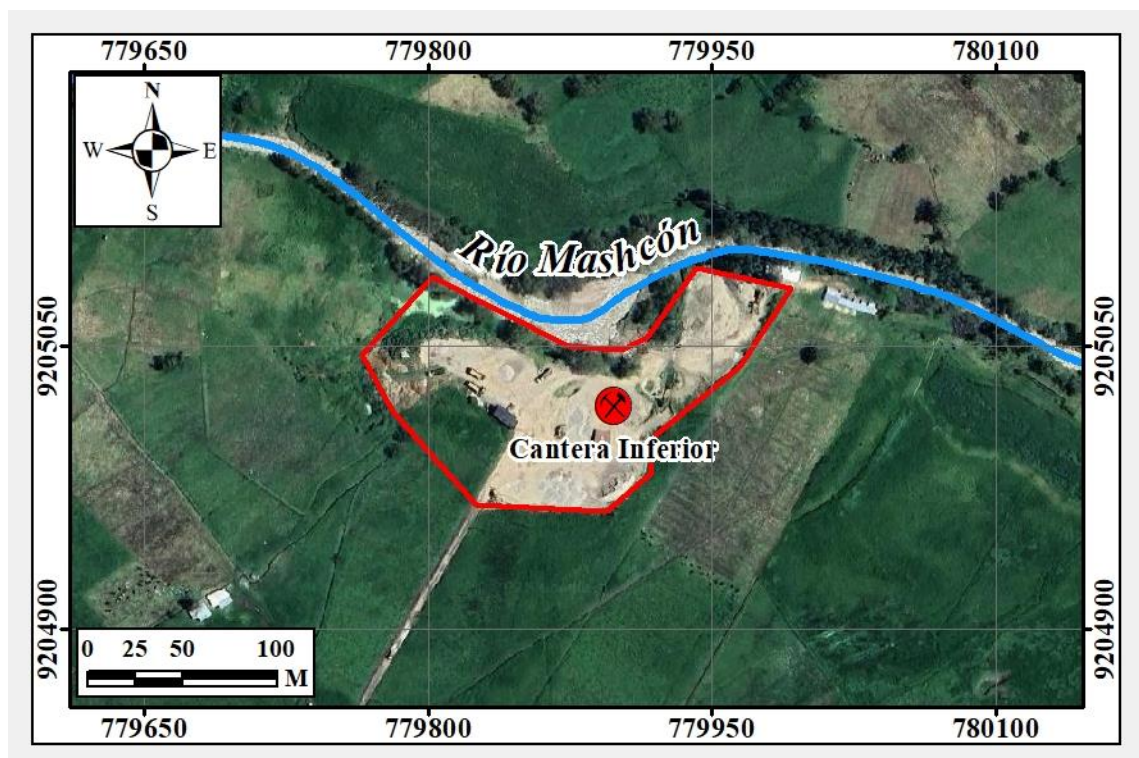
Tabla 8.

Coordenadas UTM de la cantera inferior

COORDENADAS UTM – DATUM WGS 84	
NORTE:	9 205018.00N
ESTE:	779 898.00E

Figura 5.

Ubicación geográfica de la cantera inferior



Nota. En la margen izquierda del río Mashcón se encuentra la cantera referida en este estudio como “Cantera Inferior” con fines académicos; su denominación comercial es Servicios Generales Hermanos Alaya S.A.C.

3.2. Época de la investigación

La investigación se realizó a lo largo de cuatro meses, abarcando el periodo comprendido entre octubre del año 2024 y enero del año 2025.

3.3. Metodología de la investigación

3.3.1. Tipo, nivel, diseño y enfoque de la investigación

3.3.1.1. Tipo

La presente investigación es de tipo *aplicada*, ya que utiliza conocimientos teóricos para dar solución a una problemática práctica relacionada con la calidad del concreto, mediante el análisis de agregados provenientes de diferentes canteras del río Mashcón.

3.3.1.2. Nivel

El nivel es *descriptivo*, porque se centra en caracterizar las propiedades de los agregados y la resistencia a compresión del concreto elaborado con materiales provenientes de diferentes canteras del río Mashcón, sin profundizar en relaciones causales complejas.

3.3.1.3. Diseño

El diseño de investigación es *cuasi-experimental*, al emplear agregados de canteras existentes sin manipulación directa, elaborando y ensayando probetas en laboratorio para comparar los resultados según su ubicación.

3.3.1.4. Enfoque

El enfoque de la investigación es *cuantitativo*, ya que se basó en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través de ensayos de laboratorio, con el objetivo de determinar las variaciones en la resistencia del concreto en función de los diferentes agregados utilizados.

3.3.2. Variables

▪ Variable dependiente

X1: Resistencia a la compresión del concreto (kg/cm²).

▪ Variables independientes

Y1: Ubicación de los agregados: Cantera Superior, Media - Alta e Inferior del río Mashcón.

Y2: Dosificación del concreto.

3.3.3. Población de estudio

La población está conformada por las probetas cilíndricas de concreto tradicional, de 6” de diámetro (15 cm aprox.) y 12” de altura (30 cm aprox.); considerando una resistencia de diseño $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$, con edades de 7, 14 y 28 días

3.3.4. Muestra

Se considera un total de 90 unidades de probetas de concreto, como muestra para la investigación determinados de la siguiente manera:

$$n = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{E^2}$$

Donde:

n = Tamaño de muestra

Z = Valor crítico de la distribución normal estándar

p = Probabilidad de que ocurra el evento en estudio (0.5, criterio adoptado al no contar con un valor de referencia, pues representa máxima variabilidad)

E = Margen de error permitido

Para el presente estudio, se definió un nivel de confianza del 90% ($Z=1.645$), con un margen de error de 9% y $p=0.5$. Con estos parámetros, el cálculo arrojó un tamaño de muestra de:

$$n = \frac{1.645^2 \cdot 0.5 \cdot (1 - 0.5)}{0.09^2}$$

$$n = 83.519$$

$$n = 84$$

Con el fin de organizar adecuadamente la investigación, se estableció un total de 90 probetas de concreto, distribuidas en tres canteras y tres edades de evaluación (7, 14 y 28 días), obteniéndose así 30 probetas por cantera y 10 para cada edad de ensayo.

Tabla 9.

Detalle de la muestra

TIPOS DE PROBETAS	f _c (kg/cm ²)	CANTIDAD DE PROBETAS POR EDAD DE ROTURA		
		7 días	14 días	28 días
Cantera superior	210	10	10	10
Cantera media-alta	210	10	10	10
Cantera inferior	210	10	10	10
N° TOTAL DE PROBETAS		90		

3.3.5. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la presente investigación es la variación de la resistencia a compresión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en función de la ubicación de los agregados provenientes del río Mashcón – Cajamarca, 2024.

3.3.6. Unidad de observación

Probetas cilíndricas de concreto: La unidad de análisis de la presente investigación son las probetas cilíndricas de concreto de 6” de diámetro (15 cm) por 12” de altura (30 cm).

3.4. Procedimiento de la investigación**3.4.1. Adquisición de los agregados para el concreto**

El agregado fino y el agregado grueso fueron obtenidos de depósitos adyacentes a las zonas de extracción del río Mashcón. De cada cantera (superior, media- alta e inferior) se trasladaron 0.5 m³ de cada tipo de agregado al laboratorio de la Universidad Nacional de Cajamarca.

3.4.2. Determinación de las propiedades de los agregados

En laboratorio se determinó las características de los agregados como: peso específico, densidad, curva granulométrica, resistencia a la abrasión, etc.

3.4.2.1. Peso específico y absorción del agregado grueso

Se ha llevado a cabo de acuerdo con las normativas pertinentes: **NTP 400.021/ ASTM C-127/ MTC E206**

- Se seleccionó el material por lo que se empezara a cuartear (Coger partes opuestas y descartar las otras) a muestra
- Se zarandé nuestro agregado grueso por el tamiz N° 4, todo lo retenido se utilizará para el respectivo ensayo
- Se lavó la muestra hasta eliminar completamente el polvo u otras sustancias extrañas adheridas a la superficie de las partículas
- Se introdujo al horno con una temperatura de 110 ± 5 °C por un periodo de 24 horas
- Se sacó del horno y se deja secar por un periodo de 1-3 horas, posteriormente se deja la muestra sumergida en agua por 24 horas
- Después del periodo de inmersión, se sacó la muestra del agua y se secan las partículas rotándolas sobre un paño absorbente, hasta que se elimine el agua superficial visible
- Se seca la muestra se pesa para tener nuestro peso superficialmente seco en este caso vendría a ser (B)
- Se colocó la muestra en el interior de la canastilla metálica y se determina su peso sumergido en el agua, en este caso vendría a ser (C)
- Se ingresó al horno con una temperatura de 110 ± 5 °C por un periodo de 24 horas
- Finalmente se sacó del horno y se deja enfriar así obteniendo nuestro peso de masa seca sin incluir el peso del recipiente es decir nuestro (A)

Cálculo:

Peso específico de masa ($P.e_m$)

$$P.e_m = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

$P.e_m$ = Peso específico de masa.

A = Peso de la muestra secada en el horno (g)

B = Peso de la muestra de superficie saturada seca en el aire (g)

C = Peso aparente de la muestra saturada en agua (g)

Peso específico de masa saturado con superficie seca ($P.e_{m\ sss}$)

$$P.e_{m\ sss} = \frac{B}{B - C}$$

Peso específico aparente ($P.e_a$)

$$P.e_a = \frac{A}{A - C}$$

Absorción (%)

$$A_{bs} = \frac{B - A}{A} \times 100$$

3.4.2.2. Peso específico (Densidad relativa) y absorción del agregado fino

Se ha llevado a cabo de acuerdo con las normativas pertinentes: **NTP 400.022/ ASTM**

C-128/ MTC E205

- Se realizó el cuarteo de la muestra correspondiente
- Una vez seleccionada el material procedemos a saturarlo la muestra por un periodo de 24 horas

- Pasada las 24 horas se procede a una decantación del agua de dicho material, luego se seca a temperatura ambiente la muestra
- Una vez conseguida un contenido de humedad uniforme y un estado saturado superficialmente seco, se coloca el material en un molde cónico luego se consolida con 25 golpes de pisón al término del cual se aísla la superficie y se levanta el molde verticalmente. Si se queda en forma cónica y tiene cortada una parte de la punta desmoronada entonces la muestra está en estado superfinamente saturada (SSS)
- De esta muestra cogemos una parte y lo pesamos (S)
- Luego pesamos la fiola llena de agua hasta el menisco y anotamos el valor (B), posterior introducimos una muestra de 500g a la fiola y llenamos con agua hasta un nivel aproximado de 500 ml
- Luego pesamos la fiola con el material y el agua (C)
- Para finalmente extraer la muestra para volverlo a llevar a secarlo en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C por un periodo de 24 horas registrar su peso (A)

Cálculo:

Peso específico de masa ($P. e_m$)

$$P. e_m = \frac{A}{B + S - C}$$

Donde:

$P. e_m$ = Peso específico de masa.

A= Peso de la muestra secada en el horno (g)

B = Peso de la fiola lleno de agua hasta la marca de 500ml (g)

C = Peso de la fiola + muestra + agua llenada hasta la marca de 500ml (g)

S = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (g)

Peso específico de masa saturado con superficie seca ($P. e_{m\ sss}$)

$$P. e_{m\ sss} = \frac{S}{B + S - C} \times 100$$

Peso específico aparente ($P. e_a$)

$$P. e_a = \frac{A}{B + A - C} \times 100$$

Absorción (%)

$$A_{bs} = \frac{S - A}{A} \times 100$$

3.4.2.3. Análisis granulométrico del agregado grueso y fino

Se ha llevado a cabo de acuerdo con las normativas pertinentes: **NTP 400.012/ ASTM**

C-136/ AASHTO T-27/ MTC E204

a) Agregado grueso

- Se seca la muestra de agregado a una temperatura de 110 ± 5 °C en la estufa
- Se seleccionó la cantidad de muestra a utilizar
- Se ordenó de mayor a menor los tamices y en la parte inferior colocamos la cazoleta
- La muestra se vierte en los tamices y se agita, el material retenido en cada tamiz se pesa
- Se calcula el % retenido en cada tamiz con la siguiente formula:

$$\% \text{ Retenido}_x = \frac{W_x}{W} \times 100$$

Donde:

$\% \text{ Retenido}_x$ = Porcentaje de muestra retenido en cada tamiz

W_x = Peso retenido en cada tamiz (g)

W = Peso total de la muestra (g)

- **Módulo de finura**

Según la NTP 400.11, p, 10; Para obtener el Módulo de Finura, se debe realizar el siguiente proceso: primero, tomar los porcentajes que han quedado retenidos de manera acumulada en cada tamiz de la serie establecida. Luego, estos porcentajes se suman entre sí, y finalmente, esta suma total se divide por 100 para obtener el resultado final. Se calcula con la siguiente formula:

$$MF_{AG} = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado } \left(N^{\circ} 4, \frac{3''}{8}, \frac{3''}{4}, 1\frac{1''}{2} \right) + 500}{100}$$

- **Tamaño máximo del agregado**

Según la NTP 400.11, p, 10; Es el tamaño del tamiz más reducido a través del cual puede atravesar la totalidad del agregado grueso que compone la muestra.

- **Tamaño máximo nominal**

Según la NTP 400.037 (2018); Es el tamiz de menor tamaño entre todos los utilizados en la secuencia, que retiene la muestra entre 5% y un 10%

b) Agregado fino

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP) 400.012, el proceso es similar al que se ejecuta con el agregado grueso, con la distinción de que se requiere una cantidad mínima de 300 gramos de material para realizar el ensayo

- **Módulo de finura para el agregado fino**

Se calcula con la siguiente formula:

$$MF_{AF} = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado } (N^{\circ} 100, N^{\circ} 50, N^{\circ} 30, N^{\circ} 16, N^{\circ} 8, N^{\circ} 4)}{100}$$

3.4.2.4. Densidad de masa (Peso unitario) del agregado grueso y fino

Se ha llevado a cabo de acuerdo con las normativas pertinentes: **NTP 400.017/ ASTM C-29/ MTC E203**

▪ **Cálculo del peso específico del agua**

- Se procedió a pesar la fiola vacía
- Se lleno la fiola con agua hasta los 500ml aproximadamente y se esperó que se elimine todas las burbujas de aire
- Finalmente se pesó la fiola con el agua y se utilizó la fórmula para los cálculos:

$$P_e = \frac{W_{f+a} - W_f}{V_f} \times 1000$$

Donde:

P_e = Peso específico del agua (Kg/m³)

W_f = Peso de la fiola (g)

W_{f+a} = Peso de la fiola más agua (g)

V_f = Volumen de fiola (cm³)

▪ **Cálculo del factor de calibración (f)**

- Primero se anotó el peso del recipiente con el cual se va a trabajar
- Se lleno el recipiente con agua, percatándose que se elimine todas las burbujas de aire
- Se procede a pesar el recipiente con el agua

Finalmente, se aplica la formula:

$$F = \frac{W_{r+a} - W_r}{P_e}$$

Donde:

F = Factor del recipiente de medida (1/m³)

W_r = Peso del recipiente (g)

W_{r+a} = Peso del recipiente más agua (g)

P_e = Peso específico del agua (Kg/m³)

a) Peso unitario suelto

- Se pesó el recipiente vacío
- Se colocó con la cucharón del laboratorio el agregado en el molde, echando a una altura de 5cm en caída libre, hasta colmar el molde
- Enrazamos con la regla o varilla y pesamos el molde con la muestra

Se utiliza la siguiente formula:

$$M = (G - T) * F$$

Donde:

M = Peso unitario del agregado fino o grueso (kg/m^3)

G = Peso del recipiente con el agregado (kg)

T = Peso del recipiente vacío (kg)

F = factor f del recipiente ($1/\text{m}^3$)

b) Peso unitario compactado

- Se realiza primero el cuarteo de la muestra y se echa con ayuda del cucharón de laboratorio al molde, se llena hasta el primer tercio de su capacidad, se chusea con la varilla 25 veces en forma circular
- Luego se agrega material hasta los 2/3 de su capacidad y se vuelve a chusear con a varilla 25 veces de igual forma
- Posterior se agrega material hasta que rebalse el molde, se chusea nuevamente y se enrasa el material al nivel del borde superior esto se hace con la varilla
- Finalmente se pesa el molde con la muestra para determinar el peso unitario compactado se utiliza la misma fórmula que para el peso unitario suelto

3.4.2.5. Contenido de humedad del agregado grueso y fino

Se ha llevado a cabo de acuerdo con las normativas pertinentes: **NTP 339.185/ ASTM**

C-566/ MTC E566

- Se registra el peso de la muestra en estado natural
- Se somete a un secado en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C durante 24 horas
- Finalmente se retira la muestra del horno y se registra su peso

Se hace el cálculo con la siguiente formula:

$$P = \frac{W - D}{D} \times 100$$

Donde:

P = Contenido de Humedad de la muestra (%)

W = Peso de la muestra húmeda (g)

D = Peso de la muestra seca (g)

3.4.2.6. Materiales más finos que pasan por el tamiz N° 200 por lavado.

Se ha llevado a cabo de acuerdo con las normativas pertinentes: **NTP 400.018/ ASTM**

C-117/ MTC E202

- Se seca la muestra en el horno a temperatura constante de 110 ± 5 °C por un periodo de 24 horas
- Luego se tomó un peso de la muestra sacada del horno (P_1).
- se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se adiciona agua hasta cubrirla, se agita para separar las partículas y tener las partículas finas suspendidas
- Se coge la muestra y se realiza el tamizado para separar completamente todas las partículas más finas que la malla N° 200.
- Adicionar una segunda carga de agua a la muestra en muestra en el recipiente, agitar decantar como antes. Repetir esta operación hasta que el agua del lavado esté clara.

- Finalmente, el agregado lavado a peso constante se llevó a secar a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y determinar el peso (P_2).

Se calculó utilizando la siguiente formula:

$$A = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$$

Donde:

A = Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado N° 200 (75 μm) por vías húmeda.

P_1 = Peso Seco de la muestra original (g)

P_2 = Peso Seco de la muestra ensayada (g)

3.4.2.7. Resistencia a la abrasión e impacto en la máquina de los Ángeles

Se ha llevado a cabo de acuerdo con las normativas pertinentes: **NTP 400.019/ ASTM C-131/ MTC E207**

- Se procedió a realizar su lavado, para posteriormente hacer su secado en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas
- Se procede a pesar la muestra (W_o), luego se procedió a llevar la muestra a la máquina de los Ángeles, utilizando una carga abrasiva de 11 esferas, conjuntamente con el número de revoluciones de 500 y una velocidad de 30 a 33 rpm.
- Luego pasado un tiempo de 15 min se procedió a retirar de la máquina para pesarlo, tamizarlo por el tamiz N° 12 y lavarlo
- Finalmente, la muestra tamizada y lavada se llevó al horno durante 24 horas, para luego obtener su peso final (W_f)

Se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ Abrasión} = \frac{W_o - W_f}{W_o} \times 100$$

Donde:

W_o = Peso Original de la muestra antes de ensayar (g)

W_f = Peso Final de la muestra después de ensayar (g)

3.4.3. Elaboración del diseño de mezclas del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Se realizará el diseño del concreto con el método del módulo de finura de la combinación de los agregados.

- Conocer las características de los materiales
- Cálculo del Tamaño máximo nominal TMN
- Determinar la resistencia promedio: f'_{cr} .
- Cálculo del asentamiento – Slump. En este caso se eligió entre 3”-4” ya que queremos una mezcla plástica
- Cálculo del contenido aire.
- Cálculo de la relación agua / cemento (a/c) necesaria para ese diseño de mezcla
- Factor Cemento = agua / (a/c)
- Bolsas de cemento = Factor cemento / 42.5 kg
- Sumatoria de los volúmenes absolutos
- Volumen de agregados = 1 - volúmenes absolutos
- Cálculo del Módulo de Fineza de la combinación de agregados
- Cálculo del porcentaje de agregado fino
- Cálculo del porcentaje de agregado grueso
- Cálculo de los pesos secos de los agregados
- Cantidad de materiales por m^3 de concreto
- Corrección por humedad de los agregados
- Se calculó la humedad superficial

- Agua efectiva= agua de diseño – aporte de humedad
- Cantidad de material por m^3 corregida por humedad.

3.4.3.1. Procedimiento para la realización de un diseño de mezcla de prueba

Para obtener el diseño final del concreto estándar, primero se consideró hacer un diseño de prueba con los datos de cada cantera y con las siguientes consideraciones: $Ra/c=0.617$, para un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y un $f'cr=252 \text{ kg/cm}^2$, donde: $f'cr= 1.2 * f'c$, criterio recomendado por Lezama (2013) para condiciones intermedias en obra.

Se realizaron 3 probetas cilíndricas de cada cantera, para ser ensayadas a compresión a los 5 días de curado con el fin de validar la mezcla preliminar.

3.4.3.2. Procedimiento para hacer el reajuste de mezcla de las tres canteras

Para cada cantera se elaboraron tres probetas cilíndricas ensayadas a compresión a los 5 días de curado, obteniéndose resistencias promedio de 168.63 kg/cm^2 (cantera superior), 179.15 kg/cm^2 (cantera media) y 167.82 kg/cm^2 (cantera inferior).

Con el fin de estimar la resistencia a los 28 días, dichos valores fueron proyectados mediante la aplicación de un factor de 1.3, correspondiente a la evolución típica del concreto. Según Neville (2012) y el ACI Committee 209 (2008), el concreto con cemento Portland Tipo I bajo condiciones normales de curado alcanza entre 50 % y 60 % de su resistencia a los 28 días al quinto día de edad, lo que implica que la resistencia final es aproximadamente 1.25 a 1.40 veces mayor. En este estudio se adoptó un valor intermedio de 1.3 como criterio de proyección.

De esta manera, se obtuvieron resistencias proyectadas de 219.22 kg/cm^2 para la cantera superior, 232.89 kg/cm^2 para la cantera media y 218.16 kg/cm^2 para la cantera inferior. Posteriormente, se aplicó la ley de Powers para reajustar la relación agua/cemento, resultando valores de 0.63, 0.65 y 0.63, respectivamente.

3.4.3.3. Diseño de mezclas de concreto

Se desarrolló en las siguientes etapas:

- En primer lugar, se convierten los volúmenes absolutos a pesos por metro cúbico.
- Posteriormente, se determinó el aporte de humedad de los agregados para poder calcular con precisión el contenido de agua efectiva.
- A continuación, se realizó la corrección por humedad.
- Por último, se define la dosificación de los materiales, expresada en unidades de peso y volumen.

3.4.4. Ensayo de Slump

Una vez elaborado el concreto antes de llenar las probetas se realizará el ensayo de asentamiento utilizando el cono de Abrams, con el propósito de determinar el slump del concreto elaborado con cemento portland tipo I.

Este ensayo permite evaluar la consistencia y trabajabilidad del concreto fresco.

3.4.5. Ensayo de peso unitario de las probetas

3.4.5.1. Peso unitario del concreto en estado fresco

Se ha llevado a cabo de acuerdo con la normativa pertinente: **NTP 339.046**

- Una vez preparada la mezcla de concreto, se determinaron los pesos unitarios por cada grupo de probetas realizadas

Para ello se utilizó la siguiente formula:

$$P_U = (W_{m+r} - W_r) \times F$$

Donde:

P_U = Peso unitario del concreto en estado fresco (kg/m^3)

W_{m+r} = Peso de la muestra compactada más recipiente (kg)

W_r = Peso del recipiente (kg)

F = Factor del recipiente de medida ($1/\text{m}^3$)

3.4.5.2. **Peso unitario del concreto en estado endurecido**

Se midieron los diámetros de las probetas de cada grupo. Luego, se midieron las alturas de las probetas para calcular sus respectivos volúmenes. Finalmente, se pesó cada una de las probetas. Para luego utilizar la siguiente formula:

$$PU\text{ }^{\circ}C\text{ Endurecido} = \frac{W}{V} * 1000$$

Donde:

$PU\text{ }^{\circ}C\text{ Endurecido}$ = Peso unitario del concreto endurecido (kg/m³)

W = Peso del espécimen de concreto (g)

V = Volumen del espécimen de concreto (cm³)

3.4.6. **Ensayos de resistencia a la compresión del concreto**

Se ha llevado a cabo de acuerdo con las normativas pertinentes: NTP 339.034 y ASTM C 39.

Esto se determinó en laboratorio para el concreto elaborado con cemento portland tipo

I. Se utilizó la siguiente formula:

$$f'_c = \frac{P}{A} \times 1000$$

Donde:

f'_c = resistencia en compresión del concreto (kg/cm²)

P = Carga máxima (Tn)

A = Área de la cara de la probeta cilíndrica (cm²)

3.4.7. Determinación de la variación de la resistencia a compresión

Con los datos obtenidos en laboratorio del ensayo de resistencia a compresión, se determinó la variación de la resistencia a compresión de un concreto de $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.

3.5. Equipos y materiales

3.5.1. Equipos

- Juego de tamices (1", 3/4", 1/2", 3/8" y N° 8, 16, 30, 50, 100, 200) con cazoleta.
- Fiolas de 500 ml.
- Cono de Abrams para ensayo de asentamiento.
- Estufa con control de temperatura a 105 °C.
- Cono y pisón para arena, canastillas o cestas de alambre.
- Moldes cilíndricos para especímenes de concreto (6" de diámetro × 12" de altura).
- Moldes metálicos para ensayos de peso unitario.
- Máquina de compresión uniaxial.
- Balanzas electrónicas con capacidad de 30 kg y precisión de 0,1 g.
- Mezcladora de concreto tipo trompo eléctrico.

3.5.2. Materiales

- Cemento Pacasmayo Tipo I.
- Agregado fino y grueso del río Mashcón.
- Agua.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y presentación de resultados

3.6.1. Técnicas

- a. Observación.** La técnica que se aplicó en la presente investigación fue la observación directa, con el objetivo de identificar cuál de las muestras evaluadas presenta un mayor incremento en la resistencia a compresión de un concreto con una resistencia de diseño de $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

b. Análisis estadístico: Se empleó herramientas de estadística descriptiva, como el cálculo de promedios, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación, con el propósito de interpretar los resultados obtenidos y establecer comparaciones objetivas entre las diferentes muestras evaluadas.

3.6.2. Instrumentos

- Fichas y formatos de registro utilizados durante los ensayos de laboratorio.

3.6.3. Presentación de los resultados

3.6.3.1. Propiedades de los agregados de la cantera superior.

a) Agregado grueso

Tabla 10.

Propiedades físicas del agregado grueso de la cantera superior.

Propiedades	Valor	Unidad
Tamaño máximo nominal	3/4"	-
Peso unitario suelto	1360	kg/m ³
Peso unitario compactado	1482	kg/m ³
Peso específico de masa	2.600	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.630	g/cm ³
Peso específico aparente	2.700	g/cm ³
Absorción	1.500	%
Contenido de humedad	0.436	%
Módulo de finura	6.830	-
Material más fino que pasa el Tamiz N° 200	0.600	-
Abrasión	27.00	%

b) Agregado fino

Tabla 11.

Propiedades físicas del agregado fino de la cantera superior.

Propiedades	Valor	Unidad
Peso unitario suelto	1651	kg/m ³
Peso unitario compactado	1753	kg/m ³
Peso específico de masa	2.620	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.650	g/cm ³
Peso específico aparente	2.700	g/cm ³
Absorción	1.200	%
Contenido de humedad	2.641	%
Módulo de finura	2.950	-
Material más fino que pasa el Tamiz N° 200	3.400	-

3.6.3.2. Propiedades de los agregados de la cantera media - alta.

c) Agregado grueso

Tabla 12.

Propiedades físicas del agregado grueso de la cantera media - alta.

Propiedades	Valor	Unidad
Tamaño máximo nominal	3/4"	-
Peso unitario suelto	1369	kg/m ³
Peso unitario compactado	1495	kg/m ³
Peso específico de masa	2.610	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.650	g/cm ³
Peso específico aparente	2.710	g/cm ³
Absorción	1.300	%
Contenido de humedad	0.455	%
Módulo de finura	6.845	-
Material más fino que pasa el Tamiz N° 200	0.600	-
Abrasión	27.00	%

d) Agregado fino

Tabla 13.

Propiedades físicas del agregado fino de la cantera media - alta.

Propiedades	Valor	Unidad
Peso unitario suelto	1619	kg/m ³
Peso unitario compactado	1757	kg/m ³
Peso específico de masa	2.620	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.660	g/cm ³
Peso específico aparente	2.730	g/cm ³
Absorción	1.400	%
Contenido de humedad	2.906	%
Módulo de finura	3.08	-
Material más fino que pasa el Tamiz N° 200	3.940	-

3.6.3.3. Propiedades de los agregados de la cantera inferior.

e) Agregado grueso

Tabla 14.

Propiedades físicas del agregado grueso de la cantera inferior.

Propiedades	Valor	Unidad
Tamaño máximo nominal	3/4"	-
Peso unitario suelto	1392	kg/m ³
Peso unitario compactado	1509	kg/m ³
Peso específico de masa	2.600	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.640	g/cm ³
Peso específico aparente	2.700	g/cm ³
Absorción	1.800	%
Contenido de humedad	1.146	%
Módulo de finura	6.880	-
Material más fino que pasa el Tamiz N° 200	0.800	-
Abrasión	26.00	%

f) Agregado fino

Tabla 15.

Propiedades físicas del agregado fino de la cantera inferior.

Propiedades	Valor	Unidad
Peso unitario suelto	1570	kg/m ³
Peso unitario compactado	1729	kg/m ³
Peso específico de masa	2.720	g/cm ³
Peso específico saturado superficialmente seco	2.730	g/cm ³
Peso específico aparente	2.750	g/cm ³
Absorción	1.000	%
Contenido de humedad	2.311	%
Módulo de finura	2.940	-
Material más fino que pasa el Tamiz N° 200	3.000	-

3.6.3.4. Resultados del diseño de mezclas

a) Resultados del diseño de mezcla del concreto de prueba de las tres canteras

Tabla 16.

Peso de materiales por metro cubico - concreto de prueba.

Materiales	Unidad	CANTIDADES		
		C. Superior	C. Media-Alta	C. Inferior
Cemento Portland Tipo I	kg/m ³	332.15	332.15	332.15
Agregado fino húmedo	kg/m ³	877.581	909.689	907.499
Agregado grueso húmedo	kg/m ³	892.903	866.927	900.199
Agua efectiva	lt/m ³	202.112	198.979	199.192

Tabla 17.

Proporción en peso de las tres canteras - concreto de prueba

Cantera	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua efectiva
Cantera superior	1	2.64	2.69	25.86 (lt/bls)
Cantera media - alta	1	2.74	2.61	25.46 (lt/bls)
Cantera inferior	1	2.73	2.71	25.49 (lt/bls)

Tabla 18.

Proporción en volumen de las tres canteras - concreto de prueba

Cantera	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua efectiva
Cantera superior	1	2.34	2.95	25.86 (lt/bls)
Cantera media - alta	1	2.47	2.85	25.46 (lt/bls)
Cantera inferior	1	2.55	2.89	25.49 (lt/bls)

b) Resultados del diseño de mezcla del concreto patrón de las tres canteras.

Tabla 19.

Peso de materiales por metro cubico – concreto patrón

Materiales	Unidad	CANTIDADES		
		C. Superior	C. Media - Alta	C. Inferior
Cemento Portland Tipo I	kg/m ³	325.400	315.380	325.400
Agregado fino húmedo	kg/m ³	885.792	931.612	915.683
Agregado grueso húmedo	kg/m ³	890.894	860.899	898.176
Agua efectiva	lt/m ³	201.975	198.612	199.074

Tabla 20.

Proporción en peso de los diseños de mezclas de concreto

Cantera	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua efectiva
Cantera superior	1	2.72	2.74	26.38 (lt/bls)
Cantera media - alta	1	2.95	2.73	26.76 (lt/bls)
Cantera inferior	1	2.81	2.76	26.00 (lt/bls)

Tabla 21.

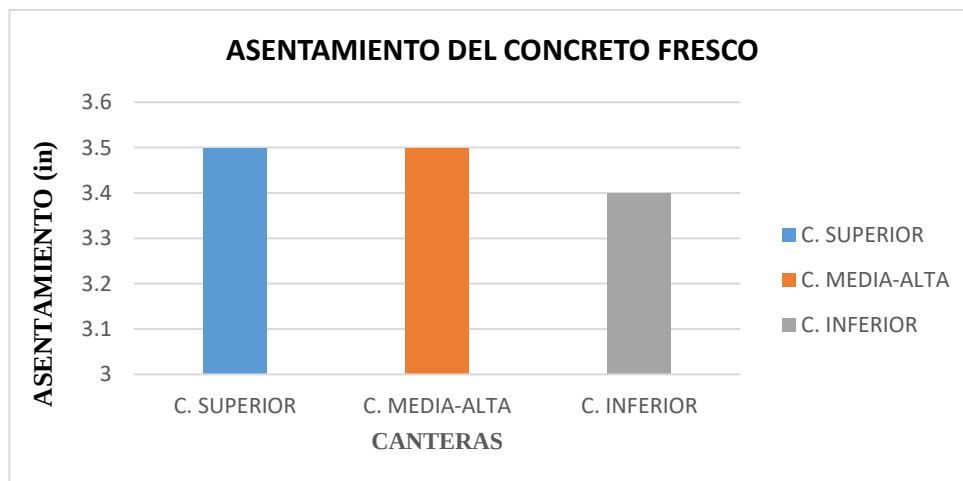
Proporción en peso de los diseños de mezclas de concreto.

Cantera	Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua efectiva
Cantera superior	1	2.41	3.01	26.38 (lt/bls)
Cantera media - alta	1	2.66	2.98	26.76 (lt/bls)
Cantera inferior	1	2.63	2.94	26.00 (lt/bls)

3.6.3.5. Resultados de las propiedades del concreto fresco

a) Asentamiento o Slump del concreto en estado fresco

Figura 6. Gráfica del asentamiento del concreto fresco de las tres canteras



Nota. El gráfico presenta el resultado del ensayo de consistencia - Método del cono de Abrams

b) Peso unitario del concreto en estado fresco

Tabla 22.

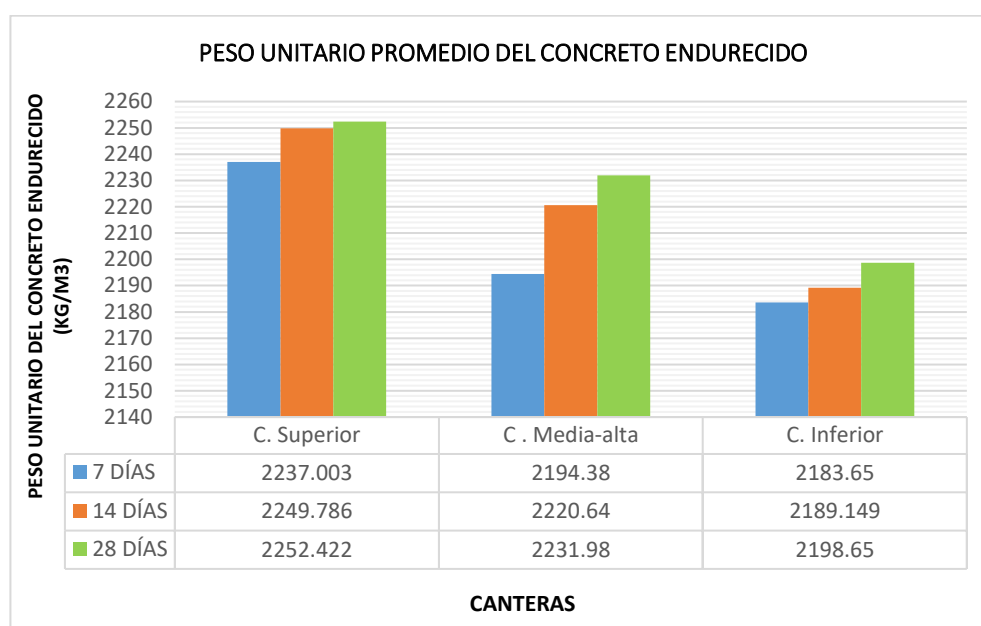
Peso unitario promedio del concreto en estado fresco según la cantera.

Cantera	Peso Unitario Promedio	Unidad
Cantera superior	2264.41	kg/m ³
Cantera media - alta	2233.72	kg/m ³
Cantera inferior	2199.10	kg/m ³

3.6.3.6. Resultados de las propiedades del concreto en estado endurecido

a) Peso unitario del concreto en estado endurecido

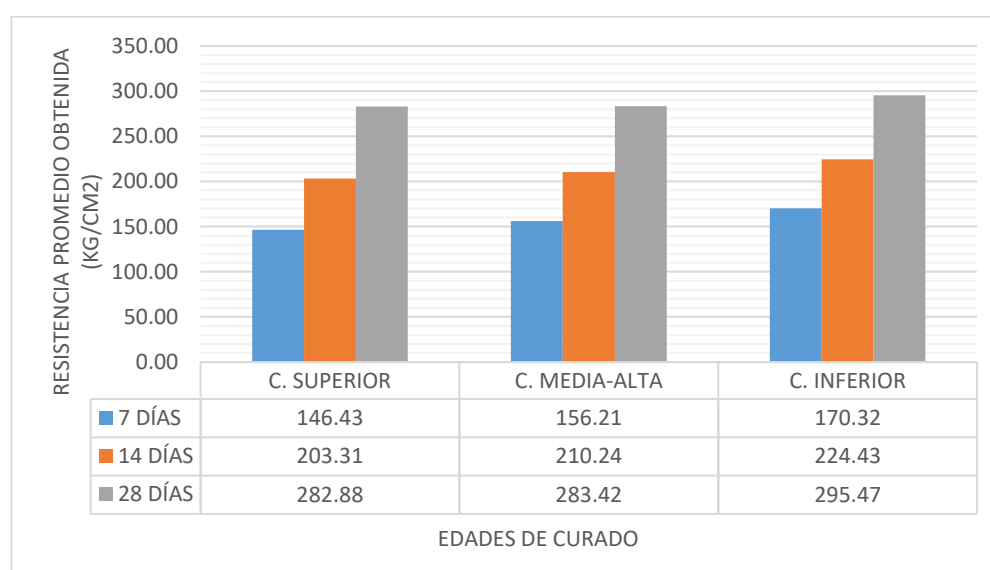
Figura 7. Peso unitario promedio del concreto endurecido



Nota. El gráfico presenta el peso unitario promedio del concreto endurecido a los 7, 14 y 28 días de curado, mostrando una tendencia general al aumento conforme avanza el tiempo, destacando la Cantera Superior con los valores más altos.

3.6.3.7. Resultados de resistencia a compresión

Figura 8. Resistencia a compresión del concreto a diferentes edades de curado



Nota. Se observa un incremento progresivo de la resistencia a compresión con el tiempo de curado, destacando la cantera inferior con los valores más altos en las tres edades evaluadas.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de los resultados de las propiedades de los agregados

En base a los resultados obtenidos en la **Tabla 31, Tabla 40, Tabla 30, Tabla 39, Figura 9, Figura 10** se presenta que:

En la cantera Superior, el agregado grueso tiene un TMN de $\frac{3}{4}$ " y cumple con el huso granulométrico 67, el agregado fino también cumple con el huso granulométrico con un módulo de finura de 2.95, si cumple con los límites establecidos (2.3 a 3.1); por otra parte, los porcentajes que pasan el tamiz N°200 son de 0.60% para el agregado grueso y 3.40 % para el agregado fino, que si están por debajo de los valores máximos de 5 % para el agregado fino y 1 % para el agregado grueso, y finalmente el porcentaje de desgaste a la abrasión del agregado grueso fue de 25.0 % que es menor al valor máximo de 50%.

Considerando los resultados obtenidos en **Tabla 49, Tabla 58, Tabla 48, Tabla 57, Figura 11, Figura 12** se presenta que:

En la cantera Media-Alta, el agregado grueso tiene un TMN de $\frac{3}{4}$ " y cumple con el huso granulométrico 67, el agregado fino también cumple con el huso granulométrico con un módulo de finura de 3.08, si cumple con los límites establecidos (2.3 a 3.1); por otra parte, los porcentajes que pasan el tamiz N°200 son de 0.60% para el agregado grueso y 3.70 % para el agregado fino, que si están por debajo de los valores máximos de 5 % para el agregado fino y 1 % para el agregado grueso, y finalmente el porcentaje de desgaste a la abrasión del agregado grueso fue de 27.0 % que es menor al valor máximo de 50%.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en **Tabla 67, Tabla 76, Tabla 66, Tabla 75, Figura 13, Figura 14** se presenta que:

En la cantera Inferior, el agregado grueso tiene un TMN de $\frac{3}{4}$ " y cumple con el huso granulométrico 67, el agregado fino también cumple con el huso granulométrico con un módulo de finura de 2.94, si cumple con los límites establecidos (2.3 a 3.1); por otra parte, los

porcentajes que pasan el tamiz N°200 son de 0.80% para el agregado grueso y 3.00 % para el agregado fino, que si están por debajo de los valores máximos de 5 % para el agregado fino y 1 % para el agregado grueso, y finalmente el porcentaje de desgaste a la abrasión del agregado grueso fue de 26.0 % que es menor al valor máximo de 50%.

4.2. Análisis de la trabajabilidad de la mezcla de concreto

De acuerdo con la **Figura 6** se observa que los valores del asentamiento promedio del concreto fueron similares en las tres canteras evaluadas. Las mezclas con agregados de la cantera superior y media-alta presentaron un asentamiento de 3.5 pulgadas (8.9 cm), mientras que la mezcla con agregados de la cantera inferior tuvo un asentamiento de 3.4 pulgadas (8.6 cm). Por lo que se puede indicar que la mezcla presento buena trabajabilidad.

4.3. Análisis del peso unitario

En la **Tabla 22** se indica el peso unitario promedio del concreto fresco de las tres canteras, estos valores están dentro del rango teórico establecido que van desde 2200kg/m^3 a 2400kg/m^3 , a excepción de la cantera inferior que esta ligeramente por debajo con un valor igual a 2199.10 kg/m^3 .

En la **Figura 6** se observa que el peso unitario del concreto aumentó conforme avanzaron los días de curado en las tres canteras evaluadas. El concreto con agregados de la cantera superior presentó el mayor peso unitario promedio, alcanzando 2252.42 kg/m^3 a los 28 días, mientras que el de la cantera inferior registró el menor valor (2198.65 kg/m^3).

4.4. Análisis del diseño de mezcla

En la **Tabla 20** se aprecia que la cantidad de cemento es igual en las mezclas de la cantera superior y la cantera inferior, el desempeño mecánico del concreto fue superior con los agregados de la cantera inferior, lo cual indica una influencia directa de la calidad de los agregados sobre la resistencia del concreto.

En la **Tabla 17** y **Tabla 18** se puede verificar que la relación agua/cemento se mantuvo relativamente constante en todas las mezclas, lo cual garantiza que las diferencias en la resistencia no fueron producto de una variación significativa en este parámetro, sino principalmente por las características propias de los agregados.

4.5. Análisis de la resistencia a compresión

De acuerdo con los datos presentados en la **Figura 8** se observa que la resistencia a compresión aumenta conforme se incrementa la edad del concreto, lo cual es coherente con el comportamiento esperado según la hidratación progresiva del cemento.

Asimismo, los resultados evidencian que el concreto elaborado con agregados de la parte baja del cauce alcanzó mayores resistencias a compresión, debido a la mejor calidad de sus características físicas. Además, que todos los concretos superaron la resistencia de diseño ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) a los 28 días, cumpliendo con los estándares exigidos para su uso estructural.

4.6. Contrastación de Hipótesis

La hipótesis sobre la resistencia a compresión resulta válida, ya que los resultados evidencian que los agregados extraídos de las zonas bajas del río Mashcón generan concretos con mayores resistencias. A los 28 días, el concreto elaborado con agregados de la cantera inferior alcanzó la resistencia promedio más alta (295.47 kg/cm^2), superando a las canteras media-alta y superior. Estos resultados confirman la hipótesis planteada y demuestran que la ubicación de los agregados influye directamente en el desempeño mecánico del concreto.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La ubicación de las canteras en el río Mashcón sí influye en la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, los agregados de la parte inferior permitieron alcanzar los mayores valores a 7, 14 y 28 días; a los 28 días, la cantera inferior superó en 9.9 % a la superior y en 5 % a la media-alta, confirmando la influencia de la ubicación en el desempeño mecánico del concreto.
- Los agregados de las tres canteras evaluadas cumplieron con la normativa, presentando variaciones en sus propiedades físicas. El peso unitario osciló entre 1,570 y 1,757 kg/m^3 , y el peso específico se mantuvo en el rango de 2.62–2.73 g/cm^3 , confirmando su buena calidad. La absorción fue mayor en la cantera inferior (2.31 %), lo que explica su mayor demanda de agua, mientras que el módulo de finura varió entre 2.95 y 3.08, con finos menores al 4 %, lo que confirma su aptitud para ser utilizado en mezclas de concreto.
- El concreto elaborado con agregados de las tres canteras superó la resistencia de diseño (210 kg/cm^2). A los 28 días alcanzaron resistencias promedio de 268.89 kg/cm^2 (superior), 281.34 kg/cm^2 (media-alta) y 295.47 kg/cm^2 (inferior), con incrementos de 28 % a 41 % respecto al diseño.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda que en futuras investigaciones se realicen análisis químicos de los agregados extraídos del río Mashcón o de cualquier otro cauce fluvial en evaluación. Estos análisis permitirían determinar la presencia de compuestos que puedan influir en las propiedades físico-mecánicas del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril-Gil, M. L., & Ramos-Sánchez, A. M. (2017). *Identificación de la variación en la resistencia del concreto debido al origen del agregado grueso*. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/83989546-36f7-44c1-9dd4-ca8e6d590bd0>
- Adhikari, N., Mishra, A. K., & Aithal, P. S. (2022). *Analysis of the Aggregate Strength Variation along Different Sections of the River Basin*. 7(2).
- ASTM International. (2018). *ASTM C33/C33M-18: Standard Specification for Concrete Aggregates*.
- ASTM International. (2020). *ASTM C150/C150M-20: Standard Specification for Portland Cement*.
- Cajusol Vidaurre, J. M., & Cisneros Mendoza, R. (2023). *Estudio de la calidad de los agregados del río Olmos, Sector Laguna el Carmen para su empleo en diferentes resistencias a la compresión del concreto, distrito de Olmos, provincia de Lambayeque, región Lambayeque*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10984>
- Cordero, G., Cárdenas, J., & Rojas, J. (2018). *Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI*. Ediciones ECOE.
- Cubas Luna, J. A. (2023). *Comparación de la resistencia a compresión, para concreto $F'_{C}=210$ kg/cm², elaborado con agregados de las canteras “Arenera Jaén” y “Lamparán”, en la Ciudad de Jaén – Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6162>
- Eulogio Rentera, O. Y. (2022). *Variación de la resistencia a la compresión del concreto, debido al tipo de agregado grueso utilizado, Huánuco – 2021*.
- Flores Herrera, Y. P. (2023). *Evaluación de la resistencia a compresión del concreto de $F'_{C}=210$ kg/cm² , empleando los agregados del Río Chotano en el Distrito de*

- Cochabamba, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6190>
- Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2016). *Design and Control of Concrete Mixtures*. Portland Cement Association.
- Lamichhane, S., Thapa, D. B., & Mandal, A. (2023). Effect of Coarse Aggregate Size Variation on Compressive Strength of Concrete along the Length of Kali Gandaki River. *Shikshya Sandesh*, 6(1), 92-98. <https://doi.org/10.3126/ss.v6i1.63100>
- Maldonado, Y. (2020, noviembre 9). ▷ *Cemento portland: Tipos, Propiedades, Componentes y Usos*. <https://geologiaweb.com/materiales/cemento-portland/>
- Matallana Rodríguez, R. (2019). *El concreto: Fundamentos y nuevas tecnologías*. Corona.
- Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2017). *Concrete*. Pearson.
- Neville, A. (2012). *Propiedades del concreto* (8.^a ed.). Pearson Educación.
- Orozco, M., Avila, Y., Restrepo, S., Parody, A., 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), 161-172. <https://doi.org/10.4067/S0718-50732018000200161>
- Poston, R. W. (2014). *Requisitos de Reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14) y comentario (ACI 318SR-14): (Versión en español y en sistema métrico SI)*. American Concrete Institute.
- Rivva López, E. (2000). *Materiales para el Concreto*. ICG – Capítulo Peruano del ACI.
- Rivva López, E. (2019). *Materiales para el concreto*. Universidad Ricardo Palma.
- Toro Niño, J. C. (2024). Caracterización física, mecánica y química de los agregados para concreto de las canteras Manuel Olano Constructor y Grupo Josecito en Jaén 2022. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6629>

Velásquez López, M. Y. (2021). *Evaluación de las propiedades de los agregados de las principales canteras del distrito de Rioja y su incidencia en la resistencia del concreto utilizado en la construcción de edificaciones* [Trabajo de suficiencia profesional para optar al título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://repositorio.ucss.edu.pe/item/7a0716b6-74ec-4b19-b317-fbd2bbe8f360>

ANEXOS

ANEXO 01: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA SUPERIOR

1. AGREGADO GRUESO

1.1. CANTERA SUPERIOR: Peso unitario suelto y compactado del agregado

Tabla 23.

Peso específico del agua.

Descripción	Peso	Unidades
Peso de la fiola	173.00	g
Peso de la fiola + agua	672.20	g
Volumen de la fiola	500.00	cm ³
Peso específico	0.998	g/cm ³
P.e en (Kg/m ³)	998.00	kg/cm ³

Tabla 24.

Factor de calibración (f) del molde para el agregado grueso.

Descripción	Peso	Unidad
Peso del Molde	7113.00	g
Peso del Molde + Agua	14286.00	g
Peso Agua (Kg)	7.17	kg
f (1/m ³)	139.13	1/m ³

Tabla 25.

Peso unitario suelto del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	7113.00	7113.00	7113.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	16882.00	16886.00	16885.00	
Peso de la muestra suelta	g	9769.00	9773.00	9772.00	
Factor (f)	1/m ³	139.13	139.13	139.13	
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.359	1.360	1.360	1.360
Peso unitario suelto	kg/m³	1359	1360	1360	1360

Tabla 26.

Peso unitario compactado del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	7113.00	7113.00	7113.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	17758.00	17753.00	17789.00	
Peso de la muestra suelta	g	10645.00	10640.00	10676.00	
Factor (f)	1/m ³	139.13	139.13	139.13	
Peso unitario compactado	g/cm ³	1.481	1.480	1.485	1.482
Peso unitario compactado	kg/m³	1481	1480	1485	1482

1.2. CANTERA SUPERIOR: Contenido de humedad

Tabla 27.

Contenido de humedad del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	85.00	112.00	94.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1383.00	1355.00	1658.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	1377.00	1350.00	1651.00	
Contenido de humedad	W %	0.46	0.40	0.45	0.439

1.3. CANTERA SUPERIOR: Peso específico y absorción

Tabla 28.

Peso específico del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	4126.00	4118.00	4113.00	
Peso de canastilla sumergida	g	2258.00	2258.00	2258.00	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2959.00	2956.00	2957.00	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1868.00	1860.00	1855.00	
Peso específico de masa	g/cm³	2.613	2.593	2.583	2.600
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/cm³	2.650	2.632	2.620	2.630
Peso específico aparente	g/cm³	2.714	2.697	2.683	2.700

Tabla 29.

Absorción del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2958.00	2956.00	2957.00	
Absorción (%)	%	1.420	1.488	1.454	1.500

1.4. CANTERA SUPERIOR: Material más fino que pasa por el tamiz N° 200**Tabla 30.**

Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2980.00	2982.00	2981.00	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	20.00	18.00	19.00	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.667%	0.600%	0.633%	0.60%

1.5. CANTERA SUPERIOR: Resistencia a la abrasión**Tabla 31.**

Resistencia a la abrasión del agregado grueso.

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev. /min)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3735	3728	3772
% Desg. = $((P_i - P_f) / P_i) \times 100$				25.30	25.44	24.56
Abrasión % Desgaste Promedio					25.00	

1.6. CANTERA SUPERIOR: Análisis granulométrico

Tabla 32.

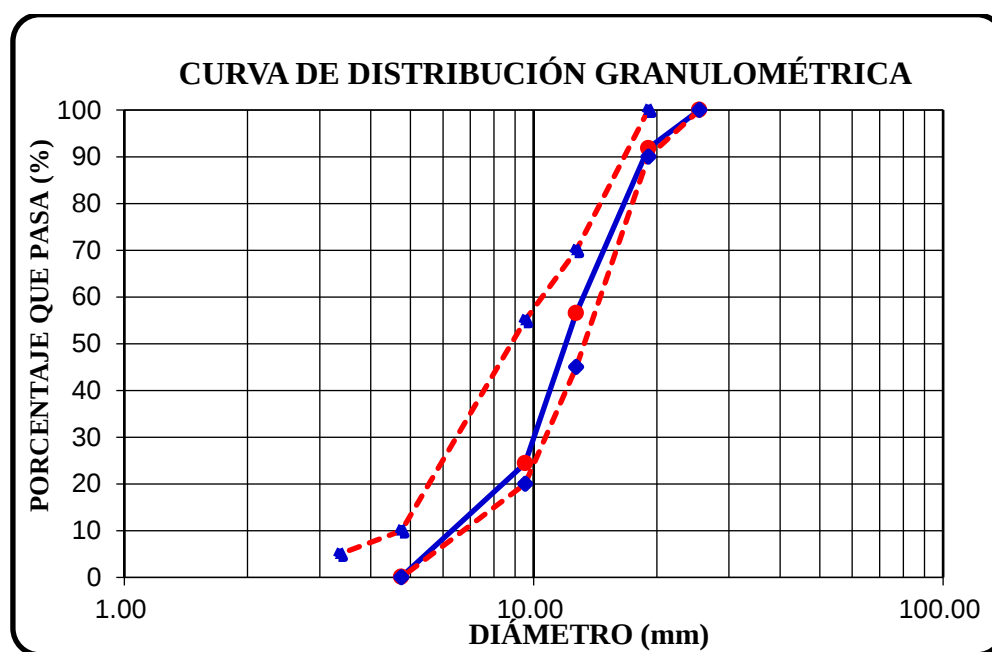
Módulo de finura del agregado grueso.

Tamiz		Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
Nº	Abertura (mm)	Retenido Parcial (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Que Pasa (%)
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	615.00	8.79	8.79	91.21
1/2"	12.70	2645.00	37.79	46.57	53.43
3/8"	9.53	2010.00	28.71	75.79	24.71
Nº4	4.75	1722.00	24.60	99.89	0.11
Cazoleta	--	8	0.11	100.00	0.00
TOTAL		7000.00			

Módulo de finura = 6.834

Figura 9.

Curva de distribución granulométrica del agregado grueso



2. AGREGADO FINO

2.1. CANTERA SUPERIOR: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Tabla 33.

Factor de calibración (f) del molde para el agregado fino.

Descripción	Peso	Unidad
Peso del Molde	3867.00	g
Peso del Molde + Agua	6861.00	g
Peso Agua (Kg)	2.994	kg
f (1/m ³)	333.33	1/m ³

Tabla 34.

Peso unitario suelto del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3867.00	3867.00	3867.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	8825.00	8812.00	8819.00	
Peso de la muestra suelta	g	4958.00	4945.00	4952.00	
Factor (f)	1/m ³	333.33	333.33	333.33	
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.533	1.648	1.651	1.651
Peso unitario suelto	kg/m³	1653	1648	1651	1651

Tabla 35.

Peso unitario compactado del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3867.00	3867.00	3867.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	9127.00	9124.00	9130.00	
Peso de la muestra suelta	g	5260.00	5257.00	5263.00	
Factor (f)	1/m ³	333.33	333.33	333.33	
Peso unitario compactado	g/cm ³	1.753	1.752	1.754	1.728
Peso unitario compactado	kg/m³	1753	1752	1754	1753

2.2. CANTERA SUPERIOR: Contenido de humedad agregado fino

Tabla 36.

Contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	68.00	94.00	63.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1329.00	1532.00	1277.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	1301.00	1498.00	1239.00	
Contenido de humedad	W %	2.27	2.42	3.23	2.641

2.3. CANTERA SUPERIOR: Peso específico y absorción del agregado fino

Tabla 37.

Peso específico del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	173.00	173.00	173.00	
Peso de la fiola + agua hasta menisco	g	672.00	672.00	672.00	
peso de la fiola + agua + muestra	g	985.23	984.00	984.17	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	494.60	494.80	493.37	
Volumen de agua añadida al frasco (g)	g	312.23	311.00	311.17	
Peso específico de masa	g/m³	2.634	2.618	2.613	2.620
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/m³	2.663	2.646	2.648	2.650
Peso específico aparente	g/m³	2.412	2.692	2.708	2.700

Tabla 38.

Absorción del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	494.60	494.80	493.37	
Absorción (%)	%	1.092	1.051	1.344	1.200

2.4. CANTERA SUPERIOR: Material más fino que pasa el tamiz N°200 del agregado fino

Tabla 39.

Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	482.40	483.60	483.50	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	17.60	16.40	16.50	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	3.520%	3.280%	3.300%	3.40%

2.5. CANTERA SUPERIOR: Análisis granulométrico

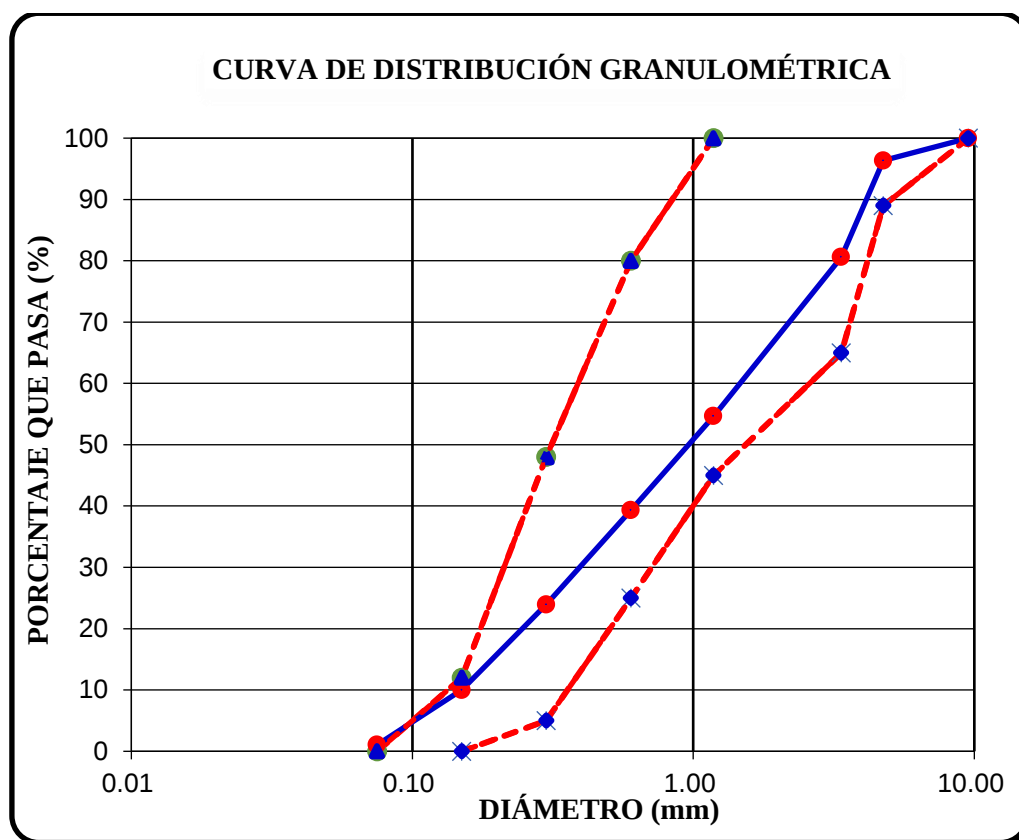
Tabla 40.

Módulo de finura del agregado fino.

Tamiz		Peso Retenido Parcial (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	56.00	3.71	3.71	96.29
N°8	3.36	237.00	15.71	19.42	80.58
N 16	1.18	391.00	25.91	45.33	54.67
N 30	0.60	229.00	15.18	60.50	39.50
N 50	0.30	237.00	15.71	76.21	23.79
N 100	0.15	209.00	13.85	90.06	9.94
N 200	0.075	134	8.88	98.94	1.06
Cazoleta	--	16	1.06	100.00	0.00
TOTAL		1500.0			
Módulo de finura = 2.95					

Figura 10.

Curva de distribución granulométrica del agregado fino



ANEXO 02: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA MEDIA-ALTA

2. AGREGADO GRUESO

2.6. CANTERA MEDIA-ALTA: Peso unitario suelto y compactado del agregado

Tabla 41.

Peso específico del agua para el agregado grueso.

Descripción	Peso	Unidades
Peso de la fiola	173.00	g
Peso de la fiola +agua	672.00	g
Volumen de la fiola	500.00	cm ³
Peso específico	0.998	g/cm ³
P.e en (Kg/m ³)	998.00	kg/cm ³

Tabla 42.

Factor de calibración (f) del molde para el agregado grueso.

Descripción	Peso	Unidad
Peso del Molde	7113.00	g
Peso del Molde + Agua	14286.00	g
Peso Agua (Kg)	7.17	kg
f (1/m ³)	139.13	1/m ³

Tabla 43.

Peso unitario suelto del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	7113.00	7113.00	7113.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	16945.00	16948.00	16956.00	
Peso de la muestra suelta	g	9932.00	9835.00	9843.00	
Factor (f)	1/m ³	139.13	139.13	139.13	
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.368	1.368	1.369	1.369
Peso unitario suelto	kg/m³	1368	1368	1369	1369

Tabla 44.

Peso unitario compactado del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	7113.00	7113.00	7113.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	17840.00	17852.00	17890.00	
Peso de la muestra suelta	g	10727.00	10739.00	10777.00	
Factor (f)	1/m ³	139.13	139.13	139.13	
Peso unitario compactado	g/cm ³	1.492	1.494	1.499	1.495
Peso unitario compactado	kg/m³	1492	1494	1499	1495

2.7. CANTERA MEDIA-ALTA: Contenido de humedad

Tabla 45.

Contenido de humedad del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	129.00	131.00	92.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1558.00	1355.00	1393.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	1551.00	1350.00	1387.00	
Contenido de humedad	W %	0.49	0.41	0.46	0.445

2.8. CANTERA MEDIA-ALTA: Peso específico y absorción

Tabla 46.

Peso específico del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	4131.00	4118.00	4124.00	
Peso de canastilla sumergida	g	2257.00	2257.00	2257.00	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2959.00	2662.00	2961.00	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1874.00	1861.00	1867.00	
Peso específico de masa	g/cm³	2.628	2.601	2.613	2.610
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/cm³	2.664	2.634	2.648	2.650
Peso específico aparente	g/cm³	2.727	2.690	2.707	2.710

Tabla 47.

Absorción del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2959.00	2962.00	2961.00	
Absorción (%)	%	1.386	1.283	1.317	1.300

2.9. CANTERA MEDIA-ALTA: Material más fino que pasa por el tamiz N° 200

Tabla 48.

Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2981.00	2980.00	2982.00	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	19.00	20.00	18.00	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.633%	0.667%	0.600%	0.60%

2.10. CANTERA MEDIA-ALTA: Resistencia a la abrasión

Tabla 49.

Resistencia a la abrasión del agregado grueso.

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev. /min)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3623	3630	3637
% Desg. = ((Pi -Pf) / Pi) x 100				27.54	27.40	27.26
Abrasión % Desgaste Promedio					27.00	

2.11. CANTERA MEDIA-ALTA: Análisis granulométrico

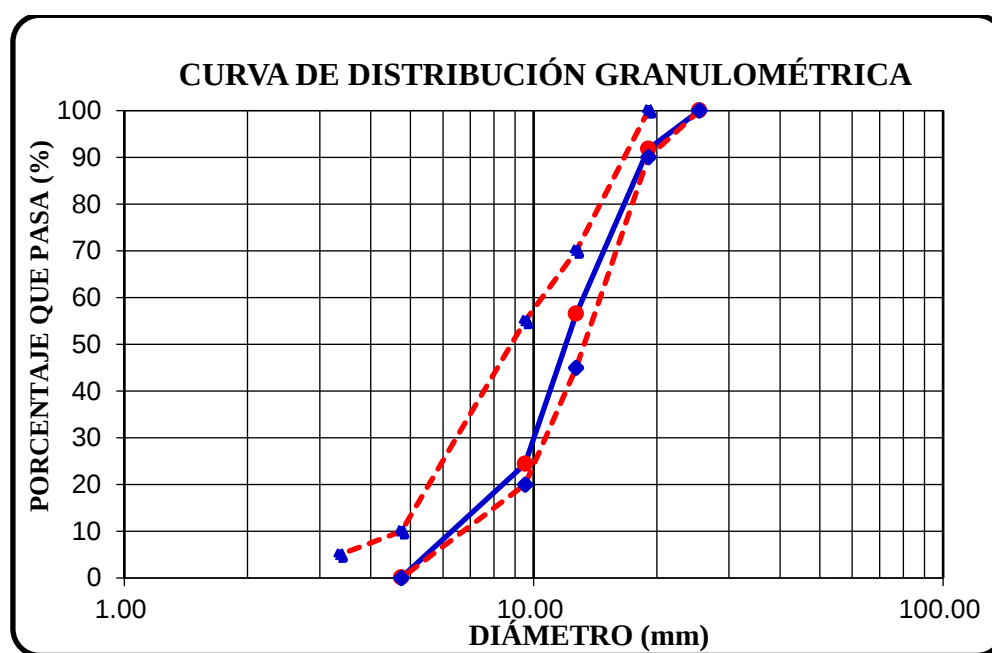
Tabla 50.

Módulo de finura del agregado grueso.

Tamiz		Peso Retenido Parcial (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	635.00	9.07	9.07	90.93
1/2"	12.70	3056.00	43.66	52.73	47.27
3/8"	9.53	1820.00	26.00	79.73	21.27
N°4	4.75	1451.00	20.73	99.46	0.54
Cazoleta	--	38	0.54	100.00	0.00
TOTAL		7000.00			
Módulo de finura = 6.845					

Figura 11.

Curva de distribución granulométrica del agregado grueso



3. AGREGADO FINO

3.1. CANTERA MEDIA-ALTA: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Tabla 51.

Factor de calibración (f) del molde para el agregado fino.

Descripción	Peso	unidades
Peso del Molde	3867.00	g
Peso del Molde + agua	6861.00	g
Peso Agua	2.994	kg
f(1/m ³)	333.33	1/m ³

Tabla 52.

Peso unitario suelto del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3867.00	3867.00	3867.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	8723.00	8724.00	8723.50	
Peso de la muestra suelta	g	4856.00	4857.00	4856.50	
Factor (f)	1/m ³	333.33	333.33	333.33	
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.619	1.619	1.619	1.619
Peso unitario suelto	kg/m³	1619	1619	1619	1619

Tabla 53.

Peso unitario compactado del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3867.00	3867.00	3867.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	9138.00	9139.00	9140.00	
Peso de la muestra suelta	g	5271.00	5272.00	5273.00	
Factor (f)	1/m ³	333.33	333.33	333.33	
Peso unitario compactado	g/cm ³	1.757	1.757	1.758	1.757
Peso unitario compactado	kg/m³	1757	1757	1758	1757

3.2. CANTERA MEDIA-ALTA: Contenido de humedad agregado fino

Tabla 54.

Contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	94.00	55.00	57.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1438.00	1359.00	1276.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	1401.00	1324.00	1239.00	
Contenido de humedad	W %	2.83	2.76	3.13	2.906

3.3. CANTERA MEDIA-ALTA: Peso específico y absorción del agregado fino

Tabla 55.

Peso específico del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	173.00	173.00	173.00	
Peso de la fiola + agua hasta menisco	g	672.00	672.00	672.00	
peso de la fiola + agua + muestra	g	985.32	985.00	985.18	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	492.80	493.40	492.70	
Volumen de agua añadida al frasco (g)	g	312.32	312.00	312.18	
Peso específico de masa	g/m³	2.626	2.624	2.592	2.620
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/m³	2.664	2.660	2.662	2.660
Peso específico aparente	g/m³	2.730	2.720	2.729	2.730

Tabla 56.

Absorción del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	492.80	493.40	492.70	
Absorción (%)	%	1.461	1.338	1.482	1.400

3.4. CANTERA MEDIA-ALTA: Material más fino que pasa el tamiz N°200 del agregado fino

Tabla 57.

Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	480.30	483.20	481.50	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	19.70	16.80	18.50	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	3.940%	3.360%	3.700%	3.70%

3.5. CANTERA MEDIA-ALTA: Análisis granulométrico

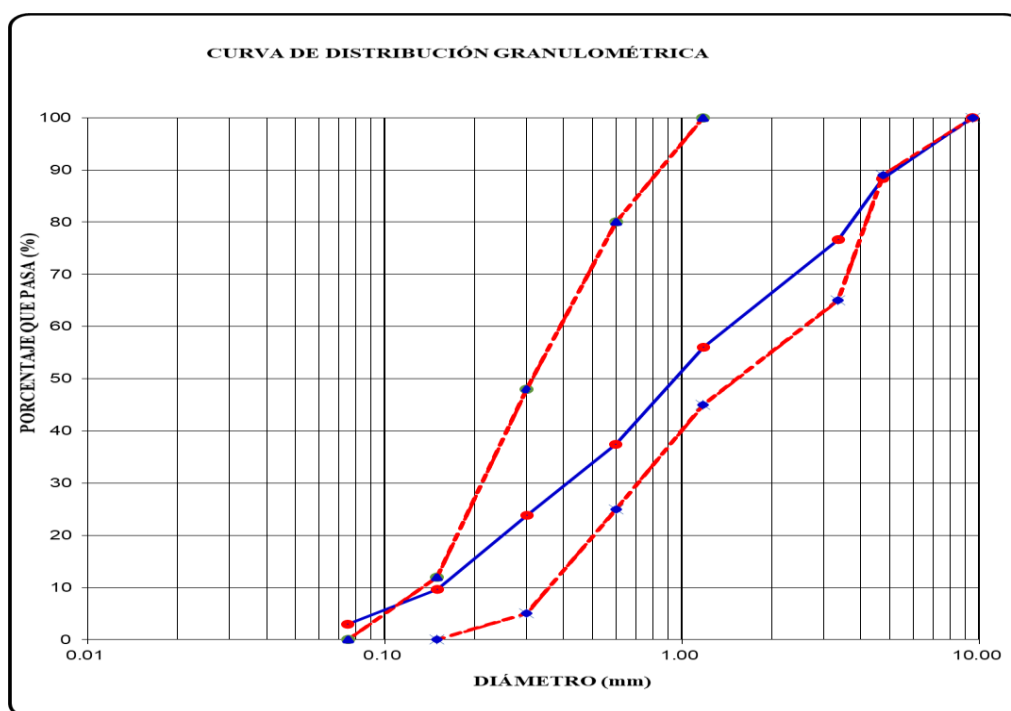
Tabla 58.

Módulo de finura del agregado fino.

Tamiz		Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje
N°	Abertura (mm)	Parcial (gr)	Parcial (%)	Acumulado (%)	Que Pasa (%)
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	58.00	11.60	11.60	88.40
N°8	3.36	59.00	11.80	23.40	76.60
N 16	1.18	103.00	20.60	44.00	56.00
N 30	0.60	93.00	18.60	62.60	37.40
N 50	0.30	68.00	13.60	76.20	23.80
N 100	0.15	71.00	14.20	90.40	9.60
N 200	0.075	33.00	6.60	97.00	3.00
Cazoleta	--	15	3.00	100.00	0.00
TOTAL		500.0			
Módulo de finura = 3.08					

Figura 12.

Curva de distribución granulométrica del agregado fino



ANEXO 03: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS DE LA CANTERA INFERIOR

3. AGREGADO GRUESO

3.6. CANTERA INFERIOR: Peso unitario suelto y compactado del agregado

Tabla 59.

Peso específico del agua para el agregado grueso.

Descripción	Peso	Unidades
Peso de la fiola	173.00	g
Peso de la fiola +agua	672.00	g
Volumen de la fiola	500.00	cm ³
Peso especifico	0.998	g/cm ³
P.e en (Kg/m ³)	998.00	kg/cm ³

Tabla 60.

Factor de calibración (f) del molde para el agregado grueso.

Descripción	Peso	Unidad
Peso del Molde	7113.00	g
Peso del Molde + Agua	14286.00	g
Peso Agua (Kg)	7.17	kg
f (1/m ³)	139.13	1/m ³

Tabla 61.

Peso unitario suelto del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	7113.00	7113.00	7113.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	17118.00	17125.00	17114.00	
Peso de la muestra suelta	g	10005.00	100012.00	10001.00	
Factor (f)	1/m ³	139.13	139.13	139.13	
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.392	1.393	1.391	1.392
Peso unitario suelto	kg/m³	1392	1393	1391	1392

Tabla 62.

Peso unitario compactado del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	7113.00	7113.00	7113.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	17943.00	17950.00	17988.00	
Peso de la muestra suelta	g	10830.00	10837.00	10875.00	
Factor (f)	1/m ³	139.13	139.13	139.13	
Peso unitario compactado	g/cm ³	1.507	1.508	1.513	1.509
Peso unitario compactado	kg/m³	1507	1508	1514	1509

3.7. CANTERA INFERIOR: Contenido de humedad

Tabla 63.

Contenido de humedad del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	94.00	132.00	121.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1379.00	1356.00	1657.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	1347.00	1350.00	1651.00	
Contenido de humedad	W %	2.55	0.49	0.39	1.146

3.8. CANTERA INFERIOR: Peso específico y absorción

Tabla 64.

Peso específico del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de muestra SSS + canastilla sumergida	g	4133.00	4116.00	4117.00	
Peso de canastilla sumergida	g	2259.00	2259.00	2259.00	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2958.00	2958.00	2957.00	
Peso de la muestra sumergida en el agua	g	1874.00	1857.00	1858.00	
Peso específico de masa	g/cm³	2.627	2.588	2.589	2.610
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/cm³	2.664	2.625	2.627	2.640
Peso específico aparente	g/cm³	2.729	2.687	2.691	2.700

Tabla 65.

Absorción del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	2944.00	2948.00	2947.00	
Absorción (%)	%	1.902	1.764	1.798	1.800

3.9. CANTERA INFERIOR: Material más fino que pasa por el tamiz N° 200

Tabla 66.

Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado grueso.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	3000.00	3000.00	3000.00	
Peso de la muestra Lavada	g	2976.00	2975.00	2976.00	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	24.00	25.00	24.00	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	0.800%	0.833%	0.800%	0.80%

3.10. CANTERA INFERIOR: Resistencia a la abrasión

Tabla 67.

Resistencia a la abrasión del agregado grueso.

Gradación	Equipo Mecánico	N° de Esferas	Velocidad (rev. /min)	N° de Revoluciones	Tamaño Máx. Nominal	Peso de la Muestra en (g.)
B	Máquina de los Ángeles	11	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
N° DE ENSAYOS				1°	2°	3°
Peso Inicial de la muestra seca al horno (g.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3676	3678	3672
% Desg. = ((Pi -Pf) / Pi) x 100				26.48	26.44	26.56
Abrasión % Desgaste Promedio					26.00	

3.11. CANTERA INFERIOR: Análisis granulométrico

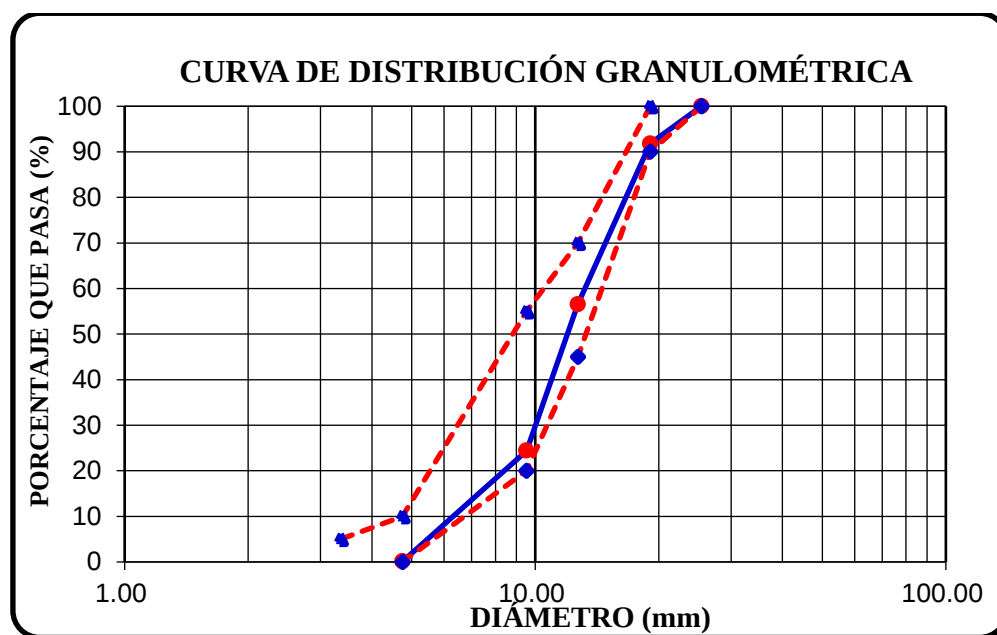
Tabla 68.

Módulo de finura del agregado grueso.

Tamiz		Peso Retenido Parcial (gr)	Porcentaje Retenido Parcial (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje Que Pasa (%)
N°	Abertura (mm)				
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	586.00	8.37	8.37	91.63
1/2"	12.70	3009.00	42.99	51.36	48.64
3/8"	9.53	2224.00	31.77	83.13	16.87
N°4	4.75	1140.00	16.29	99.41	0.59
Cazoleta	--	41	0.59	100.00	0.00
TOTAL		7000.00			
Módulo de finura = 6.88					

Figura 13.

Curva de distribución granulométrica del agregado grueso



4. AGREGADO FINO

4.1. CANTERA INFERIOR: Peso unitario suelto y compactado del agregado fino

Tabla 69.

Peso específico del agua para el agregado fino.

Descripción	Peso	Unidad
Peso del Molde	3867.00	g
Peso del Molde + Agua	6861.00	g
Peso Agua (Kg)	2.994	kg
f (1/m ³)	333.33	1/m ³

Tabla 70.

Peso unitario suelto del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3867.00	3867.00	3867.00	
Peso de muestra suelta + recipiente	g	8856.00	8582.00	8595.00	
Peso de la muestra suelta	g	4689.00	4715.00	4728.00	
Factor (f)	1/m ³	333.33	333.33	333.33	
Peso unitario suelto	g/cm ³	1.563	1.572	1.576	1.570
Peso unitario suelto	kg/m³	1653	1572	1576	1570

Tabla 71.

Peso unitario compactado del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	3867.00	3867.00	3867.00	
Peso de muestra compactada + recipiente	g	9040.00	9025.00	9098.00	
Peso de la muestra suelta	g	5173.00	5158.00	5231.00	
Factor (f)	1/m ³	333.33	333.33	333.33	
Peso unitario compactado	g/cm ³	1.724	1.719	1.744	1.729
Peso unitario compactado	kg/m³	1724	1719	1744	1729

4.2. CANTERA INFERIOR: Contenido de humedad agregado fino

Tabla 72.

Contenido de humedad del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso del recipiente	g	84.00	124.00	97.00	
Peso del recipiente + muestra húmeda	g	1438.00	1608.00	1267.00	
Peso del recipiente + muestra seca	g	1431.00	1564.00	1229.00	
Contenido de humedad	W %	2.97	3.06	3.36	2.311

4.3. CANTERA INFERIOR: Peso específico y absorción del agregado fino

Tabla 73.

Peso específico del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de fiola	g	173.00	173.00	173.00	
Peso de la fiola + agua hasta menisco	g	672.00	672.00	672.00	
peso de la fiola + agua + muestra	g	990.30	989.70	989.90	
Peso de la muestra superficialmente seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	497.80	498.40	498.70	
Volumen de agua añadida al frasco (g)	g	317.30	316.70	316.90	
Peso específico de masa	g/m³	2.725	2.719	2.724	2.720
Peso específico de masa saturado superficialmente seco	g/m³	2.737	2.728	2.731	2.730
Peso específico aparente	g/m³	2.758	2.743	2.743	2.750

Tabla 74.

Absorción del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de la muestra superficialmente seca	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra secada al horno	g	493.29	498.40	493.82	
Absorción (%)	%	1.360	1.321	1.251	1.000

4.4. CANTERA INFERIOR: Material más fino que pasa el tamiz N°200 del agregado fino

Tabla 75.

Material más fino que pasa el tamiz N° 200 del agregado fino.

Descripción	Und.	M-1	M-2	M-3	Promedio
Peso de Muestra Original	g	500.00	500.00	500.00	
Peso de la muestra Lavada	g	485.00	484.30	486.20	
Peso del Material que pasa el Tamiz N° 200	g	15.00	15.70	13.80	
% de Material que Pasa el Tamiz N° 200	%	3.000%	3.140%	2.760%	3.00%

4.5. CANTERA INFERIOR: Análisis granulométrico

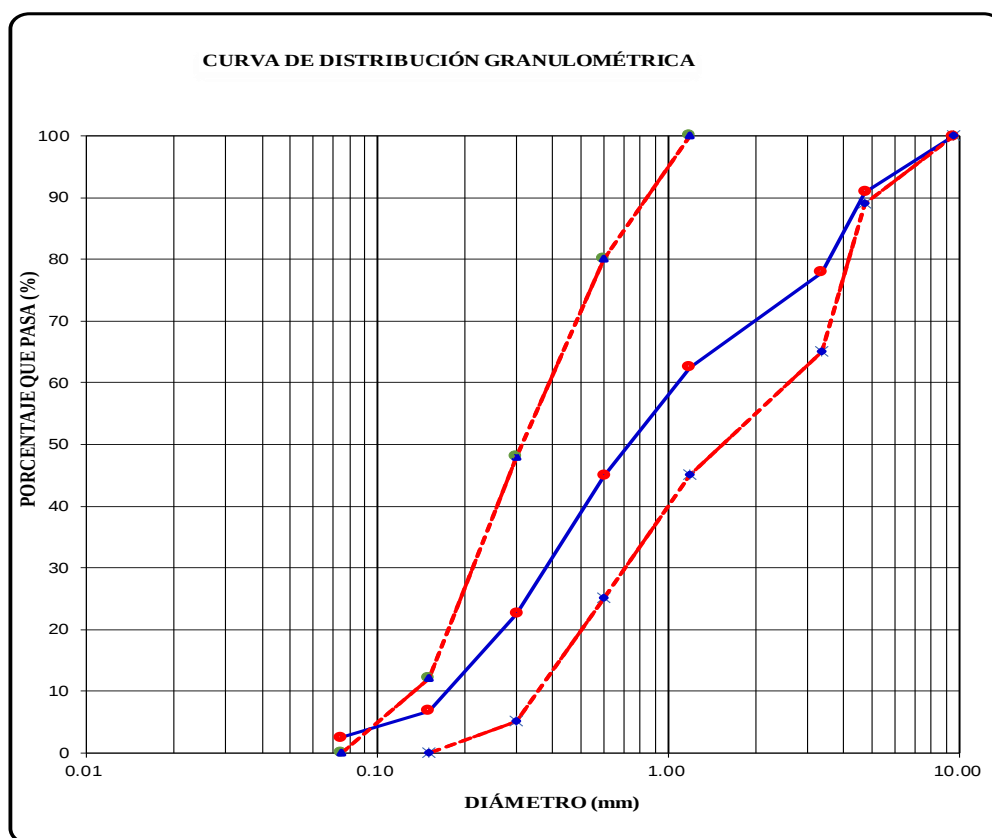
Tabla 76.

Módulo de finura del agregado fino.

Tamiz		Peso Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje Retenido	Porcentaje
N°	Abertura (mm)	Parcial (gr)	Parcial (%)	Acumulado (%)	Que Pasa (%)
3/8"	9.53	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	45.27	9.06	9.06	90.94
N°8	3.36	65.30	13.06	22.12	77.88
N 16	1.18	78.62	15.37	37.48	62.52
N 30	0.60	88.00	17.60	55.09	44.91
N 50	0.30	111.73	22.35	77.43	22.57
N 100	0.15	79.10	15.82	93.26	6.74
N 200	0.075	21.41	4.28	97.54	2.46
Cazoleta	--	12.3	2.46	100.00	0.00
TOTAL		500.00			
Módulo de finura = 2.94					

Figura 14.

Curva de distribución granulométrica del agregado fino



ANEXO 04: DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO

1. Diseño de mezcla de concreto de prueba: Cantera Superior.

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO DE PRUEBA (TABLA ACI) - CANTERA SUPERIOR

I) MATERIALES

1. Cemento:

Portland Pacasmayo TIPO I (A.S.T.M. C-150)

- Peso específico= 3.11 g/cm³

2. Agua:

Agua potable

3. Agregados:

Descripción	Agregado fino		Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1651	kg/m ³	1360	kg/m ³
- Peso unitario compactado seco:	1753	kg/m ³	1482	kg/m ³
- Peso específico de masa:	2.620	g/cm ³	2.600	g/cm ³
- Peso específico sss:	2.650	g/cm ³	2.630	g/cm ³
- Peso específico aparente:	2.700	g/cm ³	2.700	g/cm ³
- Humedad:	2.641%		0.439%	
- Absorción:	1.200%		1.500%	
- Módulo de finura:	2.95		6.83	
- Abrasión:			27.00%	
- % que pasa malla N° 200	3.400		0.600	

II) PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

1. Selección de la resistencia en compresión requerida

- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f'_c) = 210 kg/cm²

- Resistencia a la compresión requerida del concreto (f'_{cr})=1.2*f'_c = 252 kg/cm²

2. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso

TMN = 3/4"

3. Selección del asentamiento

3" - 4"

4. Selección de volumen unitario de agua

Para un asentamiento de 3" a 4" y un TMN 3/4" 205 l/m³

5. Selección del contenido de aire

Para un tamaño máximo nominal de 3/4" 2.00%

6. Selección de la relación agua - cemento

Por resistencia (a/c) = 0.617

7. Determinación del contenido de cemento y factor cemento

205/0.6172 = 332.150 kg

Factor cemento = 7.82 bls/m³

8. Determinación del volumen absoluto de la pasta

Cemento 332.15/(3.11x1000) = 0.107 m³

Agua 205/1000 = 0.205 m³

Aire 2.00% = 0.020 m³

Volumen absoluto de la pasta = 0.332 m³

9. Determinación del volumen absoluto de los agregados

Volumen absoluto de los agregados 1-0.332 = 0.668 m³

10. Determinación de vacíos			
% vacíos	=	(2600-1482)/2600	= 43.00%
% vacíos por corregir	=	43%-35.00%	= 8.00%
11. Determinación del módulo de finura de la combinación de agregados			
Para un contenido de cemento de 7.82 bls/m ³			
y un tamaño máximo nominal de 3/4"			
	mc	=	5.0974
	factor corrección	=	0.160
	mc corregido	=	4.937
12. Determinación del porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto			
	$rr=(6.834-4.937)/(6.834-2.95)$	=	0.49
	% agregado fino	=	48.84%
	% agregado grueso	=	51.16%
13. Determinación de los volúmenes absolutos de los agregados			
	Agregado fino	=	0.326 m ³
	Agregado grueso	=	0.342 m ³
14. Determinación de los pesos secos de los agregados			
	Agregado fino	=	855.00 kg/m ³
	Agregado grueso	=	889.00 kg/m ³
15. Valores de diseño			
	Cemento	=	332.150 kg/m ³
	Agua de diseño	=	205 lt/m ³
	Agregado fino seco	=	855.00 kg/m ³
	Agregado grueso seco	=	889.00 kg/m ³
15. Corrección por humedad de los agregados			
	Peso húmedo del agregado fino	=	877.5806 kg/m ³
	Peso húmedo del agregado grueso	=	892.9027 kg/m ³
16. Determinación de la humedad superficial de los agregados			
	Agregado fino	=	1.44%
	Agregado grueso	=	-1.06%
17. Aporte de humedad de los agregados			
	Agregado fino	=	12.32055 lt
	Agregado grueso	=	-9.43229 lt
	Aporte total	=	2.888 lt
18. Agua efectiva de mezclado			
	Agua efectiva	=	202.1117 lt
19. Materiales corregidos por humedad			
	Cemento	=	332.150 kg
	Agua efectiva	=	202.112 lt
	Agregado fino húmedo	=	877.581 kg
	Agregado grueso húmedo	=	892.903 kg
	Aire total	=	2.00%

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	=	1	
Agregado fino	=	2.64	
Agregado grueso	=	2.69	
Agua	=	25.86	lt/bls

IV) CONVERSIÓN DE DOSIFICACIÓN EN PESO A VOLUMEN

1. Materiales			
	Agregado fino	Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1651 kg/m ³	1360 kg/m ³	
- Humedad:	2.641%	0.439%	
2. Cálculo de la cantidad de materiales por tanda			
	Cemento	=	42.50 kg/bls
	Agua efectiva	=	25.86 kg/bls
	Agregado fino húmedo	=	112.290 kg/bls
	Agregado grueso húmedo	=	114.251 kg/bls

3. Determinación de los pesos unitarios húmedos de los agregados

Agregado fino	=	1694.603 kg/m ³
Agregado grueso	=	1365.970 kg/m ³

4. Convertimos el peso unitario de los materiales a kg/pie³

Agregado fino	=	47.985 kg/pie ³
Agregado grueso	=	38.680 kg/pie ³
Bolsa de cemento	=	42.50 kg/pie ³

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	=	1
Agregado fino	=	2.34
Agregado grueso	=	2.95
Agua	=	25.86 lt/bls

V) PROPORCIÓN POR TANDA 0.020 m³

TANDA	=	0.02 m ³
Cemento	=	6643.0 g
Agua efectiva	=	4042.2 g
Agregado fino húmedo	=	17551.6 g
Agregado grueso húmedo	=	17858.1 g

VI) RESULTADOS: ENSAYO A COMPRESIÓN

Se realizó la elaboración de 3 probetas de 6" x 12" las cuales se ensayaron a los 5 días.

RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 5 DÍAS								
MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROM. (cm)	ÁREA (m ²)	ALTURA (cm)	CARGA ÚLTIMA (TN)	f'c (Kg/cm ²)	f'c promedio
M1	15.15	15.13	15.14	180.029	30.30	30	166.64014	168.63
M2	15.13	15.14	15.13	179.862	30.30	30.5	169.57425	
M3	15.13	15.13	15.13	179.743	30.30	30.5	169.68636	

Como se obtiene una resistencia a la compresión de 168.63 kg/cm² a los 5 días

Lo proyectamos a los 28 días multiplicando por un factor de 1.3

Se obtiene un f'c de 219.22 kg/cm² a los 28 días, para realizar el reajuste aplicamos la Ley de Powers.

VII) CORRECCIÓN POR RESISTENCIA

$$R = 2380 X^3 \quad ; \quad R = 219.22 \text{ kg/cm}^2$$

$$X = 0.451616866$$

$$X = \frac{0.647 \alpha}{0.319\alpha + \frac{a}{c}} \quad a/c = 0.617$$

$$0.5029342 \cdot \alpha = \frac{0.27873793}{0.554}$$

Conociendo el grado de hidratación del concreto y la resistencia a la compresión reajustamos la relación a/c

$$R = 2380 X^3 \quad ; \quad R = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$X = 0.445192097$$

$$\text{Remplazamos en ec.:} \quad X = \frac{0.647 \alpha}{0.319\alpha + \frac{a}{c}} \quad ; \quad \alpha = 0.554$$

$$0.445 = \frac{0.359}{0.177 + \frac{a}{c}}$$

$$0.445 \cdot \frac{a}{c} = 0.279873811$$

$$\boxed{\frac{a}{c} = 0.630}$$

2. Diseño de mezcla de concreto de la Cantera Superior

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO - CANTERA SUPERIOR

I) MATERIALES

1. **Cemento:**
Portland Pacasmayo TIPO I (A.S.T.M. C-150)
- Peso específico = 3.11 g/cm³
2. **Agua:**
Agua potable
3. **Agregados:**

Descripción	Agregado fino		Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1651.000	kg/m ³	1360.000	kg/m ³
- Peso unitario compactado seco:	1753.000	kg/m ³	1482.000	kg/m ³
- Peso específico de masa:	2.620	g/cm ³	2.600	g/cm ³
- Peso específico sss:	2.650	g/cm ³	2.630	g/cm ³
- Peso específico aparente:	2.700	g/cm ³	2.700	g/cm ³
- Humedad:	2.641%		0.439%	
- Absorción:	1.20%		1.50%	
- Módulo de finura:	2.95		6.83	
- Abrasión:			27.00%	
- % que pasa malla N° 200	3.400		0.600	

II) PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

1. **Selección de la resistencia en compresión requerida**
 - Resistencia a la compresión especificada del concreto (f_c) = 210 kg/cm²
 - Resistencia a la compresión requerida del concreto (f_{cr}) = 1.2*f_c = 252 kg/cm²
2. **Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso**
TMN = 3/4"
3. **Selección del asentamiento**
3" - 4"
4. **Selección de volumen unitario de agua**
Para un asentamiento de 3" a 4" y un TMN 3/4" 205 l/m³
5. **Selección del contenido de aire**
Para un tamaño máximo nominal de 3/4" 2.00%
6. **Selección de la relación agua - cemento**
Ley de Powers (a/c) = 0.630
7. **Determinación del contenido de cemento y factor cemento**
205/0.63 = 325.400 kg
Factor cemento = 7.66 bls/m³
8. **Determinación del volumen absoluto de la pasta**
 - Cemento 325.4/(3.11x1000) = 0.105 m³
 - Agua 205/1000 = 0.205 m³
 - Aire 2.00% = 0.020 m³
 - Volumen absoluto de la pasta = 0.330 m³
9. **Determinación del volumen absoluto de los agregados**
Volumen absoluto de los agregados 1-0.33 = 0.670 m³

10. Determinación de vacíos			
% vacíos	=	(2600-1482)/2600	= 43.00%
% vacíos por corregir	=	43%-35.00%	= 8.00%
11. Determinación del módulo de finura de la combinación de agregados			
Para un contenido de cemento de 7.66 bls/m ³			
y un tamaño máximo nominal de 3/4"			
	mc	=	5.086
	factor corrección	=	0.160
	mc corregido	=	4.926
12. Determinación del porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto			
	$rr = (6.834 - 4.926) / (4.926 - 2.95)$	=	0.49
	% agregado fino	=	49.12%
	% agregado grueso	=	50.88%
13. Determinación de los volúmenes absolutos de los agregados			
	Agregado fino	=	0.329 m ³
	Agregado grueso	=	0.341 m ³
14. Determinación de los pesos secos de los agregados			
	Agregado fino	=	863.00 kg/m ³
	Agregado grueso	=	887.00 kg/m ³
15. Valores de diseño			
	Cemento	=	325.40 kg/m ³
	Agua de diseño	=	205.00 lt/m ³
	Agregado fino seco	=	863.00 kg/m ³
	Agregado grueso seco	=	887.00 kg/m ³
16. Corrección por humedad de los agregados			
	Peso húmedo del agregado fino	=	885.792 kg/m ³
	Peso húmedo del agregado grueso	=	890.894 kg/m ³
17. Determinación de la humedad superficial de los agregados			
	Agregado fino	=	1.44%
	Agregado grueso	=	-1.06%
18. Aporte de humedad de los agregados			
	Agregado fino	=	12.436 lt
	Agregado grueso	=	-9.411 lt
	Aporte total	=	3.025 lt
19. Agua efectiva de mezclado			
	Agua efectiva	=	201.975 lt
20. Materiales corregidos por humedad			
	Cemento	=	325.400 kg
	Agua efectiva	=	201.975 lt
	Agregado fino húmedo	=	885.792 kg
	Agregado grueso húmedo	=	890.894 kg
	Aire total	=	2.00%

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	=	1
Agregado fino	=	2.72
Agregado grueso	=	2.74
Agua	=	26.38 lt/bls

IV) CONVERSIÓN DE DOSIFICACIÓN EN PESO A VOLUMEN

1. Materiales

	Agregado fino	Agregado grueso
- Peso unitario suelto seco:	1651 kg/m ³	1360 kg/m ³
- Humedad:	2.641%	0.439%

2. Determinación de la cantidad de materiales por tanda		
Cemento	=	42.500 kg/bls
Agua efectiva	=	26.380 kg/bls
Agregado fino húmedo	=	115.692 kg/bls
Agregado grueso húmedo	=	116.358 kg/bls
3. Determinación de los pesos unitarios húmedos de los agregados		
Peso unitario húmedo del agregado fino	=	1694.603 kg/m ³
Peso unitario húmedo del agregado grueso	=	1365.970 kg/m ³
4. Convertimos el peso unitario de los materiales a kg/pie³		
Peso unitario húmedo del agregado fino	=	47.985 kg/pie ³
Peso unitario húmedo del agregado grueso	=	38.680 kg/pie ³
Bolsa de cemento	=	42.500 kg/pie ³

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	=	1	
Agregado fino	=	2.41	
Agregado grueso	=	3.01	
Agua	=	26.38	lt/bls

V) PROPORCIÓN POR TANDA 0.020 m³

TANDA		0.02 m ³
Cemento	=	6508.00 g
Agua efectiva	=	4039.50 g
Agregado fino húmedo	=	17715.84 g
Agregado grueso húmedo	=	17817.88 g

3. Diseño de mezcla de concreto de prueba: Cantera Media.

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO DE PRUEBA (TABLA ACI) - CANTERA MEDIA

I) MATERIALES

1. **Cemento:**
Portland Pacasmayo TIPO I (A.S.T.M. C-150)
- Peso específico= 3.11 g/cm³
2. **Agua:**
Agua potable
3. **Agregados:**

Descripción	Agregado fino		Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1619	kg/m ³	1369	kg/m ³
- Peso unitario compactado seco:	1757	kg/m ³	1495	kg/m ³
- Peso específico de masa:	2.620	g/cm ³	2.610	g/cm ³
- Peso específico sss:	2.660	g/cm ³	2.650	g/cm ³
- Peso específico aparente:	2.730	g/cm ³	2.710	g/cm ³
- Humedad:	2.906%		0.455%	
- Absorción:	1.400%		1.300%	
- Módulo de finura:	3.08		6.845	
- Abrasión:			27.00%	
- % que pasa malla N° 200	3.940		0.600	

II) PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

1. **Selección de la resistencia en compresión requerida**
 - Resistencia a la compresión especificada del concreto (f_c) = 210 kg/cm²
 - Resistencia a la compresión requerida del concreto (f'_{cr})=1.2*f_c = 252 kg/cm²
2. **Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso**
TMN = 3/4"
3. **Selección del asentamiento**
3" - 4"
4. **Selección de volumen unitario de agua**
Para un asentamiento de 3" a 4" y un TMN 3/4" 205 l/m³
5. **Selección del contenido de aire**
Para un tamaño máximo nominal de 3/4" 2.00%
6. **Selección de la relación agua - cemento**
Por resistencia (a/c) = 0.617
7. **Determinación del contenido de cemento y factor cemento**
205/0.6172 = 332.150 kg
Factor cemento = 7.82 bls/m³
8. **Determinación del volumen absoluto de la pasta**
 - Cemento 332.15/(3.11x1000) = 0.107 m³
 - Agua 205/1000 = 0.205 m³
 - Aire 2.00% = 0.020 m³
 - Volumen absoluto de la pasta = 0.332 m³
9. **Determinación del volumen absoluto de los agregados**
Volumen absoluto de los agregados 1-0.332 = 0.668 m³

10. Determinación de vacíos			
% vacíos	=	(2610-1495)/2610	= 42.72%
% vacíos por corregir	=	42.72%-35.00%	= 7.72%
11. Determinación del módulo de finura de la combinación de agregados			
Para un contenido de cemento de 7.82 bls/m ³			
y un tamaño máximo nominal de 3/4"			
	mc	=	5.0974
	factor corrección	=	0.154
	mc corregido	=	4.943
12. Determinación del porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto			
	$rr = (6.845 - 4.943) / (6.845 - 3.08)$	=	0.51
	% agregado fino	=	50.52%
	% agregado grueso	=	49.48%
13. Determinación de los volúmenes absolutos de los agregados			
	Agregado fino	=	0.338 m ³
	Agregado grueso	=	0.331 m ³
14. Determinación de los pesos secos de los agregados			
	Agregado fino	=	884.00 kg/m ³
	Agregado grueso	=	863.00 kg/m ³
15. Valores de diseño			
	Cemento	=	332.150 kg/m ³
	Agua de diseño	=	205 lt/m ³
	Agregado fino seco	=	884.00 kg/m ³
	Agregado grueso seco	=	863.00 kg/m ³
15. Corrección por humedad de los agregados			
	Peso húmedo del agregado fino	=	909.689 kg/m ³
	Peso húmedo del agregado grueso	=	866.9267 kg/m ³
16. Determinación de la humedad superficial de los agregados			
	Agregado fino	=	1.51%
	Agregado grueso	=	-0.85%
17. Aporte de humedad de los agregados			
	Agregado fino	=	13.31304 lt
	Agregado grueso	=	-7.29235 lt
	Aporte total	=	6.021 lt
18. Agua efectiva de mezclado			
	Agua efectiva	=	198.9793 lt
19. Materiales corregidos por humedad			
	Cemento	=	332.150 kg
	Agua efectiva	=	198.979 lt
	Agregado fino húmedo	=	909.689 kg
	Agregado grueso húmedo	=	866.927 kg
	Aire total	=	2.00%

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	=	1	
Agregado fino	=	2.74	
Agregado grueso	=	2.61	
Agua	=	25.46	lt/bls

IV) CONVERSIÓN DE DOSIFICACIÓN EN PESO A VOLUMEN

1. Materiales			
	Agregado fino	Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1619 kg/m ³	1369 kg/m ³	
- Humedad:	2.906%	0.455%	
2. Cálculo de la cantidad de materiales por tanda			
	Cemento	=	42.50 kg/bls
	Agua efectiva	=	25.46 kg/bls
	Agregado fino húmedo	=	116.399 kg/bls
	Agregado grueso húmedo	=	110.927 kg/bls

3. Determinación de los pesos unitarios húmedos de los agregados

Agregado fino	=	1666.048 kg/m ³
Agregado grueso	=	1375.229 kg/m ³

4. Convertimos el peso unitario de los materiales a kg/pie³

Agregado fino	=	47.177 kg/pie ³
Agregado grueso	=	38.942 kg/pie ³
Bolsa de cemento	=	42.50 kg/pie ³

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	=	1
Agregado fino	=	2.47
Agregado grueso	=	2.85
Agua	=	25.46 lt/bls

V) PROPORCIÓN POR TANDA 0.020 m³

TANDA	=	0.02 m ³
Cemento	=	6643.0 g
Agua efectiva	=	3979.6 g
Agregado fino húmedo	=	18193.8 g
Agregado grueso húmedo	=	17338.5 g

VI) RESULTADOS ENSAYO A COMPRESIÓN

Se realizó la elaboración de 3 probetas de 6" x 12" las cuales se ensayaron a los 5 días

RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 5 DÍAS								
MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROM. (cm)	ÁREA (m ²)	ALTURA (cm)	CARGA ÚLTIMA (TN)	f'c (Kg/cm ²)	f'c promedio
M1	15.10	15.12	15.11	179.316	30.30	32	178.45601	179.15
M2	15.12	15.14	15.13	179.791	30.30	32.5	180.76553	
M3	15.12	15.12	15.12	179.553	30.30	32	178.22003	

Como se obtiene una resistencia a la compresión de 179.15 kg/cm² a los 5 días

Lo proyectamos a los 28 días multiplicando por un factor de 1.3

Se obtiene un f'c de 232.89 kg/cm² a los 28 días, para realizar el reajuste aplicamos la Ley de Powers.

VII) CORRECCIÓN POR RESISTENCIA

$$R = 2380 X^3 \quad ; \quad R = 232.89 \text{ kg/cm}^2$$

$$X = 0.460813788$$

$$X = \frac{0.647 \alpha}{0.319\alpha + \frac{a}{c}} \quad a/c = 0.617$$

$$0.5000004 \cdot \alpha = 0.28441427$$

$$\alpha = 0.569$$

Conociendo el grado de hidratación del concreto y la resistencia a la compresión reajustamos la relación a/c

$$R = 2380 X^3 \quad ; \quad R = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$X = 0.445192097$$

$$\text{Remplazamos en ec.:} \quad X = \frac{0.647 \alpha}{0.319\alpha + \frac{a}{c}} \quad ; \quad \alpha = 0.569$$

$$0.445 = \frac{0.368}{0.181 + \frac{a}{c}}$$

$$0.445 \cdot \frac{a}{c} = 0.287248922$$

$$\boxed{\frac{a}{c} = 0.650}$$

4. Diseño de mezcla de concreto de la Cantera Media

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO - CANTERA MEDIA

I) MATERIALES

1. **Cemento:**

Portland Pacasmayo TIPO I (A.S.T.M. C-150)

- Peso específico = 3.11 g/cm³

2. **Agua:**

Agua potable

3. **Agregados:**

Descripción	Agregado fino		Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1619.000	kg/m ³	1369.000	kg/m ³
- Peso unitario compactado seco:	1757.000	kg/m ³	1495.000	kg/m ³
- Peso específico de masa:	2.620	g/cm ³	2.610	g/cm ³
- Peso específico sss:	2.660	g/cm ³	2.650	g/cm ³
- Peso específico aparente:	2.730	g/cm ³	2.710	g/cm ³
- Humedad:	2.906%		0.455%	
- Absorción:	1.40%		1.30%	
- Módulo de finura:	3.08		6.85	
- Abrasión:			27.00%	
- % que pasa malla N° 200	3.940		0.600	

II) PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

1. **Selección de la resistencia en compresión requerida**

- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f'_c) = 210 kg/cm²

- Resistencia a la compresión requerida del concreto (f'_{cr})=1.2*f'_c = 252 kg/cm²

2. **Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso**

TMN = 3/4"

3. **Selección del asentamiento**

3" - 4"

4. **Selección de volumen unitario de agua**

Para un asentamiento de 3" a 4" y un TMN 3/4" 205 l/m³

5. **Selección del contenido de aire**

Para un tamaño máximo nominal de 3/4" 2.00%

6. **Selección de la relación agua - cemento**

Ley de Powers (a/c) = 0.650

7. **Determinación del contenido de cemento y factor cemento**

205/0.65 = 315.380 kg

Factor cemento = 7.42 bls/m³

8. **Determinación del volumen absoluto de la pasta**

Cemento 315.38/(3.11x1000) = 0.101 m³

Agua 205/1000 = 0.205 m³

Aire 2.00% = 0.020 m³

Volumen absoluto de la pasta = 0.326 m³

9. **Determinación del volumen absoluto de los agregados**

Volumen absoluto de los agregados 1-0.326 = 0.674 m³

10. Determinación de vacíos			
% vacíos	=	(2610-1495)/2610	= 42.72%
% vacíos por corregir	=	42.72%-35.00%	= 7.72%
11. Determinación del módulo de finura de la combinación de agregados			
Para un contenido de cemento de 7.42 bls/m ³			
y un tamaño máximo nominal de 3/4"			
	mc	=	5.069
	factor corrección	=	0.154
	mc corregido	=	4.915
12. Determinación del porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto			
	$rr=(6.845-4.915)/(4.915-3.08)$	=	0.51
	% agregado fino	=	51.26%
	% agregado grueso	=	48.74%
13. Determinación de los volúmenes absolutos de los agregados			
	Agregado fino	=	0.345 m ³
	Agregado grueso	=	0.328 m ³
14. Determinación de los pesos secos de los agregados			
	Agregado fino	=	905.00 kg/m ³
	Agregado grueso	=	857.00 kg/m ³
15. Valores de diseño			
	Cemento	=	315.38 kg/m ³
	Agua de diseño	=	205.00 lt/m ³
	Agregado fino seco	=	905.00 kg/m ³
	Agregado grueso seco	=	857.00 kg/m ³
16. Corrección por humedad de los agregados			
	Peso húmedo del agregado fino	=	931.299 kg/m ³
	Peso húmedo del agregado grueso	=	860.899 kg/m ³
17. Determinación de la humedad superficial de los agregados			
	Agregado fino	=	1.51%
	Agregado grueso	=	-0.85%
18. Aporte de humedad de los agregados			
	Agregado fino	=	13.629 lt
	Agregado grueso	=	-7.242 lt
	Aporte total	=	6.388 lt
19. Agua efectiva de mezclado			
	Agua efectiva	=	198.612 lt
20. Materiales corregidos por humedad			
	Cemento	=	315.380 kg
	Agua efectiva	=	198.612 lt
	Agregado fino húmedo	=	931.299 kg
	Agregado grueso húmedo	=	860.899 kg
	Aire total	=	2.00%

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	=	1	
Agregado fino	=	2.95	
Agregado grueso	=	2.73	
Agua	=	26.76	lt/bls

IV) CONVERSIÓN DE DOSIFICACIÓN EN PESO A VOLUMEN

1. Materiales	Agregado fino	Agregado grueso
- Peso unitario suelto seco:	1619 kg/m ³	1369 kg/m ³
- Humedad:	2.906%	0.455%

2. Determinación de la cantidad de materiales por tanda		
Cemento	=	42.500 kg/bls
Agua efectiva	=	26.765 kg/bls
Agregado fino húmedo	=	125.500 kg/bls
Agregado grueso húmedo	=	116.013 kg/bls
3. Determinación de los pesos unitarios húmedos de los agregados		
Peso unitario húmedo del agregado fino	=	1666.048 kg/m ³
Peso unitario húmedo del agregado grueso	=	1375.229 kg/m ³
4. Convertimos el peso unitario de los materiales a kg/pie³		
Peso unitario húmedo del agregado fino	=	47.177 kg/pie ³
Peso unitario húmedo del agregado grueso	=	38.942 kg/pie ³
Bolsa de cemento	=	42.500 kg/pie ³

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	=	1
Agregado fino	=	2.66
Agregado grueso	=	2.98
Agua	=	26.76 lt/bls

V) PROPORCIÓN POR TANDA 0.020 m³

TANDA		0.02 m ³
Cemento	=	6307.60 g
Agua efectiva	=	3972.25 g
Agregado fino húmedo	=	18625.99 g
Agregado grueso húmedo	=	17217.99 g

5. Diseño de mezcla de concreto de prueba: Cantera Inferior

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO DE PRUEBA (TABLA ACI) - CANTERA INFERIOR

I) MATERIALES

1. **Cemento:**
Portland Pacasmayo TIPO I (A.S.T.M. C-150)
- Peso específico= 3.11 g/cm³
2. **Agua:**
Agua potable
3. **Agregados:**

Descripción	Agregado fino		Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1570	kg/m ³	1392	kg/m ³
- Peso unitario compactado seco:	1729	kg/m ³	1509	kg/m ³
- Peso específico de masa:	2.720	g/cm ³	2.600	g/cm ³
- Peso específico sss:	2.730	g/cm ³	2.640	g/cm ³
- Peso específico aparente:	2.750	g/cm ³	2.700	g/cm ³
- Humedad:	2.311%		1.146%	
- Absorción:	1.000%		1.800%	
- Módulo de finura:	2.94		6.88	
- Abrasión:			26.00%	
- % que pasa malla N° 200	3.000		0.800	

II) PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

1. **Selección de la resistencia en compresión requerida**
 - Resistencia a la compresión especificada del concreto (f_c) = 210 kg/cm²
 - Resistencia a la compresión requerida del concreto (f'_{cr})=1.2*f_c = 252 kg/cm²
2. **Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso**
TMN = 3/4"
3. **Selección del asentamiento**
3" - 4"
4. **Selección de volumen unitario de agua**
Para un asentamiento de 3" a 4" y un TMN 3/4" 205 l/m³
5. **Selección del contenido de aire**
Para un tamaño máximo nominal de 3/4" 2.00%
6. **Selección de la relación agua - cemento**
Por resistencia (a/c) = 0.617
7. **Determinación del contenido de cemento y factor cemento**
205/0.6172 = 332.150 kg
Factor cemento = 7.82 bls/m³
8. **Determinación del volumen absoluto de la pasta**
 - Cemento 332.15/(3.11x1000) = 0.107 m³
 - Agua 205/1000 = 0.205 m³
 - Aire 2.00% = 0.020 m³
 - Volumen absoluto de la pasta = 0.332 m³
9. **Determinación del volumen absoluto de los agregados**
Volumen absoluto de los agregados 1-0.332 = 0.668 m³

10. Determinación de vacíos			
% vacíos	=	(2600-1509)/2600	= 41.96%
% vacíos por corregir	=	41.96%-35.00%	= 6.96%
11. Determinación del módulo de finura de la combinación de agregados			
Para un contenido de cemento de 7.82 bls/m ³			
y un tamaño máximo nominal de 3/4"			
	mc	=	5.0974
	factor corrección	=	0.139
	mc corregido	=	4.958
12. Determinación del porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto			
	$rr = (6.88 - 4.958) / (6.88 - 2.94)$	=	0.49
	% agregado fino	=	48.78%
	% agregado grueso	=	51.22%
13. Determinación de los volúmenes absolutos de los agregados			
	Agregado fino	=	0.326 m ³
	Agregado grueso	=	0.342 m ³
14. Determinación de los pesos secos de los agregados			
	Agregado fino	=	887.00 kg/m ³
	Agregado grueso	=	890.00 kg/m ³
15. Valores de diseño			
	Cemento	=	332.150 kg/m ³
	Agua de diseño	=	205 lt/m ³
	Agregado fino seco	=	887.00 kg/m ³
	Agregado grueso seco	=	890.00 kg/m ³
15. Corrección por humedad de los agregados			
	Peso húmedo del agregado fino	=	907.4986 kg/m ³
	Peso húmedo del agregado grueso	=	900.1994 kg/m ³
16. Determinación de la humedad superficial de los agregados			
	Agregado fino	=	1.31%
	Agregado grueso	=	-0.65%
17. Aporte de humedad de los agregados			
	Agregado fino	=	11.62857 lt
	Agregado grueso	=	-5.8206 lt
	Aporte total	=	5.808 lt
18. Agua efectiva de mezclado			
	Agua efectiva	=	199.192 lt
19. Materiales corregidos por humedad			
	Cemento	=	332.150 kg
	Agua efectiva	=	199.192 lt
	Agregado fino húmedo	=	907.499 kg
	Agregado grueso húmedo	=	900.199 kg
	Aire total	=	2.00%

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	=	1	
Agregado fino	=	2.73	
Agregado grueso	=	2.71	
Agua	=	25.49	lt/bls

IV) CONVERSIÓN DE DOSIFICACIÓN EN PESO A VOLUMEN

1. Materiales			
	Agregado fino	Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1570 kg/m ³	1392 kg/m ³	
- Humedad:	2.311%	1.146%	
2. Cálculo de la cantidad de materiales por tanda			
	Cemento	=	42.50 kg/bls
	Agua efectiva	=	25.49 kg/bls
	Agregado fino húmedo	=	116.118 kg/bls
	Agregado grueso húmedo	=	115.184 kg/bls

3. Determinación de los pesos unitarios húmedos de los agregados

Agregado fino	=	1606.283 kg/m ³
Agregado grueso	=	1407.952 kg/m ³

4. Convertimos el peso unitario de los materiales a kg/pie³

Agregado fino	=	45.484 kg/pie ³
Agregado grueso	=	39.868 kg/pie ³
Bolsa de cemento	=	42.50 kg/pie ³

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	=	1
Agregado fino	=	2.55
Agregado grueso	=	2.89
Agua	=	25.49 lt/bls

V) PROPORCIÓN POR TANDA 0.020 m³

TANDA	=	0.02 m ³
Cemento	=	6643.0 g
Agua efectiva	=	3983.8 g
Agregado fino húmedo	=	18150.0 g
Agregado grueso húmedo	=	18004.0 g

VI) RESULTADOS: ENSAYO A COMPRESIÓN

Se realizó la elaboración de 3 probetas de 6" x 12" las cuales se ensayaron a los 5 días

RESULTADOS DE ENSAYO A COMPRESIÓN A LOS 5 DÍAS								
MUESTRA	Ø SUP. (cm)	Ø INF. (cm)	Ø PROM. (cm)	ÁREA (m ²)	ALTURA (cm)	CARGA ÚLTIMA (TN)	f'c (Kg/cm ²)	f'c promedio
M1	15.12	15.14	15.13	179.791	30.30	30	166.86049	167.82
M2	15.12	15.13	15.13	179.696	30.30	30.5	169.73123	
M3	15.13	15.13	15.13	179.791	30.30	30	166.86049	

Como se obtiene una resistencia a la compresión de 167.82 kg/cm² a los 5 días

Lo proyectamos a los 28 días multiplicando por un factor de 1.3

Se obtiene un f'c de 218.16 kg/cm² a los 28 días, para realizar el reajuste aplicamos la Ley de Powers.

VII) CORRECCIÓN POR RESISTENCIA

$$R = 2380 X^3 \quad ; \quad R = 218.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$X = 0.450887088$$

$$X = \frac{0.647 \alpha}{0.319\alpha + \frac{a}{c}} \quad a/c = 0.617$$

$$0.503167 \cdot \alpha = \frac{0.278287511}{0.553}$$

Conociendo el grado de hidratación del concreto y la resistencia a la compresión reajustamos la relación a/c

$$R = 2380 X^3 \quad ; \quad R = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$X = 0.445192097$$

$$\text{Remplazamos en ec.:} \quad X = \frac{0.647 \alpha}{0.319\alpha + \frac{a}{c}} \quad ; \quad \alpha = 0.553$$

$$0.445 = \frac{0.358}{0.176 + \frac{a}{c}}$$

$$0.445 \cdot \frac{a}{c} = 0.279292278$$

$$\boxed{\frac{a}{c} = 0.630}$$

6. Diseño de mezcla de concreto de la Cantera Inferior

DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO - CANTERA INFERIOR

I) MATERIALES

1. **Cemento:**

Portland Pacasmayo TIPO I (A.S.T.M. C-150)

- Peso específico = 3.11 g/cm³

2. **Agua:**

Agua potable

3. **Agregados:**

Descripción	Agregado fino		Agregado grueso	
- Peso unitario suelto seco:	1570.000	kg/m ³	1392.000	kg/m ³
- Peso unitario compactado seco:	1729.000	kg/m ³	1509.000	kg/m ³
- Peso específico de masa:	2.720	g/cm ³	2.600	g/cm ³
- Peso específico sss:	2.730	g/cm ³	2.640	g/cm ³
- Peso específico aparente:	2.750	g/cm ³	2.700	g/cm ³
- Humedad:	2.311%		1.146%	
- Absorción:	1.00%		1.80%	
- Módulo de finura:	2.94		6.88	
- Abrasión:			26.00%	
- % que pasa malla N° 200	3.000		0.800	

II) PROCEDIMIENTO DEL DISEÑO

1. **Selección de la resistencia en compresión requerida**

- Resistencia a la compresión especificada del concreto (f'_c) = 210 kg/cm²

- Resistencia a la compresión requerida del concreto (f'_{cr})=1.2*f'_c = 252 kg/cm²

2. **Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso**

TMN = 3/4"

3. **Selección del asentamiento**

3" - 4"

4. **Selección de volumen unitario de agua**

Para un asentamiento de 3" a 4" y un TMN 3/4" 205 l/m³

5. **Selección del contenido de aire**

Para un tamaño máximo nominal de 3/4" 2.00%

6. **Selección de la relación agua - cemento**

Ley de Powers (a/c) = 0.630

7. **Determinación del contenido de cemento y factor cemento**

205/0.63 = 325.400 kg

Factor cemento = 7.66 bls/m³

8. **Determinación del volumen absoluto de la pasta**

Cemento 325.4/(3.11x1000) = 0.105 m³

Agua 205/1000 = 0.205 m³

Aire 2.00% = 0.020 m³

Volumen absoluto de la pasta = 0.330 m³

9. **Determinación del volumen absoluto de los agregados**

Volumen absoluto de los agregados 1-0.33 = 0.670 m³

10. Determinación de vacíos			
% vacíos	=	(2600-1509)/2600	= 41.96%
% vacíos por corregir	=	41.96%-35.00%	= 6.96%
11. Determinación del módulo de finura de la combinación de agregados			
Para un contenido de cemento de 7.66 bls/m ³			
y un tamaño máximo nominal de 3/4"			
	mc	=	5.086
	factor corrección	=	0.139
	mc corregido	=	4.947
12. Determinación del porcentaje de los agregados en relación al volumen absoluto			
	$rr=(6.88-4.947)/(4.947-2.94)$	=	0.49
	% agregado fino	=	49.06%
	% agregado grueso	=	50.94%
13. Determinación de los volúmenes absolutos de los agregados			
	Agregado fino	=	0.329 m ³
	Agregado grueso	=	0.341 m ³
14. Determinación de los pesos secos de los agregados			
	Agregado fino	=	895.00 kg/m ³
	Agregado grueso	=	888.00 kg/m ³
15. Valores de diseño			
	Cemento	=	325.40 kg/m ³
	Agua de diseño	=	205.00 lt/m ³
	Agregado fino seco	=	895.00 kg/m ³
	Agregado grueso seco	=	888.00 kg/m ³
16. Corrección por humedad de los agregados			
	Peso húmedo del agregado fino	=	915.683 kg/m ³
	Peso húmedo del agregado grueso	=	898.176 kg/m ³
17. Determinación de la humedad superficial de los agregados			
	Agregado fino	=	1.31%
	Agregado grueso	=	-0.65%
18. Aporte de humedad de los agregados			
	Agregado fino	=	11.733 lt
	Agregado grueso	=	-5.808 lt
	Aporte total	=	5.926 lt
19. Agua efectiva de mezclado			
	Agua efectiva	=	199.074 lt
20. Materiales corregidos por humedad			
	Cemento	=	325.400 kg
	Agua efectiva	=	199.074 lt
	Agregado fino húmedo	=	915.683 kg
	Agregado grueso húmedo	=	898.176 kg
	Aire total	=	2.00%

III) DOSIFICACIÓN EN PESO

Cemento	=	1	
Agregado fino	=	2.81	
Agregado grueso	=	2.76	
Agua	=	26.00	lt/bls

IV) CONVERSIÓN DE DOSIFICACIÓN EN PESO A VOLUMEN

1. Materiales

	Agregado fino	Agregado grueso
- Peso unitario suelto seco:	1570 kg/m ³	1392 kg/m ³
- Humedad:	2.311%	1.146%

2. Determinación de la cantidad de materiales por tanda		
Cemento	=	42.500 kg/bls
Agua efectiva	=	26.001 kg/bls
Agregado fino húmedo	=	119.596 kg/bls
Agregado grueso húmedo	=	117.309 kg/bls
3. Determinación de los pesos unitarios húmedos de los agregados		
Peso unitario húmedo del agregado fino	=	1606.283 kg/m ³
Peso unitario húmedo del agregado grueso	=	1407.952 kg/m ³
4. Convertimos el peso unitario de los materiales a kg/pie³		
Peso unitario húmedo del agregado fino	=	45.484 kg/pie ³
Peso unitario húmedo del agregado grueso	=	39.868 kg/pie ³
Bolsa de cemento	=	42.500 kg/pie ³

DOSIFICACIÓN EN VOLUMEN

Cemento	=	1
Agregado fino	=	2.63
Agregado grueso	=	2.94
Agua	=	26.00 lt/bls

V) PROPORCIÓN POR TANDA 0.020 m³

TANDA		0.02 m ³
Cemento	=	6508.00 g
Agua efectiva	=	3981.48 g
Agregado fino húmedo	=	18313.67 g
Agregado grueso húmedo	=	17963.53 g

ANEXO 06: PESO UNITARIO DEL CONCRETO

1. Peso unitario del concreto en estado fresco

Tabla 77.

Peso específico del agua para el concreto en estado fresco

Descripción	Peso	unidades
Peso de la fiola	173.00	g
Peso de la fiola +agua	672.00	g
Volumen de la fiola	500.00	cm ³
Peso especifico	0.998	g/cm ³
P.e en (Kg/m ³)	998	kg/cm ³

Tabla 78.

Factor de calibración (f) del molde

Descripción	Peso	Unidad
Peso del Molde	7113.00	g
Peso del Molde +Agua	14286.00	g
Peso Agua (Kg)	7.17	kg
f (1/m ³)	139.13	1/m ³

Tabla 79.

Peso unitario del concreto en estado fresco de la cantera superior.

CANTERA	MUESTRA	f(1/m ³)	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m ³)
CANTERA SUPERIOR	M1	139.13	7.113	23.645	16.532	2300.10	2264.41
	M2		7.113	23.598	16.485	2293.56	
	M3		7.113	23.472	16.359	2276.03	
	M4		7.113	23.389	16.276	2264.48	
	M5		7.113	23.745	16.632	2314.01	
	M6		7.113	23.401	16.288	2266.15	
	M7		7.113	23.780	16.667	2318.88	
	M8		7.113	22.558	15.445	2148.86	
	M9		7.113	22.602	15.489	2154.98	
	M10		7.113	23.695	16.582	2307.05	

Tabla 80.

Peso unitario del concreto en estado fresco de la cantera media-alta.

CANTERA	MUESTRA	f(1/m ³)	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m ³)
CANTERA MEDIA-ALTA	M1	139.13	7.113	23.145	16.032	2230.53	2233.72
	M2		7.113	23.124	16.011	2227.61	
	M3		7.113	23.185	16.072	2236.10	
	M4		7.113	23.078	15.965	2221.21	
	M5		7.113	23.022	15.909	2213.42	
	M6		7.113	23.032	15.919	2214.81	
	M7		7.113	23.562	16.449	2288.55	
	M8		7.113	22.975	15.862	2206.88	
	M9		7.113	22.998	15.885	2210.08	
	M10		7.113	23.558	16.445	2287.99	

Tabla 81.

Peso unitario del concreto en estado fresco de la cantera inferior.

CANTERA	MUESTRA	f(1/m ³)	PESO DEL MOLDE	PESO DEL MOLDE + CONCRETO (kg)	PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m ³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m ³)
CANTERA INFERIOR	M1	139.13	7.113	22.965	15.852	2205.49	2199.10
	M2		7.113	22.879	15.766	2193.52	
	M3		7.113	22.832	15.719	2186.98	
	M4		7.113	22.925	15.812	2199.92	
	M5		7.113	22.868	15.755	2191.99	
	M6		7.113	22.945	15.832	2202.71	
	M7		7.113	22.899	15.786	2196.31	
	M8		7.113	22.981	15.868	2207.71	
	M9		7.113	22.941	15.828	2202.15	
	M10		7.113	22.956	15.843	2204.24	

2. Peso unitario del concreto endurecido

a) Peso unitario del concreto en estado endurecido de la cantera superior

Tabla 82. Peso unitario del concreto de la cantera superior (7,14 y 28 días).

CANTERA	EDAD(Días)	MUESTRA	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m³)	PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m³)
CANTERA SUPERIOR	7	M1	15.15	180	30.40	0.01	12.229	2231.48	2237.003
		M2	15.15	180	30.40	0.01	12.563	2292.43	
		M3	15.15	180	30.40	0.01	12.237	2232.94	
		M4	15.15	180	30.40	0.01	12.701	2317.61	
		M5	15.15	180	30.40	0.01	12.198	2225.83	
		M6	15.15	180	30.40	0.01	12.331	2250.1	
		M7	15.15	180	30.40	0.01	12.472	2275.83	
		M8	15.26	182.9	30.40	0.01	12.100	2176.32	
		M9	15.25	183	30.63	0.01	12.322	2202.49	
		M10	15.24	182	30.50	0.01	12.045	2165	
	14	M1	15.15	180	30.40	0.01	12.428	2267.8	2249.786
		M2	15.15	180	30.40	0.01	12.552	2290.42	
		M3	15.15	180	30.40	0.01	12.326	2249.18	
		M4	15.15	180	30.40	0.01	12.515	2283.67	
		M5	15.15	180	30.40	0.01	12.222	2230.21	
		M6	15.15	180	30.40	0.01	12.324	2248.82	
		M7	15.15	180	30.40	0.01	12.568	2293.34	
		M8	15.15	180	30.40	0.01	12.049	2198.64	
		M9	15.15	180	30.40	0.01	12.244	2234.22	
		M10	15.15	180	30.40	0.01	12.065	2201.56	
	28	M1	15.15	180	30.40	0.01	12.429	2267.98	2252.422
		M2	15.13	180	30.40	0.01	12.552	2296.54	
		M3	15.15	180	30.42	0.01	12.417	2264.3	
		M4	15.15	180	30.40	0.01	12.279	2240.61	
		M5	15.15	180	30.30	0.01	12.245	2241.78	
		M6	15.12	180	30.40	0.01	12.257	2245.56	
		M7	15.15	180	30.40	0.01	12.568	2293.34	
		M8	15.18	181	30.40	0.01	12.228	2222.55	
		M9	15.22	182	30.40	0.01	12.322	2227.82	
		M10	15.26	183	30.30	0.01	12.323	2223.74	

b) Peso unitario del concreto en estado endurecido de la cantera media-alta

Tabla 83.

Peso unitario del concreto de la cantera media-alta (7,14 y 28 días)

CANTE RA	EDAD(Dí as)	MUEST RA	ØPROMEDIO (cm)	ÁREA(c m ²)	ALTURA(cm)	VOLUMEN(m ³)	PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO(kg /m ³)	PESO UNITARIO PROMEDIO(kg /m ³)
CANTE RA MEDIA- ALTA	7	M1	15.24	182.4	30.40	0.01	12.971	2339.11	2194.379
		M2	15.15	180.3	30.40	0.01	12.432	2268.53	
		M3	15.15	180.3	30.40	0.01	12.723	2321.63	
		M4	15.15	180.3	30.40	0.01	12.371	2257.4	
		M5	15.15	180.3	34.50	0.01	12.571	2021.28	
		M6	15.15	180.3	35.50	0.01	12.671	1979.97	
		M7	15.18	181.0	30.37	0.01	12.099	2201.27	
		M8	15.22	181.9	30.50	0.01	12.219	2201.95	
		M9	15.25	182.7	30.50	0.01	12.207	2191.24	
		M10	15.24	182.4	30.50	0.01	12.025	2161.41	
	14	M1	15.20	181.5	30.40	0.01	12.049	2184.22	2220.642
		M2	15.15	180.3	30.40	0.01	12.449	2271.63	
		M3	15.15	180.3	30.30	0.01	12.090	2213.4	
		M4	15.15	180.3	30.40	0.01	12.180	2222.54	
		M5	15.15	180.3	30.40	0.01	12.050	2198.82	
		M6	15.15	180.3	30.30	0.01	12.153	2224.94	
		M7	15.20	181.5	30.30	0.01	12.196	2218.17	
		M8	15.20	181.5	30.40	0.01	12.240	2218.84	
		M9	15.25	182.7	30.30	0.01	12.283	2219.43	
		M10	15.20	181.5	30.40	0.01	12.326	2234.43	
	28	M1	15.15	180.3	30.40	0.01	12.726	2322.17	2231.975
		M2	15.20	181.5	30.37	0.01	12.070	2190.19	
		M3	15.18	181.0	30.30	0.01	12.049	2197.24	
		M4	15.22	181.9	30.40	0.01	12.874	2327.62	
		M5	15.26	182.9	30.30	0.01	12.065	2177.18	
		M6	15.20	181.5	30.30	0.01	12.101	2200.89	
		M7	15.18	181.0	30.30	0.01	12.149	2215.48	
		M8	15.22	181.9	30.30	0.01	12.197	2212.49	
		M9	15.15	180.3	30.30	0.01	12.246	2241.96	
		M10	15.20	181.5	30.30	0.01	12.286	2234.53	

c) Peso unitario del concreto en estado endurecido de la cantera inferior

Tabla 84.

Peso unitario del concreto de la cantera superior (7,14 y 28 días)

CANTERA	EDAD(Días)	MUESTRA	Ø PROMEDIO (cm)	ÁREA (cm²)	ALTURA (cm)	VOLUMEN (m³)	PESO DEL CONCRETO (kg)	PESO UNITARIO (kg/m³)	PESO UNITARIO PROMEDIO (kg/m³)
CANTERA INFERIOR	7	M1	15.20	181	30.40	0.01	12.015	2178.06	2183.652
		M2	15.15	180	30.40	0.01	12.035	2196.08	
		M3	15.15	180	30.40	0.01	12.030	2195.17	
		M4	15.15	180	30.40	0.01	12.037	2196.45	
		M5	15.15	180	30.40	0.01	12.023	2193.89	
		M6	15.15	180	30.40	0.01	12.025	2194.26	
		M7	15.17	181	30.43	0.01	12.040	2189.12	
		M8	15.17	181	30.47	0.01	12.014	2181.53	
		M9	15.26	183	30.40	0.01	12.020	2161.93	
		M10	15.31	184	30.47	0.01	12.060	2150.03	
	14	M1	15.20	181	30.40	0.01	12.030	2180.78	2189.149
		M2	15.15	180	30.40	0.01	12.060	2200.65	
		M3	15.15	180	30.40	0.01	12.065	2201.56	
		M4	15.15	180	30.40	0.01	12.068	2202.11	
		M5	15.15	180	30.40	0.01	12.071	2202.65	
		M6	15.15	180	30.40	0.01	12.066	2201.74	
		M7	15.17	181	30.43	0.01	12.067	2194.03	
		M8	15.17	181	30.47	0.01	12.063	2190.43	
		M9	15.26	183	30.40	0.01	12.054	2168.04	
		M10	15.31	184	30.47	0.01	12.057	2149.50	
	28	M1	15.24	182	30.40	0.01	12.133	2187.99	2198.646
		M2	15.15	180	30.40	0.01	12.135	2214.33	
		M3	15.24	182	30.40	0.01	12.134	2188.17	
		M4	15.15	180	30.40	0.01	12.129	2213.24	
		M5	15.15	180	30.40	0.01	12.110	2209.77	
		M6	15.15	180	30.40	0.01	12.118	2211.23	
		M7	15.15	180	30.37	0.01	12.110	2211.95	
		M8	15.26	183	30.40	0.01	12.128	2181.35	
		M9	15.25	183	30.40	0.01	12.117	2182.24	
		M10	15.24	182	30.40	0.01	12.123	2186.19	

ANEXO 07: RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

1. Resistencia a compresión a los 7 días de curado.

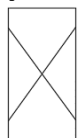
a) Resultados a compresión de la Cantera Superior

Nº DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CS-M1	CS-M2	CS-M3	CS-M4	CS-M5	CS-M6	CS-M7	CS-M8	CS-M9	CS-M10
FECHA DE MUESTREO	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025
EDAD (días)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
FECHA DE ROTURA	31/01/2025	31/01/2025	31/01/2025	31/01/2025	31/01/2025	31/01/2025	31/01/2025	31/01/2025	31/01/2025	31/01/2025
DIÁMETRO (cm)	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.26	15.25	15.24
ALTURA (cm)	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.63	30.50
PESO (g)	12229	12563	12237	12701	12198	12331	12472	12100	12322	12045
VOLUMEN (cm³)	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5559.97	5594.70	5563.65
ESBELTEZ	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	1.99	2.01	2.00
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	2	2	2	2	5	2	2	2	2	5
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.23	2.29	2.23	2.32	2.23	2.25	2.28	2.18	2.20	2.16
CARGA (Tn)	26	26.5	26	27	27	26.5	26.5	26	27	26.5
CARGA (Kg)	26000.00	26500.00	26000.00	27000.00	27000.00	26500.00	26500.00	26000.00	27000.00	26500.00
ÁREA (cm²)	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	182.89	182.65	182.41
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	144.23	147.00	144.23	149.78	149.78	147.00	147.00	142.16	147.82	145.27
PROMEDIO (kg/cm²)	146.43									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	68.68%	70.00%	68.68%	71.32%	71.32%	70.00%	70.00%	67.69%	70.39%	69.18%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	2.46									
VARIANZA (σ²)	6.07									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	1.68%									

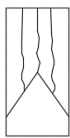
OBSERVACIONES:

En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 8 probetas de fractura tipo 2 y 2 probetas de fractura tipo 5.

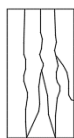
Esquema de patrones típicos de fractura:



Tipo 1
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.



Tipo 2
Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en las otras partes.



Tipo 3
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.



Tipo 4
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.



Tipo 5
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.

Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Donde (*):

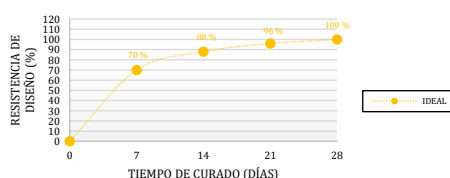
a = 4

b = 0.85

t = Edad (días)

* Cemento tipo 1 y curado en condiciones húmedas

RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO EN FUNCIÓN DEL DÍA (VALORES REFERENCIALES)



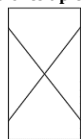
b) Resultados a compresión de la Cantera Media-Alta

Nº DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CM-M1	CM-M2	CM-M3	CM-M4	CM-M5	CM-M6	CM-M7	CM-M8	CM-M9	CM-M10
FECHA DE MUESTREO	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025
EDAD (días)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
FECHA DE ROTURA	03/02/2025	03/02/2025	03/02/2025	03/02/2025	03/02/2025	03/02/2025	03/02/2025	03/02/2025	03/02/2025	03/02/2025
DIÁMETRO (cm)	15.24	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.18	15.22	15.25	15.24
ALTURA (cm)	30.40	30.40	30.40	30.40	34.50	35.50	30.37	30.50	30.50	30.50
PESO (g)	12971	12432	12723	12371	12571	12671	12099	12219	12207	12025
VOLUMEN (cm³)	5545.41	5480.10	5480.10	5480.10	6219.20	6399.46	5496.40	5549.05	5570.95	5563.65
ESBELTEZ	1.99	2.01	2.01	2.01	2.28	2.34	2.00	2.00	2.00	2.00
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	2	2	2	6	5	2	2	6	5	5
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.34	2.27	2.32	2.26	2.02	1.98	2.20	2.20	2.19	2.16
CARGA (Tn)	28	28.5	27	28.5	28.5	29	29	28	28.5	28
CARGA (Kg)	28000.00	28500.00	27000.00	28500.00	28500.00	29000.00	29000.00	28000.00	28500.00	28000.00
ÁREA (cm²)	182.41	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.98	181.94	182.65	182.41
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	153.50	158.10	149.78	158.10	158.10	160.87	160.24	153.90	156.03	153.50
PROMEDIO (kg/cm²)	156.21									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	73.09%	75.29%	71.32%	75.29%	75.29%	76.61%	76.30%	73.29%	74.30%	73.09%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	3.50									
VARIANZA (σ²)	12.24									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	2.24%									

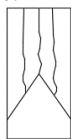
OBSERVACIONES:

En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 5 probetas de fractura tipo 2 , 3 probetas de fractura tipo 5 y 2 probetas de fractura tipo 6.

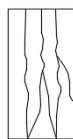
Esquema de patrones típicos de fractura:



Tipo 1
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.



Tipo 2
Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en las otras partes.



Tipo 3
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.



Tipo 4
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.



Tipo 5
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.

Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

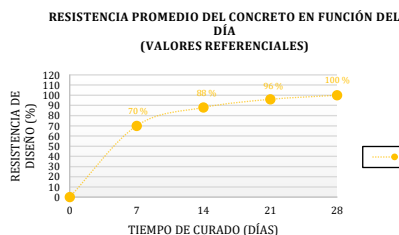
Donde (*):

a = 4

b = 0.85

t = Edad (días)

* Cemento tipo I y curado en condiciones húmedas



c) Resultados a compresión de la cantera Inferior

Nº DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CI-M1	CI-M2	CI-M3	CI-M4	CI-M5	CI-M6	CI-M7	CI-M8	CI-M9	CI-M10
FECHA DE MUESTREO	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025
EDAD (días)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
FECHA DE ROTURA	04/02/2025	04/02/2025	04/02/2025	04/02/2025	04/02/2025	04/02/2025	04/02/2025	04/02/2025	04/02/2025	04/02/2025
DIÁMETRO (cm)	15.20	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.17	15.17	15.26	15.31
ALTURA (cm)	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.43	30.47	30.40	30.47
PESO (g)	12015	12035	12030	12037	12023	12025	12040	12014	12020	12060
VOLUMEN (cm³)	5516.34	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5500.00	5507.23	5559.97	5609.35
ESBELTEZ	2.00	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	1.99	1.99
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	2	6	6	2	6	2	2	6	2	6
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.18	2.20	2.20	2.20	2.19	2.19	2.19	2.18	2.16	2.15
CARGA (Tn)	31	31.5	31.5	31	30	30	30	31	31.5	31
CARGA (Kg)	31000.00	31500.00	31500.00	31000.00	30000.00	30000.00	30000.00	31000.00	31500.00	31000.00
ÁREA (cm²)	181.46	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.74	180.74	182.89	184.09
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	170.84	174.74	174.74	171.97	166.42	166.42	165.98	171.51	172.23	168.39
PROMEDIO (kg/cm²)	170.32									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	81.35%	83.21%	83.21%	81.89%	79.25%	79.25%	79.04%	81.67%	82.01%	80.19%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	3.34									
VARIANZA (σ²)	11.12									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	1.96%									

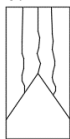
OBSERVACIONES:

En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 5 probetas de fractura tipo 2 y 5 probetas de fractura tipo 6

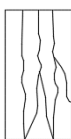
Esquema de patrones típicos de fractura:



Tipo 1
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.



Tipo 2
Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en las otras partes.



Tipo 3
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.



Tipo 4
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.



Tipo 5
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.

Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Donde (*):

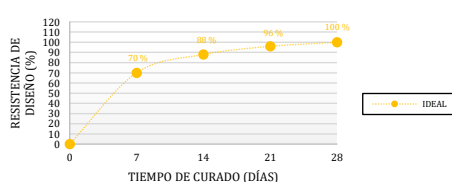
a = 4

b = 0.85

t = Edad (días)

* Cemento tipo I y curado en condiciones húmedas

RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO EN FUNCIÓN DEL DÍA (VALORES REFERENCIALES)



2. Resistencia a compresión a los 14 días de curado

a) Resultados a compresión de la Cantera Superior.

N° DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CS-M1	CS-M2	CS-M3	CS-M4	CS-M5	CS-M6	CS-M7	CS-M8	CS-M9	CS-M10
FECHA DE MUESTREO	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025
EDAD (días)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
FECHA DE ROTURA	07/02/2025	07/02/2025	07/02/2025	07/02/2025	07/02/2025	07/02/2025	07/02/2025	07/02/2025	07/02/2025	07/02/2025
DIÁMETRO (cm)	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15
ALTURA (cm)	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40
PESO (g)	12428	12552	12326	12515	12222	12324	12568	12049	12244	12065
VOLUMEN (cm³)	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10	5480.10
ESBELTEZ	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	2	2	2	5	5	2	2	2	5	5
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.27	2.29	2.25	2.28	2.23	2.25	2.29	2.20	2.23	2.20
CARGA (Tn)	36	36	36.5	37	36.5	37	37.5	37.5	36	36.5
CARGA (Kg)	36000.00	36000.00	36500.00	37000.00	36500.00	37000.00	37500.00	37500.00	36000.00	36500.00
ÁREA (cm²)	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	199.70	199.70	202.48	205.25	202.48	205.25	208.03	208.03	199.70	202.48
PROMEDIO (kg/cm²)	203.31									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	95.10%	95.10%	96.42%	97.74%	96.42%	97.74%	99.06%	99.06%	95.10%	96.42%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	3.22									
VARIANZA (σ²)	10.34									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	1.58%									

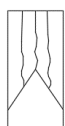
OBSERVACIONES:

En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 6 probetas de fractura tipo 2 y 4 probetas de fractura tipo 5.

Esquema de patrones típicos de fractura:



Tipo 1
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.



Tipo 2
Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en las otras partes.



Tipo 3
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.



Tipo 4
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.

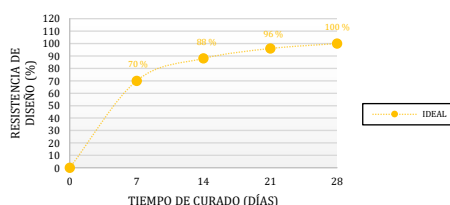


Tipo 5
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.

RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO EN FUNCIÓN DEL DÍA
(VALORES REFERENCIALES)



Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Donde (*):

a = 4
b = 0.85
t = Edad (días)

* Cemento tipo I y curado en condiciones húmedas

b) Resultados a compresión de la Cantera Media-Alta.

Nº DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CM-M1	CM-M2	CM-M3	CM-M4	CM-M5	CM-M6	CM-M7	CM-M8	CM-M9	CM-M10
FECHA DE MUESTREO	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025
EDAD (días)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
FECHA DE ROTURA	10/02/2025	10/02/2025	10/02/2025	10/02/2025	10/02/2025	10/02/2025	10/02/2025	10/02/2025	10/02/2025	10/02/2025
DIÁMETRO (cm)	15.20	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.20	15.20	15.25	15.20
ALTURA (cm)	30.40	30.40	30.30	30.40	30.40	30.30	30.30	30.40	30.30	30.40
PESO (g)	12049	12449	12090	12180	12050	12153	12196	12240	12283	12326
VOLUMEN (cm³)	5516.34	5480.10	5462.08	5480.10	5480.10	5462.08	5498.19	5516.34	5534.42	5516.34
ESBELTEZ	2.00	2.01	2.00	2.01	2.01	2.00	1.99	2.00	1.99	2.00
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	2	6	2	3	3	2	2	6	3	2
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.18	2.27	2.21	2.22	2.20	2.22	2.22	2.22	2.22	2.23
CARGA (Tn)	38	37.5	37.5	38	38.5	38	38	37.5	38.5	39
CARGA (Kg)	38000.00	37500.00	37500.00	38000.00	38500.00	38000.00	38000.00	37500.00	38500.00	39000.00
ÁREA (cm²)	181.46	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	181.46	181.46	182.65	181.46
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	209.41	208.03	208.03	210.80	213.57	210.80	209.41	206.66	210.78	214.93
PROMEDIO (kg/cm²)	210.24									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	99.72%	99.06%	99.06%	100.38%	101.70%	100.38%	99.72%	98.41%	100.37%	102.35%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	2.54									
VARIANZA (σ²)	6.44									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	1.21%									

OBSERVACIONES:

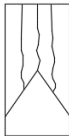
En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 5 probetas de fractura tipo 2, 3 probetas de fractura tipo 3 y 2 probetas de fractura tipo 6.

Esquema de patrones típicos de fractura:



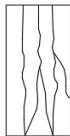
Tipo 1

Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.



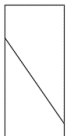
Tipo 2

Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en las otras partes.



Tipo 3

Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.



Tipo 4

Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.



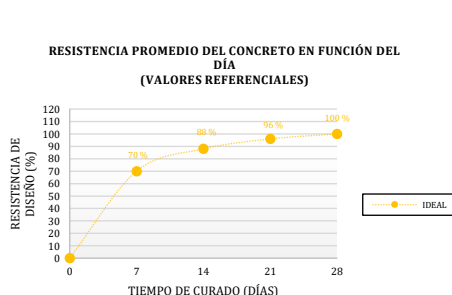
Tipo 5

Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6

Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.



Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Donde (*):

a = 4
b = 0.85
t = Edad (días)

* Cemento tipo I y curado en condiciones húmedas

c) Resultados a compresión de la Cantera Inferior.

Nº DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CI-M1	CI-M2	CI-M3	CI-M4	CI-M5	CI-M6	CI-M7	CI-M8	CI-M9	CI-M10
FECHA DE MUESTREO	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025
EDAD (días)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
FECHA DE ROTURA	11/02/2025	11/02/2025	11/02/2025	11/02/2025	11/02/2025	11/02/2025	11/02/2025	11/02/2025	11/02/2025	11/02/2025
DIÁMETRO (cm)	15.20	15.15	15.15	15.15	15.15	15.15	15.17	15.17	15.26	15.31
ALTURA (cm)	30.40	30.40	30.47	30.63	30.47	30.40	30.43	30.47	30.63	30.47
PESO (g)	12030	12060	12065	12068	12071	12066	12067	12063	12054	12057
VOLUMEN (cm³)	5516.34	5480.10	5492.72	5521.56	5492.72	5480.10	5500.00	5507.23	5602.04	5609.35
ESBELTEZ	2.00	2.01	2.01	2.02	2.01	2.01	2.01	2.01	2.01	1.99
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	2	6	6	6	6	2	6	2	6	2
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.18	2.20	2.20	2.19	2.20	2.20	2.19	2.19	2.15	2.15
CARGA (Tn)	40	40	40.5	40.5	41	41	40.5	40.5	41	41.5
CARGA (Kg)	40000.00	40000.00	40500.00	40500.00	41000.00	41000.00	40500.00	40500.00	41000.00	41500.00
ÁREA (cm²)	181.46	180.27	180.27	180.27	180.27	180.27	180.74	180.74	182.89	184.09
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	220.44	221.89	224.67	224.67	227.44	227.44	224.08	224.08	224.17	225.43
PROMEDIO (kg/cm²)	224.43									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	104.97%	105.66%	106.98%	106.98%	108.31%	108.31%	106.70%	106.70%	106.75%	107.35%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	2.16									
VARIANZA (σ²)	4.66									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	0.96%									

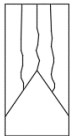
OBSERVACIONES:

En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 6 probetas de fractura tipo 6 y 4 probetas de fractura tipo 2.

Esquema de patrones típicos de fractura:



Tipo 1
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.



Tipo 2
Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en las otras partes.



Tipo 3
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.



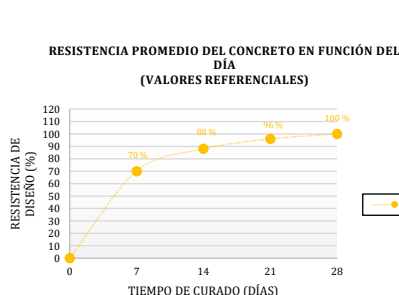
Tipo 4
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.



Tipo 5
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.



Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Donde (*):

a = 4
b = 0.85
t = Edad (días)

* Cemento tipo I y curado en condiciones húmedas

3. Resistencia a compresión a los 28 días de curado

a) Resistencia a compresión de la Cantera Superior

N° DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CS-M1	CS-M2	CS-M3	CS-M4	CS-M5	CS-M6	CS-M7	CS-M8	CS-M9	CS-M10
FECHA DE MUESTREO	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025	24/01/2025
EDAD (días)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
FECHA DE ROTURA	21/02/2025	21/02/2025	21/02/2025	21/02/2025	21/02/2025	21/02/2025	21/02/2025	21/02/2025	21/02/2025	21/02/2025
DIÁMETRO (cm)	15.15	15.13	15.15	15.15	15.15	15.12	15.15	15.18	15.22	15.26
ALTURA (cm)	30.40	30.40	30.42	30.40	30.30	30.40	30.40	30.40	30.40	30.30
PESO (g)	12429	12552	12417	12279	12245	12257	12568	12228	12322	12323
VOLUMEN (cm³)	5480.10	5465.64	5483.71	5480.10	5462.08	5458.42	5480.10	5501.83	5530.86	5541.68
ESBELTEZ	2.01	2.01	2.01	2.01	2.00	2.01	2.01	2.00	2.00	1.99
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	5	5	5	5	2	5	5	5	5	2
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.27	2.30	2.26	2.24	2.24	2.25	2.29	2.22	2.23	2.22
CARGA (Tn)	52	50	52.5	51.5	51	52	50	50.5	50.5	51
CARGA (Kg)	52000.00	50000.00	52500.00	51500.00	51000.00	52000.00	50000.00	50500.00	50500.00	51000.00
ÁREA (cm²)	180.27	179.79	180.27	180.27	180.27	179.55	180.27	180.98	181.94	182.89
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	288.46	278.10	291.24	285.69	282.91	289.61	277.37	279.03	277.57	278.85
PROMEDIO (kg/cm²)	282.88									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	137.36%	132.43%	138.68%	136.04%	134.72%	137.91%	132.08%	132.87%	132.18%	132.79%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	5.44									
VARIANZA (σ²)	29.62									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	1.92%									

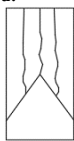
OBSERVACIONES:

En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 5 probetas de fractura tipo 5 y 2 probetas de fractura tipo 2.

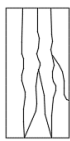
Esquema de patrones típicos de fractura:



Tipo 1
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.



Tipo 2
Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en las otras partes.



Tipo 3
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.



Tipo 4
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.

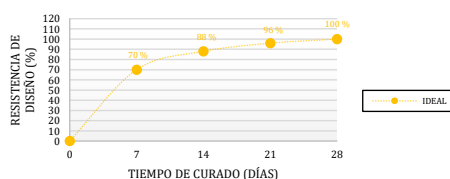


Tipo 5
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.

RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO EN FUNCIÓN DEL DÍA
(VALORES REFERENCIALES)



Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Donde (*):

a = 4

b = 0.85

t = Edad (días)

* Cemento tipo I y curado en condiciones húmedas

b) Resultados a compresión de la Cantera Media.

Nº DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CM-M1	CM-M2	CM-M3	CM-M4	CM-M5	CM-M6	CM-M7	CM-M8	CM-M9	CM-M10
FECHA DE MUESTREO	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025	27/01/2025
EDAD (días)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
FECHA DE ROTURA	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025	24/02/2025
DIÁMETRO (cm)	15.15	15.20	15.18	15.22	15.26	15.20	15.18	15.22	15.15	15.20
ALTURA (cm)	30.40	30.37	30.30	30.40	30.30	30.30	30.30	30.30	30.30	30.30
PESO (g)	12726	12070	12049	12874	12065	12101	12149	12197	12246	12286
VOLUMEN (cm³)	5480.10	5510.89	5483.73	5530.86	5541.68	5498.19	5483.73	5512.67	5462.08	5498.19
ESBELTEZ	2.01	2.00	2.00	2.00	1.99	1.99	2.00	1.99	2.00	1.99
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.32	2.19	2.20	2.33	2.18	2.20	2.22	2.21	2.24	2.23
CARGA (Tn)	52	50	52.5	51	51	52.5	52	50	52	51
CARGA (Kg)	52000.00	50000.00	52500.00	51000.00	51000.00	52500.00	52000.00	50000.00	52000.00	51000.00
ÁREA (cm²)	180.27	181.46	180.98	181.94	182.89	181.46	180.98	181.94	180.27	181.46
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	288.46	275.55	290.09	280.32	278.85	289.32	287.32	274.82	288.46	281.06
PROMEDIO (kg/cm²)	283.42									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	137.36%	131.21%	138.14%	133.48%	132.79%	137.77%	136.82%	130.87%	137.36%	133.84%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	5.94									
VARIANZA (σ²)	35.26									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	2.10%									

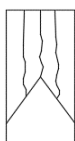
OBSERVACIONES:

En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 4 probetas de fractura tipo 5 y 6 probetas de fractura tipo 2.

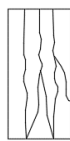
Esquema de patrones típicos de fractura:



Tipo 1
Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.



Tipo 2
Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en las otras partes.



Tipo 3
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.



Tipo 4
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.

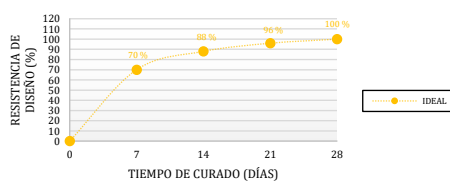


Tipo 5
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6
Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.

RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO EN FUNCIÓN DEL DÍA
(VALORES REFERENCIALES)



Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Donde (*):

a = 4

b = 0.85

t = Edad (días)

* Cemento tipo I y curado en condiciones húmedas

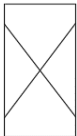
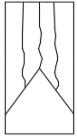
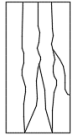
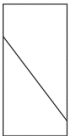
c) Resultados a compresión de la Cantera Inferior.

Nº DE TESTIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IDENTIFICACIÓN	CI-M1	CI-M2	CI-M3	CI-M4	CI-M5	CI-M6	CI-M7	CI-M8	CI-M9	CI-M10
FECHA DE MUESTREO	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025	28/01/2025
EDAD (días)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
FECHA DE ROTURA	25/02/2025	25/02/2025	25/02/2025	25/02/2025	25/02/2025	25/02/2025	25/02/2025	25/02/2025	25/02/2025	25/02/2025
DIÁMETRO (cm)	15.24	15.15	15.24	15.15	15.15	15.15	15.15	15.26	15.25	15.24
ALTURA (cm)	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.37	30.40	30.40	30.40
PESO (g)	12133	12135	12134	12129	12110	12118	12110	12128	12117	12123
VOLUMEN (cm³)	5545.41	5480.10	5545.41	5480.10	5480.10	5480.10	5474.70	5559.97	5552.69	5545.41
ESBELTEZ	1.99	2.01	1.99	2.01	2.01	2.01	2.00	1.99	1.99	1.99
FACTOR DE CORRECCIÓN	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TIPO DE ROTURA	5	2	6	5	2	6	6	2	5	6
PESO ESPECÍFICO (g/cm³)	2.19	2.21	2.19	2.21	2.21	2.21	2.21	2.18	2.18	2.19
CARGA (Tn)	53	53.5	54	54	53	53.5	53.5	54	54	53.5
CARGA (Kg)	53000.00	53500.00	54000.00	54000.00	53000.00	53500.00	53500.00	54000.00	54000.00	53500.00
ÁREA (cm²)	182.41	180.27	182.41	180.27	180.27	180.27	180.27	182.89	182.65	182.41
RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm²)	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00	210.00
RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm²)	290.55	296.78	296.03	299.56	294.01	296.78	296.78	295.25	295.64	293.29
PROMEDIO (kg/cm²)	295.47									
PORCENTAJE OBTENIDO (%)	138.36%	141.33%	140.97%	142.65%	140.00%	141.33%	141.33%	140.60%	140.78%	139.66%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR (σ)	2.44									
VARIANZA (σ²)	5.93									
COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)	0.82%									

OBSERVACIONES:

En el momento del ensayo a la compresión de estas 10 probetas se obtuvieron los siguientes resultados: 4 probetas de fractura tipo 6, 3 probetas de fractura tipo 2 y 3 probetas de fractura tipo 5.

Esquema de patrones típicos de fractura:

					
Tipo 1 Conos razonables bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.	Tipo 2 Conos bien formado, sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en las otras partes.	Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.	Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferencias del tipo 1.	Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.	Tipo 6 Similar al tipo 5 pero al terminar del cilindro es acentuado.

Predicción de la resistencia a compresión ACI-209 (A-17)

$$f_{cmt} = \left[\frac{t}{a + bt} \right] f_{cm28}$$

Donde (*):

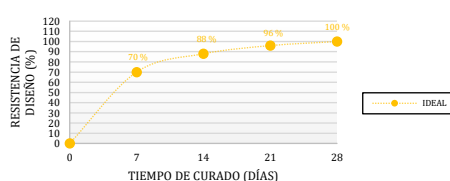
$$a = 4$$

$$b = 0.85$$

$$t = \text{Edad (días)}$$

* Cemento tipo I y curado en condiciones húmedas

RESISTENCIA PROMEDIO DEL CONCRETO EN FUNCIÓN DEL DÍA (VALORES REFERENCIALES)



ANEXO 08: CONSTANCIA DEL USO DE LABORATORIO



Universidad Nacional de Cajamarca
FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Ensayo de Materiales



El jefe del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA

A nombre del Bach. CARLOS OMAR RODRÍGUEZ DÍAZ, Exalumno de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, con la cual se da constancia que se han realizado las siguientes actividades:

ÍTEM	DETALLE
01	Ensayo contenido de humedad
02	Ensayo análisis granulométrico
03	Ensayo peso unitario suelto y compactado
04	Ensayo peso específico
05	Ensayo de absorción
06	Ensayo de resistencia a la degradación, por abrasión e impacto
07	Ensayo material más fino que pasa el tamiz N° 200
08	Elaboración de especímenes cilíndricos de concreto
09	Ensayo a compresión en muestras cilíndricas

Para la Tesis Titulada: **"VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'_c=210$ Kg/cm², DEBIDO A LA UBICACIÓN DE LOS AGREGADOS EN EL RIO MASHCÓN – CAJAMARCA, 2024"**. Las actividades se desarrollaron del 01 de noviembre del 2024 al 25 de febrero de 2025.

Se expide el presente, para fines que se estime conveniente.

Cajamarca, 26 de mayo de 2025.

Atentamente:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA

Ing. Mauro Cepeda Vargas
JEFE DEL LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

c.c. a:
_Archivo

NEXO 09: FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



DESCRIPCIÓN

Cemento Portland de uso general Tipo I. Gracias a su diseño de clinker, se logra una mejor resistencia a la compresión garantizando óptimos resultados en tu obra.

ATRIBUTOS

Altas resistencias a todas las edades

- Desarrolla altas resistencias iniciales que garantiza un adecuado avance de obra.
- El diseño correcto en concreto garantiza un menor tiempo de desencofrado.

PRESENTACIONES



*En cumplimiento de la Norma Metrológica Peruana (NMP 002:2018)

RECOMENDACIONES DE USO



Utilizar agregados y materiales de buena calidad.



A mayor sea la humedad de los agregados, se debe dosificar menor cantidad de agua.

DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

- Las proporciones de los materiales están sujetas a la calidad de los agregados de la zona, y a la ejecución de un diseño de mezclas por un experto, pero es aceptado que con materiales aprobados para construcción se usen las siguientes proporciones.

Aplicación	Resistencia (f'c)	Cemento	Arena limpia	Piedra de tamaño máximo 19 mm	Agua
Losas aligeradas, placas y otros	175	1	2	3	0.5 (*)
Vigas y columnas	210	1	2	2	0.5 (*)

(*) El agua debe ser la suficiente para lograr una consistencia trabajable (slump de 5 a 6 pulgadas), la mezcla no debe estar muy aguada, debe poder levantarse con un badilejo sin escurrirse rápidamente.

- Para otro tipo de concreto se requiere un diseño de mezclas específico, si se usan aditivos el agua debe reducirse.
- Usar un único recipiente de medida.

RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO

- 1 Los primeros cementos que entren, deben ser los primeros en salir.
- 2 Las bolsas de cemento deben almacenarse a una distancia de 15 cms como mínimo de las paredes del almacén y 60 cms de otras pilas.
- 3 Cubrir con una capa impermeable para evitar la humedad.
- 4 Reducir tiempo de almacenamiento cuando las temperaturas sean menores a 10°C.
- 5 Revisar la bolsa de cemento antes de usarla para verificar si es que tiene grumos. En caso tenga grumos, antes de su uso tamizar la bolsa.
- 6 Colocar parihuelas de madera para evitar la humedad del suelo.
- 7 Evitar la circulación del aire entre bolsas en el apilado.





¿QUÉ ES EL ECOSACO?

Bolsa que se disgrega con la acción de la piedra en mezclas de concreto.

BENEFICIOS DE USAR ECOSACO

- El Ecosaco reducirá el riesgo de exposición al polvo del cemento al maestro ya que va directamente al trompo sin necesidad de abrir la bolsa cuando se ejecutan las mezclas de concreto.
- El Ecosaco genera cero desperdicios, con la acción de la piedra el empaque se disgrega en la mezcla de concreto.
- El Ecosaco mejora la productividad, ahorra en el tiempo de limpieza en obra y gestión de desechos de construcción.

CÓMO USAR EL ECOSACO EN 5 MINUTOS

- 1. AGREGA** la mitad de la proporción de agua (A) y luego introduce el EcoSaco (sin abrir) directo a un trompo de al menos 340 litros.
- 2. AÑADE** el total de los áridos: piedra (B) y arena (C) en el trompo, según el diseño de concreto.
- 3. AJUSTA** la mezcla añadiendo el resto de la proporción de agua y asegura que toda la bolsa esté incorporada en la mezcla para lograr una correcta integración.
- 4. MEZCLA** hasta tener un resultado homogéneo y con la fluidez buscada.

ESCALA DE EMISIONES DE CARBONO

	Factor Clinker	Emisiones
Bajo	hasta 70%	500 a 700 Kg CO ₂ eq
Medio	71% a 88%	701 a 800 Kg CO ₂ eq
Alto	89% a 100%	801 Kg CO ₂ eq a más

***Tipo I** se encuentra en el rango alto en emisiones de carbono según el informe de auditoría realizado por Ecoamet 2022.

*Los resultados presentados corresponden por tonelada (TN) de cemento.

CERTIFICACIÓN EN CUMPLIMIENTO DEL DECRETO SUPREMO N° 001-2022-PRODUCE

Certificación que valida el **cumplimiento del Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico** utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

Empresa Certificadora:
ICONTEC, Organismo de certificación internacional reconocido por el IAF (Foro Internacional de Acreditación) con alta experiencia certificando productos y servicios en el mundo.



NTP 304.009
ASTM C 150
Cemento Portland



DS 001-2022-PRODUCE
Cemento Hidráulico
utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

Cementos Pacasmayo optó por el modelo de certificación más alto y riguroso obteniendo la máxima certificación: Esquema Tipo 5.

1 2 3 4 5

*Tipos de esquema de certificación

Esquema Tipo 5: Certifica el proceso productivo y la comercialización, verificación del sistema de gestión de calidad en el comercializador, verificación del control de la producción en planta y verificación del sistema de gestión de calidad en planta.

CERTIFICACIONES DE LA COMPAÑÍA



También miembros de **gbc®**



Informe de ensayo de fábrica
CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.
Calle La Colonia Nro. 150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 04

Planta: Pacasmayo

Cemento Tipo I
Tipo I - Cemento Portland de Uso General
Periodo de despacho 01 de marzo de 2024 - 31 de marzo de 2024

REQUISITOS NORMALIZADOS

NTP 334.009 Tablas 1 y 3

QUÍMICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO ₃ (%)	3.00 máx.	2.76
Pérdida por ignición (%)	3.5 máx.	2.9
Residuo insoluble (%)	1.5 máx.	0.6
Álcalis Equivalentes (%)	Λ	0.9

FÍSICOS

Requisitos	Especificación	Resultado de ensayos
Contenido de aire del mortero (volumen %)	12 máx.	9
Superficie específica (m ² /kg)	260 mín.	400
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.08
Densidad (g/cm ³)	Λ	3.11
Resistencia a la compresión (MPa)		
1 día	Λ	14.4
3 días	12.0 mín.	27.9
7 días	19.0 mín.	33.3
28 días *	28.0 mín.	39.4
Tiempo de fraguado Vicat (minutos)		
Inicial	45 mín.	115
Final	375 máx.	230
Expansión en barra de mortero curada en agua a 14 días (%)	0.020 máx.	0.006

Λ No específica

* Requisito opcional

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo de envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.009 y del reglamento técnico DS 001-2022 PRODUCE.

Ing. Dennis R. Rodas Lavado

Superintendente de Control de Calidad



DS 001-2022 PRODUCE
Cemento Hidráulico
utilizado en Edificaciones y
Construcciones en General



NTP 334.009
ASTM C 150
Cemento Portland

Solicitado por:

Distribuidora Norte Pacasmayo S. R. L.

Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S. A. A.



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO PORTLAND

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

NTP 334.009:2022

Cementos Pórtland

Portland cement

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC

This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate

Certificado: CSC - CER1016270
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento:

Expiration Date:

2029-08-17

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F-PS-628
Versión 00



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO PORTLAND

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:
The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

NTP 334.009:2022

Cementos Pórtland

Portland cement

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC

This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate

Certificado: CSC - CER1016270
Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento:

Expiration Date:

2029-08-17

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado
ICONTEC carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F-PS-628
Versión 00



Esquema de certificación 5

Otorga el certificado de conformidad de producto ICONTEC (Esquema de certificación 5 según ISO/IEC 17067) para:
It grants the certificate of conformity product ICONTEC (Certification Scheme 5 according ISO/IEC 17067) for:

CEMENTO HIDRÁULICO

Fabricado por **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, en la Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

Manufactured by **CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**, in the Panamericana Norte Km 666 Pacasmayo, La Libertad, Perú

El derecho del uso del certificado de conformidad de producto se otorga con el referencial:

The right to use the certificate of conformity of product is granted with the Audit Criteria:

Decreto Supremo No 001-2022

Decreto supremo que aprueba el Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General.

Supreme Decree that approves the Technical Regulation on Hydraulic Cement used in Buildings and Construction in General

SECTOR ICS 91.100.10

Este certificado de conformidad de producto está sujeto a que la empresa y el producto cumplan permanentemente con los requisitos establecidos en el referencial y en el documento "R-PS-019 Reglamento para la certificación de producto tangible", lo cual será verificado por ICONTEC

This certificate of conformity of product is subject to the company's and product's permanent fulfillment of the requirements set forth in the audit criteria and the "R-PS-019 Reglamento para la Certificación de producto tangible" document, which will be verified by ICONTEC.

Las referencias autorizadas para ostentar el certificado de conformidad de producto se incluyen en documento anexo que es parte integral del presente certificado

The references authorized to hold the certificate of conformity of product are included in annexed document and it is integral part of this certificate

Certificado: CSR -CER1016291

Certificate

Fecha de Aprobación: 2023-08-18

Approval Date:

Fecha de Renovación:

Renewal Date:

Fecha Última Modificación:

Last Modification Date:

Fecha de Vencimiento: 2029-08-17

Expiration Date:

La autenticidad del certificado y su alcance se puede consultar al correo electrónico: cliente@icontec.org

Roberto Enrique Montoya Villa
Director Ejecutivo

ICONTEC es un organismo de Certificación acreditado por:
ICONTEC is a certification body accredited by:



Este certificado es propiedad de ICONTEC y debe ser devuelto cuando sea solicitado
ICONTEC, carrera 37 nro. 52 - 95, Bogotá D.C., Colombia

F PS 628
Versión 00

ANEXO: PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 15.

Recolección de muestra - cantera superior



Figura 16.

Recolección de muestra - cantera media-alta.

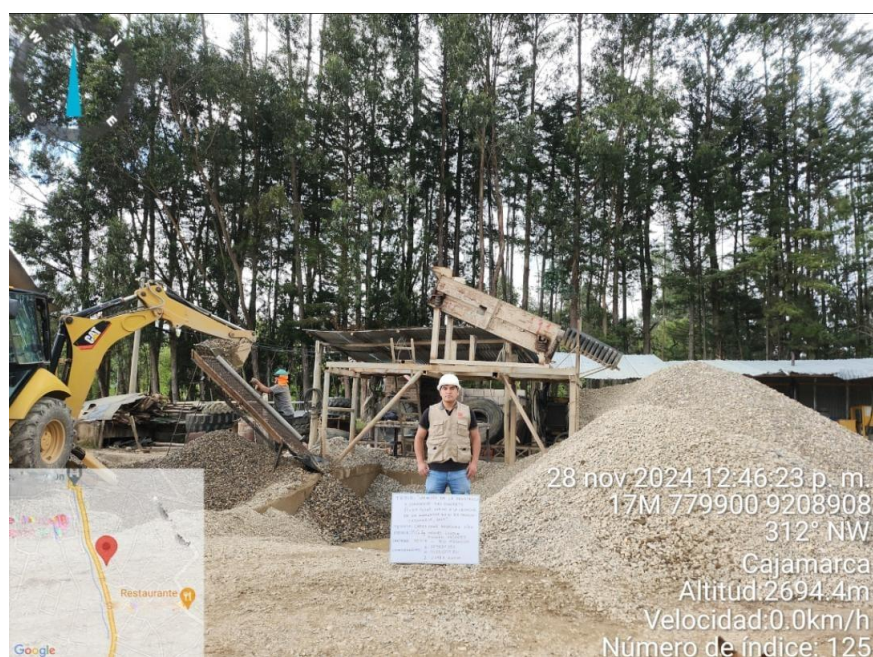


Figura 17.

Recolección de muestra - cantera inferior.



Figura 18.

Ensayo de análisis granulométrico del agregado grueso



Figura 19.

Ensayo para determinar peso unitario del agregado grueso



Figura 20.

Ensayo para determinar el peso específico del agregado fino.



Figura 21.

Ensayo para determinar el peso específico agregado grueso.



Figura 22.

Análisis granulométrico del agregado fino.



Figura 23.

Ensayo para determinar el porcentaje de abrasión o desgaste



Figura 24.

Ensayo para determinar el peso específico de masa.



Figura 25.

Elaboración de los especímenes de concreto.



Figura 26.

Verificación del Slump.



Figura 27.

Curado de los especímenes de concreto



Figura 28.

Medición del diámetro y su altura de los especímenes de concreto



Figura 29.

Ensayo a la compresión de probetas cilíndricas a los 28 días de curado

