

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO
CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL
DISTRITO DE HUANCAYO – REGION JUNIN,
AÑO 2021**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor: Bach. Aguilar Lizarraga, Jonathan Tomas.

Asesor: Ing. Vladimir Ordoñez Camposano.

Línea de Investigación: Transporte y Urbanismo.

Huancayo – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA.
PRESIDENTE

MG. FERNANDO ANACLETO BOZA CCORA.
JURADO

MG. NELFA ESTRELLA AYUQUE ALMIDON
JURADO

ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA.
SECRETARIO DOCENTE

Dedicatoria

- Dar las gracias a Dios por concederme la holgura de la vida y la salud.
- A mi madre Estela Yantas Chuco por facilitarme en mi proceso de aprendizaje, por darme el amor que se requiere en el proceso de crecimiento gracias mamita por regalarme tu paciencia.
- A mi padre Damiano Aguilar Moreno que me enseñó con el ejemplo a no rendirme cuando el camino es difícil y resistir cuando se complica.
- A mi esposa y a mi hija, que fueron las que me permitieron acompañarlas en este hermoso proceso de la vida, siendo la fortaleza y la motivación de todos los días.

Bach. Jonathan Tomas Aguilar Lizarraga.

Agradecimientos

- Expresar mi agradecimiento a la Universidad Peruana los Andes, mi alma mater, por brindarme refugio en sus aulas durante el transcurso de este extenso viaje, lo que me permitió desarrollarme como profesional.
- A mi asesor, el Ingeniero Vladimir Ordoñez Camposano, por compartir sus conocimientos y brindar un apoyo inquebrantable durante el progreso de la investigación.
- A los ingenieros, quienes brindaron su tiempo, dedicación y conocimientos durante la vida universitaria.

Bach. Jonathan Tomas Aguilar Lizarraga.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0063 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS, Títulado:

RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO – REGION JUNIN, AÑO 2021

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **BACH. AGUILAR LIZARRAGA JONATHAN TOMAS**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**

Fue analizado con fecha **05/02/2024**; con **128 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **17 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 05 de febrero de 2024.



MFR. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	vi
Contenido de tablas	ix
Contenido de figuras	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
Introducción	14
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Descripción de la realidad problemática	16
1.2. Delimitación del problema	18
1.2.1. Espacial	18
1.2.2. Temporal	19
1.2.3. Económica	19
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación	19
1.4.1. Práctica	19
1.4.2. Teórica	20
1.4.3. Metodológica	20
1.5. Objetivos	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	22
2.1. Antecedentes	22
2.1.1. Nacionales	22
2.1.2. Internacionales	26
2.2. Bases teóricas o científicas	28
2.2.1. Escoria de cobre	28
2.2.2. Componentes del concreto	32
2.2.3. Resistencia mecánica del concreto	34
2.3. Marco conceptual	36

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	38
3.1. Hipótesis general	38
3.2. Hipótesis específicas	38
3.3. Variables	38
3.3.1. Definición conceptual de las variables	38
3.3.2. Definición operacional de las variables	39
3.3.3. Operacionalización de las variables	40
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	41
4.1. Método de investigación	41
4.2. Tipo de investigación	41
4.3. Nivel de investigación	42
4.4. Diseño de la investigación	42
4.5. Población y muestra	42
4.5.1. Población	42
4.5.2. Muestra	43
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
4.6.1. Técnicas	43
4.6.2. Instrumentos	44
4.6.3. Trabajo de campo	44
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	49
4.7.1. Técnicas de procesamiento	49
4.7.2. Análisis de datos	49
4.8. Aspectos éticos de la investigación	50
CAPÍTULO V: RESULTADOS	51
5.1. Descripción de resultados	51
5.1.1. Diseño de mezcla	51
5.1.2. Ensayo del concreto sometido a comprensión.	52
5.1.3. Ensayos del concreto sometidos a flexión	58
5.2. Contrastación de hipótesis	61
5.2.1. Prueba de normalidad	61
5.2.2. Hipótesis específica “a”	63
5.2.3. Hipótesis específica “b”	66
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
6.1. Resistencia a la compresión del concreto	69

6.2. Resistencia a la flexión del concreto	71
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXOS	80
Anexo N° 01: matriz de consistencia	81
Anexo N° 02: matriz de operacionalización de las variables	83
Anexo N° 03: fichas técnicas e instrumentos	85
Anexo N° 04: cálculo del f_c de resistencia a la compresión	94
Anexo N° 05: certificados de laboratorio	96
Anexo N° 05.01: propiedades del agregado grueso	97
Anexo N° 05.02: propiedades del agregado fino	99
Anexo N° 05.03: diseño de mezcla	102
Anexo N° 05.04: resistencia a la compresión	108
Anexo N° 05.05: resistencia a la flexión	110
Anexo N° 06: certificados de calibración	112
Anexo N° 07: panel fotográfico	123

Contenido de tablas

Tabla 2.1. Los principales óxidos que se presentan en la escoria.	30
Tabla 2.2. Análisis químico de la escoria de cobre.	31
Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.	40
Tabla 4.1. Número de mediciones a realizar en el desarrollo de la investigación.	43
Tabla 4.2. Proceso del ensayo de los áridos (agregado fino y grueso).	45
Tabla 4.3. Proceso del ensayo resistencia mecánica del concreto (comprensión y flexión)	48
Tabla 5.1. Ensayos físicos de los agregados.	51
Tabla 5.2. Proporción de los materiales según diseño.	52
Tabla 5.3. Resultado de ensayo de resistencia a la comprensión de testigos de 7, 14, 21 y 28 días.	52
Tabla 5.4. Promedio resistencia a la comprensión de testigos de 7, 14, 21 y 28 días.	52
Tabla 5.5. Resultado de ensayo de resistencia a la comprensión de testigos con 5 % de escoria de cobre de 7, 14, 21 y 28 días.	53
Tabla 5.6. Promedio resistencia a la comprensión de testigos con adición de 5 % de escoria de cobre 7, 14, 21 y 28 días.	54
Tabla 5.7. Resultado de ensayo de resistencia a la comprensión de testigos con 10 % de escoria de cobre de 7, 14, 21 y 28 días.	54
Tabla 5.8. Promedio resistencia a la comprensión de testigos con adición de 10 % de 7, 14, 21 y 28 días.	55
Tabla 5.9. Resultado de ensayo de resistencia a la comprensión de testigos con 15 % de escoria de cobre de 7, 14, 21 y 28 días.	56
Tabla 5.10. Promedio resistencia a la comprensión de testigos con adición de 15 % de escoria de cobre 7, 14, 21 y 28 días	56
Tabla 5.11. Comparación de F_c de resistencia a la comprensión entre el diseño convencional y los diseños con los diferentes porcentajes de adición de escoria de cobre.	57
Tabla 5.12. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión a la edad de 14 y 28 días.	58
Tabla 5.13. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión con 5 % de escoria de cobre a la edad de 14 y 28 días.	59
Tabla 5.14. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión con 10 % de escoria de cobre a la edad de 14 y 28 días.	59
Tabla 5.15. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión con 15 % de escoria de cobre a la edad de 14 y 28 días.	60
Tabla 5.16. Comparación del módulo de rotura (M_r) entre el diseño convencional y los diseños con la adición de escoria de cobre de 5 %, 10 % y 15 %.	60

Tabla 5.17. Prueba de normalidad para la hipótesis específica “a”.	62
Tabla 5.18. Prueba de normalidad para la hipótesis específica “b”.	62
Tabla 5.19. Resultados de prueba paramétrica para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 días de edad del concreto.	63
Tabla 5.20. Comparaciones múltiples para la hipótesis específica “a” - Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 días de edad del concreto.	64
Tabla 5.21. Subconjuntos homogéneos para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 7 días de edad del concreto.	64
Tabla 5.22. Subconjuntos homogéneos para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 14 días de edad del concreto.	65
Tabla 5.23. Subconjuntos homogéneos para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 21 días de edad del concreto.	65
Tabla 5.24. Resultados de prueba no paramétrica para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto.	65
Tabla 5.25. Comparaciones por parejas de grupos para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto.	66
Tabla 5.26. Resultados de prueba no paramétrica para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la flexión.	67
Tabla 5.27. Comparaciones por parejas de grupos para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la flexión a los 14 días de edad del concreto.	67
Tabla 5.28. Comparaciones por parejas de grupos para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la flexión a los 28 días de edad del concreto.	67

Contenido de figuras

Figura 1.1. Escoria almacenada en depósito Huanchán.	18
Figura 1.2. Localización del laboratorio de concreto.	18
Figura 2.1. Escoria de fundición de cobre.	29
Figura 2.2. Escoria de cobre almacenado en La Oroya	30
Figura 2.3. Ensayo de la resistencia a la compresión en laboratorio.	35
Figura 2.4. Ensayo de la resistencia ala flexión en laboratorio.	36
Figura 5.1. Línea de evolución de la resistencia a la compresión del concreto convencional.	53
Figura 5.2. Línea de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición de escoria de cobre en un 5 %.	54
Figura 5.3. Línea de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición de escoria de cobre en un 10 %.	55
Figura 5.4. Línea de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición de escoria de cobre en un 15 %.	56
Figura 5.5. Resultados de resistencia de compresión del diseño de mezcla convencional y los diseños con adición de escoria de cobre.	58
Figura 5.6. Resultados de resistencia de flexión de la mezcla convencional y los diseños con la edición de escoria de cobre de 5 %, 10 % y 15 %.	61

Resumen

La presente investigación titulado “Resistencia mecánica del concreto con adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo – Región Junín, año 2021”, tiene por objetivo determinar la resistencia mecánica del concreto con adición de escoria de cobre, a través de pruebas de laboratorio para obtener un concreto de mayor resistencia, comparando el concreto convencional y las proporciones con la inclusión de escoria de cobre en distintos porcentajes al 5 %, 10 % y 15 %. La investigación es científica, diseño cuasi experimental y de carácter aplicado. Se llevó a cabo utilizando una muestra de 38 probetas de forma cilíndricas y 8 probetas de tipo viga de forma rectangular, donde se constató que el 15 % de escoria de cobre resulto ser mejor en los dos grupos de resistencia, teniendo como resultados en la resistencia a la compresión de 381.39 kg/cm² obteniendo un incremento leve de 5.87 % al concreto convencional y realizando el ensayo a la flexión el módulo de rotura con resultados de 50.034 kg/cm² superando en 21.43 % al concreto convencional. Llevando a la conclusión que la escoria de cobre del complejo metalúrgico de fundición DOE RUN de la ciudad de La Oroya modifica de forma positiva las características mecánicas del concreto, evidenciando un aumento en su resistencia.

Palabras clave: concreto, cemento, escoria de cobre, resistencia mecánica del concreto, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción.

Abstract

The present research entitled "Mechanical resistance of concrete with addition of copper slag in the district of Huancayo - Junin Region, year 2021", aims to determine the mechanical resistance of concrete with addition of copper slag, through laboratory tests to obtain a concrete of greater resistance, comparing between conventional concrete and the proportions with the inclusion of copper slag in different percentages at 5%, 10% and 15%. The research is scientific, quasi-experimental design and applied character. It was carried out using a sample of 38 cylindrical specimens and 8 rectangular beam specimens, where it was found that the 15% of copper slag was better in the two types of resistance, with results in the compressive strength of 381.39 kg/cm² obtaining a slight increase of 5.87% to conventional concrete and performing the flexural test the modulus of rupture with results of 50.034 kg/cm² exceeding in 21.43% to conventional concrete. This leads to the conclusion that the copper slag from the DOE RUN metallurgical smelting complex in the city of La Oroya positively modifies the mechanical properties of the concrete, showing an increase in its resistance.

Keywords: concrete, cement, copper slag, mechanical strength of concrete, flexural strength, tensile strength.

Introducción

La investigación titulada “Resistencia mecánica del concreto con adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo – región Junín año 2021” tiene como finalidad evaluar la resistencia mecánica del concreto al agregar escoria de cobre. En estos últimos años el concreto se está desarrollando con tecnología para protección del medio ambiente y está buscando alternativas que desarrollen al concreto con materiales idóneos, ayudando a reducir el impacto ambiental y logrando una comunión con el medio ambiente, la escoria de cobre representa una opción factible para desarrollo del concreto.

La investigación implica la incorporación de escoria de cobre en la mezcla de concreto, que se realizará en un entorno de laboratorio. La escoria de cobre se obtendrá del depósito de Huanchán, que se encuentra en el complejo metalúrgico Doe Run Perú. En el laboratorio, se llevaron a cabo ensayos de compresión y flexión en muestras estándar, variando la cantidad de escoria de cobre añadida en un 5 %, 10 % y 15 %. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SPSS.

Este estudio se estructura en cinco secciones distintas, que se presentan a continuación:

El Capítulo I: Problema de investigación, explora la exposición del problema, la estructuración y disposición del mismo, la definición de los límites de la investigación, su fundamentación, las restricciones y los propósitos.

El Capítulo II: Marco teórico, este apartado aborda la contextualización del estudio, el fundamento teórico, la categorización de palabras., las suposiciones y las variables.

El Capítulo III: Hipótesis, donde se tiene la hipótesis general, las específicas y las variables correspondientemente.

El Capítulo IV: Metodología de la investigación, en esta sección se describe el procedimiento utilizado en la investigación, tipo de investigación, nivel, diseño, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el manejo de la información y los métodos de análisis de datos.

El Capítulo V: Resultados, según los propósitos y las suposiciones planteadas.

El Capítulo VI: Análisis de los resultados, vinculándolos con los estudios previos y otras fuentes bibliográficas.

Por último, se incluyen las conclusiones, sugerencias, la bibliografía consultada y los apéndices.

Bach. Jonathan Tomas Aguilar Lizarraga.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

En el ámbito internacional en Chile, se han llevado a cabo estudios que evidencian que la inclusión de residuo de cobre incrementa la consistencia y resistencia mecánica diseño del concreto frente al concreto patrón. La sustitución del 40 % de la arena por residuo de cobre conduce a un notable aumento en la densidad del concreto, alcanzando un 10.2 %. Esta propuesta surge a raíz de la destacada producción de cobre en Chile a nivel global, lo que resulta en grandes volúmenes de residuos que impactan visualmente en el paisaje. Por lo tanto, su empleo con esta adición en muros de albañilería confinada es viable, ya que afecta las propiedades mecánicas del concreto (Bravo y Díaz, 2018).

En el ámbito nacional, específicamente en la ciudad de Cusco, se han llevado a cabo pruebas que indican que a medida que se aumenta el porcentaje de arena reemplazada por residuo de cobre, el nivel de compactación de la mezcla aumenta de manera proporcional al incremento del porcentaje de escoria. Este estudio revela que la sustitución del 15 % del agregado fino por escoria de cobre mejora la resistencia a la compresión de las muestras elaboradas. La investigación se plantea como una iniciativa de conservación del medio ambiente al proponer la utilización beneficiosa de un material desechado que contribuye a la contaminación ambiental (Cendoya, 2019).

En el ámbito local en la provincia de Yauli distrito La Oroya. La provincia de Yauli, La Oroya está situado a 3750 msnm en la Cordillera de los Andes, a una distancia de 176 kilómetros al este de la capital. Al realizar un recorrido por las calles, se puede apreciar que existen zonas las cuales se encuentran sin pavimentar y la gran mayoría de estas presentan fallas en su estructura como son: fisuras, baches, piel de cocodrilo. Para mejorar la eficiencia de los pavimentos rígidos, es necesario incorporar materiales que complementen las características esenciales para prevenir posibles fallas y prolongar su vida útil. Por esta razón, el autor propone evaluar el impacto de la inclusión de escoria de cobre en la resistencia mecánica del concreto. El objetivo es desarrollar, a través de pruebas de laboratorio, un concreto más resistente a los elementos externos y con una durabilidad mayor. Se lleva a cabo una comparación entre el concreto estándar y diferentes dosificaciones que incluyen escoria de cobre como reemplazo del agregado fino, en proporciones del 20 %, 30 % y 40 %. Esta alternativa podría representar un método rentable para mejorar la resistencia del concreto en construcciones de pavimentos rígidos sometidos a tráfico pesado o medio, y a la vez poder disminuir la contaminación ambiental que genera la empresa metalúrgica Doe Run Perú debido al almacenamiento de esta escoria en terrenos naturales cercanos a la ciudad (Jara, 2020).

El residuo de cobre, generada y descartada por empresas mineras metalúrgicas, a menudo se almacena o elimina en áreas naturales o terrenos abiertos, lo que provoca un impacto ambiental negativo en su entorno. A medida que la industria minero-metalúrgica crece y se desarrolla en diversos países, los residuos de cobre aumentan. A pesar de ello, la utilización de estos subproductos ha sido una preocupación constante para las entidades del sector. Esta inquietud no solo se debe a las posibilidades económicas que representa su uso interno o la comercialización a terceros, así como su posible aporte a la descontaminación ambiental en los lugares y reservas naturales donde se acumulan las escorias, son consideraciones importantes. Por consiguiente, el empleo de este recurso podría satisfacer muchas necesidades al reutilizar estos desechos en proyectos de construcción (Nazer et al., 2010).

Actualmente el Perú tiene una importante potencia en segundo lugar como productor mundial de cobre al producir el 12 % de este metal en todo el orbe durante 2017 y 2018 (USGS, 2018). La producción nacional de cobre generó grandes cantidades de escorias en las plantas metalúrgicas de La Oroya y otras partes del Perú. La legislación

ambiental actual no incluye disposiciones para la revalorización, recuperación, reutilización y reciclaje de escorias y residuos metalúrgicos como parte de los esfuerzos de descontaminación ambiental. En este estudio, sin duda, una de las principales prioridades de la ingeniería civil contemporánea es crear infraestructuras que aborden diversas problemáticas sociales, siempre con la mira puesta en un desarrollo sostenible. Esto implica la constante búsqueda de formas de optimizar recursos económicos y proteger el medio ambiente, mediante la exploración y adopción de nuevos materiales para la construcción.



Figura 1.1. Escoria almacenada en depósito Huanchán.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

El estudio se llevó a cabo en la zona urbana de Huancayo, ubicada en el departamento de Junín. Sin embargo, los ensayos respectivos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos, concreto, Asfalto e hidráulica de la empresa “GEO TEST V.SAC, ubicándose en el distrito de Chilca y provincia de Huancayo, del departamento de Junín.

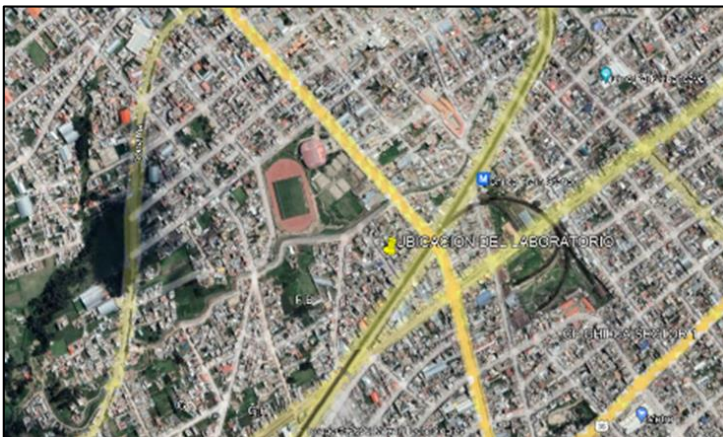


Figura 1.2. Localización del laboratorio de concreto.
Fuente: Google Earth (2021).

1.2.2. Temporal

El proceso investigativo se llevó a cabo a lo largo del periodo comprendido entre los meses de marzo y diciembre del año 2021.

1.2.3. Económica

El tesista financió integralmente todos los costos asociados a esta investigación, sin recurrir a ningún respaldo financiero externo en ninguna etapa del proceso investigativo.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuánto modifica la resistencia mecánica del concreto la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo modifica la resistencia a la compresión del concreto con la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021?
- b) ¿Cuánto modifica la resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021?

1.4. Justificación

1.4.1. Práctica

Según Bernal (2010), una investigación tiene una justificación práctica cuando su progreso colabora en la resolución de un problema o al menos sugieren posibles soluciones que, al ser aplicadas, podrían contribuir a su solución. En otras palabras, se trata de explicar por qué es beneficioso llevar a cabo la investigación y qué ventajas se obtendrían como resultado de la misma.

El presente trabajo tiene como fin el de poder incrementar la resistencia del concreto a base de un desecho que se puede encontrar en la zona en grandes cantidades. En la localidad de La Oroya la Empresa Metalúrgica Doe Run Perú genera considerables cantidades de desechos en sus operaciones como son la escoria de cobre y de plomo. Por ello se optó incluir al residuo de cobre como una materia importante, que forme parte del

incremento de la resistencia del concreto y con ello darle uso práctico en la construcción en base a concreto rígido; también poder ser aplicado en las diferentes infraestructuras que se desarrollan en el país. Esto conllevaría a que este desecho sea más trabajable, reducir el impacto ambiental que generan al ser almacenados en terrenos aledaños y poder contribuir con disminuir el desempleo que existe.

1.4.2. Teórica

Bernal (2010) se enfoca en exponer las fundamentaciones teóricas que respaldan la investigación, es decir, destaca todos los conocimientos que el estudio proporcionará acerca del objeto de investigación.

Tiene como propósito la investigación contribuir con un aporte innovador que es aplicado al concreto convencional que todos conocen de un concreto rígido, que presenta un impacto climatológico y vehicular, con la obtención de los resultados de las pruebas se podrá recomendar este desecho conocido como escoria de cobre, brindando beneficios como son la calidad en la resistencia del concreto, mayor vida útil y un costo menor en su aplicación.

1.4.3. Metodológica

Según lo planteado por Bernal (2010), una investigación adquiere justificación metodológica cuando se formula o se lleva a cabo un nuevo enfoque o método que posibilite la obtención de conocimiento válido y confiable.

Con el objetivo de abordar esta problemática, se pretende resolver el dilema en pro del medio ambiente y la comunidad, empleando residuo de cobre utilizando en lugar del agregado fino en el proceso de elaboración del concreto. De este modo, se aspira a minimizar los desechos generados por las empresas mineras de cobre y a bajar el uso de agregados empleados convencionalmente sí como la metodología desarrollada será útil para investigaciones experimentales futuras que aborden la resistencia mecánica del concreto al agregar escoria de cobre, basándose en el contenido óptimo determinado en este estudio.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar la resistencia mecánica del concreto con adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo-región Junín año 2021

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Analizar la modificación de la resistencia a la compresión del concreto con la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021.
- b) Cuantificar la modificación de la resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Bravo y Díaz (2018) en su investigación denominada “Análisis comparativo de la influencia de la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en porcentaje de peso, en la resistencia y consistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cementos tipo IP y tipo V. Cusco”, tuvieron como propósito principal examinar de manera comparativa el comportamiento de la resistencia y consistencia de un concreto con $f'c=210$ kg/cm², donde se sustituye el agregado fino por escoria de cobre en diferentes proporciones de peso, utilizando cementos tipo IP y tipo V. Este análisis se lleva a cabo a través de pruebas de rebote y compresión axial en muestras expuestas a curado por inmersión, en comparación con un concreto estándar.

Empleando el enfoque hipotético-deductivo, de naturaleza cuantitativa y correlacional, con un diseño experimental, se busca analizar las consecuencias de la inclusión de residuo de cobre en distintas medidas en relación al peso del agregado fino y su influencia en la resistencia y la consistencia del concreto hecho con cementos IP y V. Los resultados indican que la resistencia a la compresión y la consistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm², evaluados mediante pruebas de índice de rebote y compresión axial de muestras sometidas a curado por inmersión, experimentan mejoras al reemplazar el agregado fino con residuos de cobre en diversas medidas del peso, en comparación con un concreto convencional. Se nota que conforme se incrementa el porcentaje de residuo de cobre en comparación con el peso del agregado fino reemplazado en el concreto, se

obtiene una mayor resistencia a la compresión. Asimismo, se deduce que, para lograr una resistencia a la compresión óptima en el concreto, superior a la del concreto estándar de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, se requiere un porcentaje de sustitución de agregado fino por escoria de cobre de menos del 30%.

Morón (2018) en su trabajo de investigación titulado “Modelo de Gestión del Uso de Escoria de Cobre para Disminuir el Impacto Ambiental en la Región Moquegua 2018”, se propone como objetivo crear un plan de gestión para el uso adecuado de residuo de cobre con el fin de reducir el efecto medioambiental en la región Moquegua. Para tal fin se compone de 5 fases: Clasificación de los depósitos de residuos de cobre, descripción de dichos depósitos, clasificación de los residuos de cobre, implementación de los residuos de cobre en proyectos, y retroalimentación.

Mediante una metodología descriptiva de tipo aplicativo, utilizando técnicas de recolección de datos, se han obtenido resultados que indican que la integración de formularios con detalles estructurados facilitará la utilización del residuo de cobre, lo que contribuirá significativamente a la reducción del impacto ambiental en la región. Este enfoque se fundamenta en la falta del uso del residuo de cobre como un recurso alternativo en la industria de la construcción, a pesar de sus propiedades adecuadas para este fin. Concluyo que la estrategia de gestión del empleo del residuo de cobre emerge como una alternativa para mitigar el impacto medioambiental en Moquegua. Esta iniciativa cuenta con el respaldo de la mayoría de los encuestados, quienes acumulan más de 15 años de experiencia en la gestión de proyectos. El 80 % de ellos considera que es un asunto crítico que demanda una atención inmediata. Asimismo, el 83 % opina que es relevante y oportuno abordar la problemática del impacto ambiental generado por el depósito de escoria de cobre en zonas naturales.

Ullilen y Vasquez (2019)) en su trabajo de investigación denominado “Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ”. Tuvo como propósito examinar la viabilidad de emplear el residuo de cobre como sustituto del agregado fino en la fabricación de concreto con una resistencia de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a través de análisis llevados a cabo en laboratorio.

Utilizando una metodología de diseño aplicada a la investigación de naturaleza cuasi experimental, se llevaron a cabo diseños de mezcla que implicaron la inclusión de residuo de cobre al concreto en proporciones del 10 %, 20 % y 30 %. Se concluye que la

resistencia a la compresión del concreto aumentó de manera significativa al añadir residuo de cobre, alcanzando un valor de la resistencia a la compresión a los 7 días en una de las muestras es de 246.63 MPa con un contenido del 20 % de residuo de cobre. Además, la trabajabilidad del concreto con adición de residuo de cobre se mantuvo sin cambios significativos, ya que sigue siendo fácil de manejar durante la preparación de las respectivas muestras.

Cuba y Humpire (2019), en su investigación para optar el título profesional de ingeniero civil, titulada “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ usando cemento Yura tipo IP y cemento Wari tipo IP, con la adición de escoria de cobre de la minera Southern Perú, para la ciudad de Arequipa”. Tuvieron como objetivo, detallar los cambios que evidencia el concreto disponiendo el uso de dos cementos diferentes como son el Yura y Wari, ambos de tipo IP a ello sumado una proporción de escoria de cobre para la dosificación correspondiente. Fue un estudio cuantitativo y experimental, por que determinara mediante ensayos de laboratorio los cambios en las propiedades el concreto.; se trabajó con dos diseños conocidos como son el $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, se empleó el recomendado método ACI 211, como muestra se preparó 480 probetas, los cuales pasaron pruebas de compresión simple y tracción, complementado con 36 vigas, se trabajó con 0 %, 10 %, 20 %, 30 % y 40 % de incorporación de escoria cambio de agregado fino. De los trabajos se concluyeron que el porcentaje óptimo de adición de este desecho es 30 % para mejorar la resistencia a compresión y tracción, utilizando el cemento yura mostrando valores para la resistencia a compresión como 353.52 y 449 kg/cm^2 ; con el tipo de cemento Wari 485.86 kg/cm^2 y 541.08 kg/cm^2 . Para la resistencia a tracción con uso de cemento yura 31.92 kg/cm^2 y 41 kg/cm^2 ; para el uso de cemento Wari 41.36 y 48.39 kg/cm^2 . En la resistencia a flexión el porcentaje optimo fue el 20 % de escoria de cobre dando como resultados con el cemento yura 42 kg/cm^2 y 44 kg/cm^2 ; con uso del cemento wari 38.67 kg/cm^2 y 44.33 kg/cm^2 . Los resultados se ubican respecto a las dosificaciones del concreto de 210 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 .

Antaurco (2019) En su trabajo de investigación titulado: Diseño de concreto permeable para pavimento rígido usando escoria de cobre en el distrito Independencia, Ancash, 2019, tuvo como objetivo fue evaluar la resistencia a la compresión de todas las combinaciones formuladas proporcionalmente, lo que implicó la fabricación de un total

de 36 probetas. Este conjunto consistió en nueve especímenes de una composición de referencia estándar, 9 probetas con un 25% de sustitución por escoria de cobre, otras 9 probetas con un 50 % de reemplazo, y finalmente, 9 probetas con un 100 % de reemplazo por residuo de cobre. El estudio, fue caracterizado por su enfoque aplicado y explicativo, empleó un método cuantitativo y un diseño experimental. La muestra consistió en las 36 muestras mencionadas anteriormente. La observación fue la técnica primaria, utilizando una guía de observaciones y fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayos de materiales como herramienta de registro. Todos los datos fueron analizados a través del software Excel.

La composición del concreto permeable, con una resistencia $f'c$ objetivo de 175 kg/cm² y un 20% de porosidad, experimentó mejoras parciales en sus características. La evaluación de la resistencia se llevó a cabo después de 28 días de curado de las muestras, revelando que las mezclas con un 50 % y un 100 % de sustitución experimentaron aumentos en su resistencia del 0.70 % y 2.93 % respectivamente. Por otro lado, la mezcla con un 25 % de sustitución disminuyó su resistencia en un 4.10 %. Se concluyó que el óptimo porcentaje de sustitución para el agregado fino es del 100 % en la formulación del concreto permeable, lo cual también mejoró su capacidad de drenaje. Además, todas las muestras mantuvieron una permeabilidad dentro del rango de 0.14 a 1.22 cm/s, según lo establecido por ACI 522R-10.

Quispe y Ortiz (2020) en su investigación titulada “Análisis del comportamiento del concreto con la inclusión de escoria de cobre utilizando agregado de las canteras Icuy de Ilo y la poderosa de Arequipa “ tiene como propósito llevar a cabo un análisis comparativo de la resistencia a la compresión entre un concreto convencional (conocido como concreto de referencia) y un concreto enriquecido con residuo de cobre en distintas proporciones, mediante pruebas de probetas a los 7, 14 y 28 días de fraguado, tanto para el agregado proveniente de la cantera Icuy en Ilo como para el de la cantera La Poderosa en Arequipa. Además, busca identificar la dosificación óptima de escoria de cobre (en kg/m³) a emplear en una mezcla de concreto.

Mediante un enfoque descriptivo y correlacional del conocimiento, se analizó el comportamiento del concreto al incluir escoria de cobre, con el objetivo de establecer relaciones entre las variables de estudio. La investigación se enmarca en un enfoque cuantitativo y experimental, permitiendo determinar los parámetros a los que estará sujeto

el concreto en diferentes dosificaciones, así como establecer relaciones de causa y efecto. Los resultados indican que la adición de escoria de cobre como parte del agregado fino, utilizando materiales de las canteras Icuy en Ilo y La Poderosa en Arequipa, tuvo una influencia positiva en el desempeño del concreto. Durante el estado fresco, mejoró la manipulabilidad del material, mientras que, en su estado endurecido, incrementó las resistencias a la compresión, tracción y flexión, tanto para los agregados de Arequipa como para los de Ilo. La mayor resistencia a la compresión se alcanzó con una inclusión del 20 % de escoria de cobre en lugar del agregado fino, logrando valores de 426.72 kg/cm² y 420.80 kg/cm² respectivamente, para ambos tipos de agregados.

2.1.2. Internacionales

Mohamad et al. (2019) en su artículo científico, “Durability and mechanical properties of precast concrete curb containing waste copper slag” tienen como propósito examinar la resistencia y la durabilidad de los bordillos de concreto mediante una serie de pruebas llevadas a cabo en seis proporciones distintas de escoria de cobre residual, que van desde el 0 hasta el 100 % de reemplazo de arena fina. Los resultados del estudio indican que es viable reemplazar la arena fina con residuo de cobre sin afectar negativamente las propiedades del bordillo de concreto.

Rezaei et al. (2019) en su artículo científico titulado, “Investigating the mechanical and hydraulic characteristics of pervious concrete containing copper slag as coarse aggregate” se enfocaron en indagar las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable que utiliza escoria de cobre como agregado grueso. Este estudio concluyó que las propiedades de combinación de las mezclas que incluyen un 60 % de escoria de cobre muestran mejoras significativas. La resistencia a la flexión, a la compresión y a la tracción por división mostraron un incremento del 31 %, 19 % y 18 % respectivamente. También se notó que la porosidad y la permeabilidad del concreto permeable aumentaron conforme se incrementó el contenido de escoria de cobre.

Ashraffur y Srinivas (2019) en su artículo de investigación, titulado "Efecto del cobre escorias sobre hormigón armado con fibras de acero y hormigón convencional". objetivo fue estimar las características en términos de resistencia a los cambios que este residuo promueve en el hormigón armado preparado usando fibra de acero y concreto normal. Trabajaron con una investigación experimental en la que aplicó un análisis sobre el comportamiento mecánico y físico de los dos tipos de hormigón por sus calidades

(M30, M40). Las mezclas de concreto fueron diseñadas por integrando cantidades de 0 %, 10 %, 20 %, 30 %, 40 % y 50 % con escoria de cobre que fueron sometido a pruebas de laboratorio. Después de todas las pruebas realizadas, se llegó a la conclusión que para un hormigón tradicional M30, se alcanzó un nivel máximo de resistencia del 29,4 %, así mismo la mezcla armada con acero aumentó en un 34.28 % y para el concreto M40, un se requirió una resistencia del 20,5 %. Por el contrario, en los reforzados con fibra de acero se observó un aumento del 23 %. En la presente investigación se incluyó escoria de cobre en un concreto ya reforzado con fibras de acero y también en un concreto normal, en donde se obtuvo mejores resultados para el concreto reforzado con fibra de acero, obteniendo un incremento superior a los de la mezcla patrón.

Salinas (2020) en su tesis titulada “Estudio técnico - económico para un proceso “zero waste” en el procesamiento de escorias de cobre para la producción de arrabio y cemento portland. CHILE” busca establecer las circunstancias operativas y la viabilidad técnica de un proceso de "cero residuos", mediante el cual se emplearon los residuos de cobre para la producción de arrabio, considerando la disminución del FeOx y la escorificación del SiO₂, que son los componentes principales de las escorias generadas en la producción primaria de cobre a partir de concentrados. La escoria producida durante el proceso de escorificación del SiO₂ se somete a una fase de ajuste químico para transformarla en un residuo que pueda comercializarse, como el cemento Portland o un aditivo para este tipo de cemento., por ejemplo, cemento Portland o un aditivo para el mismo.

Los hallazgos alcanzados son alentadores para profundizar en el examen de este novedoso concepto ambiental, reduciendo los niveles de contaminación derivados de la emisión de CO₂, fomentando el establecimiento de una cadena de producción interconectada y atendiendo específicamente a la creciente demanda nacional de cemento. Además, se destacan las sinergias identificadas utilizando las mismas acerías que recibirían el arrabio, haciendo uso de sus propias escorias como fundentes durante la fase de reducción o como elementos del cemento Portland. El análisis presentado en este trabajo de investigación se considera una iniciativa original, ya que propone estimular la economía circular en las fundiciones y refinерías, promoviendo el enfoque de "Cero Residuos" en la industria metalúrgica y, sobre todo, debido al avance técnico en la producción de arrabio a partir de residuos de cobre y hierro, así como la elaboración de

aditivos o cemento Portland. Se concluye que el análisis técnico-financiero ha generado resultados factibles en todas las sugerencias examinadas, por lo tanto, la selección de la posibilidad más adecuada se fundamenta en aquella que genere mayores beneficios en la fabricación de Cemento Portland.

Días (2020) en su tesis titulada “Valorización de escoria de cobre como puzolana y agregado fino en concreto, Colombia”, tuvo como objetivo primordial investigar la viabilidad de utilizar los residuos de cobre secundarios (EC) de BRONALCO LTDA como material puzolánico, así como emplear la escoria de cobre fina (ECF) en la producción de cemento y como agregado fino, y la escoria de cobre gruesa (ECG) en la fabricación de concreto. Para tal fin lleva a cabo un análisis de la actividad puzolánica de la ECF utilizando el método establecido en la norma ASTM C 311, evaluado mediante el índice de actividad puzolánica (IAR). La ECG se evalúa en sustituciones parciales de la arena en diferentes proporciones (12.5 % - 18.75 % - 25 % -31.25 %, 37.5 %- 43.75 % - 50 %). Los resultados indican que la ECF cumple con los estándares de resistencia, con un IAR de 67.37 % a los 7 días y 78.56 % a los 28 días. Además, los morteros con un reemplazo del 43 % de ECG muestran un aumento significativo en la resistencia a la compresión, alcanzando hasta un 15 % más que el concreto estándar. Estos resultados sugieren que el material estudiado tiene potencial para su uso como material puzolánico y agregado fino en mezclas de mortero, sin que se presenten problemas debido a posibles contaminaciones por lixiviados.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Escoria de cobre

El término "escoria" se refiere a la fase vítrica que alberga las impurezas de un mineral, generadas como residuo en cualquier método metalúrgico que incluya fundiciones. Las escorias de cobre constituyen desechos industriales derivados de las operaciones pirometalúrgicas empleados en la producción de cobre.

Según Elías (2009), la fabricación de cobre conlleva a la producción de alrededor de 650 kg de desechos potencialmente peligrosos por cada 1 kg de metal generado (p. 477). Esto incluye relaves compuestos por un 50 % de polvo fino y un 50 % de agua, con una proporción de 80,0 toneladas por tonelada de cobre. La escoria de fundición se presenta en una proporción de 1,8 toneladas por tonelada de cobre. Además, hay rипios,

lodos de proceso y lixiviación con una proporción de 190,0 toneladas por tonelada de cobre, así como estériles de mina con una proporción de 377,0 toneladas por tonelada de cobre.

De acuerdo con Lovera, Arias y Coronado (2004), los residuos de cobre suelen estar compuestas principalmente por óxidos de hierro (Fe_2O_3) y sílice (SiO_2), aunque también pueden contener otros elementos que no exceden el 20 % y, por ende, no se consideran relevantes. Las impurezas desempeñan un papel desfavorable en las propiedades de estas escorias, como su conductividad eléctrica, térmica, color, dureza, entre otras; estas impurezas se pueden clasificar en tres grupos distintos: aquellas que pueden ser eliminadas fácilmente (Zn, Fe, O y S), impurezas que pueden ser eliminadas parcialmente (As, Sb, Bi y Ni), y aquellas que no pueden ser eliminadas (Au, Ag) (p. 26).



Figura 2.1. Escoria de fundición de cobre.

Fuente: Jara (2020).

Knner (2013), durante los procedimientos pirometalúrgicos, las escorias son formuladas mediante la incorporación de fundentes al metal en estado líquido, con el propósito de llevar a cabo la refinación del metal (p. 15).

Lopez (2008), en el refinado del cobre, se emplean escorias fayalíticas constituidas por silicatos de hierro ($2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$). Los elementos presentes en la escoria reducen el punto de fusión del cobre ($1200\text{ }^\circ\text{C}$), lo cual resulta beneficioso para la operación de refinación (p. 01).

La escoria de cobre es un subproducto que se produce mediante el proceso pirometalúrgico a los conjuntos de minerales que atraviesan por la fundición. Comúnmente esta escoria es colocada en terrenos permitidos. Existen situaciones que esta escoria presenta un uso comercial y antes de ser almacenados son conducidos para poder

pasar por el método de flotación, así proporcionando una opción para rescatar los metales que continúan impregnados a este. Por último, el desecho sobrante es ubicado en lugares propicios.

La escoria de cobre es un desperdicio calificado como pasivo ecológico ya que al depositarlo y al no darle un uso esto se mantiene por muchísimo tiempo en el lugar generando varios tipos de contaminación.

La escoria de cobre es un remanente en el sector industrial, está incluido en el conjunto de escoria no ferrosa y esta se origina en el desarrollo de la producción de los ánodos de cobre. Como podemos apreciar en la imagen contigua una gran cantidad de este residuo se encuentra depositada en el terreno natural, debido a que no tiene una variedad de usos como otros elementos que exporta la empresa Doe Run Perú.

Tabla 2.1. Los principales óxidos que se presentan en la escoria.

Tipo de óxido	Porcentaje
Óxido de Hierro (como FeO, Fe ₃ O ₄)	de 30 % a 40 %
Óxido de Sílice (SiO ₂)	de 35 % a 40 %
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	hasta 10 %
Óxido de Calcio (CaO)	hasta 10 %

Fuente: Doe Run Perú

La formación de la escoria proviene de los óxidos presentes en la carga del horno y de los óxidos de hierro producidos durante la oxidación en el proceso pirometalúrgico. Esto depende de la composición mineral de los minerales, los concentrados, los fundentes, las condiciones de operación y otros factores diversos.



Figura 2.2. Escoria de cobre almacenado en La Oroya
Fuente: Jara (2020).

A continuación, en la Tabla 2.2 se puede observar la evaluación química del residuo de cobre producida por la compañía minera Doe Run Perú.

Tabla 2.2. Análisis químico de la escoria de cobre.

Elementos	Escoria de cobre
% Cu	0.6
%Pb	0.99
g/t Ag	36.62
g/t Au	0.02
%Bi	0.21
%Sb	0.7
%Zn	3.53
%Fe	34.03
%S	1.13
%Ag	.0.59
% Insoluble	35.6

Fuente: Jara (2020).

D1: Dosificación.

Las proporciones correctas del material que se va a emplear para la preparación del concreto son al 5 %, 10 % y 15 %, con la finalidad de que esta adquiera las propiedades adecuadas como son resistencia, durabilidad y consistencia. La mencionada dosificación se realizará meticulosamente en el interior de un laboratorio altamente especializado, donde se emplearán técnicas y procedimientos químicos precisos y rigurosos (Caamaño y Güette, 2018).

D2: peso específico.

La densidad indica la relación entre la masa y el volumen de un material en un espacio dado. Se obtiene al dividir la masa de una cantidad específica del material por su volumen. En el Sistema Internacional de Unidades, se expresa en Newtons por metro cúbico (N/m³) (Jácome y Ortiz, 2022).

D3: granulometría.

La granulometría se refiere a la disposición, expresada en porcentajes, de los diferentes tamaños de agregados dentro de una muestra. Usualmente, esta distribución se organiza de mayor a menor tamaño, mostrando el peso relativo, en porcentaje, de cada tamaño que pasa o queda retenido en los diferentes tamices empleados para la medición (Campoy Bencomo et al., 2021).

2.2.2. Componentes del concreto

La lingüista Martha Hildebrant (2003), de manera concisa, menciona que en Perú y otros países latinoamericanos se denomina "concreto" a lo que en España se conoce como "hormigón". Este material de construcción está compuesto por una mezcla de piedras, arena y cemento. Además, cuando esta mezcla se refuerza con barras de acero, se le llama "concreto armado" en Latinoamérica, mientras que en España se conoce como "hormigón armado" o "cemento armado" (p. 121).

De acuerdo con Riva (2000), el concreto es un material fabricado artificialmente que se compone de una pasta como medio aglutinante, en la cual están incrustadas partículas de un material agregado. (p.08).

Según Nilson (1999), el hormigón es un material similar a la piedra que se forma mediante una cuidadosa mezcla de cemento, arena, grava u otro tipo de agregado y agua. Esta mezcla se solidifica dentro de moldes con las formas y dimensiones deseadas. La estructura del material está compuesta por agregado fino y grueso. La interacción química entre el cemento y el agua une las partículas del agregado, formando así una masa sólida. Además del agua necesaria para la reacción química, se añade más agua para conferir a la mezcla la consistencia adecuada para llenar los moldes y rodear el acero de refuerzo antes de que comience el proceso de endurecimiento. Ajustando correctamente las proporciones de los materiales constituyentes, es posible obtener hormigones con una amplia gama de propiedades. (p. 01).

Agregados

Según ASOCRETO (2010) dentro del campo de la tecnología del concreto, se definen como agregados o áridos minerales a aquellas partículas inertes cuyas propiedades los proveen de cierta resistencia, estos son unidos por la pasta de cemento en la conformación de estructuras sólidas. Asimismo, señalan que la designación como "inertes" se debe principalmente a que estas partículas no tienen, o no deberían, tener una participación química dentro de la mezcla, no obstante, debido a sus propiedades tanto físicas como mecánicas, tienen una influencia significativa en la calidad del concreto resultante.

En términos generales, los áridos constituyen aproximadamente 7 de cada 10 partes del concreto comprendidos entre materiales como arenisca, basalto, granito e

incluso cuarzo, en esa línea, es indispensable que la calidad del material sea óptima a fin de que el producto final sea capaz de alcanzar las características de diseño requeridas (ASOCRETO, 2010).

Por último, cabe destacar que los parámetros físicos de caracterización más relevantes para este material consisten la capacidad del agregado de soportar la abrasión, su porcentaje de absorción para el cálculo de la cantidad de agua necesaria para la activación del cemento, su granulometría respecto a la obtención de una combinación apropiada entre las partículas más grandes como las gravas y las más pequeñas como las arenas. Sumado a ello, se estila a la determinación del peso unitario del material a fin de realizar los cálculos respecto al material necesario, además de que permitirá reconocer la cantidad de pasta necesaria para cohesionar todo el volumen del concreto (p.64-65).

Además, indica que este componente estará formado por granos de distintos tamaños, incluyendo gruesos, finos y un material de relleno mineral (filler), asegurando la presencia de granulometrías apropiadas:

- Agregado grueso: Consiste en piedras o grava fracturada, tanto natural como artificial, así como ocasionalmente materiales naturales fracturados o con una textura superficial rugosa, que quedan retenidos en la malla N° 04. Es esencial que estén libres de cualquier recubrimiento de arcilla u otros materiales finos.
- Agregado fino: Se refiere a aquel árido que pasa a través de la malla estandarizada N° 04, el cual se obtiene mediante la trituración de piedras, grava o arena natural que posea granos angulosos. Es fundamental que esté limpio, sin partículas cubiertas de arcilla limosa ni de otras sustancias dañinas; asimismo, no debe contener conglomerados de arcilla u otros materiales finos que puedan obstaculizar la adherencia del asfalto.

Cemento

El cemento es un material ampliamente utilizado en la construcción y la ingeniería civil. Se compone de una mezcla de arcilla, piedra caliza, silicato de calcio y otros materiales, que se calientan a altas temperaturas, posteriormente se tritura en un polvo de alta finura. Al mezclarse con agua, se endurece y conforma una pasta usada para unir ladrillos, piedras y otros materiales de construcción, creando estructuras sólidas. El cemento Portland corresponde al material más común, pero hay otros tipos, como el

cemento de aluminato de calcio y el cemento de escoria, cada uno con propiedades específicas. El cemento desempeña un papel fundamental en la construcción de edificios, carreteras, puentes y muchas otras infraestructuras (González et al., 2018).

- Cemento Tipo I: Utilizado habitualmente en construcciones de concreto y trabajos de albañilería donde no se necesitan características especiales.
- Cemento Tipo II: Ofrece una resistencia moderada contra la corrosión por sulfatos y se aconseja su aplicación en entornos agresivos. Los sulfatos, presentes en aguas subterráneas o suelos, pueden deteriorar el concreto al entrar en contacto con él.
- Cemento Tipo III: Este presenta su rápido desarrollo de resistencia y es recomendado para agilizar el proceso de desencofrado. Durante el fraguado, genera una cantidad significativa de calor, lo que lo hace apropiado para climas fríos.
- Cemento Tipo IV: Emite un calor mínimo, durante el fraguado lo que lo hace idóneo para coladas de grandes volúmenes de concreto, como en la construcción de presas.
- Cemento Tipo V: Exhibe una alta resistencia a la corrosión causada por sales y se sugiere su uso cuando el concreto estará expuesto al agua o a ambientes salinos.

2.2.3. Resistencia mecánica del concreto

La resistencia representa la habilidad para oponerse a cargas por cada unidad de área, siendo representada típicamente en kg/cm^2 , MPa y ocasionalmente en libras por pulgada cuadrada (psi).

D1: Resistencia a la compresión

Consiste en la propiedad mecánica fundamental del concreto. Corresponde a la capacidad para resistir solicitaciones de esfuerzos de aplastamiento y es presentada en términos de esfuerzo en las unidades descritas previamente. En esa línea, su método para evaluar la resistencia ante compresión es mediante el ensayo a nivel de laboratorio de someter a esfuerzos de compresión de probetas cilíndricas elaboradas sobre moldes que presentan un diámetro de 150 mm y una altura de 300 mm.

El Instituto Nacional de la Calidad presenta las Normas Técnicas Peruanas, entre las cuales se incluye la NTP 339.034-2015, que establece las normas establecidas para poder ejecutar de una manera propicia los ensayos de compresión. Cabe resaltar que esta

nomenclatura de resistencia es la propiedad principal y más resaltante que se evalúa en el concreto, es un esfuerzo medido en Kg/cm^2 . Para evaluar este esfuerzo, se llevan a cabo pruebas mecánicas en cilindros de muestra con dimensiones específicas: un radio de 7.5 cm y una altura de 30 cm. Es fundamental que las máquinas utilizadas funcionen con energía y no de manera manual, aplicando una carga continua sin interrupciones. Estas pruebas se rigen por las directrices establecidas en la norma ASTM C39. Para determinar la fuerza de fractura bajo compresión, se divide el valor máximo de carga aplicada durante las pruebas por el área transversal correspondiente, conforme a las pautas de la norma NTP 339.034-2015.



Figura 2.3. Ensayo de la resistencia a la compresión en laboratorio.
Fuente: Viera y Chicaiza (2018).

D2: resistencia a la flexión.

Según lo estipulado en la norma ASTM C293, la carga se concentra en el punto medio de la viga, donde toda la fuerza se aplica en el centro del vano. Esto resulta en un módulo de rotura superior en comparación con la carga aplicada en los tercios de la viga. La tensión máxima se encuentra únicamente en el centro de la viga, en la cual se construye una viga modelo, la cual es colocada en una máquina y se ejerce una fuerza determinada en los dos tercios de la longitud que tiene, en determinados laboratorios se aplica el procedimiento de la viga tipo voladizo o también la simplemente apoyada en donde se ejerce la presión en la mitad. $Mr = (PXL) bxd^2$

El módulo de ruptura o resistencia ante flexión (M_r), es un factor muy considerado para la evaluación y disposición del diseño de un material de concreto. para poder realizar este tipo de ensayo en el pavimento es muy complejo en comparación con

la prueba de compresión que se efectúa de forma simple y es sencillo de controlar en la construcción.



Figura 2.4. Ensayo de la resistencia a la flexión en laboratorio.
Fuente: Gutierrez y Reyes (2022).

2.3. Marco conceptual

Agua. – El agua utilizada para la elaboración del concreto requiere de presentar ciertas condiciones de calidad, en general estas condiciones son cumplidas por el agua potable, sin embargo, también es posible utilizar agua no potable cuidando de que no presente un fuerte olor, sabor, ni impurezas, o en lo posible agua analizada previamente en laboratorio y ensayándola según los parámetros de la norma ASTM C 109 (Kosmatka et al., 2004, p. 95).

Dosificación. - Es identificar las proporciones correctas del material que se va a emplear para la preparación del concreto, con la finalidad de que esta adquiera las propiedades adecuadas como son resistencia, durabilidad y consistencia. La dosificación del concreto con relación a los materiales utilizados debe disponerse para admitir que: Se obtenga la consistencia y trabajabilidad que proporcionen ubicar el concreto factiblemente dentro del encofrado y con una condición optima a emplearse sin que suceda la segregación ni la exudación excesiva (Salinas et al., 2023).

Fraguado. - Se refiere al proceso de endurecimiento y ganancia de resistencia del concreto después de haber sido mezclado y colocado en su ubicación final. Este proceso se debe a la hidratación del cemento Portland, donde los cristales de cemento se unen formando una estructura sólida. Durante la fragua, el concreto experimenta una serie de

cambios físicos y químicos que lo hacen pasar de un estado líquido o plástico a uno sólido y resistente (Gutierrez y Reyes, 2022).

Segregación. - Es la tendencia que tiene el agregado grueso de separarse de la pasta de cemento y la arena, ocasionando que las cantidades de agregado no estén bien distribuidas por toda la mezcla lo que genera retracción y fisuración del concreto en las zonas donde el agregado grueso disminuye, o dificultar la consolidación y ocasionar la aparición de vacíos en las zonas donde el agregado grueso es excesivo (Kosmatka et al., 2004, p. 222).

Trabajabilidad. - La trabajabilidad se refiere a la facilidad para el vaciado, consolidación y la terminación de las combinaciones de concreto cuando están en su estado fresco, esto también implica que los componentes no deben separarse durante el transporte y manejo. Esta propiedad del concreto en estado fresco depende de la calidad de los materiales, una distribución uniforme de los componentes en la masa, la temperatura, la cantidad de agua, la presencia de aditivos, la cantidad de aire incorporado y la consistencia de la mezcla la cual es medida mediante el ensayo de asentamiento en cono de Abrams (Campoy Bencomo et al., 2021).

Vaciado. - También denominado colocación o colado en otros países de habla hispana. Consiste en el proceso del depósito del concreto sobre el lugar previamente acondicionado dependiendo del elemento que se está fabricando. Este proceso debe realizarse de forma continua, a una distancia lo más cercana posible a su posición final, sin vaciarlo en pilas o moverlo horizontalmente pues esto tiende a ocasionar segregación en el concreto (Kosmatka et al., 2004, p. 230).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La resistencia mecánica del concreto con la adición de escoria de cobre modifica significativamente en el distrito Huancayo, región Junín año 2021

3.2. Hipótesis específicas

- a) La resistencia a la compresión del concreto con la adición de escoria de cobre modifica considerablemente en el distrito Huancayo, región Junín año 2021.
- b) La resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre modifica mínimamente en el distrito Huancayo, región Junín año 2021.

3.3. Variables

Se comprende como variable a la serie de características o rasgos que tiene el elemento que va a ser estudiado en la investigación, el cual presenta diversos valores

3.3.1. Definición conceptual de las variables

Variable dependiente. –

Resistencia mecánica del concreto: Al hablar de la resistencia mecánica del concreto, se describen las nuevas capacidades que gana el concreto al pasar a su estado endurecido. Siendo la más común la resistencia a la compresión, dado que es considerado como el principal indicador de la calidad del concreto, sin embargo, también se incluyen a otras resistencias como a la flexión (Abanto, 2009).

Variable independiente. –

Escoria de cobre: En función de lo mencionado por Tejada et al. (2019), se define a este material como un residuo que se obtiene una vez se haya fundido el cobre teniendo en su composición alrededor de 1 % de cobre, siendo un material que posee propiedades puzolánicas comprobadas, lo que orienta a su uso en la conformación de concretos que puedan llegar a tener propiedades superiores al concreto convencional.

3.3.2. Definición operacional de las variables

Variable dependiente. –

Resistencia mecánica del concreto: Son características basada en la determinación de la compresión y flexión del concreto cuando este se encuentra en estado endurecido.

Variable independiente. –

Escoria de cobre: Para realizar la investigación se sustituyó por dosis de escoria de cobre del 5.0 %, 10.0 % y 15.0 % en función de la cantidad de la arena o agregado fino (el peso seco).

Se analizaron las propiedades respecto a la resistencia mecánica del concreto en estado endurecido ante esfuerzos a la compresión y esfuerzos a flexión.

3.3.3. Operacionalización de las variables

Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Instrumento
V1: escoria de cobre	En función de lo mencionado por Tejada et al. (2019), se define a este material como un residuo que se obtiene una vez se haya fundido el cobre teniendo en su composición alrededor de 1 % de cobre, siendo un material que posee propiedades puzolánicas comprobadas, lo que orienta a su uso en la conformación de concretos que puedan llegar a tener propiedades superiores al concreto convencional.	Para realizar la investigación se sustituyó por dosis de escoria de cobre del 5.0 %, 10.0 % y 15.0 % en función de la cantidad de la arena o agregado fino (el peso seco).	Dosificación de escoria de cobre en %	Adición 5%	Intervalo	Ficha mediante el cual se registran características físicas y químicas en base a la norma (ASTM D 422)
				Adición 10%	Intervalo	
				Adición 15%	Intervalo	
V2: resistencia mecánica del concreto	Al hablar de la resistencia mecánica del concreto, se describen las nuevas capacidades que gana el concreto al pasar a su estado endurecido. Siendo la más común la resistencia a la compresión, dado que es considerado como el principal indicador de la calidad del concreto, sin embargo, también se incluyen a otras resistencias como a la flexión (Abanto, 2009).	Son características basada en la determinación de la compresión y flexión del concreto cuando este se encuentra en estado endurecido.	Resistencia a la compresión	En varios periodos (7, 14, 21 y 28 días) hasta llegar $f'c = \text{kg/cm}^2$	Intervalo	Ficha para el registro de la compresión. Norma NTP 339.034 (ASTM C 039)
			Resistencia a la flexión	14 y 28 días hasta llegar $m_r = \text{kg/cm}^2$	Intervalo	Ficha con el cual se registra la flexión en el concreto. Norma NTP 339.079 (ASTM C 78)

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

El desarrollo de la presente investigación estuvo parametrizada a través del método científico, esto con el objetivo de que los resultados que sean alcanzados respecto al aumento de la escoria de cobre al concreto sean confiables y reflejen la realidad.

Lo expuesto concuerda con lo expuesto por Hernández et al. (2014), quien describe cómo se lleva a cabo una investigación de manera que los resultados sean fiables. En este contexto, se introduce el método científico como una herramienta que estandariza el proceso de investigación, garantizando no solo la precisión de los resultados, sino también su verificación por parte de otros científicos.

4.2. Tipo de investigación

La tesis se basó en una investigación de carácter aplicado, ya que se emplearon los principios relativos al uso del residuo de cobre como un insumo para poder fabricar concreto, con el propósito de analizar cómo esto influye en sus características, incluyendo su resistencia ante esfuerzos de compresión y ante esfuerzos de flexión.

Lo mencionado está de acuerdo con investigación aplicada, ya que en ella el investigador, aplica los conocimientos referentes al tema de su investigación en la solución de un problema identificado en su contexto (Bernal, 2010).

4.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación se relaciona con la profundidad del estudio del fenómeno y depende de la conexión entre las variables. En un nivel explicativo, el investigador se enfoca en examinar las relaciones de causa y efecto entre la variable independiente y la variable dependiente (Hernández et al., 2018).

En esta instancia, el análisis tuvo como consideración el punto de vista explicativo, dado que se han investigado las repercusiones de la inclusión de escoria de cobre en el concreto y su influencia en la resistencia a la compresión y flexión. Se ha realizado un minucioso análisis que explica cómo esto incide en la estructura, estableciendo una relación causal.

4.4. Diseño de la investigación

La planificación de una tesis, conforme a las directrices de Bernal (2010), hace referencia a la forma en que el investigador conducirá su investigación y a las posibles modificaciones que podría realizar. En este contexto, se describe un diseño cuasi experimental como aquel en el cual el investigador introduce modificaciones en el fenómeno estudiado con el fin de observar los resultados de dichos cambios.

En el estudio actual, se ha adoptado un enfoque cuasi experimental, ya que se realizaron modificaciones sobre los parámetros mecánicos del concreto al agregar escoria de cobre en proporciones del 5 %, 10 % y 15 %. El objetivo principal era examinar las consecuencias de estas adaptaciones.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

Dentro del campo del desarrollo de investigaciones, autores como Hernández et al. (2018) definen este concepto como el conjunto del total de casos cuyas características se asemejan en función de lo que el investigador busca conocer.

En el presente estudio, este conjunto estuvo conformado por muestras de concreto repartidas en 38 especímenes de forma cilíndrica para ensayo de compresión y 8 probetas rectangulares tipo viga, en la ciudad de Huancayo del departamento de Junín.

4.5.2. Muestra

En la misma línea, la muestra constituye a aquella fracción representativa de la población, calculada para indagar sobre determinadas características de este conjunto (Cid et al., 2007).

Determinada a través de un muestreo no probabilístico intencional, estuvo constituida por 38 probetas de forma cilíndricas y 08 probetas tipo viga de forma rectangular, de los cuales 38 testigos pasarán por el ensayo de compresión en las edades establecidas de 7, 14, 21 y 28 días transcurridos, en 08 tipo vigas se efectuarán los ensayos de flexión en el tiempo de 14 y 28 días.

Tabla 4.1. Número de mediciones a realizar en el desarrollo de la investigación.

Resistencia a la compresión					
Edad en días	Convencional	0.05	0.1	0.15	Total
07 días	3	3	3	3	12
14 días	3	2	2	2	9
21 días	2	2	2	2	8
28 días	3	2	2	2	9
Resistencia a la flexión					
14 días	1	1	1	1	4
28 días	1	1	1	1	4

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas

Para el desarrollo de la recolección de datos, es indispensable contar con un método específico en función del tipo de investigación y los tipos de datos a recolectar, en esa línea, destaca la observación como una técnica directa (Monje, 2011).

Considerando ello, la técnica utilizada en la recolección de datos llevada a cabo principalmente en las actividades a nivel de laboratorio de la presente investigación, comprendió a la observación, la cual se empleó en forma directa.

Para el desarrollo de esta investigación, se ha considerado la observación directa, pues mediante esta se pueden recolectar los datos necesarios mediante la consideración de probetas de forma cilíndrica y prismáticas las cuales fueron la mezcla normal y aquellas con material de residuo del cobre; y teniendo el instrumento fueron desarrollados los análisis de las fichas de datos que se mostraron de las pruebas aplicadas mediante el régimen de la norma técnica peruana donde se realizaran los ensayos.

Como primer paso se optó por realizar el ensayo de granulometría tanto para los agregados como para la escoria, seguido se ejecutó el diseño de mezcla que se propuso que es una mezcla de concreto con resistencia a la compresión igual a 210 kg/cm^2 y otra mezcla fue añadiendo la escoria de cobre en porcentajes de 5 %, 10 % y 15 % en sustitución del agregado fino, se continuó con sacar las muestras respectivas en las probetas cilíndricas y prismáticas, luego de ello se continuó con la hidratación de los testigos. Finalmente se estimó cuál fue el comportamiento de resistencia del concreto a compresión y flexión.

4.6.2. Instrumentos

Parella y Martins (2012) explican que los instrumentos para la recolección de datos, son los recursos de los que se vale el investigador para la obtención confiable de los datos.

Como fichas de registro, fueron utilizadas en el registro de datos obtenidos de los ensayos de resistencia mecánica del concreto, y resistencia a la flexión. Posteriormente, fueron obtenidos los certificados proporcionados por el laboratorio, llegando a presentarse en los anexos de la presente investigación. Estos consideraron los lineamientos expresados en:

- Ensayos del agregado grueso (NTP 400.012).
- Ensayos del agregado fino (NTP 400.012).
- Diseño de mezcla (cuya resistencia de diseño fue de 210 kg/cm^2).
- Resistencia a compresión (NTP 339.034).
- Resistencia a flexión (NTP 339.079).

4.6.3. Trabajo de campo

Son descritos en la Tabla 4.2, haciendo énfasis en la descripción, características, identificación y fotografías de estos.

Tabla 4.2. Proceso del ensayo de los áridos (agregado fino y grueso).

Descripción y características	Procedimiento	Identificación e imágenes																		
<p>Abrasión Los ángeles al desgaste de los agregados NTP 400.019 (ASTM C131) / (MTC-E 207)</p> <p>Objetivo:</p> <p>Establecer los procedimientos para ensayar los agregados para determinar la resistencia a la degradación utilizando la máquina de los ángeles</p> <p>Descripción del método:</p> <p>Este método operativo es una medida que consiste colocar en un tambor con bolas de acero para luego girar con el agregado orientado un efecto de triturado por impacto para luego tamizarlo para medir su degradación.</p> <p>Equipo y materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Máquina de Los Ángeles: Este es un equipo de acero, que presenta una cavidad acoplados a ejes en sus extremos. - Tamices: Conforme a la NTP 350.001.4.1.3 - Balanza: Teniendo una exactitud igual a 0.1 % de la carga. - Carga: Constituida por esferas de acero. <p>Descripción y características</p> <p>Partículas chatas y alargadas en agregados NTP 400.019 (ASTM C131) / (MTC-E 223)</p> <p>Objetivo:</p>	<p>Procedimiento para el desarrollo del ensayo de abrasión.</p> <p>Selección de la muestra (MTC E 201/ASTM C 702): lavar y secar al horno el material a una temperatura de 110 ± 5 °C, posteriormente escoger cada fracción individual recombinao según gradación. Seguidamente, ha de registrarse el peso de esta muestra ante de dar inicio al ensayo.</p> <p>Procedimiento (MTC E 204): Poner la muestra y carga en la máquina de Los Ángeles, se utilizó en este trabajo 11 esferas de acero, luego encender el aparato para que alcance una velocidad de rotación entre las 30 rpm y 33 rpm, hasta que alcance las 500 revoluciones. A continuación, se descarga el material de la máquina, se separa mediante el uso del tamiz estandarizado N° 12. Finalmente realizar el tamizado de la parte menor a 1,70 mm, hacer el lavado del elemento más grueso que esta malla, secarse al horno y pesarse.</p> <table border="1" data-bbox="577 842 1115 1034"> <thead> <tr> <th colspan="3">Porcentaje de gradación</th> </tr> <tr> <th>descripción</th> <th></th> <th>gradación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gradación</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>Numero</td> <td>de</td> <td>500</td> </tr> <tr> <td>revoluciones</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Porcentaje de desgaste</td> <td></td> <td>17.02 %</td> </tr> </tbody> </table> <p>Procedimiento para el metodo para determinar porcentajes de partículas chatas o alargadas.</p> <p>Selección de la muestra (MTC E 201): Realizar el mezclado de material, seguir por el cuarteo, por el secado y la conformación de la muestra.</p> <p>Tomar en cuenta: longitud describe a la máxima dimensión de cada partícula y el ancho a su máxima dimensión al plano perpendicular de su longitud,</p>	Porcentaje de gradación			descripción		gradación	Gradación		B	Numero	de	500	revoluciones			Porcentaje de desgaste		17.02 %	<p>Los Ensayos realizados en el laboratorio son:</p> <div data-bbox="1137 252 1503 644"> </div> <p>Fotografía 1. Procedimiento para la abrasión los ángeles insertando las esferas de acero.</p> <div data-bbox="1137 703 1469 1145"> </div> <p>Fotografía 2. Proceso de abrasión Los Ángeles colocación del agregado.</p> <div data-bbox="1666 193 1989 619"> </div> <p>Fotografía 5. Peso específico y absorción de agregado grueso</p> <div data-bbox="1666 679 1973 1086"> </div> <p>Fotografía 6. Equivalente de arena.</p>
Porcentaje de gradación																				
descripción		gradación																		
Gradación		B																		
Numero	de	500																		
revoluciones																				
Porcentaje de desgaste		17.02 %																		

Determinar el porcentaje de material de agregado grueso con partículas chatas y alargadas.

Importancia:

Este ensayo permite reconocer la cantidad de partículas que debido a sus dimensiones tienden a interferir en la consolidación del concreto, además de dificultar la colocación del material. Por ello, este ensayo ayuda a la verificación del nivel de estas partículas presentes en el material y si es que es viable su uso.

Equipo y materiales:

Dispositivo calibrador proporcional: Es un instrumento de base plana constituida por postes fijados, teniendo además un brazo giratorio entre los postes.

Balanza: con una exactitud del 0.50 % del peso total del material.

Descripción y características

Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos NTP 400.012 (MTC-E 204)

Objetivo:

Establecer la cantidad de partículas de diferentes tamaños que constituyen una muestra de agregados.

Descripción del método:

Se emplea este procedimiento para evaluar la gradación de los materiales propuestos para su utilización como agregados o aquellos que ya se están utilizando con dicho propósito. Los

espesor: es la dimensión más extensa en lo largo y ancho.

Procedimiento:

. Secado: Si la determinación se realiza por peso, secar la muestra en un horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta alcanzar un peso constante. En el caso se realice la cantidad de partículas, no será aplicable el secado.

Tamizado: El proceso de tamizado de la muestra sigue la normativa MTC E 205 y consiste en reducir cada fracción de tamaño mayor a 9,5 mm (3/8") o 4,75 N°4 en un 10% de su peso original en caso de ser necesario.

Sobre el calibrador: En el ensayo de partículas chatas, se debe ajustar la abertura entre el brazo mayor y el poste en función del ancho de las partículas. Para el ensayo de partículas alargadas, es necesario ajustar la abertura mayor a la longitud de dichas partículas.

Clasificación: Se debe de establecer su clasificación y establecerlo en alguno de los siguientes grupos:

- Chatas: Cuando su espesor pasa por la abertura menor al calibrador.
- Alargadas: Cuando el ancho pasa por abertura por un espacio menor que del calibrador.
- Ni chatas ni alargadas: Cuando no cumplen ninguna de las condiciones anteriores.

Cálculo de la proporción: se puede dar en base a la cantidad por grupo, de peso o en forma cuantificada, de acuerdo a lo requerido.

Procedimiento para el metodo para determinar porcentajes de particulas chatas o alargadas.

Muestra: La muestra de campo debe tener el tamaño especificado en dicho método. Luego, es necesario mezclar por completo la muestra y reducirla para el ensayo mediante cuarteo, ya sea de forma manual o mecánica. Es imperativo que el agregado esté completamente homogeneizado y posea la humedad suficiente para prevenir la segregación y la pérdida de



Fotografía 3. Tamizando para el análisis de granulometría de árido fino.



Fotografía 4. Tamizando para análisis de granulometría del agregado grueso.



Fotografía 7. Peso unitario suelto (PUS) de agregado grueso



Fotografía 8. Peso unitario compactado a fino.

resultados obtenidos en este ensayo tienen como objetivo comprobar si la distribución del tamaño de las partículas cumple con los requisitos técnicos establecidos para el proyecto. Además, proporcionan datos cruciales para el control de la producción de agregados. Es importante tener en cuenta que este ensayo no proporciona información sobre el material que pasa por el tamiz de 75 μm (N° 200). Para obtener información con respecto a la cantidad de material fino que pasa por este tamiz, se utilizará el método de ensayo descrito en la MTC E 202.

Equipo y materiales:

- Balanzas: las balanzas usadas en el ensayo de agregados fino y grueso.
- Tamices: en función de los mientos del ensayo.
- Estufa: con una capacidad de tener una temperatura uniforme igual a los 110 ± 5 °C.

finos, así como asegurarse de que la muestra contenga la cantidad deseada en su estado seco y represente el resultado final de la reducción. Las regulaciones indican que está prohibido disminuir la muestra a un peso exacto determinado. En el caso del agregado fino, la cantidad de muestra después del proceso de secado debe ser de al menos 300 g. Para el agregado grueso, la cantidad de muestra después del secado debe ajustarse a las especificaciones establecidas.

Procedimiento: Realizar el secado la muestra hasta alcanzar un peso constante a una temperatura de 110 ± 5 °C. Posteriormente elegir una serie de tamices con dimensiones apropiadas que se ajusten a las especificaciones del material a ser sometido a ensayo. Colocar los tamices de manera descendente, ordenándolos según el tamaño de su abertura, y posicionar la muestra sobre el tamiz superior. Llevar a cabo el proceso de tamizado, ya sea de manera manual o mediante un tamizador electrónico.

Para realizar el ensayo, es necesario determinar el peso de la muestra retenida en cada tamiz utilizando una balanza que cumpla con los requisitos de precisión indicados en la sección correspondiente. Además, es importante verificar que el peso total del material después del tamizado coincida con el peso original de la muestra ensayada. Si la diferencia es mayor al 0.3% del peso seco original de la muestra, los resultados no serán aceptables para su uso. Estas medidas de precisión son fundamentales para garantizar la fiabilidad y calidad de los resultados de los ensayos estructurales, lo que a su vez permite un análisis y diseño efectivos de los elementos de construcción.



Fotografía 5. Método para la determinación de los porcentajes de partículas chatas o alargadas en el agregado grueso.







Fotografía 4. Absorción y peso específico del agregado fino.



Fotografía 9. Absorción y peso específico del agregado fino.

Tabla 4.3. Proceso del ensayo resistencia mecánica del concreto (comprensión y flexión)

Descripción y características	Procedimiento	Descripción e imágenes	
<p>Descripción y características Resistencia a la compresión testigos cilíndricos NTP 339.034 (MTC E 704)</p> <p>Objetivo: Determinar el comportamiento de compresión del concreto. Esta inspección es aplicable a concreto con densidad mayor a 800 kg/m³ (50 lb/pe³).</p> <p>Descripción del método: El proceso de ensayo de compresión implica colocar una carga axial de compresión en un cilindro o núcleo moldeado a una velocidad específica hasta que el espécimen falle. La resistencia a la compresión del espécimen se calcula dividiendo la carga aplicada durante el ensayo entre la sección transversal del mismo.</p> <p>Equipo y materiales: La el equipo para el desarrollo de este ensayo debe de cumplir con las velocidades mínimas que cumplan con los requerimientos de las especificaciones técnicas.</p> <p>Descripción y características Resistencia a la flexión testigos rectangulares tipo viga ASTM C293 (MTC E 711) NTP 339.059</p> <p>Objetivo: El objetivo es establecer los procedimientos necesarios para determinar la resistencia a la flexión de un pequeño espécimen de concreto. Para llevar a cabo el ensayo, se utilizará una viga simple que se cargará en el punto central.</p> <p>Descripción del método: Es importante tener en cuenta que este procedimiento no tiene la intención de reemplazar el ensayo MTC E709. Los valores establecidos en unidades del Sistema Internacional (SI) son la norma aplicable en este caso. Es importante destacar que esta norma no proporciona directrices específicas sobre la seguridad relacionada con su aplicación. Por lo tanto, es responsabilidad del usuario establecer prácticas seguras y saludables y determinar si hay alguna restricción normativa que deba tenerse en cuenta antes de su uso.</p> <p>Equipo y materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Equipo de ensayo: Debe de cumplir con las especificaciones de la norma MTC E 709. – Dispositivo de carga: Es un sistema mediante el cual se logra aplicar una carga controlada a la cara de los especímenes. 	<p>Resistencia a la compresión testigos cilíndricos NTP 339.034 (MTC E 704)</p> <p>Muestra; Las muestras no se deben ensayar sino cuentan con las medidas diferidas y tuvieran algún desperfecto.</p> <p>Procedimiento: Este ensayo comprende el estudio de testigos de concreto sumergidos durante períodos de 7, 14, 21 y 28 días, debe llevarse a cabo de manera inmediata después de retirarlas del proceso de curado. Una vez trasladadas al equipo de compresión, se aplica una carga axial, registrando cuidadosamente cada momento de fractura o fraccionamiento. Durante este procedimiento, se toman notas detalladas de la carga aplicada y del tipo de fractura observada en cada instancia.</p> <p>Resistencia a la flexión testigos rectangulares tipo viga ASTM C293 (MTC E 704)</p> <p>Muestra; ara llevar a cabo el ensayo estructural adecuado, el espécimen debe cumplir con los requisitos establecidos en la norma MTC E702, la cual se aplica tanto a los especímenes prismáticos como a las vigas. Es fundamental que el espécimen tenga una luz libre que sea tres veces su altura, con una tolerancia del 2%. Es importante que los lados del espécimen estén en ángulos rectos con respecto a la cara superior e inferior. Además, todas las superficies del espécimen deben ser lisas y no presentar costras, indentaciones, huecos o inscripciones que lo identifiquen.</p> <p>Procedimiento: Para realizar el ensayo, se debe colocar la muestra de tal manera que un lado se oriente según su posición original de moldeo y se posicione de manera centrada sobre los bloques de carga. Se colocan los bloques de aplicación de carga en contacto con la superficie del espécimen y se aplica una carga que oscila entre el 3 % y el 6 % de la carga última estimada.</p>	<p>Los especímenes obtenidos en laboratorio fueron:</p> <p>Probetas utilizadas para el ensayo a compresión.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concreto convencional – 5 probetas cilíndricas. • Adicionado 5 % de escoria de cobre / 9 especímenes cilíndricos. • Adicionado 10 % de escoria de cobre / 9 especímenes cilíndricos • Adicionado 15 % de escoria de cobre / 9 especímenes cilíndricos  <p>Fotografía 10. Elaboración de las probetas al 10 % de escoria de cobre para ensayos de compresión.</p>  <p>Fotografía 11. Rotura de probeta en los 14 días del patrón convencional.</p>	<p>Probetas rectangulares utilizadas para el ensayo de flexión.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concreto convencional / 2 tipo viga. • Adicionado 5 % de escoria de cobre / 2 tipo viga. • Adicionado 10 % de escoria de cobre / 2 tipo viga • Adicionado 15 % de escoria de cobre / 2 tipo viga  <p>Fotografía 12. Elaboración de vigas al 10 % de escoria de cobre para el ensayo de flexión.</p>  <p>Fotografía 13. Rotura de viga 28 días con adición de escoria al 10%</p>

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

4.7.1. Técnicas de procesamiento

El procesamiento de los datos obtenidos en el estudio de laboratorio fue realizada a través de matrices de tabulación, así como de gráficos los cuales fueron procesados con el apoyo de software especializado:

- Microsoft Excel: donde fueron digitalizados los datos obtenidos por laboratorio, así como los valores del diseño de mezcla, y para los datos obtenidos de los ensayos de comprensión y flexión.
- Microsoft Word: sirviendo para el desarrollo de la descripción de los resultados dispuestos en gráficos y tablas.
- IBM SPSS Statistics: para realizar las pruebas de hipótesis y análisis de datos estadísticos.

Adicionalmente, en el tratamiento de la información se ha tenido en cuenta lo dispuesto y regulado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, según lo detallado en los siguientes documentos:

- Manual de las normas técnicas peruana NTP 339.034
- Norma de referencia ASTM C293 (resistencia a la flexión)
- Norma de referencia ASTM C39 (resistencia a la comprensión)

4.7.2. Análisis de datos

En el procesamiento y análisis de datos, se emplearon técnicas que utilizaron estadísticos descriptivos, como el promedio. Para la evaluación de hipótesis, se aplicaron pruebas estadísticas como ANOVA y Tukey en situaciones en las que los datos presentaban una distribución normal. Cuando la normalidad no estaba presente, se recurrió a la prueba estadística de Kruskal–Wallis, complementada con ANOVA de una vía de Kruskal.

- Organización de los datos

Con este propósito, se emplearon cuadros convencionales creadas en Microsoft Excel, en las cuales se segregaron los indicadores que fueron establecidos para analizar

la variable independiente (escoria de cobre) y la variable dependiente (Comportamiento de la resistencia mecánica del concreto).

- Análisis de datos

En el análisis de datos, se utilizó la metodología establecida para datos cuantitativos, basada en la estadística descriptiva. Esta técnica se aplicó para describir, generar gráficos, analizar, comparar y establecer relaciones, así como para resumir la información recopilada en el laboratorio y evaluar la hipótesis de la tesis.

4.8. Aspectos éticos de la investigación

La realización de esta investigación ha tenido en cuenta principios éticos que se basan en dos pilares fundamentales de la universidad: la honestidad en la información y el consentimiento informado. Durante todo el proceso de investigación, se ha garantizado que no se causará ningún impacto negativo en el entorno natural ni en la comunidad local de la zona de estudio, ya sea de manera directa o indirecta. Esto se aplica tanto a las etapas de preparación del concreto como a los análisis de laboratorio, con un enfoque en la prevención de la generación de residuos y contaminantes.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Descripción de resultados

5.1.1. Diseño de mezcla

Diseño de resistencia: $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Especificaciones de materiales:

Peso específico del cemento : 3.15 gr/cm^3

Peso específico del agua : 1 g/cm^3

Módulo slump : 3" a 4"

A continuación, en la Tabla 5.1 se presentan los resultados de las pruebas de laboratorio que evaluaron las propiedades físicas de los agregados finos y gruesos.

Tabla 5.1. Ensayos físicos de los agregados.

Descripción	Agregado fino	Agregado grueso
Tamaño máximo nominal (pulg)		3/4"
Peso unitario compactado (kg/m^3)	1207.18	1656.74
Peso unitario suelto (kg/m^3)	1111.86	1527.61
Peso específico (kg/m^3)	2.56	2.63
Absorción (%)	2.15	1.11
Contenido de humedad (%)	3.95	1.17
Módulo de finura	2.56	7.21

En la Tabla 5.2, se expone el material necesario por metro cúbico para una mezcla de diseño estándar con una resistencia de 210 kg/cm^2 , junto con diferentes con diversos niveles de inclusión de escoria de cobre, que van desde el 5 % al 15 %.

Tabla 5.2. Proporción de los materiales según diseño.

Diseño de mezcla	Cemento (kg/m ³)	Agua (l/m ³)	Agregado fino (kg/m ³)	Agregado grueso (kg/m ³)	Escoria de cobre (kg/m ³)
Mezcla convencional (210 kg/cm ²)	367.1	191	774.93	113.42	0
Mezcla con adición 5 % de escoria de cobre	367.1	191	736.14	113.42	38.79
Mezcla con adición 10 % de escoria de cobre	367.1	191	697.44	113.42	77.48
Mezcla con adición 15 % de escoria de cobre	367.1	191	658.66	113.42	116.27

5.1.2. Ensayo del concreto sometido a compresión.

Los ensayos rendidos a compresión se desarrollaron bajo la NTP 339.034 y el ASTM C-039, donde el procedimiento implica someterle a la proyección de carga axial, hasta que esté presente fisuras.

Ensayo a compresión de la mezcla convencional

A continuación, en la tabla 5 se proporcionan los hallazgos obtenidos del test de para la estimación de la compresión para probetas a los 7, 14, 21 y 28 días, que fueron evaluados en el laboratorio. En este análisis, se observa que la resistencia al 100 % arroja un valor de 366.83 kg/cm².

Tabla 5.3. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos de 7, 14, 21 y 28 días.

Testigo		Fecha		Edad (días)	f'c (kg/cm ²)
N°	Descripción	Muestra	Rotura		
1005	Convencional	23/10/2021	30/10/2021	7	186,46
1006	Convencional	23/10/2021	30/10/2021	7	190,68
1007	Convencional	23/10/2021	30/10/2021	7	187,26
1008	Convencional	23/10/2021	06/11/2021	14	265,3
1009	Convencional	23/10/2021	06/11/2021	14	260,72
1010	Convencional	23/10/2021	06/11/2021	14	272,6
1011	Convencional	23/10/2021	13/11/2021	21	300,11
1012	Convencional	23/10/2021	13/11/2021	21	307,27
1013	Convencional	23/10/2021	20/11/2021	28	356,8
1014	Convencional	23/10/2021	20/11/2021	28	357,06
1015	Convencional	23/10/2021	20/11/2021	28	366,83

A continuación, se detalla minuciosamente el promedio de la resistencia a la compresión de las probetas tomadas a los 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 5.4. Promedio resistencia a la compresión de testigos de 7, 14, 21 y 28 días.

Edad	7	14	21	28
f'c = kg/cm ²	188.13	266.21	303.69	360.23

En el primer gráfico, se evidencia que la resistencia del concreto convencional a los 7 días es de 188.13 kg/cm², a los 14 días aumenta a 266.21 kg/cm², a los 21 días llega a 303.69 kg/cm² y a los 28 días alcanza valores de 360.23 kg/cm², superando así la resistencia prevista en el diseño.

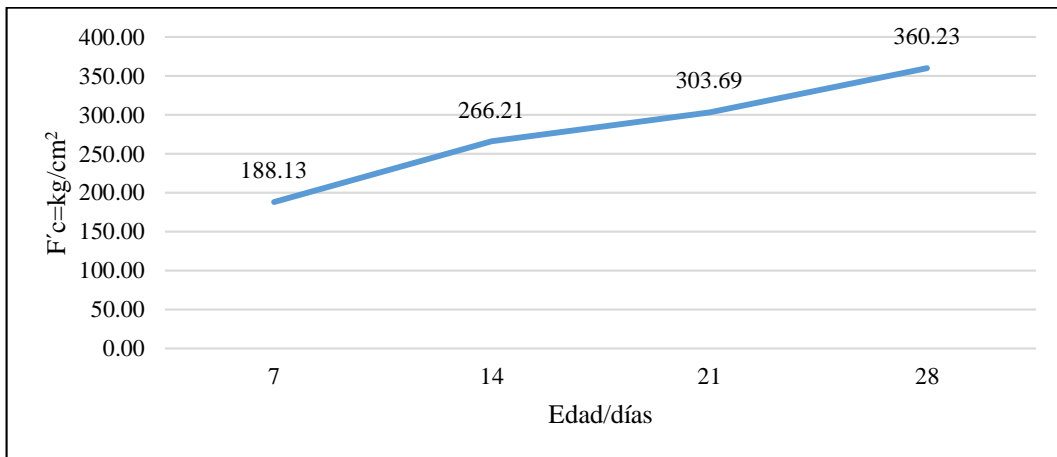


Figura 5.1. Línea de evolución de la resistencia a la compresión del concreto convencional.

Ensayo a compresión de la mezcla con adición de escoria de cobre al 5% en reemplazo del agregado fino.

En la Tabla 5.5 que sigue, se da a conocer los ensayos de resistencia a la compresión de probetas con un contenido del 5 % de escoria de cobre, tomadas a los 7, 14, 21 y 28 días. Destaca que el valor más elevado registrado es de 360.94 kg/cm².

Tabla 5.5. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos con 5 % de escoria de cobre de 7, 14, 21 y 28 días.

Testigo		Fecha		Edad (días)	f' c (kg/cm ²)
Nº	Descripción	Muestra	Rotura		
1037	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	12/11/2021	7	192,9
1038	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	12/11/2021	7	198,56
1039	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	12/11/2021	7	199,58
1040	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	19/11/2021	14	278,21
1041	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	19/11/2021	14	285,85
1042	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	26/11/2021	21	323,8
1043	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	26/11/2021	21	320,56
1044	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	03/12/2021	28	376,3
1045	Con adición de escoria de cobre (5%)	05/11/2021	03/12/2021	28	360,94

En la Tabla 5.6 que se presenta a continuación, se proporciona una descripción detallada del promedio el valor del esfuerzo a compresión que incluyen una adición del 5 % de escoria de cobre, los cuales fueron evaluados en tiempo ya descritos.

Tabla 5.6. Promedio resistencia a la compresión de testigos con adición de 5 % de escoria de cobre 7, 14, 21 y 28 días.

Edad	7	14	21	28
f'c = kg/cm ²	197.01	282.03	322.18	368.62

La Figura 5.2 revela que al utilizar una dosificación del 5 % de escoria de cobre como sustituto del agregado fino, se obtienen distintos niveles de resistencia en función del tiempo. A los 7 días, la resistencia es de 197.01 kg/cm², a los 14 días se incrementa a 282.03 kg/cm², a los 21 días alcanza 322.18 kg/cm² y finalmente, a los 28 días, se registra una resistencia de 368.62 kg/cm², lo que representa un incremento del 82 % en comparación con los 7 días.

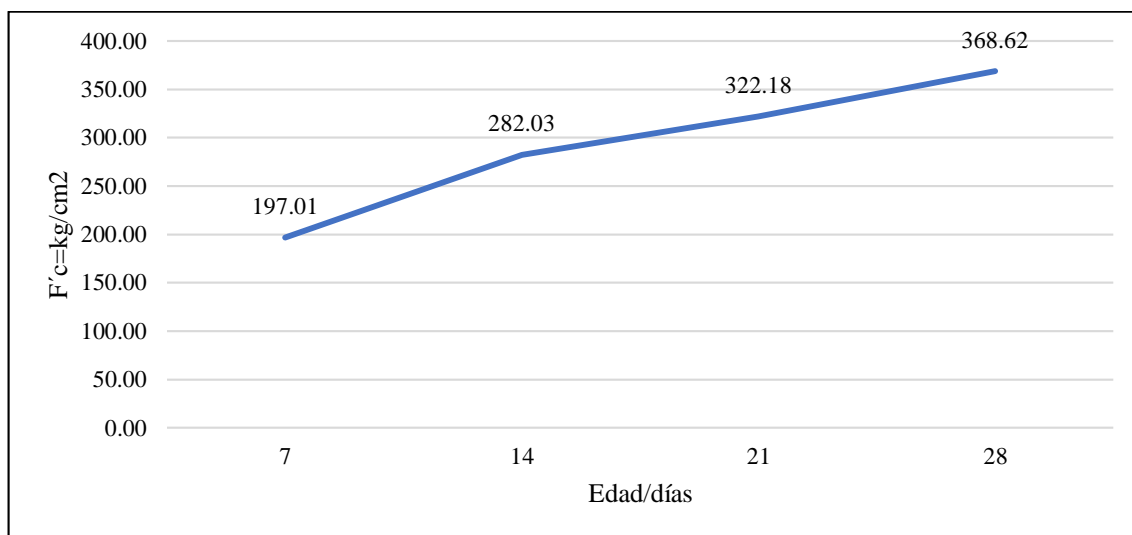


Figura 5.2. Línea de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición de escoria de cobre en un 5 %.

Ensayo a compresión de la mezcla con adición de escoria de cobre al 10% en reemplazo del agregado fino.

A continuación, se presenta en la Tabla 5.7 los valores medios de las pruebas de compresión de probetas que contienen un 10 % de residuos de cobre del agregado fino, las cuales fueron realizadas a los 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 5.7. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos con 10 % de escoria de cobre de 7, 14, 21 y 28 días.

Testigo		Fecha		Edad (días)	f'c (kg/cm ²)
Nº	Descripción (sustitución con escoria)	Muestra	Rotura		
1037	10%	06/11/2021	13/11/2021	7	205,66
1038	10%	06/11/2021	13/11/2021	7	202,27
1039	10 %	06/11/2021	13/11/2021	7	213,02
1040	10%	06/11/2021	20/11/2021	14	292,64
1041	10%	06/11/2021	20/11/2021	14	301,41
1042	10%	06/11/2021	27/11/2021	21	355,51

1043	Con adición de escoria de cobre (10%)	06/11/2021	27/11/2021	21	340,13
1044	Con adición de escoria de cobre (10%)	06/11/2021	04/12/2021	28	378,38
1045	Con adición de escoria de cobre (10%)	06/11/2021	04/12/2021	28	375,73

En la Tabla 5.8, se presenta en detalle el promedio aritmético de la compresión de los testigos que contienen una adición del 10 %, evaluadas a los 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 5.8. Promedio resistencia a la compresión de testigos con adición de 10 % de 7, 14, 21 y 28 días.

Edad	7	14	21	28
$f'c = \text{kg/cm}^2$	206,98	297,03	347,82	377,055

Del gráfico 3, se observa que la dosificación con 10 % de escoria de cobre en reemplazo de agregado fino se evidencia a la edad de 7 días presenta un valor de 206.98 kg/cm^2 , a los 14 días se incrementa a 297 kg/cm^2 con un incremento de 40 % con respecto a los 7 días, a los 21 días, la resistencia alcanza los 347.82 kg/cm^2 , y al final del período de curado de 28 días, la resistencia se eleva a 377.06 kg/cm^2 .

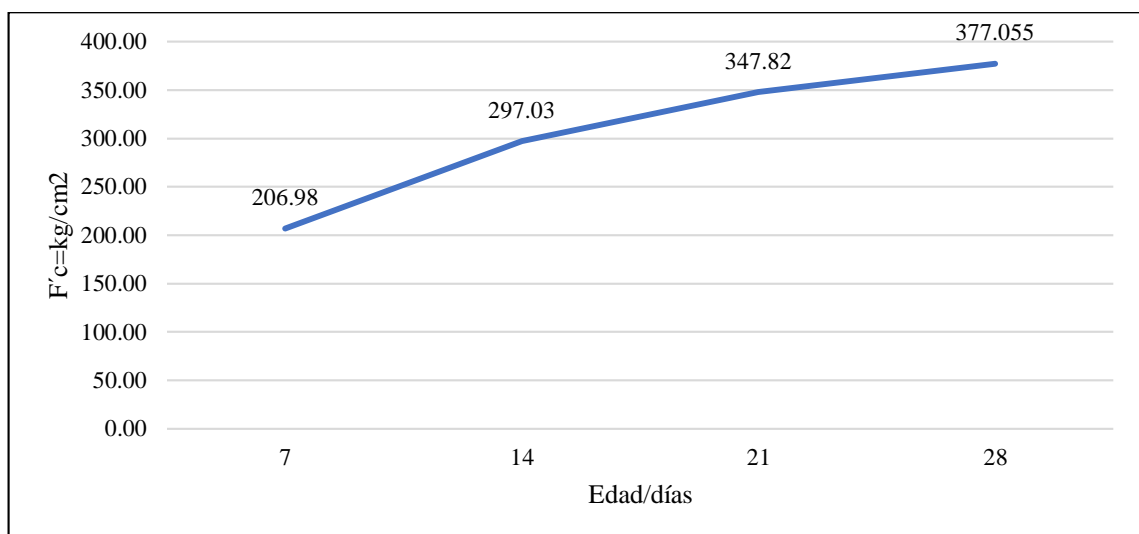


Figura 5.3. Línea de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición de escoria de cobre en un 10 %.

Ensayo a compresión de la mezcla con adición de escoria de cobre al 15% en reemplazo del agregado fino.

En la siguiente Tabla 5.9, se exponen los resultados de las pruebas compresión de probetas que contienen una sustitución del 15 % de residuo en lugar del agregado fino, realizadas a los 7, 14, 21 y 28 días. Destaca que el valor máximo registrado es de 385.77 kg/cm^2 .

Tabla 5.9. Resultado de ensayo de resistencia a la compresión de testigos con 15 % de escoria de cobre de 7, 14, 21 y 28 días.

Testigo		Fecha		Edad (días)	f'c (kg/cm ²)
Nº	Descripción	Muestra	Rotura		
1037	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	17/11/2021	7	222,51
1038	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	17/11/2021	7	209,83
1039	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	17/11/2021	7	207,27
1040	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	24/11/2021	14	318,59
1041	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	24/11/2021	14	321,58
1042	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	01/12/2021	21	359,61
1043	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	01/12/2021	21	355,39
1044	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	08/12/2021	28	377
1045	Con adición de escoria de cobre (15%)	10/11/2021	08/12/2021	28	385,77

La resistencia promedio de compresión de las probetas, las cuales incluyen una adición del 15 % de escoria de cobre y fueron evaluadas a los 7, 14, 21 y 28 días, alcanza un valor máximo de 381.385 kg/cm², tal como se ilustra.

Tabla 5.10. Promedio resistencia a la compresión de testigos con adición de 15 % de escoria de cobre 7, 14, 21 y 28 días

Edad	7	14	21	28
f'c = kg/cm ²	213,20	320,09	357,5	381,385

En Figura 5.4 se registra que la dosificación con 15 % de residuo en reemplazo de agregado en los 7 días registra una resistencia de 213.20 kg/cm² alcanzando al diseño de resistencia de 210 kg/cm², a los 14 días registra una resistencia de 320.09 kg/cm² aumentando un 50 % respecto a los 7 días, a los 21 días se observa una resistencia de 357.5 kg/cm² y a los 28 días de curado manifiesta una resistencia de 381.39 kg/cm².

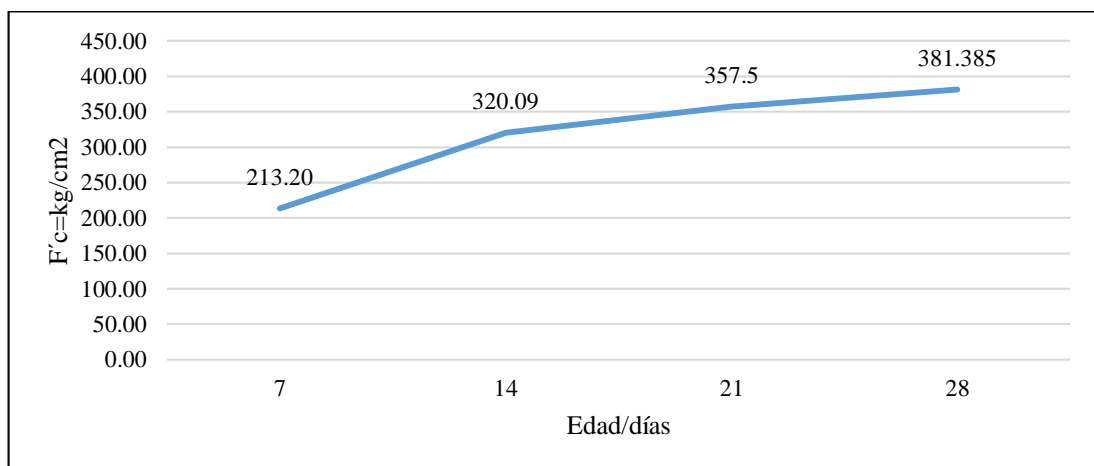


Figura 5.4. Línea de evolución de la resistencia a la compresión del concreto con adición de escoria de cobre en un 15 %.

Comparación de la resistencia a la compresión

En la Tabla 5.11 que sigue, se presenta las diferencias de resistencia (F_c) entre el diseño convencional y las variantes que incorporan varios porcentajes de escoria de cobre. En esta tabla, se muestran los resultados de las probetas sometidas a compresión, y se destaca que, a los 28 días, el concreto convencional alcanza una compresión de 360.23 kg/cm^2 , superando así el diseño especificado de 210 kg/cm^2 .

Tabla 5.11. Comparación de F_c de resistencia a la compresión entre el diseño convencional y los diseños con los diferentes porcentajes de adición de escoria de cobre.

Edad/días	7	14	21	28	Porcentaje %
Concreto convencional ($f_c=\text{kg/cm}^2$)	188.13	266.21	303.69	360.23	100
Concreto con adición de escoria de cobre 5 % ($f_c=\text{kg/cm}^2$)	197.01	282.03	322.18	368.62	102.33
Concreto con adición de escoria de cobre 10 % ($f_c=\text{kg/cm}^2$)	206.98	297.03	347.82	377.055	104.67
Concreto con adición de escoria de cobre 15 % ($f_c=\text{kg/cm}^2$)	213.2	320.09	357.5	381.385	105.87

La inclusión de escoria de cobre en distintas proporciones muestra mejoras en la compresión en contraste del concreto convencional. Con un 5 % de residuo de cobre, se obtiene una resistencia de 368.62 kg/cm^2 , superando ligeramente al concreto convencional en un 2.33 %. Con un 10 % del material mencionado, la resistencia es de 377.1 kg/cm^2 , lo que representa un incremento de aproximadamente un 4.67 % en relación con el concreto convencional. Al utilizar un 15 %, la resistencia alcanza 381.39 kg/cm^2 , superando el concreto convencional en un 5.87 %. Además, el gráfico muestra un aumento significativo del 15 % de escoria de cobre en un 13.33 % en los 7 días y un incremento de 20.24 % en los 14 días en contraste con el hormigón convencional, como se ilustra en la figura que se presenta a continuación:

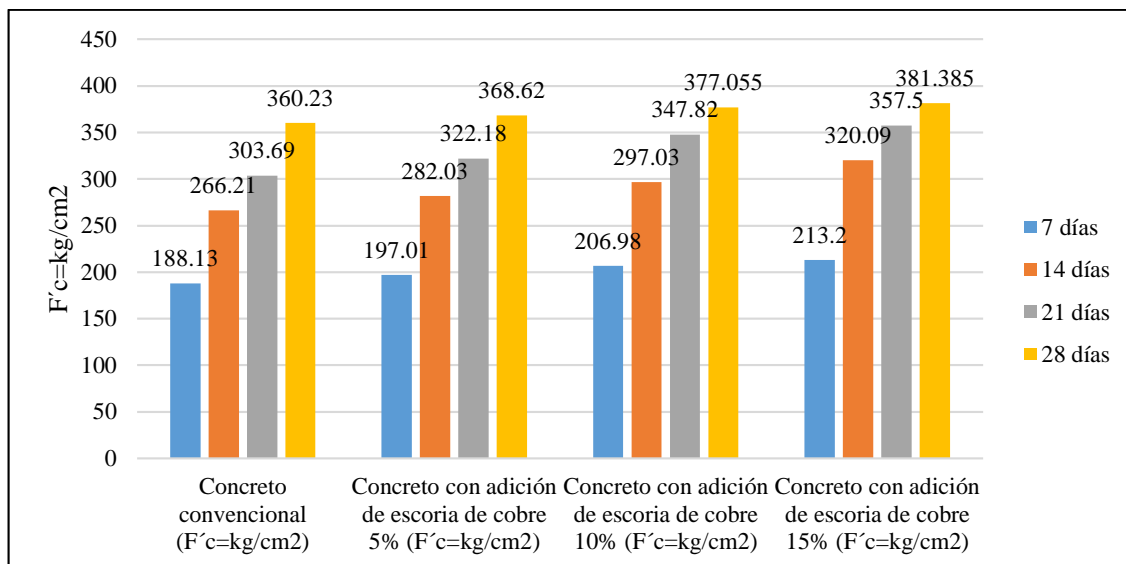


Figura 5.5. Resultados de resistencia de compresión del diseño de mezcla convencional y los diseños con adición de escoria de cobre.

5.1.3. Ensayos del concreto sometidos a flexión

Los experimentos se llevaron a cabo siguiendo las pautas establecidas por la normativa NTP 339.079 y ASTM C78, para el cual se desarrolló vigas de concretos que se le aplicara una carga a los dos tercios de la luz hasta produzca una fractura, las vigas deben estar lisas y sin fracturas. Para desarrollar el módulo de rotura se procede con esta operación matemática implica la multiplicación de la carga máxima aplicada por la luz libre que hay entre los apoyos a todo esto dividirlo la multiplicación del ancho de la viga por el alto de la viga al cuadrado.

Ensayo a la flexión de la mezcla convencional.

En la Tabla 5.12 que se presenta a continuación, se proporcionan los valores del estudio de flexión realizados a las edades de 14 y 28 días en vigas de dimensiones 15 x 15 x 50 cm. El valor máximo del módulo de ruptura alcanzado es de 41.20 kg/cm².

Tabla 5.12. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión a la edad de 14 y 28 días.

Testigo				Fecha		Edad (días)	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Descripción	Luz libre entre apoyos (cm)	Altura de viga (cm)	Ancho de viga (cm)	Muestra	Rotura			
Convencional	50	15	15	15/11/2021	29/11/2021	14	2335.11	31,14
Convencional	50	15	15	16/11/2021	14/12/2021	28	3089.69	41,20
Módulo de rotura promedio								36,17

Ensayo a flexión de la mezcla con adición de escoria de cobre al 5% en reemplazo del agregado fino.

A continuación, en la tabla 5, se presentan los datos estimados del ensayo de flexión de probetas con 5 % de escoria de cobre en lugar del agregado fino, evaluadas a las edades de 14 y 28 días. En este caso, se registró un valor máximo de resistencia de ruptura de 54.14 kg/cm².

Tabla 5.13. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión con 5 % de escoria de cobre a la edad de 14 y 28 días.

Testigo				Fecha		Edad (días)	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Descripción	Luz libre entre apoyos (cm)	Altura de viga (cm)	Ancho de viga (cm)	Muestra	Rotura			
(5%)	50	15	15	15/11/2021	29/11/2021	14	2,437,083	32.495
(5%)	50	15	15	16/11/2021	14/12/2021	28	3,385,404	45.14
Módulo de rotura promedio								388.18

Ensayo a flexión de la mezcla con adición de escoria de cobre al 10% en reemplazo del agregado fino.

En la Tabla 5.14 se encuentran los resultados de las pruebas de resistencia a la flexión en probetas que sustituyen el agregado fino por un 10 % de residuo, realizadas a las edades de 14 y 28 días. El valor más destacado del módulo de ruptura registrado fue de 47.18 kg/cm².

Tabla 5.14. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión con 10 % de escoria de cobre a la edad de 14 y 28 días.

Testigo				Fecha		Edad (días)	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Descripción	Luz libre entre apoyos (cm)	Altura de viga (cm)	Ancho de viga (cm)	Muestra	Rotura			
Con adición de escoria de cobre (10%)	50	15	15	15/11/2021	29/11/2021	14	2,671,614	35.622
(10%)	50	15	15	16/11/2021	14/12/2021	28	3,538,359	47.179
Módulo de rotura promedio								414.005

Ensayo a flexión de la mezcla con adición de escoria de cobre al 15% en reemplazo del agregado fino.

En la Tabla 5.15 que sigue, se detallan los resultados de las pruebas de resistencia a la flexión en probetas que contienen un sustituto del 15 % de residuo de material fundido de cobre en lugar del agregado fino, evaluadas a las edades de 14 y 28 días. En este contexto, se observó un valor máximo de resistencia a la ruptura de 50.03 kg/cm².

Tabla 5.15. Resultado de ensayo de resistencia a la flexión con 15 % de escoria de cobre a la edad de 14 y 28 días.

Testigo				Fecha		Edad (días)	Carga (kg)	Módulo de rotura (kg/cm ²)
Descripción	Luz libre entre apoyos (cm)	Altura de viga (cm)	Ancho de viga (cm)	Muestra	Rotura			
(15%)	50	15	15	15/11/2021	29/11/2021	14	2,834,766	37,798
(15%)	50	15	15	16/11/2021	14/12/2021	28	3,752,496	50,034
Módulo de rotura promedio								43,916

Comparación de la resistencia a la flexión

En la Tabla 5.16 que sigue a continuación, se proporciona una comparación del módulo de rotura (Mr) entre el convencional y los de escoria (5 %, 10 % y 15 %). En el caso del concreto convencional, a los 28 días, se alcanza un módulo de rotura de 36.17 kg/cm², ligeramente por encima de la especificación original.

Tabla 5.16. Comparación del módulo de rotura (Mr) entre el diseño convencional y los diseños con la adición de escoria de cobre de 5 %, 10 % y 15 %.

Edad/días	28	Porcentaje %
Concreto convencional (m=kg/cm ²)	36.17	100.00
Escoria con 5 % (m=kg/cm ²)	38.82	107.33
Escoria con 10 % (m=kg/cm ²)	41.40	114.47
Escoria con 15 % (m=kg/cm ²)	43.92	121.43

En la Tabla 5.16 se aprecia variaciones considerables de esta propiedad del concreto al agregar escoria de cobre. Cuando se añade un 5 % de escoria a la mezcla, la resistencia alcanza 38 kg/cm², ligeramente por encima del concreto convencional. Con una adición del 10 % de residuo, la resistencia a la flexión llega a 41.20 kg/cm², lo que representa un aumento del 14.47 % con respecto al concreto convencional. En el caso de una adición del 15 %, la flexión es de 43.92 kg/cm², superando en un 21.43 % al concreto convencional.

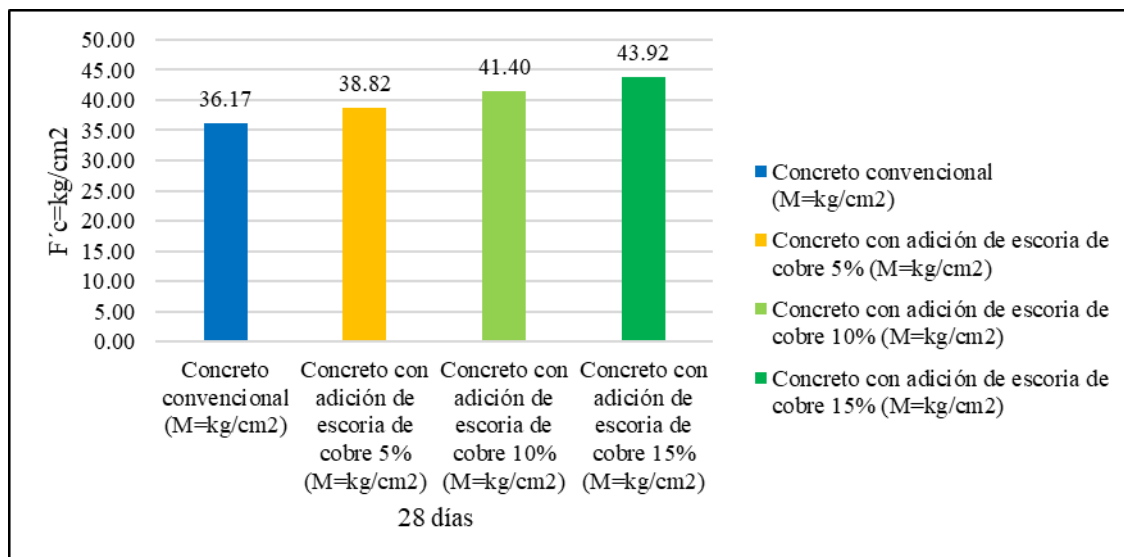


Figura 5.6. Resultados de resistencia de flexión de la mezcla convencional y los diseños con la edición de escoria de cobre de 5 %, 10 % y 15 %.

5.2. Contratación de hipótesis

De manera complementaria a los resultados presentados previamente, en este ítem se adjunta la contratación de hipótesis de la presente investigación. Para ello, fue realizado el análisis estadístico inferencial respecto a los valores de las propiedades mecánicas de las mezclas de concreto obtenidas de laboratorio a través del software SPSS, para poder establecer apropiadamente la verdadera influencia que ejerce la escoria de cobre sobre el comportamiento del concreto.

5.2.1. Prueba de normalidad

Como primer paso del proceso de contratación de hipótesis, se requiere identificar el tipo de distribución al cual se adecúan los datos con el fin de seleccionar apropiadamente la prueba estadística a utilizar para la comparación de los resultados y, finalmente, determinar si es que los cambios ocurridos debido a incluir de la fundición del cobre en las mezclas de concreto son significativos.

Teniendo en cuenta ello, en la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de la realización de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk sobre las magnitudes de resistencia a esfuerzos de compresión de las cuatro mezclas de concreto evaluadas a diferentes edades. En esta tabla pueden apreciarse valores de significancia superiores al 5 % para los datos obtenidos de los ensayos de resistencia a los 7, 14 y 21 días de edad del concreto, indicando que en estos casos todos los valores presentan un ajuste a distribución normal y pueden ser evaluados mediante la aplicación de una prueba

paramétrica, sin embargo, este no es el caso con la resistencia a 28 días, cuyo grupo de concreto sin escoria presenta un valor de 4 %, indicando que en este caso los datos no presentan ajuste de normalidad y deben ser evaluados aplicando una prueba no paramétrica.

Tabla 5.17. Prueba de normalidad para la hipótesis específica “a”.

Prueba	Grupo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la compresión a los 7 días	Concreto convencional	0.89	3	0.34
	Concreto con escoria de cobre al 5 %	0.86	3	0.27
	Concreto con escoria de cobre al 10 %	0.96	3	0.60
	Concreto con escoria de cobre al 15 %	0.87	3	0.30
Resistencia a la compresión a los 14 días	Concreto convencional	0.98	3	0.75
	Concreto con escoria de cobre al 5 %	1.00	3	1.00
	Concreto con escoria de cobre al 10 %	1.00	3	1.00
	Concreto con escoria de cobre al 15 %	1.00	3	1.00
Resistencia a la compresión a los 21 días	Concreto convencional	1.00	3	1.00
	Concreto con escoria de cobre al 5 %	1.00	3	1.00
	Concreto con escoria de cobre al 10 %	1.00	3	1.00
	Concreto con escoria de cobre al 15 %	1.00	3	1.00
Resistencia a la compresión a los 28 días	Concreto convencional	0.77	3	0.04
	Concreto con escoria de cobre al 5 %	1.00	3	1.00
	Concreto con escoria de cobre al 10 %	1.00	3	1.00
	Concreto con escoria de cobre al 15 %	1.00	3	1.00

Del mismo modo, la Tabla 5.18 exhibe los resultados obtenidos de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk realizada para la contrastación de los datos de la segunda hipótesis específica respecto a la resistencia mecánica ante esfuerzos de flexión sobre mezclas de edades de 14 y 28 días. Así, se aprecian niveles de significancia nulos para todos los casos, lo que indica que para todos los casos evaluados los datos no siguen una distribución normal y, por ello, serán evaluadas a través de la aplicación de una prueba no paramétrica.

Tabla 5.18. Prueba de normalidad para la hipótesis específica “b”.

Prueba	Grupo	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la flexión a los 14 días	Concreto convencional	0.75	3	0.00
	Concreto con escoria de cobre al 5 %	0.75	3	0.00
	Concreto con escoria de cobre al 10 %	0.75	3	0.00
	Concreto con escoria de cobre al 15 %	0.75	3	0.00
Resistencia a la flexión a los 28 días	Concreto convencional	0.75	3	0.00
	Concreto con escoria de cobre al 5 %	-	3	-
	Concreto con escoria de cobre al 10 %	0.75	3	0.00
	Concreto con escoria de cobre al 15 %	0.75	3	0.00

5.2.2. Hipótesis específica “a”

Planteadas las siguientes hipótesis:

H_{ia} : La resistencia a la compresión del concreto con la adición de escoria de cobre modifica considerablemente, distrito Huancayo, región Junín en el 2021.

H_{0a} : La resistencia a la compresión del concreto con la adición de escoria de cobre no modifica considerablemente, distrito Huancayo, región Junín en el 2021.

Ante ello, la siguiente tabla exhibe el producto de la prueba ANOVA de un factor realizada sobre la información relacionada con la capacidad de soportar esfuerzos a compresión a los 7, 14 y 28 días. En esa línea, se observan que en todas las situaciones fueron obtenidos niveles de significancia de 0.00 para todos los casos, lo que se traduce en la existencia de cambios significativos en los valores de resistencia.

Tabla 5.19. Resultados de prueba paramétrica para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 días de edad del concreto.

Prueba	Parámetro	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Resistencia a la compresión a los 7 días	Entre grupos	1097.17	3	365.72	12.75	0.00
	Dentro de grupos	229.55	8	28.69		
	Total	1326.72	11			
Resistencia a la compresión a los 14 días	Entre grupos	4736.82	3	1578.94	88.70	0.00
	Dentro de grupos	142.40	8	17.80		
	Total	4879.22	11			
Resistencia a la compresión a los 21 días	Entre grupos	5387.60	3	1795.87	90.90	0.00
	Dentro de grupos	158.06	8	19.76		
	Total	5545.66	11			

A fin de hallar el grupo específico donde existen las diferencias significativas en cada caso, en la siguiente tabla se presentan las comparaciones múltiples para los resultados de resistencia a los 7, 14 y 28 días. En primera instancia destacan diferencias de medias negativas para todos los casos, es decir, que en todas las comparaciones se aprecian aumentos de la resistencia a compresión, seguidamente se aprecian que de los datos evaluados en relación con la fuerza de compresión a los 7 días del concreto, hay dos comparaciones con un nivel de significancia inferior a 0.05, correspondiente al concreto con escoria al 10 % y al 15 % comparado al concreto convencional; sumado a ello, para la resistencia a los 14 días en cada caso se presentan niveles de significación inferiores a 0.05, lo que indica que desde la inclusión del 5 % de escoria de cobre son alcanzados cambios significativos en la resistencia ante compresión; por último, evaluando la resistencia de la mezcla de 21 días se evidencia un nivel de significancia de

0.00 para todos los casos, siendo un indicador de que en este caso también la sustitución de agregado fino por el residuo de fundición desde al menos un 5 % modifica la capacidad de oponerse a la compresión del concreto.

Tabla 5.20. Comparaciones múltiples para la hipótesis específica “a” - Resistencia a la compresión a los 7, 14 y 21 días de edad del concreto.

Prueba	(I) Grupo	(J) Grupo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Resistencia a la compresión a los 7 días	Concreto convencional	Concreto con escoria de cobre al 5 %	-8.88	4.37	0.25	-22.89	5.13
		Concreto con escoria de cobre al 10 %	-18.85	4.37	0.01	-32.86	-4.84
		Concreto con escoria de cobre al 15 %	-25.07	4.37	0.00	-39.08	-11.06
Resistencia a la compresión a los 14 días	Concreto convencional	Concreto con escoria de cobre al 5 %	-15.72	3.44	0.01	-26.75	-4.69
		Concreto con escoria de cobre al 10 %	-30.82	3.44	0.00	-41.85	-19.79
		Concreto con escoria de cobre al 15 %	-53.88	3.44	0.00	-64.91	-42.85
Resistencia a la compresión a los 21 días	Concreto convencional	Concreto con escoria de cobre al 5 %	-18.49	3.63	0.00	-30.11	-6.87
		Concreto con escoria de cobre al 10 %	-44.13	3.63	0.00	-55.75	-32.51
		Concreto con escoria de cobre al 15 %	-53.81	3.63	0.00	-65.43	-42.19

Seguidamente, en la siguiente tabla se exhibe los subconjuntos homogéneos respecto a la comparación de promedios ante esfuerzos de compresión a siete días del concreto. Aquí se corrobora lo obtenido previamente, pues para este caso el valor de resistencia del concreto convencional es significativamente menor a los obtenidos por los concretos con 10 y 15 % de escoria de cobre.

Tabla 5.21. Subconjuntos homogéneos para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 7 días de edad del concreto.

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Concreto convencional	3	188.13		
Concreto con escoria de cobre al 5 %	3	197.01	197.01	
Concreto con escoria de cobre al 10 %	3		206.98	206.98
Concreto con escoria de cobre al 15 %	3			213.20
Sig.		0.25	0.18	0.52

Del mismo modo, para los resultados de la resistencia a los 14 días en la tabla a continuación se observa que todos los grupos son diferentes entre sí, lo que indica que cada una de las dosis de escoria de cobre utilizada propicia la obtención de resultados distintos.

Tabla 5.22. Subconjuntos homogéneos para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 14 días de edad del concreto.

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Concreto convencional	3	266.21			
Concreto con escoria de cobre al 5 %	3		281.93		
Concreto con escoria de cobre al 10 %	3			297.03	
Concreto con escoria de cobre al 15 %	3				320.09
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00

Bajo la misma línea, la tabla presenta los resultados correspondientes a los subconjuntos homogéneos de la resistencia a la compresión a los 28 días. En esta tabla se puede apreciar que el concreto convencional presenta el menor promedio de resistencia, siendo aquellos con la inclusión de escoria de cobre significativamente superiores.

Tabla 5.23. Subconjuntos homogéneos para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 21 días de edad del concreto.

Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Concreto convencional	3	303.69		
Concreto con escoria de cobre al 5 %	3		322.18	
Concreto con escoria de cobre al 10 %	3			347.82
Concreto con escoria de cobre al 15 %	3			357.50
Sig.		1.00	1.00	0.11

Respecto al análisis de los valores hallados de la prueba de resistencia a la compresión a los 28 días, la siguiente tabla presenta los resultados de la aplicación del análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis. Aquí se aprecia una significación de 0.03, por debajo del 0.05.

Tabla 5.24. Resultados de prueba no paramétrica para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto.

Prueba	N total	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. asintótica (prueba bilateral)
Resistencia a la flexión a los 14 días	12	8.69	3	0.03

En esa línea, para corroborar de mejor manera los resultados es que se presentan las comparaciones por parejas de grupos en la siguiente tabla, aquí es necesario resaltar en los valores de la significancia ajustada obtenidos en las comparaciones del concreto convencional con los concretos modificados, notando así que tan solo el valor respecto a la capacidad de resistir cargas de aplastamiento a los 28 días de las mezclas con 15 % del residuo de fundición de cobre es significativamente diferente a la mezcla patrón presentan un valor de 0.04, siendo apenas inferior a 5.00 %.

Tabla 5.25. Comparaciones por parejas de grupos para la hipótesis específica “a” – Resistencia a la compresión a los 28 días de edad del concreto.

Muestra 1 - Muestra 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Concreto convencional - Concreto con escoria de cobre al 5 %	-2.67	2.94	-0.91	0.37	1.00
Concreto convencional - Concreto con escoria de cobre al 10 %	-6.00	2.94	-2.04	0.04	0.25
Concreto convencional - Concreto con escoria de cobre al 15 %	-8.00	2.94	-2.72	0.01	0.04
Concreto con escoria de cobre al 5 % - Concreto con escoria de cobre al 10 %	-3.33	2.94	-1.13	0.26	1.00
Concreto con escoria de cobre al 5 % - Concreto con escoria de cobre al 15 %	-5.33	2.94	-1.81	0.07	0.42
Concreto con escoria de cobre al 10 % - Concreto con escoria de cobre al 15 %	-2.00	2.94	-0.68	0.50	1.00

Finalmente, es ante los resultados presentados que se procede a aceptar la hipótesis alterna H_{1a} que dice: La resistencia a la compresión del concreto con la adición de escoria de cobre modifica considerablemente, distrito Huancayo, región Junín en el 2021. Pues, ha sido demostrado con ayuda de la estadística inferencial que los valores de resistencia a la compresión obtenidos en los concretos con sustitución del árido fino por el residuo de la fundición del cobre son significativamente superiores al valor de resistencia del concreto convencional, además, es necesario hacer énfasis en que el valor óptimo de sustitución es del 15 %.

5.2.3. Hipótesis específica “b”

Planteadas las siguientes hipótesis:

H_{1b} : La resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre modifica mínimamente, distrito Huancayo, región Junín en el 2021.

H_{0b} : La resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre no modifica mínimamente, distrito Huancayo, región Junín en el 2021.

Debido a que anteriormente se comprobó el ajuste de los datos obtenidos de los ensayos desarrollados a nivel de laboratorio de resistencia ante flexión. La siguiente tabla expone los resultados de la prueba no paramétrica realizada en estos mismos datos. Es así que, destacan niveles de significancia de apenas 1 %, por lo que al ser inferiores al 5 %, señalan la existencia de diferencias significativas entre los grupos debido a la inclusión del residuo estudiado en reemplazo del material granular fino.

Tabla 5.26. Resultados de prueba no paramétrica para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la flexión.

Prueba	N total	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. asintótica (prueba bilateral)
Resistencia a la flexión a los 14 días	12	10.53 ^a	3	0.01
Resistencia a la flexión a los 28 días	12	10.65 ^a	3	0.01

Con el objetivo de apreciar las comparaciones específicas entre las que existen estas diferencias significativas de resistencia a la flexión a los 14 días del concreto es que se presenta la siguiente tabla, donde al observar los valores de significancia ajustada de las comparaciones del concreto convencional tan solo una es menor al 5 %, con 1 % la comparación con el concreto con 15 %.

Tabla 5.27. Comparaciones por parejas de grupos para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la flexión a los 14 días de edad del concreto.

Muestra 1 - Muestra 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Concreto convencional - Concreto con escoria de cobre al 5 %	-3.00	2.92	-1.03	0.30	1.00
Concreto convencional - Concreto con escoria de cobre al 10 %	-6.00	2.92	-2.05	0.04	0.24
Concreto convencional - Concreto con escoria de cobre al 15 %	-9.00	2.92	-3.08	0.00	0.01
Concreto con escoria de cobre al 5 % - Concreto con escoria de cobre al 10 %	-3.00	2.92	-1.03	0.30	1.00
Concreto con escoria de cobre al 5 % - Concreto con escoria de cobre al 15 %	-6.00	2.92	-2.05	0.04	0.24
Concreto con escoria de cobre al 10 % - Concreto con escoria de cobre al 15 %	-3.00	2.92	-1.03	0.30	1.00

Respecto a la resistencia a la flexión a los 28 días del concreto, la siguiente tabla expresa tan solo que la máxima dosis considerada en la presente investigación orienta a aumentos significativos de este parámetro mecánico al tener un nivel de significancia ajustado del 1 %, inferior al 5 %.

Tabla 5.28. Comparaciones por parejas de grupos para la hipótesis específica “b” – Resistencia a la flexión a los 28 días de edad del concreto.

Muestra 1 - Muestra 2	Estadístico de prueba	Desv. Error	Desv. Estadístico de prueba	Sig.	Sig. ajustada ^a
Concreto convencional-Concreto con escoria de cobre al 5 %	-3.00	2.91	-1.03	0.30	1.00
Concreto convencional-Concreto con escoria de cobre al 10 %	-6.00	2.91	-2.06	0.04	0.23
Concreto convencional-Concreto con escoria de cobre al 15 %	-9.00	2.91	-3.10	0.00	0.01
Concreto con escoria de cobre al 5 %-Concreto con escoria de cobre al 10 %	-3.00	2.91	-1.03	0.30	1.00
Concreto con escoria de cobre al 5 %-Concreto con escoria de cobre al 15 %	-6.00	2.91	-2.06	0.04	0.23

Es ante estos resultados, se prosigue aceptando la hipótesis específica H_{1b} que dice: La resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre modifica

mínimamente, distrito Huancayo, región Junín en el 2021. Pues, fue comprobada la influencia que tiene la inclusión de este residuo de la fundición en sustitución parcial del árido fino para el aumento de la resistencia a la flexión de mezclas de concreto, especialmente en una dosis del 15 %, siendo este, el porcentaje óptimo encontrado en la presente tesis.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Resistencia a la compresión del concreto

La resistencia a la compresión del concreto constituye el parámetro al que mayor importancia se le suele dar, pues es la propiedad que determina en gran medida la calidad de la mezcla y su capacidad de resistir esfuerzos. Así, es utilizada para el dimensionamiento de elementos que puedan brindar la seguridad necesaria para los requerimientos estructurales que se presenten (Rivera, 2007).

En la realización de esta tesis fueron utilizados dosis de intercambio del árido fino por residuos de la fundición de cobre al 0.00, 5.00, 10.00 y 15.00 % para elaborar mezclas de concreto que posteriormente fueron ensayadas respecto a su resistencia ante esfuerzos de compresión a edades de 7, 14, 21 y 28 días. En esa línea, es indispensable hacer énfasis en los resultados promedio obtenidos a los 28 días de edad de las mezclas, siendo estos de 360.23, 368.62, 377.06 y 381.39 kg/cm² para cada dosis respectiva, notando así la subida de resistencia por el aumento en la dosis de la escoria.

Asimismo, fueron determinados que estos incrementos de resistencia a la compresión fueron significativos, destacando nuevamente los resultados de resistencia a los 28 días del concreto, los incrementos significativos corresponden a la utilización de un 15 % de las partículas obtenidas del residuo de la fundición del cobre, siendo esta la dosis óptima determinada en la presente investigación.

Respecto a los antecedentes, Quispe y Ortiz (2020) en su investigación encontraron que la mayor resistencia a la compresión fue alcanzada por la muestra de incorporación de un 20.00 % del residuo analizado al reemplazar el árido fino, dando

unos valores de 426.72 kg/cm² y de 420.80 kg/cm² para los materiales obtenidos de las canteras de las localidades de Arequipa e Ilo, siendo similar a lo obtenido en la presente investigación. De la investigación de Bravo y Díaz (2018). Los resultados indican que, al sustituir un 35.00 % de agregado en función de su peso por el residuo de fundición para concretos elaborados a partir de cemento del tipo “V” e “IP”, se observa un aumento de más del 30 % en la resistencia a la compresión en comparación con un concreto estándar con $f^c=210$ kg/cm². Esto confirma las hipótesis planteadas al inicio de la tesis, concluyendo que la capacidad de oponerse ante cargas a compresión y la trabajabilidad de una mezcla de concretos de f^c igual a los 210 kg/cm², mejoran al sustituir el agregado fino por escoria de cobre en proporción de peso, en comparación con un concreto patrón. Se evidencia así que, a mayores porcentajes respecto al peso del residuo de la fundición del cobre en función del árido fino a sustituir en los concretos, son alcanzadas mayores resistencias a compresión. También, mezclas de resistencias óptimas, superiores al concreto estándar de una f^c con valor de 210 kg/cm², son obtenidas por sustituir el agregado por la escoria señalada por menos del 30 %. En cuanto a los productos obtenidos de los autores, hago mención que estoy de acuerdo en que el porcentaje óptimo de incorporación de esta escoria es el 30 % alcanzando un valor elevado de resistencia. Así mismo en nuestro estudio obtuvimos que el óptimo resultado fue con la edición de escoria de cobre al 15 %, teniendo en consideración que nuestra muestra fue obtenida in situ del complejo metalúrgico La Oroya, mas no así del estudio de Bravo y Díaz (2018) quienes obtuvieron la muestra en un mercado mayorista de Lima.

Por otra parte, Ullilen y Vasquez (2019) en su investigación tesis titulada “Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto de $F^c = 210$ kg/cm²”. Como conclusión obtenida mencionan que la capacidad resistiva de las mezclas a compresión, al incorporar los residuos de fundición del cobre, arrojó resultados positivos, alcanzando un valor de resistencia igual a los 246.63 kg/cm² a siete días en uno de los testigos de una adición 20.00 % del material mencionado. La trabajabilidad de los concretos, al agregar el residuo, experimenta alteraciones no significativas, ya que mantiene su fácil manipulación, sin afectar el proceso de moldeo de las muestras en los testigos cilíndricos. Los resultados para un concreto con adición de escoria, con f^c igual a los 210 kg/cm², en comparación con la mezcla convencional de igual resistencia, muestran un aumento moderado.

En general, los antecedentes de la investigación respaldan los resultados obtenidos respecto a la influencia que tiene la escoria de cobre al reemplazar agregado pasante de la malla N° 4 en la mejora de la resistencia a la compresión del concreto.

6.2. Resistencia a la flexión del concreto

Asimismo, la importancia de la capacidad de soportar la flexión radica en su posibilidad de uso para la conformación de elementos que serán construidos para tener una disposición horizontal, tales como losas, vigas o pavimento rígido. Por lo tanto, es un requisito necesario conocer su valor (Rivera, 2007).

Como para del proceso de ejecución de la presente tesis fueron evaluados y comparados los valores de resistencia a flexión del concreto a los 14 y 28 días. En ese sentido, es necesario hacer énfasis en los resultados obtenidos a la edad de 28 días del concreto que, para las mezclas con dosis de escoria de cobre de 0, 5, 10 y 15 % fueron obtenidos valores promedio de 41.20, 45.14, 47.18 y 50.03 kg/cm² respectivamente.

Sumado a ello, el análisis estadístico inferencia realizado como parte de la contrastación de hipótesis demostró que tanto a los 14 como a los 28 días, los aumentos significativos en este parámetro son alcanzados por las mezclas con la máxima dosis, 15 %, siendo considerada en esta investigación como la dosis óptima que permite la obtención de los mejores resultados.

Al consultar con los antecedentes, Morón (2018) en su investigación hace mención que al hacer uso de este residuo presenta un beneficio provechoso para las diferentes estructuras de concreto por lo que influye de una manera positiva en el impacto ambiental. De los aportes de Bravo y Díaz (2018) en confrontación a los resultados alcanzados en esta tesis se puede confirmar que con el 30.00 % de reemplazo de escoria de cobre en referencia al agregado fino obtienen una mayor capacidad ante sollicitaciones de tracción, no obstante, si se aumenta la adición tiende a disminuir de manera progresiva la resistencia. Asimismo, Quispe y Ortiz (2020) señalan que el máximo de resistencia ante flexión se logra al incorporar un 10.00 % del residuo de fundición en sustitución del árido fino, siendo verificado con los materiales granulares obtenidos de las localidades de Arequipa e Ilo, obteniendo valores de 72.35 kg/cm² y 73.25 kg/cm², respectivamente.. Esto quiere decir que con una combinación de 10.00 %/90.00 %, la resistencia a la tracción tuvo un aumento igual a 13.89 % para el concreto con agregado de Arequipa y

del 8.78 % para el concreto con agregado de Ilo, respecto al concreto patrón elaborado para ambos agregados. Los resultados indican que la introducción del residuo de la función como parte del árido fino, empleando agregado procedente de las canteras “La Poderosa” de Arequipa e “Icuy” de Ilo, tuvo un impacto muy positivo en el comportamiento del concreto. En su estado fresco, alcanzaron mejoras significativas de la trabajabilidad de la mezcla, sumado a ello, en su estado endurecido, fueron incrementadas de manera significativa las resistencias ante la compresión, así como ante la flexión del material.

De forma general, los antecedentes coinciden con los hallazgos realizados en la presente investigación, señalando los beneficios del uso de la escoria de cobre en sustitución de árido fino para aumentar la capacidad de soportar solicitaciones de flexión del concreto en estado endurecido.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que la escoria de cobre influye de manera positiva en las propiedades mecánicas del concreto como son: la resistencia a la compresión, y flexión los cuales, son avalados por los ensayos desarrollados con las muestras de concreto endurecido, en donde todos los porcentajes utilizados en la investigación lograron superar en resistencia al concreto patrón, resultando ser el 15 % de inclusión de la escoria de cobre en reemplazo del agregado fino el porcentaje que ofrece mayor resistencia a cada una de las propiedades planteadas y con ello se demuestra que puede ser utilizado como parte importante en el proceso de elaboración de concreto.
2. Para la resistencia a sollicitaciones de compresión, el producto de los ensayos de laboratorio se determina al porcentaje óptimo de adición de escoria de cobre de 15 % con el que se obtuvo $381,385 \text{ kg/cm}^2$ superando en 5.9 % de resistencia a la mezcla convencional que fue igual a 360.12 kg/cm^2 , por consiguiente, es oportuno indicar que la escoria de cobre atribuye una mayor resistencia al concreto. Sin embargo, hay un incremento en los 7 días que observamos que el 15 % de adición de escoria de cobre aumenta significativamente en un 13.33 % respecto al concreto convencional, y en los 14 días un incremento de 20.24 % respecto al concreto convencional, favoreciendo al tiempo de fraguado.
3. De acuerdo a las pruebas de la capacidad de soportar esfuerzos ante flexión a nivel de laboratorio analizadas en el desarrollo de esta tesis, se puede concluir que la escoria producto de la función del cobre orienta positivamente en la propiedad de flexión, lo cual es comprobado del resultado que el concreto convencional transcurridos en 28 días alcanza un módulo de rotura de 36.17 kg/cm^2 levemente por encima de lo planteado, se observa una diferencia en las mezclas por la inclusión del residuo de fundición al adicionar 5.00 % de escoria a la mezcla sometidos a la flexión alcanza 38 kg/cm^2 elevado ligeramente del concreto convencional, con la adición de escoria de cobre al 10% alcanza resistencia a la flexión en 41.20 kg/cm^2 un 14.47 % más respecto al concreto no modificado y teniendo la adición del 15.00 % exhibe una resistencia ante flexión igual a 43.92 kg/cm^2 superando en un 21.43 % al concreto convencional.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable que se lleven a cabo investigaciones más exhaustivas sobre el residuo de la fundición del cobre considerando otras propiedades a evaluar a nivel de laboratorio, dadas sus características físicas y químicas que guardan relación con el concreto y contribuyen al aumento de su resistencia. Se sugiere realizar estudios más profundos que no se limiten únicamente a la resistencia, sino que abarquen otras áreas, como la termodinámica, entre otros aspectos.
2. En función de los resultados obtenidos en la presente investigación, se recomienda la adición del residuo de la fundición del cobre al 15.00 % en la elaboración de concreto ya que aumenta en más del 10 % la capacidad de soportar cargas de compresión al ser comparado con un concreto normal.
3. Asimismo, se recomienda adicionar 15.00 % del residuo de fundición ya que nos evidencia aumentos de más del 20 % de la capacidad de soportar solicitaciones a flexión de las muestras de concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANTO, F., 2009. *Tecnología del concreto* [en línea]. Lima - Perú: Editorial San Marcos. Disponible en: <http://hebmerma.com/wp-content/uploads/2020/11/TECNOLOGIA-DEL-CONCRETO-Ing.-Flavio-Abanto-Castillo-1.pdf>.
- ANTAUROCO, D., 2019. *Diseño de concreto permeable para pavimento rígido usando escoria de cobre en el distrito Independencia, Ancash, 2019* [en línea]. S.l.: Univeersidad César Vallejo. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/44401>.
- BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales* [en línea]. Tercera Ed. México: Pearson Educación. ISBN 978-958-699-128-5. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>.
- BRAVO, M. y DÍAZ, J., 2018. *Análisis comparativo de la influencia de la escoria de cobre como sustituto del agregado fino en porcentaje de peso, en la resistencia y consistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² elaborado con cementos tipo ip y tipo v, mediante pruebas de esclerometría* [en línea]. S.l.: Universidad Andina del Cusco. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/2215>.
- CAAMAÑO, N. y GÜETTE, K., 2018. *Dosificaciones de mezclas para obtener concreto estructural empleando arcillas calcinadas del sector el hatillo, materiales pétreos del río algodonal y de la E.A.T. provías en Ocaña, norte de Santander* [en línea]. S.l.: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Disponible en: <http://repositorio.ufpso.edu.co/handle/123456789/1096>.
- CAMPOY BENCOMO, N.A., CHAVEZ ALEGRIA, O., ROJAS GONZÁLEZ, E., GAXIOLA CAMACHO, J.R., MILLÁN ALMARAZ, J.R. y DE LA ROSA HERNÁNDEZ, D., 2021. Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros. *Ingeniería Investigación y Tecnología* [en línea], vol. 22, no. 1, pp. 1-11. ISSN 25940732. DOI 10.22201/ii.25940732e.2021.22.1.007. Disponible en: <http://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/v22n1-07.php>.
- CENDOYA, P., 2019. Efecto en la resistencia de las escorias de fundición de cobre como agregado fino en el comportamiento resistente del hormigón. [en línea], vol. 17, pp.

- 85-94. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052009000100009&script=sci_abstract.
- CID, A. Del, MENDEZ, R. y SANDOVAL, F., 2007. *Investigación. Fundamentos y metodología* [en línea]. Primera. México: Pearson Educación. ISBN 978-970-26-1075-5. Disponible en: <https://mitrabajodegrado.files.wordpress.com/2014/11/cid-investigacion-fundamentos-y-metodologia.pdf>.
- CUBA, R. y HUMPIRE, R., 2019. *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas para un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ usando cemento yura tipo ip y cemento wari tipo ip, con la adición de escoria de cobre de la minera Southern Perú, para la ciudad de Arequipa* [en línea]. S.l.: Universidad Católica de Santa María. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9087>.
- DIAS, Y., 2020. *Valorización de escoria de cobre como puzolana y agregado fino en morteros* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Colombia. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80436/Oct-07-1144045877.2021.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.
- GONZÁLEZ, I., GONZÁLEZ, B., MARTÍNEZ, F. y ROJO, G., 2018. Influencia de las variaciones en los materiales sobre la reología de hormigones autocompactantes reciclados. , pp. 65-74. DOI 10.4995/hac2018.2018.6361.
- GUTIERREZ, J. y REYES, C., 2022. *Caracterización visual para curado de fisuras ligeras y resistencia a flexión en losas con fraguado inicial de pavimentos rígidos, Cañete, 2022* [en línea]. S.l.: Universidad César Vallejo. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- HERNÁNDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMES, A. y MORENO, L., 2018. *Metodología de la investigación científica* [en línea]. Primera Ed. Alicante: 3 Ciencias. ISBN 9788494825705. Disponible en: <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-nacional-del-chaco-austral/derecho-constitucional/3-c1-hernandez-escobar-y-otros-2018-metodologia-de-la-investigacion-cientifica-edit-area-de-innovacion-y-desarrollo/13898258>.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación* [en línea]. Sexta Ed. México: Mac Graw Hill. ISBN 978-1-4562-2396-

0. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.Hernandez,Fernandez,yBaptista- MetodologíaInvestigacionCientífica6taed.pdf>.
- JÁCOME, G. y ORTIZ, E., 2022. Estabilización De Un Suelo De Subrasante De Carretera Con El Sistema Consolid. [en línea], vol. 5, no. 10, pp. 2-13. ISSN 2737-6249. Disponible en: <https://doi.org/10.46296/ig.v5i10edespag.0061>.
- JARA, J., 2020. *Influencia de la escoria de cobre en la resistencia mecánica del concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ para pavimento rígido, La Oroya – Junín 2020* [en línea]. S.l.: Universidad Cesar Vallejo. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/56143>.
- KNNER, O., 2013. *influencia de las escorias de cobre en la fabricación de hormigón* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/5044/1/TESIS CIV549_Pab.pdf.
- KOSMATKA, S., KERKHOFF, B., PANARESE, W. y TANESI, J., 2004. *Diseño y control de mezclas de concreto* [en línea]. Primera. S.l.: Portland Cement Association. ISBN 0893122335. Disponible en: https://issuu.com/gustavochonlongalcivar/docs/dise_o_y_control_de_mezclas_de_con.
- MOHAMAD, P., MEFTAHI, M., SALEH, L. y AYOUB, D., 2019. Durability and mechanical properties of precast concrete curb containing waste copper slag. [en línea], pp. 1-39. Disponible en: <https://doi.org/10.1680/jmacr.17.00264>.
- MONJE, C., 2011. *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa* [en línea]. Primera Ed. Neiva: Universidad Surcolombiana. Disponible en: <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>.
- MORÓN, J., 2018. *Modelo de gestión del uso de escoria de cobre para disminuir el impacto ambiental en la región Moquegua* [en línea]. S.l.: Universidad Privada de Tacna. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12969/624>.
- NAZER, A., PAVEZ, O., ROJAS, F. y AGUILAR, C., 2010. Una revisión de los usos de las escorias de cobre. *X Conamet/Sam* [en línea], pp. 1-6. DOI 10.13140/2.1.3740.0328. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.3740.0328>.

- PALELLA, S. y MARTINS, F., 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa* [en línea]. Tercera. Caracas: FEDUPEL. ISBN 980-273-445-4. Disponible en: <https://issuu.com/originaledy/docs/metodologc3ada-de-la-investigacic3b>.
- QUISPE, F. y ORTIZ, M., 2020. *Análisis del comportamiento del concreto con la inclusión de escoria de cobre utilizando agregado de las canteras icuy de ilo y la poderosa de Arequipa* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11535>.
- REZAEI, A., HASSANI, A. y SEDGHI, R., 2019. Investigating the mechanical and hydraulic characteristics of pervious concrete containing copper slag as coarse aggregate. [en línea], vol. 197, pp. 130-142. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.230>.
- RIVERA, G., 2007. *Concreto simple* [en línea]. 2007. Primera. S.l.: Universidad de Cauca. Disponible en: <https://www.udocz.com/read/tecnologia-concreto-y-mortero-rivera-pdf>.
- SALINAS, C., 2020. *Estudio técnico - económico para un proceso “zero waste” en el procesamiento de escorias de cobre para la producción de arrabio y cemento portland* [en línea]. S.l.: Universidad de Concepción. Disponible en: <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/465>.
- SALINAS, E.X., VÉLEZ, A.M., ESPÍN, S.M. y FREIRE, D.R., 2023. Incidencia del tipo de agua y curado en las propiedades del hormigón. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* [en línea], vol. 4, no. 2, pp. 5964-5980. DOI 10.56712/latam.v4i2.1028. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/373343410_Incidencia_del_tipo_de_agua_y_curado_en_las_propiedades_del_hormigon_Incidence_of_the_type_of_water_and_curing_on_the_properties_of_the_concrete.
- TEJADA, G., SARMIENTO, Z. y HUISA, C., 2019. Sustitución de los Agregados por Escoria de Cobre en la Elaboración del Concreto. *Ciencia & Desarrollo* [en línea], no. 12, pp. 67-70. ISSN 2617-6033. DOI 10.33326/26176033.2008.12.254. Disponible en: <http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/254>.
- ULLILEN, E. y VASQUEZ, J., 2019. *Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto de $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* [en línea]. S.l.: Universidad César

Vallejo. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58886>.

VIERA, P. y CHICAIZA, C., 2018. Uso de residuos cerámicos como sustituto del cemento para fabricación de morteros. *Ciencia* [en línea], vol. 20, no. 1, pp. 34. ISSN 1390-1117. DOI 10.24133/ciencia.v20i1.554. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/ciencia/article/view/554>.

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

Matriz de consistencia

Tesis: “Resistencia mecánica del concreto con adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo –región Junín en el 2021”

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuánto modifica la resistencia mecánica del concreto la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cómo modifica la resistencia a la comprensión del concreto con la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021? b) ¿Cuánto modifica la resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021?</p>	<p>Objetivo general: Determinar la resistencia mecánica del concreto con adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021.</p> <p>Objetivos específicos: a) Analizar la modificación de la resistencia a la comprensión del concreto con la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021. b) Cuantificar la modificación de la resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre en el distrito de Huancayo, región Junín año 2021.</p>	<p>Hipótesis general: La resistencia mecánica del concreto con la adición de escoria de cobre modifica significativamente, distrito Huancayo, región Junín en el 2021.</p> <p>Hipótesis específicas: a) La resistencia a la comprensión del concreto con la adición de escoria de cobre modifica considerablemente, distrito Huancayo, región Junín año 2021. b) La resistencia a la flexión del concreto con la adición de escoria de cobre modifica mínimamente, distrito Huancayo, región Junín año 2021.</p>	<p>Variable independiente (X): Escoria de cobre</p> <p>Variable dependiente (Y): Resistencia mecánica del concreto</p>	-	<p>- Adición 5 %</p> <p>- Adición 10 %</p> <p>- Adición 15 %</p> <p>- 7 días de curado</p> <p>- Resistencia a la comprensión.</p> <p>- 14 días de curado</p> <p>- 21 días de curado</p> <p>- 28 días de curado</p> <p>- Resistencia a la flexión.</p> <p>- 14 días de curado</p> <p>- 28 días de curado</p>	<p>Método de investigación: Científico.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: Explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: Cuasi -Experimental.</p> <p>Población: La población está conformada por 38 probetas de concreto para ensayo de comprensión y 8 probetas rectangulares tipo viga, en la ciudad de Huancayo del departamento de Junín.</p> <p>Muestra: Estará constituida por 38 probetas de forma cilíndricas y 08 probetas tipo viga de forma rectangular, de los cuales 38 testigos pasarán por el ensayo de comprensión en las edades establecidas de 7, 14, 21 y 28 días transcurridos, en 08 tipo vigas se efectuarán los ensayos de flexión en el tiempo de 14 y 28 días.</p>

Anexo N° 02: matriz de operacionalización de las variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTO
V1: ESCORIA DE COBRE	Aparicio (2014), que la elaboración de concreto con escoria de cobre arrojó resultados satisfactorios en donde quedo demostrado que la escoria de cobre puede reemplazarse 15% en reemplazo del agregado fino.	Para realizar la investigación se adicionará escoria de cobre en 5%, 10% y 15%, se usará la escoria de cobre debido a que aumenta la resistencia del concreto.	Dosificación de escoria de cobre en %	adición 5%	Intervalo	Ficha de registro de datos sobre propiedades físicas y químicas de la escoria de cobre. Norma N.T.P 339.128 (ASTM D 422)
				adición 10%	Intervalo	
				adición 15%	Intervalo	
V2: RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO	Acuña (2013) asegura que la resistencia a compresión del concreto es la capacidad para soportar una carga lo cual se determina ensayando las probetas en diferentes edades (días), la cual se obtiene valores la cual se puede graficar sin olvidar los ensayos de flexión.	Para mejorar las propiedades del concreto se adicionará la escoria de cobre en diferentes porcentajes para luego ser analizadas en cuadros y gráficos comparativos con la mezcla convencional, empleando los ensayos para determinar la resistencia de compresión y flexión.	resistencia a la compresión	7, 14, 21 y 28 días de curado hasta llegar $F'c = \text{kg/cm}^2$	Intervalo	Ficha de control para la resistencia a compresión del concreto. Norma N.T.P 339.034 (ASTM C-039)
			resistencia a la flexión	14 y 28 días de curado hasta llegar $M = \text{kg/cm}^2$	Intervalo	Ficha de control para la resistencia a flexión del concreto. Norma N.T.P 339.079 (ASTM C78)

Anexo N° 03: fichas técnicas e instrumentos



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: PMTC-001
222-1
Elaborado por el laboratorio

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 POR LAVADO
NTP 400.018-ASTM C 117-MTC E-202

Proyecto: _____
Cantón: _____ Clase de material: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

Muestra	M-01
Tamaño máximo nominal (pulg.)	
Masa seca de la muestra original	g
Masa seca de la muestra después del lavado	g
Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200	%

Proyecto: _____
Cantón: _____ Clase de material: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

Muestra	M-01
Tamaño máximo nominal (pulg.)	
Masa seca de la muestra original	g
Masa seca de la muestra después del lavado	g
Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200	%

Director: Jr. Grau N°211 edifica



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: PMTC-002
222-1
Elaborado por el laboratorio

CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N°200 POR LAVADO
NTP 400.018-ASTM C 117-MTC E-202

Proyecto: _____
Cantón: _____ Clase de material: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

Muestra	M-01
Tamaño máximo nominal (pulg.)	
Masa seca de la muestra original	g
Masa seca de la muestra después del lavado	g
Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200	%

Proyecto: _____
Cantón: _____ Clase de material: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

Muestra	M-01
Tamaño máximo nominal (pulg.)	
Masa seca de la muestra original	g
Masa seca de la muestra después del lavado	g
Porcentaje del material fino que pasa el tamiz N° 200	%

Director: Jr. Grau N°211 edifica



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: ZPA/UK/011
2011
Elaborado por el laboratorio

**ENSAYO DE PROPIEDADES DEL AGREGADO- DISEÑO DE MEZCLA
NTP-MTC**

Proyecto: _____
Carretera: _____ Estructura: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

CONTENIDO DE HUMEDAD: NTP-339.185

CONTENIDO DE HUMEDAD	PESO DE LA MUESTRA		GLOBAL
	A.GRUESO	A.FINO	
Código del recipiente			
Masa del recipiente (g)			
Masa del recipiente + suelo (úmido) (g)			
Masa del recipiente + suelo seco (g)			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO: NTP-400.012-NTP-400.037-MTC E 204

A.GRUESO =	(g)	A.FINO=	(g)	A.GLOBA.=	(g)
Tamiz N°	Peso retenido (g)	Tamiz N°	Peso retenido (g)	Tamiz N°	Peso retenido (g)
3/8"					
3"					
2 1/2"					
2"					
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
N°8					
N°16					
N°30					
N°50					
N°100					
N°200					
FONDO					
N°100					
FONDO					

Dirección: Jr. Grau N.211 edifica
Email: laboratorio@vicasa.com.pe
Celular: 97252131 972831011



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



PESO UNITARIO: NTP-400.017

MEDICIÓN	A.GRUESO			A.FINO			A.GLOBAL		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03
Masa de recipiente (g)									
Volumen de recipiente (cm ³)									
Muestra suelta + recipiente (g)									
Muestra com zaccada + recipiente (g)									

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN: NTP-400.021-MTC E 205-216

Humedad () Pautra chanzada y arena ()

MEDICIÓN	A.GRUESO			A.FINO		
	M-01	M-02	M-03	M-01	M-02	M-03
Masa de la bandeja (g)						
Masa de la bandeja + muestra en estato SSS (g)						
Masa de la canastilla sumergida (g)						
Masa de la canastilla + peso de agregado sumergido (g)						
Masa del agregado seco en horno (g)						

Dirección: Jr. Grau N.211 edifica
Email: laboratorio@vicasa.com.pe
Celular: 97252131 972831011



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. S.A.D



Código: D40-001
20214

Elaborado por el laboratorio:

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESIÓN
NTP 339.083-ASTM C 231-AASHTO T 152

Proyecto: _____ Elemento: _____
Cantera: _____ Fecha de recepción: _____
Elaborado por: _____ Fecha de ensayo: _____

MOLDE	Molde N°01	Molde N°02	Molde N°03
FECHA DEL ENSAYO			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)			
MASA DEL MOLDE (g)			
MEDIDOR	TIPO B	TIPO B	TIPO B
CONTENIDO DE AIRE %			

Proyecto: _____ Elemento: _____
Cantera: _____ Fecha de recepción: _____
Elaborado por: _____ Fecha de ensayo: _____

MOLDE	Molde N°01	Molde N°02	Molde N°03
FECHA DEL ENSAYO			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)			
MASA DEL MOLDE (g)			
MEDIDOR	TIPO B	TIPO B	TIPO B
CONTENIDO DE AIRE %			

Dirección: Jr. Grau N°21, Luchica
Email: laboratorio@geotestv.com
Teléfono: 011-47997011



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. S.A.D



Código: D40-001
20214

Elaborado por el laboratorio:

CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESIÓN
NTP 339.083-ASTM C 231-AASHTO T 152

Proyecto: _____ Elemento: _____
Cantera: _____ Fecha de recepción: _____
Elaborado por: _____ Fecha de ensayo: _____

MOLDE	Molde N°01	Molde N°02	Molde N°03
FECHA DEL ENSAYO			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)			
MASA DEL MOLDE (g)			
MEDIDOR	TIPO B	TIPO B	TIPO B
CONTENIDO DE AIRE %			

Proyecto: _____ Elemento: _____
Cantera: _____ Fecha de recepción: _____
Elaborado por: _____ Fecha de ensayo: _____

MOLDE	Molde N°01	Molde N°02	Molde N°03
FECHA DEL ENSAYO			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)			
MASA DEL MOLDE (g)			
MEDIDOR	TIPO B	TIPO B	TIPO B
CONTENIDO DE AIRE %			

Dirección: Jr. Grau N°21, Luchica
Email: laboratorio@geotestv.com



LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



LABORATORIO DE MECANICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: EEC-100-
2024-

Elaborado por el laboratorio

ENSAYO DE EXUDACIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.077-ASTM C 232

Proyecto: _____
Cantera: _____ Elemento: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA POR TANDA:

Componentes	Diseño 1m ³	Tanda	Hora de mezclado
Cemento:	kg		m ³
Ag. Fino	kg		kg
Ag. Grueso	kg		kg
Agua	Lts		kg
Aditivo	Lts		Lts

MEDICIÓN DEL CONCRETO FRESCO:

MEDICIÓN	MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
	Δt (min)	Hora de ensayo (min)	Δ Vol. (ml)	Δt (min)	hora del ensayo (min)	Δ Vol. (ml)	Δt (min)	hora del ensayo (min)	Δ Vol. (ml)
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									

PROCEDIMIENTO:

Molde N°	MOLDE N°01	MOLDE N°02	MOLDE N°03
Vol. en el molde (m ³):			
Capas N°	3	3	3
N° de golpes	25	25	25
Volumen del molde (kg)			
Masa del molde + muestra (kg)			
Diámetro promedio (cm)			



Código: EEC-100-
2021-

Elaborado por el laboratorio

ENSAYO DE EXUDACIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.077-ASTM C 232

Proyecto: _____
Cantera: _____ Elemento: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

PREPARACIÓN DE LA MUESTRA POR TANDA:

Componentes	Diseño 1m ³	Tanda	Hora de mezclado
Cemento:	kg		m ³
Ag. Fino	kg		kg
Ag. Grueso	kg		kg
Agua	Lts		kg
Aditivo	Lts		Lts

MEDICIÓN DEL CONCRETO FRESCO:

MEDICIÓN	MOLDE N°01			MOLDE N°02			MOLDE N°03		
	Δt (min)	Hora del ensayo (min)	Δ Vol. (ml)	Δt (min)	hora del ensayo (min)	Δ Vol. (ml)	Δt (min)	hora del ensayo (min)	Δ Vol. (ml)
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									

PROCEDIMIENTO:

Molde N°	MOLDE N°01	MOLDE N°02	MOLDE N°03
Vol. en el molde (m ³):			
Capas N°	3	3	3
N° de golpes	25	25	25
Volumen del molde (kg)			
Masa del molde + muestra (kg)			
Diámetro promedio (cm)			



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: C-AC-301
2021-4
Elaborado por el laboratorio

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA DE CONCRETO (NTP 339.184-2013) Y ASENTAMIENTO (NTP 339.035-2015)

Proyecto: _____
Cantera: _____ Elemento: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

TEMPERATURA DEL CONCRETO:

N° DE ENSAYOS	01	02	03
FECHA DEL ENSAYO			
HORA DE MEZCLADO			
HORA DE EXT. MUESTRA. EST			
T° AMBIENTE (°C)			
T° AGUA (°C)			
T° CONCRETO (°C)			

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO:

N° DE ENSAYOS	01	02	03
FECHA DEL ENSAYO			
ASENTAMIENTO (pulg)			
ASENTAMIENTO (mm)			



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: TC-AC-02
2021-4
Elaborado por el laboratorio

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA DETERMINAR LA TEMPERATURA DE MEZCLA DE CONCRETO (NTP 339.184-2013) Y ASENTAMIENTO (NTP 339.035-2015)

Proyecto: _____
Cantera: _____ Elemento: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

TEMPERATURA DEL CONCRETO:

N° DE ENSAYOS	01	02	03
FECHA DEL ENSAYO			
HORA DE MEZCLADO			
HORA DE EXT. MUESTRA. EST			
T° AMBIENTE (°C)			
T° AGUA (°C)			
T° CONCRETO (°C)			

ASENTAMIENTO DEL CONCRETO:

N° DE ENSAYOS	01	02	03
FECHA DEL ENSAYO			
ASENTAMIENTO (pulg)			
ASENTAMIENTO (mm)			



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: TFCF 001
20214
Elaborado por el laboratorio

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO
DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN**
NTP 339.082-ASTM C 403

Proyecto: _____
Cantera: _____ Elemento: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

N° DE CAPAS: 01 N° DE GOLPES: 25
N° DE GOLPES PARA LIBERAR EL AIRE EN EL MOLDE: 10 A 15

MOLDE	MOLDE - 01	MOLDE - 02	MOLDE - 03
HORA DE MEZCLADO:			
T° CONCRETO-MOLDE (°C)			
T° AMBIENTE INICIAL- ENSAYO (°C)			
T° AMBIENTE FINAL- ENSAYO (°C)			

Área (pul 2)	MOLDE - 01			MOLDE - 02			MOLDE - 03		
	Hora del ensayo	Fuerza (Lb)	Hora del ensayo	Fuerza (Lb)	Hora del ensayo	Fuerza (Lb)	Hora del ensayo	Fuerza (Lb)	
1"									
3/4"									
1/2"									
1/10"									
1/20"									
1/40"									



Dirección: Jr. Grau N° 211 - 6to. P.
Email: labgeotest@geotest.com.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: TFCF-002
20214
Elaborado por el laboratorio

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE FRAGUADO
DE MEZCLAS POR MEDIO DE SU RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN**
NTP 339.082-ASTM C 403

Proyecto: _____
Cantera: _____ Elemento: _____
Fecha de recepción: _____ Fecha del ensayo: _____
Elaborado por: _____

N° DE CAPAS: 01 N° DE GOLPES: 25
N° DE GOLPES PARA LIBERAR EL AIRE EN EL MOLDE: 10 A 15

MOLDE	MOLDE - 01	MOLDE - 02	MOLDE - 03
HORA DE MEZCLADO:			
T° CONCRETO-MOLDE (°C)			
T° AMBIENTE INICIAL- ENSAYO (°C)			
T° AMBIENTE FINAL- ENSAYO (°C)			

Área (pul 2)	MOLDE - 01			MOLDE - 02			MOLDE - 03		
	Hora del ensayo	Fuerza (Lb)	Hora del ensayo	Fuerza (Lb)	Hora del ensayo	Fuerza (Lb)	Hora del ensayo	Fuerza (Lb)	
1"									
3/4"									
1/2"									
1/10"									
1/20"									
1/40"									

Dirección: Jr. Grau N° 211 - 6to. P.
Email: labgeotest@geotest.com.pe



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC**



Código: 4P-VI-011
2014

Eduardo Jere e Ibarra

**MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN
MUESTRAS CILÍNDRICAS**
Norma: NTP 339.034-2015/ASTM C39

Proyecto: _____

Fecha de recepción: _____

Elaborado por: _____

Fecha del ensayo: _____

Tipo de Muestra	Medidas	Identificación	Fc (Kg/cm ²)	Edad (días)	Código de la probeta	Fecha de Muestreo (dd/mm/aa)	Fecha de Rotura (dd/mm/aa)	Peso de la probeta de concreto (Kg)	Carga (KN)	Módulo de rotura (MPa)	Zona de Fractura
Probeta cilíndrica	4" x 8"	Mezcla convencional	280	7	M-01	15/01/21	22/01/21	3.95 kg	176.56	17.31	



Dirección: Jr. Grau, N 211 - Talca
Email: lab.petro@geotestv.com
Celular: 052 12 131 3725318 11



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E
HIDRAULICA GEO TEST V. SAC



Código: RP-VG-001
Z02-1
Elaborado por el Laboratorio

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE
APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO**

Norma: NTP 339.078 - 2012 (revisada el 2017)/ASTM C78

Proyecto:

Fecha de recepción:

Elaborado por:

Fecha del ensayo:

Tipo de Muestra	Medidas	Identificación-Diseño	Fc (Kg/cm ²)	Edad (días)	Código de la probeta	Fecha de Muestreo (dd/mm/aa)	Fecha de Rotura (dd/mm/aa)	Peso de la viga de concreto(Kg)	Carga (KN)	Módulo de rotura (MPa)	Zona de Fractura
Viga	L= 50 cm A= 15 cm H= 15cm	Mezcla convencional	210	7	M-01	15/01/20	22/01/21	27.00 kg	25.7	3.73	L/3 L/3 L/3
											L/3 L/3 L/3
											L/3 L/3 L/3
											L/3 L/3 L/3
											L/3 L/3 L/3
											L/3 L/3 L/3
											L/3 L/3 L/3
											L/3 L/3 L/3
											L/3 L/3 L/3



Anexo N° 04: cálculo del f_c de resistencia a la compresión

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN					
EDAD/DÍAS	7	14	21	28	PORCENTAJE %
Concreto convencional (F'c=kg/cm2)	188,13	266,21	303,69	360,23	100
Concreto con adición de escoria de cobre 5% (F'c=kg/cm2)	197,01	282,03	322,18	368,62	102,33
Concreto con adición de escoria de cobre 10% (F'c=kg/cm2)	206,98	297,03	347,82	377,055	104,67
Concreto con adición de escoria de cobre 15% (F'c=kg/cm2)	213,2	320,09	357,5	381,385	105,87

RESISTENCIA A LA COMPRESION				
DESCRIPCION	CONCRETO CONVENCIONAL	CONCRETO CON 5% DE ESCORIA DE COBRE	CONCRETO CON 10% DE ESCORIA DE COBRE	CONCRETO CON 15% DE ESCORIA DE COBRE
28 DÍAS	360,23	368,62	377,055	381,385

CÁLCULO DEL F' C DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN			
EDAD / DIAS	14	28	PORCENTAJE %
Concreto convencional (M=kg/cm2)	31,14	41,2	100
Concreto con adición de escoria de cobre 5% (M=kg/cm2)	32,495	45,14	107,33
Concreto con adición de escoria de cobre 10% (M=kg/cm2)	35,622	47,179	114,47
Concreto con adición de escoria de cobre 15% (M=kg/cm2)	37,798	50,034	121,43

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
DESCRIPCION	CONCRETO CONVENCIONAL	CONCRETO CON 5% DE ESCORIA DE COBRE	CONCRETO CON 10% DE ESCORIA DE COBRE	CONCRETO CON 15% DE ESCORIA DE COBRE
28 DÍAS	41,2	45,14	47,179	50,034

Anexo N° 05: certificados de laboratorio

Anexo N° 05.01: propiedades del agregado grueso



DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211-CHILCA
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO
 AV. FERROCARRIL CRUCE Y AV. LEONCIO PRADO)
 TELÉFONO : 952525151 - 972831911 - 991375093

E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL 2021"
 Expediente N° : EXP-49-GEO-TEST-V-2021
 Peticionario : BACH.ING. AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN
 Estructura : VARIOS
 Código de forr : DM-MF-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Fecha de recepción : Nov-21
 Cantera : PILCOMAYO
 N° de muestra : M1
 Clase de material : AGREGADO GRUESO
 Norma : NTP 400.012
 Ensayado por : A.Y.G
 Fecha de emisión : Dic-21

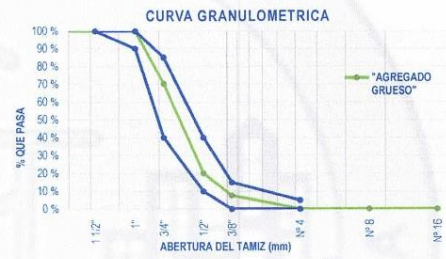
PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS
AGREGADO GRUESO

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.012

Tamaño Máximo Nominal (TMN) : 3/4"
 Módulo de Finura (MF) : 7.21

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	1384.00	29.75	29.75	70.25
1/2"	12.70	2302.00	50.20	79.95	20.05
3/8"	9.53	566.00	12.34	92.29	7.71
N° 4	4.76	347.00	7.57	99.86	0.14
N° 8	2.36	1.52	0.03	99.90	0.10
N° 16	1.18	0.00	0.00	99.90	0.10
FONDO		4.80	0.10	100.00	0.00
TOTAL		4585.32	100.00		

Huso Correspondiente: HUSO 56



2. PESO UNITARIO - NTP 400.017

Peso Unitario Suelto: 1527.61 kg/m3
 Peso Unitario Compactado 1656.74 kg/m3

ITEM	M-1	M-2	M-3
Peso de recipiente (gr)	8512.00	8512.00	8512.00
Volumen de recipiente (cm3)	3113.35	3113.35	3113.35
Muestra Suelta + recipiente (gr)	13281.00	13285.00	13287.00
Muestra Compactada + recipiente (gr)	13855.00	13850.00	13875.00
Peso Unitario Suelto (g/cm³)	1.53	1.52	1.53
Peso Unitario Compactado (g/cm³)	1.66	1.65	1.66

4. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - NTP 400.021

Peso específico de masa: 2.63 g/cm3
 Peso específico SSS: 2.66 g/cm3
 Peso específico aparente: 2.71 g/cm3
 Absorción: 1.11 %

ITEM	P-1	P-2	P-3
Peso de agregado estado SSS (gr)	2977.0	2977.0	2977.0
Peso de agregado sumergido (gr)	1858.8	1858.8	1858.8
Peso de agregado seco (gr)	2944.3	2944.3	2944.3
Peso Especifico de Masa (g/cm³)	2.63	2.63	2.63
Peso Especifico SSS (g/cm³)	2.66	2.66	2.66
Peso Especifico Aparente (g/cm³)	2.71	2.71	2.71
Absorción (%)	1.11	1.11	1.11

3. CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.185

Contenido de Humedad: 1.17 %

ITEM	M-1
Peso de recipiente (gr)	0.00
Peso de recipiente + Agreg. Humedo (gr)	1385.00
Peso de recipiente + Agreg. Seco (gr)	1369.00
Peso de agregado húmedo (gr)	1385.00
Peso de agregado seco (gr)	1369.00
Contenido de Humedad (%)	1.17

PROPIEDADES DEL AGREGADO GRUESO

RESUMEN	
Tamaño Máximo Nominal	3/4" (Pulg)
Módulo de Finura	7.21
Contenido de Humedad	1.17 (%)
Peso unitario suelto (PUS)	1527.61 (Kg/m3)
Peso unitario compactado (PUC)	1656.74 (Kg/m3)
Peso Especifico de masa	2.63 (g/cm3)
Absorción	1.11 (%)

OBSERVACIONES

- * Los datos proporcionados por el peticionario son las referidas en la parte superior de este informe
- * El presente documento no debiera reproducirse sin autorización escrita del laboratorio, siendo su reproducción en su totalidad
- * Los resultados realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto, y
- * Los ensayos fueron realizados respetando las Normas Técnicas Peruanas referenciadas anteriormente

(Signature)
Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 198161

Anexo N° 05.02: propiedades del agregado fino

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOTESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE A PARQUE PUZO AV. FERRICARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO) GEDTEST.V@GMAIL.COM
 FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

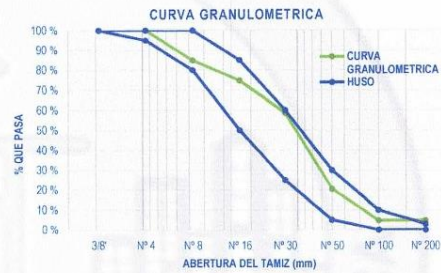
Proyecto : TESIS: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL 2021"
 Expediente N° : EXP-49-GEO-TEST-V-2021
 Peticionario : BACH.ING. AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN
 Estructura : VARIOS
 Código de formato : DM-MF-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Fecha de recepción : Nov-21
 Cantera : PILCOMAYO
 N° de muestra : M1
 Clase de material : AGREGADO FINO
 Norma : NTP 400.012
 Ensayado por : A.Y.G
 Fecha de emisión : Dic-21

PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS
 AGREGADO FINO

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.012

Módulo de Finura (MF) 2.56

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.530	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	127.81	15.10	15.10	84.90
N° 16	1.180	85.83	10.14	25.24	74.76
N° 30	0.600	136.96	16.18	41.42	58.58
N° 50	0.300	321.19	37.95	79.37	20.63
N° 100	0.150	134.42	15.88	95.25	4.75
N° 200	0.075	0.00	0.00	95.25	4.75
FONDO		40.21	4.75	100.00	0.00
TOTAL		846.42	100 %		



2. PESO UNITARIO - NTP 400.017

Peso Unitario Suelto: 1111.86 kg/m3
 Peso Unitario Compactado: 1207.18 kg/m3

ITEM	M-1	M-2	M-3
Peso de Molde (g)	8512.00	8512.00	8512.00
Volumen de Molde (cm3)	3113.35	3113.35	3113.35
Muestra Suelta + Molde (g)	13461.00	13447.00	13454.00
Muestra Compactada + Molde (g)	13868.00	13880.00	13894.00
Peso Unitario Suelto (g/cm3)	1.59	0.16	1.59
Peso Unitario Compactado (g/cm3)	1.72	0.17	1.73

4. PESO ESPECIFICO Y ABSORCIÓN - NTP 400.022

Peso específico de Mas 2.56 g/cm3
 Peso específico SSS: 2.62 g/cm3
 Peso específico Aparente 1.95 g/cm3
 Absorción: 2.15 %

ITEM	P-1	P-1
Peso de Tara (g)		
Peso de Fiola (g)	137.80	137.80
Peso del agregado en estado SSS (g)	579.50	579.50
Peso de Fiola + Arena + Agua (g)	994.30	994.30
Peso del agregado seco (g)	567.30	567.30
Volumen de fiola (cm3)	498.20	498.20
Peso Especifico de Masa (g/cm3)	2.56	2.56
Peso Especifico SSS (g/cm3)	2.62	2.62
Peso Especifico Aparente (g/cm3)	1.95	1.95
Absorción (%)	2.15	2.15

3. CONTENIDO DE HUMEDAD - NTP 339.185

Contenido de Humedad: 3.95 %

ITEM	M-1	M-2
Peso de Tara (gr)		
Tara + Agregado Humedo (gr)	1000	
Tara + Agregado Seco (gr)	962	
Peso de agregado húmedo (gr)	1000	
Peso de agregado seco (gr)	962	
Contenido de Humedad (%)	3.95	

PROPIEDADES DEL AGREGADO FINO

RESUMEN	
Módulo de Finura	2.56
Contenido de Humedad	4.0 (%)
Peso unitario suelto (PUS)	1111.86 (Kg/m3)
Peso unitario compactado (PUC)	1207.18 (Kg/m3)
Peso Especifico de masa	2.56 (gr/cm3)
Absorción	2.15 (%)

OBSERVACIONES

* Los datos proporcionados por el peticionario son las referidas en la parte superior de este informe.
 * El presente documento no deberá reproducirse sin autorización escrita del laboratorio.
 * Los resultados realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto.
 * Los ensayos fueron realizados respetando las Normas Técnicas Peruanas referenciadas anteriormente.

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto : TESIS: "RESISTENCIA MECANICA DEL CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO-REGION JUNIN EN EL 2021"
Expediente N° : EXP-049-GEO-TEST-V-2021
Peticionario : Bach. ING. AGUILAR LIZARRAGA, JHONATHAN TOMAS
Ubicación : HUANCAYO-JUNIN
Estructura : VARIOS
Codigo de formato : DM-MF-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Fecha de recepción : Nov-21
Cantera : ---
N° de muestra : M1
Clase de material : ESCORIA DE COBRE
Norma : NTP
Ensayado por : A.Y.G
Fecha de emisión : Dic-21

**GRADACION DEL ADITIVO
ESCORIA DE COBRE**

1. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - NTP 400.012

Módulo de Finura (MF) 3,20

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,530	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	2,36	0,52	0,52	99,48
N° 8	2,360	102,50	22,44	22,96	77,04
N° 16	1,180	50,52	21,14	44,10	55,90
N° 30	0,600	64,90	14,21	58,31	41,69
N° 50	0,300	163,90	35,89	94,20	5,80
N° 100	0,150	26,50	5,80	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
FONDO		0,00	0,00	100,00	
TOTAL		456,68	100 %		



OBSERVACIONES

- * Los datos proporcionados por el peticionario son los referidos en la parte superior de este informe
- * El presente documento no deberá reproducirse sin autorización escrita del laboratorio, siendo su reproducción en su totalidad
- * Los resultados realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto
- * Los ensayos fueron realizados respetando las Normas Técnicas Peruanas referenciadas anteriormente

INGENIERO (C)
CIP 186191

Anexo N° 05.03: diseño de mezcla

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC

DIRECCIÓN : JR. GRAU N°211 - CHILCA
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO, AV. FERROCARRIL, CRUCE CDN AV. LEONCIO PRADO)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375099

E-MAIL : LABGTESTV02@GMAIL.COM
GEOTEST.V@GMAIL.COM
FACEBOOK : GEO TEST V. S. A. C
RUC : 20606529229



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

Proyecto : TESIS: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL 2021"

Expediente N° : EXP-49-GEO-TEST-V-2021
Peticionario : BACH.ING. AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS
Ubicación : HUANCAYO-JUNIN
Estructura : VARIOS
Codigo de formato : DM-MF-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Fecha de recepción : Nov-21

Cantera : PILCOMAYO
N° de muestra : M1
Clase de material : AGREGADO GRUESO
Norma : NTP 400.012
Ensayado por : A.Y.G
Fecha de emisión : Dic-21

DISEÑO DE MEZCLA
MÉTODO MODULO DE FINEZA

Hoja: 01 DE 03

1. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

AGREGADO FINO		AGREGADO GRUESO		ADITIVOS	
Tamaño máximo nominal (Pulg.)	---	Tamaño máximo nominal (Pulg.)	3/4"	Aditivo N°01	
Peso Unitario Compactado (kg/m³)	1207.18	Peso Unitario Compactado (kg/m³)	1656.74	Tipo / Marca	---
Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1111.86	Peso Unitario Suelto (kg/m³)	1527.61	Densidad:	---
Peso específico (g/cm³)	2.56	Peso específico (g/cm³)	2.63	Dosis	---
Absorción (%)	2.15	Absorción (%)	1.11	Reducción de Agua	---
Contenido de Humedad (%)	3.95	Contenido de Humedad (%)	1.17	Aditivo N°02	
Modulo de Finura	2.56	Modulo de Finura	7.21	Tipo / Marca	---
CEMENTO		AGUA		Densidad:	---
Cemento Portland: Marca / Tipo	Andino / Tipo 1	Tipo de agua	Potable	Dosis	---
Peso Especifico (gr/cm³)	3.15	Peso Especifico (gr/cm³)	1.00	Reducción de Agua	---

2. DISEÑO REQUERIDO

CUENTA CON DESVIACION ESTANDAR	()	NO CUENTA CON DESVIACION ESTANDAR	(X)
Resistencia a la compresión ()	---	Resistencia a la compresión (fc)	210 kg/cm²
Desviación estándar (s)	---	Factor de Seguridad (s) (Por tabla 7.4.3)	84
Resistencia promedio (fcr)	---	Resistencia promedio (fcr)	294 kg/cm²
Consistencia	---	Consistencia	Plástica

3. CÁLCULO DE VOLUMEN DE PASTA

TMN	3/4"
Asentamiento	3" a 4"
Volumen unitario de Agua (Por Tabla 10.2.1)	205 Lt
Contenido de aire total (Por Tabla 11.2.1)	2.00 %
Relación Agua / Cemento (Por Tabla 12.2.2)	0.56
Factor cemento (kg)	367.12 kg
Bolsas de Cemento	8.64 bolsa
Volumen de Pasta	0.342 m³
Volumen de Agregados	0.658 m³

4. CÁLCULO DE M.F. POR COMBINACION DE AGREGADOS

M.F. por combinación de agregados (Por Tabla 16.3.10)	5.16
Factor cemento en sacos	8.64
Tamaño Máximo Nominal	3/4"

5. CÁLCULO DE PORCENTAJE DE AGREGADO FINO

$r_f = (m_f - m) / (m_g - m)$	
m :	5.16
m _f :	7.21
Porcentaje de Agregado Fino	= 44.15 %
Porcentaje de Agregado Grueso	= 55.85 %

6. VOLUMEN DE AGREGADOS EN LA MEZCLA

Volumen absoluto del agregado fino	0.291 m³
Volumen absoluto del agregado grueso	0.368 m³

7. PESO DE AGREGADOS EN LA MEZCLA

Peso absoluto del agregado fino	745.48 kg
Peso absoluto del agregado grueso	968.39 kg

8. DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO SECO (POR M3)

Cemento	367.12 kg/m³
Agua de diseño	205.00 Lt/m³
Agregado Fino	745.48 kg/m³
Agregado Grueso	968.39 kg/m³
TOTAL	2285.99 kg/m³

9. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

Peso Húmedo	
Agregado Fino	774.93 kg/m³
Agregado Grueso	979.72 kg/m³
Humedad Superficial	
Agregado Fino	1.80 %
Agregado Grueso	0.06 %

10. DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO HÚMEDO (POR M3)

Cemento	367.12 kg/m³
Agua de diseño	191.01 Lt/m³
Agregado Fino	774.93 kg/m³
Agregado Grueso	979.72 kg/m³
TOTAL	2312.77 kg/m³

Aporte de agua por Humedad de Agregados	
Agregado Fino	13.41 Lt/m³
Agregado Grueso	0.58 Lt/m³
Aporte de humedad del agregado	13.99 Lt/m³
Agua efectiva	191.01 Lt/m³

OBSERVACIONES

- * Los datos proporcionados por el peticionario son las referidas en la parte superior de este informe
- * El presente documento no debiera reproducirse sin autorización escrita del laboratorio, siendo su reproducción en su totalidad
- * Los resultados realizados fueron sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto
- * La dosis del aditivo son referenciales en base a su ficha técnica

Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198164

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 211 - CHILCA
(REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL
GRUPO CON AV. LEONCIO PRADO)
CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093
E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
GEOESTV@GMAIL.COM
FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

Proyecto : TESIS: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL 2021"

Expediente N° : EXP-49-GEO-TEST-V-2021
Peticionario : BACH. ING. AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS
Ubicación : HUANCAYO - JUNIN
Estructura : VARIOS
Codigo de formato : DM-MF-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Fecha de recepción : Nov-21

Cantera : PILCOMAYO
N° de muestra : M1
Clase de material : AGREGADO GRUESO
Norma : NTP 400.012
Ensayado por : A.Y.G
Fecha de emisión : Dic-21

Hoja: 02 DE 03

11. RELACION EN PESO

MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
367	745	968	205
367	367	367	367
1.00	: 2.03	: 2.64	: 0.56

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
367	775	980	191
367	367	367	367
1.00	: 2.11	: 2.67	: 0.52

12. RELACION EN VOLUMEN

MATERIALES SIN CORREGIR POR HUMEDAD

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
8.64	23	22	205
8.64	8.64	8.64	8.64
1.00	: 2.64	: 2.56	: 23.73

MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD

CEMENTO	A. FINO	A. GRUESO	AGUA
8.64	24	22	191.01
8.64	8.64	8.64	8.6
1.00	: 2.74	: 2.59	: 22.11

RESULTADOS SIN ADITIVOS

13. PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento	42.50	kg/bol
Agua	22.11	Lt/bol
Agreg. Fino Humedo	89.71	kg/bol
Agreg. Grueso Humedo	113.42	kg/bol

14. PESOS POR TANDA POR METRO CÚBICO

Cemento	367.12	kg/m ³
Agua	191.01	Lt/m ³
Agreg. Fino Humedo	774.93	kg/m ³
Agreg. Grueso Humedo	979.72	kg/m ³

PESO UNITARIO DEL CONCRETO P.U.C. 2312.77 kg/m³
RELACION A/C REAL EFECTIVA 0.52

15. VOLUMEN POR TANDA POR BOLSA DE CEMENTO

Cemento	1.00	pie ³ /bol
Agua	22.11	Lt/bol
Agreg. Fino Humedo	2.74	pie ³ /bol
Agreg. Grueso Humedo	2.59	pie ³ /bol

16. VOLUMEN POR TANDA POR METRO CÚBICO

Cemento	8.64	pie ³ /m ³
Agua	191.01	Lt/m ³
Agreg. Fino Humedo	23.67	pie ³ /m ³
Agreg. Grueso Humedo	22.38	pie ³ /m ³

RESULTADOS CON ADITIVOS

13. PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento	---	kg/bol
Agua	---	Lt/bol
Agreg. Fino Humedo	---	kg/bol
Agreg. Grueso Humedo	---	kg/bol
Aditivo N°01	---	Lt/bol
Aditivo N°02	---	Lt/bol

14. PESOS POR TANDA POR METRO CÚBICO

Cemento	---	kg/m ³
Agua	---	Lt/m ³
Agreg. Fino Humedo	---	kg/m ³
Agreg. Grueso Humedo	---	kg/m ³
Aditivo N°01	---	Lt/m ³
Aditivo N°02	---	Lt/m ³

PESO UNITARIO DEL CONCRETO P.U.C. --- kg/m³
RELACION A/C REAL EFECTIVA ---

15. PESOS POR TANDA DE UNA BOLSA DE CEMENTO

Cemento	---	pie ³ /bol
Agua	---	Lt/bol
Agreg. Fino Humedo	---	pie ³ /bol
Agreg. Grueso Humedo	---	pie ³ /bol
Aditivo N°01	---	Lt/bol
Aditivo N°02	---	Lt/bol

16. VOLUMEN POR TANDA POR METRO CÚBICO

Cemento	---	pie ³ /m ³
Agua	---	Lt/m ³
Agreg. Fino Humedo	---	pie ³ /m ³
Agreg. Grueso Humedo	---	pie ³ /m ³
Aditivo N°01	---	Lt/m ³
Aditivo N°02	---	Lt/m ³

OBSERVACIONES

- * Los datos proporcionados por el peticionario son las referidas en la parte superior de este informe
- * El presente documento no debiera reproducirse sin autorización escrita del laboratorio, siendo su reproducción en su totalidad
- * Los resultados realizados fueron sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto
- * La dosis del aditivo son referenciales en base a su ficha técnica

Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LABGEOESTV02@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL GEOESTV0@GMAIL.COM
 GRUPO CON AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20606529229

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL 2021"

Expediente N° : EXP-49-GEO-TEST-V-2021 Cantera : PILCOMAYO
 Peticionario : BACH.ING. AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS N° de muestra : M1
 Ubicación : HUANCAYO-JUNIN Clase de material : AGREGADO GRUESO
 Estructura : VARIOS Norma : NTP 400.012
 Código de formato : DM-MF-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 Ensayado por : A.Y.G
 Fecha de recepción : Nov-21 Fecha de emisión : Dic-21

Hoja: 03 DE 03

DISEÑO DE MEZCLA
 CUADRO DE DOSIFICACIÓN

CONCRETO 210, kg/cm2 SLUMP: 3" a 4"

DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO SECO (POR M3)
 SIN CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Cemento	367.12	kg/m ³
Agua de diseño	205.00	Lt/m ³
Agregado Fino	745.48	kg/m ³
Agregado Grueso	968.39	kg/m ³
TOTAL	2285.99	kg/m³

DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO HÚMEDO (POR M3)
 CON CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Cemento	367.12	kg/m ³
Agua de diseño	191.01	Lt/m ³
Agregado Fino	774.93	kg/m ³
Agregado Grueso	979.72	kg/m ³
TOTAL	2312.77	kg/m³

DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO HÚMEDO (POR UNA BOLSA DE CEMENTO-POR TANDA)
 POR CORRECCIÓN POR HUMEDAD

Cemento	42.50	kg/bol
Agua de diseño	22.11	Lt/bol
Agregado Fino	89.71	kg/bol
Agregado Grueso	113.42	kg/bol
TOTAL	267.74	kg/bol

DOSIFICACIÓN CON ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE

	0%		5%		10%		15%	
Cemento	42.50	kg/bol	42.50	kg/bol	42.50	kg/bol	42.50	kg/bol
Agua de diseño	22.11	Lt/bol	22.11	Lt/bol	22.11	Lt/bol	22.11	Lt/bol
Agregado Fino	89.71	kg/bol	85.22	kg/bol	80.74	kg/bol	76.25	kg/bol
Escoria de cobre	0.00	kg/bol	4.49	kg/bol	8.97	kg/bol	13.46	kg/bol
Agregado Grueso	113.42	kg/bol	113.42	kg/bol	113.42	kg/bol	113.42	kg/bol
TOTA	267.74	kg/bol	267.74	kg/bol	267.74	kg/bol	267.74	kg/bol

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



DIRECCIÓN : JR. BRAU N° 211 - CHILCA E-MAIL : LARGOESTILOS@gmail.com
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. REDTEST_V02@gmail.com
 FERROCARRIL GRUPO OGN AV. LEONCIO PRADO) FACEBOOK : GEO TEST V. S.A.C
 CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093 RUC : 20606529229

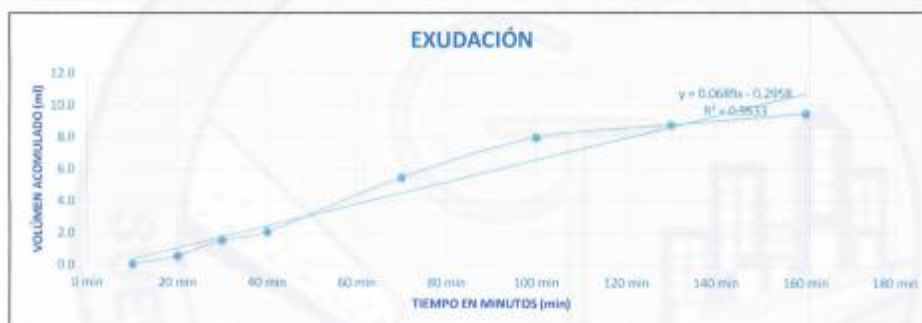
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICION DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL :

Expediente N°	: EXP-49-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: PILCOMAYO
Código de formato	: EC-EX-011 REV.01 FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: M1
Peticionario	: BACH. ING. AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS	Clase de material	: CONCRETO CONVENCIONAL
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma	: NTP 339.077/ASTM C232
Estructura	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: NOVIEMBRE 2021	Fecha de emisión	: DICIEMBRE 2021
		Hoja	: 01 de 01

EXUDACIÓN DEL CONCRETO
NTP 339.077/ASTM C232

Medición	ΔT (min)	ΔT acum.	Δ Vol. (ml)	Δ Vol. Acum.	Velocidad de exudación (ml/min)
01	10 min	10 min	0.1	0.1	0.01
02	10 min	20 min	0.5	0.6	0.05
03	10 min	30 min	1.0	1.6	0.10
04	10 min	40 min	0.5	2.1	0.05
05	30 min	70 min	3.4	5.5	0.11
06	30 min	100 min	2.5	8.0	0.08
07	30 min	130 min	0.8	8.8	0.03
08	30 min	160 min	0.7	9.5	0.02



Dosificación del diseño de mezcla por tanda:

Componentes	Tanda
Cemento	6.07 kg
Ag. Fino	9.49 kg
Ag. Grueso	18.83 kg
Agua	3.72 Lts

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198151

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC**

DIRECCIÓN	: PAU. ORAU N° 211-CHILCA (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERROCARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO PRADO)	E-MAIL	: LABGTESTV@GMAIL.COM GEO TEST V@GMAIL.COM
CELULAR	: 952525151 - 972821911-991375092	FACEBOOK	: GEO TEST V S.A.C
		RUC	: 2066529229



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	: TESIS: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL 2021"		
Expediente N°	: EXP-49-GEO-TEST-V-2021	Cartera	: PLCCMAYO
Código de formato	: AA-EX-01 REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: M-01
Peticionario	: BACH.ING. AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS	Clase de material	: CONCRETO CONVENCIONAL
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma	: NTP 405.019-MTC E 207-ASTM C131
Estructura	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: Noviembre 2021	Fecha de emisión	: Diciembre 2021
		Hoja	: 01 de 01

**CONTENIDO DE AIRE EN EL CONCRETO FRESCO METODO DE PRESIÓN
NTP 339.003-ASTM C 231-AASHTO T 152**

Muestra	M-01	M-02
Volumen O.W	6864.0 cm3	6864.0 cm3
Massa de la O.W	3510.0 g	3510.0 g
Medidor	Tipo B	Tipo B
Contenido de aire %	1.10%	1.20%
Promedio de contenido de aire %	1.15%	

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT.ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Proyecto	: TESIS: "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL 2021"		
Expediente N°	: EXP-49-GEO-TEST-V-2021	Cartera	: PLCCMAYO
Código de formato	: AA-EX-01 REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: M-01
Peticionario	: BACH.ING. AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS	Clase de material	: CONCRETO CONVENCIONAL
Ubicación	: HUANCAYO-JUNIN	Norma	: NTP 405.019-MTC E 207-ASTM C131
Estructura	: VARIOS	Ensayado por	: A.Y.G
Fecha de recepción	: Noviembre 2021	Fecha de emisión	: Diciembre 2021
		Hoja	: 01 de 01

**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND
NTP 339.035-2015**

N° de ensayos	M-01	M-02	PROMEDIO
Consistencia	Plástica	Plástica	Plástica
Asentamiento (pulg)	4	4	4
Asentamiento	101.6 mm	101.6 mm	101.6 mm

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
- 3) Resolución N°002-98-INDECOPI-CRT.ART.6.-Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


 Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181

Anexo N° 05.04: resistencia a la compresión

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
GEO TEST V. SAC



DIRECCIÓN : JR. GRAU N° 21 T. OHLICA E-MAIL : LANGOTESTV2@GMAIL.COM
 (REF. A UNA CUADRA FRENTE AL PARQUE PUZO AV. FERRODARRIL CRUCE CON AV. LEONCIO BEDREY_V@GMAIL.COM
 PRADO) : GEO TEST V. S.A.C FACEBOOK : 20606529259
 DELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093 RUC : 20606529259

Proyecto : "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO- REGION JUNIN EN EL 2021"
 Expediente N° : EXP-49-GEO-TEST-V-2021
 Peticionario : BACHING AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMÁS
 Norma : HUANCAJO-JUNIN
 Ubicación : VARIOS
 Estructura : VARIOS

Clase de material : CONCRETO CONVENCIONAL
 Ensayado por : A.L.C.
 Fecha de emisión : DIC-21

MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN MUESTRAS CILÍNDRICAS
 NTP 339.034-2015

Hoja 01

Codigo de Muestra	Dimensiones de Muestra	Identificación de Elemento	F'c de Referencia (kg/cm²)	Fecha de Molidado	Fecha de Rotura	Edad (días)	Diámetro (Cm)	Area (Cm²)	Tipo de fractura	Resistencia de Diseño:			Promedio (%)	Tipo de Fractura
										Carga (KN)	Modulo de Rotura (kg/cm²)	(%)		
1036	4" x 8"	Mazca de concreto F'c=210 KG/CM2 - Convencional	210	25/10/2021	30/10/2021	7	10.22	82.03	Tipo 2	150.00	15295.74	106.46	88.73%	<p>Tipo 1 Carga razonablemente bien formados en ambos extremos, fisuras a lo largo de la muestra, las fisuras no se abren en los extremos (ver ejemplo en el tipo 1)</p> <p>Tipo 2 Carga razonablemente bien formados en un extremo, fisuras verticales a través de la muestra, las fisuras se abren en el otro extremo</p> <p>Tipo 3 Fisuras verticales, encoluminadas, a lo largo de los extremos, los extremos mal formados</p> <p>Tipo 4 Fractura diagonal sin fisuras a través de los extremos, los extremos mal formados para distinguirla del tipo 1</p> <p>Tipo 5 Fracturas en los lados en las partes superior o inferior (ocurre con cables con cables adheridos)</p> <p>Tipo 6 Similar a tipo 5 pero el extremo del conito es purificado</p>
1038	4" x 8"		210	25/10/2021	30/10/2021	7	10.15	80.91	Tipo 2	151.30	15428.31	100.68	90.80%	
1039	4" x 8"		210	25/10/2021	30/10/2021	7	10.14	80.75	Tipo 5	148.30	15122.30	107.26	89.17%	
1038	4" x 8"		210	25/10/2021	30/10/2021	14	10.14	80.75	Tipo 5	210.10	21434.24	266.30	126.33%	
1039	4" x 8"		210	25/10/2021	31/11/2021	14	10.27	82.84	Tipo 3	211.80	21697.59	269.72	124.15%	
1010	4" x 8"		210	23/10/2021	31/11/2021	14	10.22	82.03	Tipo 3	213.30	21992.38	272.60	129.81%	
1011	4" x 8"		210	23/10/2021	31/11/2021	21	10.13	80.00	Tipo 2	237.20	24187.67	300.11	142.81%	
1012	4" x 8"		210	23/10/2021	31/11/2021	21	10.16	81.07	Tipo 2	241.30	24911.67	307.27	146.33%	
1013	4" x 8"		210	23/10/2021	20/11/2021	28	10.13	80.00	Tipo 2	262.00	26756.00	335.60	169.35%	
1014	4" x 8"		210	23/10/2021	20/11/2021	28	10.25	82.98	Tipo 2	269.50	27620.78	337.06	170.03%	
1015	4" x 8"	210	23/10/2021	20/11/2021	28	10.14	80.75	Tipo 2	293.50	29922.76	366.63	174.98%		
1037	4" x 8"	210	5/11/2021	12/11/2021	7	10.25	82.68	Tipo 2	156.40	15948.35	192.90	91.85%		
1038	4" x 8"	210	5/11/2021	12/11/2021	7	10.19	81.56	Tipo 5	158.80	16103.09	194.58	94.63%		
1039	4" x 8"	210	5/11/2021	12/11/2021	7	10.18	81.38	Tipo 2	158.30	16244.08	193.58	95.04%		
1040	4" x 8"	210	5/11/2021	19/11/2021	14	10.19	81.55	Tipo 5	222.50	22688.69	279.21	132.48%		
1041	4" x 8"	210	5/11/2021	19/11/2021	14	10.24	82.35	Tipo 2	230.70	23524.85	285.65	136.02%		
1042	4" x 8"	210	5/11/2021	25/11/2021	21	10.23	82.19	Tipo 2	261.00	26614.59	323.80	154.19%		
1043	4" x 8"	210	5/11/2021	25/11/2021	21	10.25	82.52	Tipo 5	269.40	26451.44	329.56	152.65%		
1044	4" x 8"	210	5/11/2021	31/2/2021	28	10.14	80.75	Tipo 2	298.00	30387.54	376.30	179.19%		
1045	4" x 8"	210	5/11/2021	31/2/2021	28	10.21	81.67	Tipo 2	289.80	29551.36	360.94	171.89%		
1046	4" x 8"	210	6/11/2021	13/11/2021	7	10.24	82.35	Tipo 5	166.10	16937.49	205.66	97.84%		
1047	4" x 8"	210	6/11/2021	13/11/2021	7	10.26	82.68	Tipo 2	164.00	16723.35	202.27	96.32%		
1048	4" x 8"	210	6/11/2021	13/11/2021	7	10.17	81.23	Tipo 5	169.70	17304.68	213.02	101.44%		
1049	4" x 8"	210	6/11/2021	20/11/2021	14	10.2	81.71	Tipo 4	234.50	23912.35	292.64	139.35%		
1050	4" x 8"	210	6/11/2021	20/11/2021	14	10.21	81.87	Tipo 3	242.00	24671.13	301.41	143.53%		
1051	4" x 8"	210	6/11/2021	27/11/2021	21	10.22	82.03	Tipo 2	266.00	26183.68	326.51	166.29%		
1052	4" x 8"	210	6/11/2021	27/11/2021	21	10.24	82.36	Tipo 2	274.10	28011.63	340.13	161.97%		
1053	4" x 8"	210	6/11/2021	4/2/2021	26	10.08	79.66	Tipo 5	269.70	26584.68	328.38	160.18%		
1054	4" x 8"	210	6/11/2021	4/2/2021	26	10.18	81.39	Tipo 2	299.80	30589.29	376.71	178.92%		
1055	4" x 8"	210	10/11/2021	17/11/2021	7	10.22	82.03	Tipo 3	179.00	18252.52	222.51	105.55%		
1056	4" x 8"	210	10/11/2021	17/11/2021	7	10.22	82.03	Tipo 5	188.50	19272.81	229.63	99.96%		
1039	4" x 8"	210	10/11/2021	24/11/2021	14	10.12	80.44	Tipo 5	163.50	16672.36	207.21	98.70%		
1040	4" x 8"	210	10/11/2021	24/11/2021	14	10.14	80.75	Tipo 2	252.30	25777.44	316.59	157.71%		
1041	4" x 8"	210	10/11/2021	24/11/2021	14	10.21	81.67	Tipo 2	266.00	26290.07	321.66	151.14%		
1042	4" x 8"	210	10/11/2021	11/2/2021	21	10.25	82.52	Tipo 4	296.70	29871.74	359.61	171.24%		
1043	4" x 8"	210	10/11/2021	11/2/2021	21	10.22	82.03	Tipo 5	266.50	26915.69	329.39	169.23%		
1044	4" x 8"	210	10/11/2021	8/12/2021	28	10.04	79.17	Tipo 2	292.70	29847.09	371.00	179.53%		
1045	4" x 8"	210	10/11/2021	8/12/2021	28	10.08	79.80	Tipo 2	301.90	30785.23	385.77	183.79%		

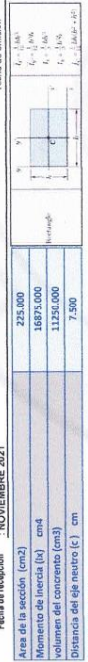


Anexo N° 05.05: resistencia a la flexión

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

Proyecto: TESIS "RESISTENCIA MECÁNICA DEL CONCRETO CON ADICIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN EL DISTRITO DE HUANCAYO - REGION JUNIN EN EL 2021"
 Ubicación: BACHINGO AGUILAR LIZARRAGA, JONATHAN TOMAS
 Centro: HUANCAYO
 Clase de material: CONCRETO
 Fecha de recepción: NOVIEMBRE 2021

codigo de formato : AA-23-01/ REV.01/FICHA.2021-02-11
 N° de muestra : 01
 Diseñado por : A.V.G.
 Fecha de emisión : DICIEMBRE 2021



Tipo de Muestra	Medidas	Diseño	Fc (kg/cm ²)	Edad N° (días)	Fecha de Curado (dd/mm/aa)	Fecha de Rotura (dd/mm/aa)	Peso de la viga de concreto (kg)	Peso específico del concreto (kg/m ³)	Momento flector (kg.m)	Estado	Carga (KN)	Carga (kg)	Módulo de rotura (MPa)	Módulo de rotura (kg/cm ²)	PROMEDIO	Zona de Fractura
VIGAS	L= 50 cm H= 15 cm A= 15 cm	Mezcla de concreto FC-210 KG/CM2 - Convencional	210	14	15/11/2021	29/11/2021	27.00	2400.000	264.067	FINALIZADO	22.900	2335.113	3.053	31.135	31.135	DENTRO DEL TERCIO MEDIO
				28	16/11/2021	14/12/2021	26.80	2382.222	348.947	30.900	3089.691	4.040	41.197	41.197	41.197	DENTRO DEL TERCIO MEDIO
				14	15/11/2021	29/11/2021	27.50	2444.444	275.584	23.900	2437.083	3.187	32.495	32.495	32.495	DENTRO DEL TERCIO MEDIO
				28	16/11/2021	14/12/2021	26.90	2391.111	382.230	33.200	3385.404	4.427	45.140	45.140	45.140	DENTRO DEL TERCIO MEDIO
				14	15/11/2021	29/11/2021	27.90	2416.667	301.939	34.700	2671.614	3.493	35.622	35.622	35.622	DENTRO DEL TERCIO MEDIO
				28	16/11/2021	14/12/2021	27.00	2400.000	399.432	34.700	3538.359	4.627	47.179	47.179	47.179	DENTRO DEL TERCIO MEDIO
		Mezcla de concreto FC-210 KG/CM2 - 15% ESCORIA DE COBRE		14	15/11/2021	29/11/2021	27.40	2435.556	320.298	FINALIZADO	27.800	2834.766	3.707	37.798	37.798	DENTRO DEL TERCIO MEDIO
				28	15/11/2021	14/12/2021	27.00	2400.000	423.523	FINALIZADO	36.800	3752.486	4.907	50.034	50.034	DENTRO DEL TERCIO MEDIO

* Los datos proporcionados por el participante son las medidas en la parte superior de este informe.
 * El presente documento no deberá reproducirse sin autorización escrita del laboratorio, siendo su reproducción en su totalidad.
 * Los resultados reportados fueron sobre las muestras proporcionadas por el cliente al laboratorio de mecánica de suelos, concreto, asfalto.
 * Resolución N°002-98-INDECOP-CPT-ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificaciones del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

Anexo N° 06: certificados de calibración



FORNEY, L.P.

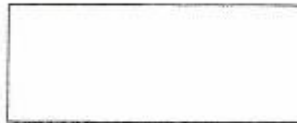
714 724 346 7400

800 367 8307

www.FORNEYonline.com

LA-4110

H-4133 PENETROMETER CALIBRATION REPORT



Inspection Date	01/13/2020
Temp	70
Model	H-4133
Serial Number	1132

TESTER READING	LOAD CELL READING			AVG READING	ERROR* (%+/-)
	1	2	3		
20	20	20	20	20	0
60	60	60	60	60	0
100	100	100	100	100	0
160	160	160	161	160.3	+ .3
200	200	200	201	200.3	+ .3

*TOLERANCE ± 2LBF

CALIBRATION EQUIPMENT USED

HUMBOLDT H-4454.002

Serial Number: 212 0-200 LBF.

Calibrated by: HUMBOLDT

Date: 12/12/2018

*Humboldt's Quality Management system is certified to ISO 9001
Direct reading gauge reads pounds force.*

Tester ID:

A. Elizondo

Control Number 104-F REV A

 <p>Forney, L.P. 2050 Jackson's Pointe Court Zolton, GA 30088 Sales: 800-367-8307 Fax: 724-344-7408 www.FORNEYonline.com sales@FORNEYonline.com</p>	 <p>Forney, L.P. 2050 Jackson's Pointe Court Zolton, GA 30088 Sales: 800-367-8307 Fax: 724-344-7408 www.FORNEYonline.com sales@FORNEYonline.com</p>	 <p>Forney, L.P. 2050 Jackson's Pointe Court Zolton, GA 30088 Sales: 800-367-8307 Fax: 724-344-7408 www.FORNEYonline.com sales@FORNEYonline.com</p>
--	--	---

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LP - 045 - 2020***Área de Metrología
Laboratorio de Presión*

Página 1 de 3

1. Expediente	200241	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	ORDOÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR	
3. Dirección	Jr Grau 211, Huancayo - JUNIN	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual esté en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
4. Instrumento de Medición	OLLA WASHINGTON (PRESS-AIR METER)	
Tipo	B	
Marca	FORNEY	
Modelo	LA-0316	
Número de Serie	723	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	NO INDICA	
Ubicación	NO INDICA	
Medidor de Aire:		
Tipo de Indicación	ANALOGICA	
Alcance de indicación	0 a 15 psi / 0 a 100 %	
5. Fecha de Calibración	2020-08-04	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-06-05



ELEAZAR CESAR CHAVEZ RARAZ



Área de Metrología
Laboratorio de Presión

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LP - 045 - 2020

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración ha sido realizada por el método de comparación directa entre las indicaciones de lectura del manómetro de deformación elástica y el manómetro patrón tomando como referencia el método descrito en la norma ASTM C 231-04 "Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method" y el documento INDECOPI/SNM PC - 004: 2012 "Procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuumetros de deformación elástica".

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Presión de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Acalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	20,7 °C	20,8 °C
Humedad Relativa	57 % HR	56 % HR

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones trazables a los patrones de referencia de DM - INACAL	Manómetro de Indicación Digital con Clase de Exactitud 0,05 % FS	INACAL LFP-050-2019
Regla Metálica de clase I	CINTA MÉTRICA con Grado de Incertidumbre de 0,2 mm	DM / INACAL LLA - 399 - 2019

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LP - 045 - 2020**Área de Metrología
Laboratorio de Presión

Página 3 de 3

10. Resultados de Medición

Recipiente de Medición			
Diámetro (mm)	Altura (mm)	Masa (kg)	Volumen (cm ³)
202,96	217,86	3,462	7048,36

Indicación A Calibrar (psi)	Indicación Menómetro Patrón		Error de Indicación		Error de Histeresis (psi)
	Ascendente (psi)	Descendente (psi)	Ascendente	Descendente	
			(psi)	(psi)	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5,00	5,07	5,05	0,07	0,05	-0,02
10,00	10,09	10,07	0,09	0,07	-0,02
15,00	15,11	15,09	0,11	0,09	-0,02

Valores Referenciales (% de aire)	Lecturas del A Calibrar			Promedio (% de aire)	Error (% de aire)
	L ₁ (% de aire)	L ₂ (% de aire)	L ₃ (% de aire)		
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,0
10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	0,0
15,0	14,9	14,9	14,9	14,9	-0,1

Nota 1.- El diámetro del recipiente de medición es de 0,93 veces la altura del recipiente.

Nota 2.- El punto inicial se determinó en 3%, para obtener el cero.

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La densidad en el lugar de calibración es de 1,184 kg/m³
- Densidad del agua destilada utilizada para la calibración a 21 °C es de 997,68 (kg/m³).



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**MT - LF - 188 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

Página 1 de 3

1. Expediente	210501	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
2. Solicitante	GEO TEST V.S.A.C.	
3. Dirección	Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN	
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	
Marca	UTEST	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Modelo	UTC-6231	
Número de Serie	18/000923	
Procedencia	TURQUIA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	UTEST	
Modelo	BC-100	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,1 kN	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA	
5. Fecha de Calibración	2021-08-24	

Fecha de Emisión

2021-08-25

Jefe del Laboratorio de Metrología



Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2021.08.25 15:59:47
-05'00'



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 188 - 2021***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA**

Pj. Grau N° 211 Urb. Puzo, Chilca - Huancayo - JUNIN

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	18,0 °C	17,8 °C
Humedad Relativa	62 % HR	63 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Caldas patronas calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania 2020-187747 / 2020-195857	Calda de carga calibrado a 1500 kN con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE-024-21A

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1,0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, SMP, LIMA

Telf: (511) 840-0842

Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282

ventas@metrologiatecnicas.com

metrologia@metrologiatecnicas.com

www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 188 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patron de Referencia			
%	F_1 (kN)	F_1 (kN)	F_2 (kN)	F_3 (kN)	$F_{Promedio}$ (kN)
10	100,0	99,9	100,0	99,9	100,0
20	200,0	200,3	200,4	200,4	200,4
30	300,0	300,4	300,5	300,7	300,6
40	400,0	400,3	400,6	400,4	400,5
50	500,0	500,3	500,4	500,4	500,4
60	600,0	600,0	600,2	600,2	600,1
70	700,0	700,1	700,2	700,3	700,2
80	800,0	800,3	800,3	800,4	800,3
90	900,0	900,0	900,1	900,2	900,1
100	1000,0	1000,2	1000,4	1000,3	1000,3
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa e (%)	
100,0	0,03	0,10	---	0,10	0,52
200,0	-0,19	0,07	---	0,05	0,52
300,0	-0,19	0,10	---	0,03	0,52
400,0	-0,12	0,07	---	0,03	0,52
500,0	-0,07	0,03	---	0,02	0,52
600,0	-0,02	0,03	---	0,02	0,52
700,0	-0,03	0,02	---	0,01	0,52
800,0	-0,04	0,02	---	0,01	0,52
900,0	-0,01	0,02	---	0,01	0,52
1000,0	-0,03	0,02	---	0,01	0,52

MAXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (ϵ_0)	0,00 %
--	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 235 - 2020

Página 1 de 4

1. Expediente	200380
2. Solicitante	ORDÓÑEZ CAMPOSANO VLADIMIR
3. Dirección	Jr Grau 211, Huancayo - JUNIN
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	500 g
División de escala (d)	0,1 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Clase de exactitud	III
Marca	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Capacidad mínima	2 g
Procedencia	CHINA
Identificación	21557 (*)
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2020-08-24

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión
2020-08-25

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello


ELEAZAR CESAR CHAVEZ RÁÑEZ



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 235 - 2020*Área de Metrología*
Laboratorio de Masa

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20	20,4
Humedad Relativa (%)	62,9	69,1

**9. Patrones de referencia**

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM - INACAL 180467001	Pesa (exactitud E2)	LM-C-198-2019

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Código indicado en el equipo SPEEDY que pertenece la balanza.

Área de Metrología
Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 235 - 2020

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABAJO	NO TIENE	CURSOS	NO TIENE
		NIVELACIÓN	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperature: Inicial 20 °C Final 20,3 °C

Medición Nº	Carga L1 = 250,00 g			Carga L2 = 500,00 g			
	f (g)	ΔL (g)	E (g)	f (g)	ΔL (g)	E (g)	
1	249,9	0,05	-0,10	500,0	0,08	-0,03	
2	249,9	0,05	-0,10	500,0	0,07	-0,02	
3	249,9	0,04	-0,09	500,0	0,06	-0,03	
4	249,9	0,03	-0,08	500,0	0,08	-0,03	
5	249,9	0,02	-0,07	500,0	0,07	-0,02	
6	249,9	0,03	-0,08	500,0	0,07	-0,02	
7	250,0	0,03	0,02	500,0	0,06	0,00	
8	249,9	0,02	-0,07	500,0	0,07	-0,02	
9	249,9	0,05	-0,10	500,0	0,02	0,03	
10	250,0	0,09	-0,04	500,0	0,03	0,02	
Diferencia Máxima			0,12	Diferencia Máxima			0,06
Error Máximo Permisible			± 0,30	Error Máximo Permisible			± 0,30



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición de las cargas

Temperature: Inicial 20,3 °C Final 20,4 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	Carga Mínima*	f (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga (L)	f (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1		1,0	0,05	0,00		160,0	0,05	0,00	0,00
2		1,0	0,05	0,00		159,9	0,02	-0,07	-0,07
3	1,00 g	1,0	0,08	-0,03	180,00 g	160,0	0,07	-0,02	0,01
4		1,0	0,09	-0,04		159,9	0,05	-0,10	-0,06
5		1,0	0,08	-0,03		160,0	0,08	-0,03	0,00
Error máximo permisible									± 0,20

* Valor entre 0 y 10g

Anexo N° 07: panel fotográfico



Fotografía 14. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.



Fotografía 15. Ensayo peso unitario suelto del agregado grueso y ensayo equivalente de arena.



Fotografía 16. Ensayo absorción y peso específico del agregado fino y agregado grueso.



Fotografía 17. Ensayo absorción y peso específico del agregado fino y abrasión los Ángeles.



Fotografía 18. Ensayo para determinar las partículas chatas y alargadas.



Fotografía 19. Ensayo peso unitario compactado del agregado grueso y fino.



Fotografía 20. Materiales para el concreto convencional.



Fotografía 21. Mezclado del concreto con adición de escoria de cobre en 5 % y 10 %.



Fotografía 22. Elaboración de vigas y probetas del concreto convencional.



Fotografía 23. Elaboración de probetas al 5 % y 10% escoria de cobre.



Fotografía 24. Elaboración de vigas al 10 % y 15 % de escoria de cobre.



Fotografía 25. Elaboración de probetas al 15 % y rotura de probetas (7 días) con 5 % de cobre.



Fotografía 26. Rotura de viga (14 días) convencional y rotura de viga (14 días) con adición de escoria de cobre al 15%



Fotografía 27. Rotura de viga (28 días) con adición de 5 % de escoria de cobre y viga (28 días) con adición al 10 % de escoria de cobre.