



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Influencia por incorporación de escoria de cobre en
propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil

AUTORA:

Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly (orcid.org/0000-0003-0577-3793)

ASESOR:

Dr. Ascoy Flores, Kevin Arturo (orcid.org/0000-0003-2452-4805)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Con gratitud y perseverancia, esta tesis es dedicada a todos aquellos que buscan constantemente el conocimiento, enfrentando desafíos con determinación. Que este trabajo inspire a seguir explorando, cuestionando y construyendo un futuro lleno de logros,

AGRADECIMIENTO

En cada página de esta tesis, encuentro la inspiración para seguir buscando, aprendiendo y creciendo. Agradezco a todos los que han contribuido, de manera indirecta, a mi desarrollo académico y personal. Este trabajo es un tributo a la capacidad humana de explorar, descubrir y transformar el mundo que nos rodea.

Que este logro sea solo el comienzo de un viaje continuo hacia el aprendizaje y la innovación.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ASCOY FLORES KEVIN ARTURO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024", cuyo autor es PEÑALOZA CHAMBILLA ADRIANA NATALY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 06 de Mayo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ASCOY FLORES KEVIN ARTURO DNI: 46781063 ORCID: 0000-0003-2452-4805	Firmado electrónicamente por: KASCOY el 06-05- 2024 15:40:59

Código documento Trilce: TRI - 0745917

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, PEÑALOZA CHAMBILLA ADRIANA NATALY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ADRIANA NATALY PEÑALOZA CHAMBILLA DNI: 47595792 ORCID: 0000-0003-0577-3793	Firmado electrónicamente por: ANPENALOZA el 06- 05-2024 15:52:07

Código documento Trilce: TRI - 0745918



ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
3.2. Variables y Operacionalización.....	14
3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimiento.....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	22
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS.....	24

V. DISCUSIÓN	31
VI. CONCLUSIONES	35
VII. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables	14
Tabla 2. Muestras de probetas de concreto	19
Tabla 3. Capacidad de carga compresiva promedio del concreto a los 28 días.....	24
Tabla 4. Propiedades físicas del árido fino y grueso.	25
Tabla 5. Resultados de $f'c$ (kg/cm ²) para un concreto patrón.....	26
Tabla 6. Resultados de $f'c$ (kg/cm ²) para un concreto con incorporación de 10% de escoria de cobre	27
Tabla 7. Resultados de $f'c$ (kg/cm ²) para un concreto con incorporación de 20% de escoria de cobre	28
Tabla 8. Resultados de $f'c$ (kg/cm ²) para un concreto con incorporación de 30% de escoria de cobre	28
Tabla 9. Resultados de $f'c$ (kg/cm ²) promedio con incorporación de escoria de cobre	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

Figura 1. Patrones de porcentajes de acuerdo con los antecedentes. Creación Propia	19
Figura 2. Diagrama de procedimiento para el estudio. Elaboración propia.	21

RESUMEN

Este estudio evalúa la resistencia a la compresión en concreto con $f'c$ de 210 kg/cm² mediante la incorporación de escoria de cobre en porcentajes del 10%, 20% y 30%, utilizando un enfoque cuantitativo y diseño cuasi experimental. Se realizaron ensayos de compresión a intervalos de 7, 14 y 28 días en 36 especímenes seleccionados de la población completa. La incorporación de escoria de cobre afecta las características del concreto, observándose un aumento significativo en la resistencia a 270,67 kg/cm² con un 10%, estabilidad a 288.13 kg/cm² con un 20%, y la mayor resistencia con un 30%, promediando 315.67 kg/cm² a los 28 días, superando en un 50,32 % la resistencia del diseño original. La incorporación del 30% de escoria se destaca como una mejora considerable en la $f'c$ final, constituyendo un diseño de mezcla óptimo.

Palabras clave: Escoria de cobre, Resistencia a compresión, Agregado fino.

ABSTRACT

This study evaluates the compressive strength of concrete with f'_c of 210 kg/cm² by incorporating copper slag in percentages of 10%, 20% and 30%, using a quantitative approach and a quasi-experimental design. Compression tests were performed at intervals of 7, 14 and 28 days on 36 specimens selected from the complete population. The incorporation of copper slag affected the characteristics of the concrete, observing a significant increase in strength at 270,67 kg/cm² with 10%, stability at 288,13 kg/cm² with 20%, and the highest strength with 30%, averaging 315,67 kg/cm² at 28 days, exceeding the original design strength by 50,32%. The inclusion of 30% slag stands out as a considerable improvement in the final f'_c , constituting an optimum mix design.

Key words: Copper slag, Compressive strength, Fine aggregate.

I. INTRODUCCIÓN

La incorporación de escorias de cobre para mejoría de las características fisicomecánicas del concreto es esencial en la ingeniería civil y la construcción moderna. Recientemente, ha surgido un creciente interés por estas escorias, un subproducto de la industria metalúrgica, específicamente durante la etapa de fundición, debido a su potencial para optimizar las características del concreto en múltiples aplicaciones estructurales. El concreto es muy empleado a nivel mundial por su durabilidad y versatilidad, puede beneficiarse de la integración de escoria de cobre como suplemento cementante. Además de mejorar las características del concreto, su uso reduce El empleo también posibilita la disminución de las liberaciones de dióxido de carbono y la utilización más efectiva de los recursos naturales. Sin embargo, es necesario abordar cuidadosamente los desafíos y riesgos asociados con esta incorporación (Talkeri y Ravi, 2022, p. 79).

El uso extenso del concreto en la ingeniería civil abarca infraestructura, edificaciones y carreteras, pero enfrenta desafíos complejos, especialmente por su impacto ambiental negativo. El cemento, esencial en su producción, contribuye significativamente al calentamiento global a través de emisiones de CO₂. Además, su explotación causa degradación ambiental. La durabilidad es otro aspecto crítico; tensiones, composición y humedad provocan su deterioro, necesitando reparaciones costosas. En zonas sísmicas, su inflexibilidad es un riesgo. Los ingenieros buscan soluciones sostenibles, considerando tecnologías avanzadas, diseños eficientes y materiales alternativos como la incorporación de residuos de cobre para mejorar resistencia sin sacrificar durabilidad y sostenibilidad (Lima et al., 2021).

Incorporar residuos de la fundición de cobre en la mezcla de concreto ofrece una estrategia para abordar desafíos relacionados con sus propiedades. Este enfoque resalta por su contribución a la resistencia final del material. La inclusión de escoria de cobre no solo aumenta la capacidad del concreto para soportar esfuerzos de compresión, sino que puede también reducir la necesidad de cemento Portland,

disminuyendo así la huella de carbono de la construcción. Esta práctica no solo beneficia la sostenibilidad medioambiental, sino que también incrementa la durabilidad frente a la corrosión del concreto, vital en entornos costeros. Además, al aumentar la densidad y longevidad del concreto, los aditivos de escoria enriquecen el desempeño de proyectos de construcción civil, resultando en una solución práctica y ventajosa (International Energy Agency, 2022, p. 3).

Continuando, se presenta como problema central se plantea: ¿cuál es la influencia de la incorporación de escoria de cobre en las características fisicomecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024?, y como **problemas específicos**, **PE1**: ¿Cuáles son las características físicas de los elementos presentes en el concreto de $f'c=210$ kg/cm² para optimizar su resistencia a la compresión?; **PE2**: ¿Cuál es la capacidad de resistencia a la compresión del concreto al incorporar 10%, 20% y 30% de escoria de cobre respecto al peso del árido fino, con el objetivo de aumentar el $f'c=210$ kg/cm², 2024? Y **PE3**: ¿Cuál es la composición ideal del concreto que incluye escoria de cobre con el propósito de aumentar su $f'c=210$ kg/cm², 2024?

En lo que respecta a los fundamentos en el estudio como la **justificación teórica** de este estudio es la idea de que es posible aumentar la $f'c$ del concreto mediante el uso de escoria de cobre, dando lugar a construcciones más robustas y duraderas. El residuo de cobre tiene aplicaciones potenciales en el sector de la construcción, determinando si la escoria de cobre puede utilizarse con éxito como ingrediente en el concreto que presenta una capacidad de carga nominal de resistencia de 210 kg/cm². La exploración de nuevas ideas y la búsqueda de soluciones que fomenten la eficacia y la sostenibilidad están ganando popularidad en la construcción; nuestro estudio es compatible con estas tendencias.

Como **Justificación tecnológica**, el presente estudio al utilizar residuos de cobre en el concreto, se respaldan desde un punto de vista tecnológico, dado que implican la alteración de las características fisicomecánicas del concreto. Mediante el suministro de datos críticos que corroboren los resultados y la viabilidad de esta

técnica única, estas evaluaciones ayudarán a una mejor comprensión de las posibles consecuencias de esta innovación constructiva en la ingeniería civil. La integración de escoria de cobre al concreto como un aditivo presenta un potencial significativo para elevar considerablemente esta capacidad de resistencia. Este enfoque no solo tiene la capacidad de permitir la edificación de estructuras más seguras y duraderas, sino que también puede conllevar beneficios económicos al reducir la cantidad necesaria de cemento Portland (Talkeri y Ravi, 2022, p. 81).

La **justificación legal** de este enfoque se refleja en que algunos países, la legislación prescribe criterios estrictos para la calidad y durabilidad de los edificios. Este estudio contribuye a garantizar el cumplimiento de esas normas investigando soluciones ecológicamente responsables para potenciar la durabilidad y capacidad de carga del concreto, como la incorporación de residuos de cobre. Además, tiene en cuenta consideraciones medioambientales y de seguridad, ambas cruciales en la construcción actual. Aporta soluciones que no sólo cumplen los requisitos normativos (Normas Técnicas Peruanas), sino que también apoyan el desarrollo de la ingeniería civil.

Considerando lo mencionado se presenta como **objetivo general**, la evaluación de la capacidad de resistencia a la compresión en el concreto con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ mediante la incorporación de escoria de cobre, 2024. Así mismo los **objetivos específicos**, **OE1**: Determinar las características físicas de los elementos presentes en el concreto de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ para optimizar su resistencia final. **OE2**: Determinar la capacidad de fuerza para resistir la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ al incorporar 10%, 20% y 30% de escoria de cobre respecto al peso del agregado fino en la mezcla. **OE3**: Determinar la composición ideal del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ que incluye escoria de cobre con el propósito de aumentar su capacidad de fuerza para resistir la compresión final.

Finalmente, como **hipótesis general**: La incorporación de residuos de cobre al concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ aumenta significativamente su fuerza para resistir la

compresión final. Así mismo, las **hipótesis específicas**, **HE1**: La realización de los ensayos ayudará a identificar los elementos presentes en el concreto y demostrará mejoras en su resistencia a la compresión. La documentación técnica desempeñará un papel importante en la identificación de las características de los residuos de cobre con el fin de buscando así potenciar la resistencia última del concreto $f'c=210$ kg por centímetro cuadrado. **HE2**: El uso de escoria de cobre en un 10%, 20% y 30% adicional en relación al peso del árido fino, en el concreto $f'c=210\text{kg}/\text{cm}^2$ resultará una muestra alternativa potencial e innovadora en el campo de la ingeniería, 2024. **HE3**: La configuración ideal de la composición del concreto $f'c= 210\text{kg}/\text{cm}^2$ mediante la inclusión de escoria de cobre en porcentajes del 10%, 20% y 30% en relación al peso del árido fino demostrará la eficacia en términos de resistencia a la compresión.

II. MARCO TEÓRICO

Como **precedentes internacionales** se exponen lo siguiente; en el estudio de Vizcaíno y Silva (2023), tuvieron como **objetivo** analizar las repercusiones de la inclusión de escoria de cobre influye en la trabajabilidad, la capacidad de compresión y la capacidad de resistir fuerzas de flexión en relación con la exposición al concreto autocompactante. Como **resultados** se obtuvieron los siguientes: El diseño patrón, obtuvo una $f'c$ de 28 MPa y 36MPa a los 7 y 28 días respectivamente. Al sustituir un 10% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 7 días de 24 MPa y a los 28 días de 29,5 MPa. Al sustituir un 20% del subproducto del cobre al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 7 días de 21 MPa y a los 28 días de 27,5 MPa. Al sustituir un 30% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 7 días de 16 MPa y a los 28 días de 22,5 MPa. Al sustituir un 40% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 7 días de 14 MPa y a los 28 días de 20,6 MPa. Al sustituir un 50% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 7 días de 8 MPa y a los 28 días de 13 MPa. Del diseño patrón, obtuvo una $f'y$ de 6,5 MPa a los 7 días y 7,3 MPa a los 28 días. Al sustituir un 10% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'y$ a los 7 días de 5,5 MPa y a los 28 días de 7,6 MPa. Al sustituir un 20% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'y$ a los 7 días de 4,9 MPa y a los 28 días de 6,1 MPa. Al sustituir un 30% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'y$ a los 7 días de 3,4 MPa y a los 28 días de 4,5 MPa. Al sustituir un 40% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'y$ a los 7 días de 3 MPa y a los 28 días de 4,3 MPa. Al adicionar un 50% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 7 días de 2,3 MPa y a los 28 días de 3,5 MPa (p. 3-11).

Según Sócrates et al. (2022), el **propósito** de su estudio es realizar un análisis exhaustivo de la literatura relacionada con utilizar residuos de acero en la composición del concreto, y cómo esta práctica afecta sus características físicas y mecánicas. Los **hallazgos** alcanzados por los investigadores son: Del diseño patrón, obtuvo una $f'c=$ 48,25 MPa a los 28 días, con una relación a/c de 0,4. Al sustituir un 10% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 28 días de 39,88 Mpa. Al sustituir un 20% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 28 días de 45,44 Mpa. Al sustituir un 40% de escoria

al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 28 días de 48.34 MPa. Al sustituir un 60% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 28 días de 44.74 MPa. Al sustituir un 80% de escoria al concreto, se obtuvo una $f'c$ a los 28 días de 40.22 MPa (p. 57-67).

De acuerdo con Tomalá y Pozo (2022), en su estudio cuya **finalidad** es calcular las proporciones del concreto de cemento GU con $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 , utilizando las pautas del código ACI 211.1, sustituyendo completamente el agregado grueso con escoria siderúrgica suministrada por la empresa ANDEC, S.A., cuyos **resultados** obtenidos son: La primera mezcla patrón, obtuvo después de 7, 14 y 28 días una $f'c$ de 137 kg/cm^2 , 189 kg/cm^2 y 210 kg/cm^2 de manera correspondiente. La mezcla con incorporación de escoria del 33%, obtuvo a los 7, 14 y 28 días una $f'c$ de $155,61 \text{ kg/cm}^2$, $206,14 \text{ kg/cm}^2$ y $262,99 \text{ kg/cm}^2$. Del segundo diseño de mezcla patrón, obtuvo una $f'c = 156 \text{ kg/cm}^2$, 216 kg/cm^2 y 240 kg/cm^2 después de 7,14 y 28 días. La mezcla con incorporación de escoria del 33%, obtuvo después de 7, 14 y 28 días una $f'c$ de $189,57 \text{ kg/cm}^2$, $228,06 \text{ kg/cm}^2$ y $281,44 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente. De la tercera composición de mezcla patrón, obtuvo una $f'c$ de 182 kg/cm^2 , 252 kg/cm^2 y 280 kg/cm^2 después de 7, 14 y 28 días. La mezcla con incorporación de escoria del 33%, obtuvo una $f'c$ de $201,04 \text{ kg/cm}^2$, $263,19 \text{ kg/cm}^2$ y $315,04 \text{ kg/cm}^2$ luego de 7, 14 y 28 días (p. 1-85).

Como **antecedentes nacionales** se presentan lo siguiente; Flores (2021), en su estudio con el **objetivo** de analizar cómo el aumento de residuos de cobre tendrá un impacto en la capacidad de carga del concreto, muestra los **resultados** que se presentan a continuación: La composición patrón, obtuvo una $f'c$ de $182,23 \text{ kg/cm}^2$, $205,6 \text{ kg/cm}^2$ y 238 kg/cm^2 a las edades 7, 14 y 28 días de manera respectiva. El concreto con incorporación de escoria del 10%, obtuvo $f'c$ en kg/cm^2 de $188,6$, $188,6$ y $236,8$ a los 7, 14 y 28 días en cada uno. El concreto con incorporación de escoria del 20%, alcanzó una resistencia a la compresión ($f'c$) de $197,3$, $253,1$ y $269,2 \text{ kg/cm}^2$ a los días 7, 14 y 28, respectivamente. Del diseño de mezcla adicionando 30% de escoria, obtuvo una $f'c$ de $201,4 \text{ kg/cm}^2$, $256,6 \text{ kg/cm}^2$ y $272,5 \text{ kg/cm}^2$ a los en intervalos de una semana, dos semanas y cuatro semanas, respectivamente (p. 1-

118).

De acuerdo con Ullilen y Vasquez (2019), el **propósito** particular de su proyecto consiste en incorporar la utilización de escoria de cobre en un 20% aproximadamente del total utilizado como sustituto de la arena durante el proceso de elaboración del concreto. Se registraron los siguientes **resultados** en su investigación: Del diseño base, obtuvo una $f'c$ de 158,58 kg/cm² a los 7 días y 160,72 kg/cm² a la edad de 28 días. De la elaboración de mezcla adicionando un 20% de escoria se obtuvo una $f'c$ de 242,81 kg/cm² después de 7 días y 246,63 kg/cm² después de 28 días (p. 1-42).

Según Jara (2020), en su estudio tiene como **objetivo** central analizar el impacto de la integración de residuos de cobre en la resistencia estructural del concreto con resistencia nominal de 210 Kg/cm², destinado a su uso en pavimentos rígidos en La Oroya, Junín durante el año 2020. Como **resultados** obtuvo lo siguiente: La mezcla patrón, obtuvo una $f'c$ de 169,97kg/cm², 170,87kg/cm² y 212,93kg/cm² a las edades de 7, 14 y 28 días. El concreto con un incremento del 20% de escoria, obtuvo una $f'c$ en kg/cm² de 176,73, 196 y 236,63 a los 7,14 y 28 días respectivamente. La mezcla con incorporación de escoria del 30%, obtuvo a los 7 días $f'c=190,37$, a los 14 días $f'c=228$ y a los 28 días un $f'c=252,07$. El concreto con incorporación de residuo de cobre del 40%, obtuvo una $f'c$ en kg/cm² de 177,70 a los 7 días, 183,27 a los 14 días y 220,57 cumplidos los 28 días. El modelo de concreto alcanzó una capacidad de flexión de 34,67 kg/cm² después de 28 días. El concreto con incorporación de escoria del 20% obtuvo una capacidad de flexión de 37,33 kg/cm² dentro de 28 días. La mezcla con incorporación de escoria del 30% alcanzó una $f'y$ de 39 kg/cm² dentro de 28 días. La mezcla con incorporación de escoria del 40% alcanzó una $f'y$ de 33,67 kg/cm² dentro de 28 días (p. 1-132).

En el trabajo de investigación de Bravo (2018), tuvo como **objetivo** general examinar de manera comparativa como un concreto con capacidad de carga nominal de 210 kg/cm², en el que se reemplaza parte del árido fino por residuo de cobre en dosificaciones basadas en su fuerza de compresión y consistencia, y que es elaborado

con aglomerante de tipo IP y tipo V, se comporta en relación a un concreto de referencia a través de ensayos de índice de reflectancia y ensayos de compresión axial de probetas que han sido expuestas a curado sumergido. Obteniendo como **resultados** los siguientes: Conforme el diseño de mezcla patrón, obtuvo una $f' = 134,10 \text{ kg/cm}^2$ dentro de 7 días, $179,43 \text{ kg/cm}^2$ dentro de 14 días y $204,04 \text{ kg/cm}^2$ dentro de 28 días, utilizando cemento tipo IP. El concreto con incorporación de escoria del 35%, obtuvo una $f'c$ en kg/cm^2 de $193,90$ dentro de 7 días, $239,75$ dentro de 14 días y $270,01$ dentro de 28 días, utilizando cemento tipo IP. De la composición de la mezcla base, obtuvo una $f'c$ de $162,87 \text{ kg/cm}^2$, $196,61 \text{ kg/cm}^2$ y $243,10 \text{ kg/cm}^2$ después de 7, 14 y 28 días respectivamente, utilizando cemento tipo V. El concreto con incorporación de escoria del 35%, obtuvo una $f'c$ en kg/cm^2 de $226,80$ a los 7 días, $277,44$ a los 14 días y $331,89$ a los 28 días, utilizando cemento tipo V (p. 1-373).

Los siguientes conceptos se presentan como **bases teóricas** para las variables analizadas; la **variable independiente** de este estudio es la incorporación de escoria de cobre, la cual el autor Vizcaíno y Silva (2023) la define como un derivado que surge durante la etapa de fundición de metales, tales como el hierro y acero. Este compuesto se genera al someter minerales de cobre y otros a altas temperaturas en un horno con el fin de extraer el metal deseado y separarlo de las impurezas (p. 4). Así mismo, el autor Sócrates et al. (2022), define la escoria de cobre como un subproducto del proceso de fundición del cobre, presentando una naturaleza vítrea o rocosa. Esta sustancia se origina durante la separación del cobre del mineral de cobre crudo y suele contener impurezas y minerales no deseados que se separan durante la fundición y que no son útiles en la producción de cobre (p. 32).

La resistencia a compresión es la **variable dependiente** en este estudio. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), esta resistencia se determina a través del $F'c$, obteniéndose a través de pruebas de laboratorio empleando especímenes de concreto con especificaciones de (15×30) cm de diámetro. En el pasado, se solían utilizar cilindros de menor tamaño, con medidas de 10 cm x 20 cm, en lugar de los cilindros más grandes. Estos cilindros son sometidos a una carga constante con el

propósito de analizar su resistencia a las fuerzas de compresión. Durante el proceso de curado, que normalmente abarca un tiempo de 28 días, estos cilindros suelen ser sumergidos en agua o mantenidos en un entorno con temperatura constante y una humedad del 100% (p. 15).

Así mismo, Medina (2016) menciona que la resistencia a compresión hace alusión a la aptitud de un material, como el concreto o la mampostería, para resistir las fuerzas que buscan comprimirlo o reducir su volumen. Esta medida se expresa en unidades de presión, típicamente en megapascales (MPa) o kilogramo centímetro cuadrado (Kgcm²), y se emplea para analizar la capacidad de un material de sostener cargas verticales, como las aplicadas en columnas, pilares y cimentaciones. En esencia, la f'_c sirve como un indicador fundamental de la habilidad de un elemento diseñado en función de resistir fuerzas de compresión sin experimentar deformaciones excesivas o fracturas (p. 23).

La **dimensión características físicas de los elementos en la composición del concreto**; este material compuesto es utilizado extensamente en la construcción debido a su durabilidad, resistencia y versatilidad. Su composición incluye una combinación de varios elementos que influyen directamente en sus propiedades físicas y químicas.

El **cemento Portland** es un componente fundamental en la mezcla de concreto. Su composición química y mineralógica juega un papel crucial en las propiedades finales del concreto. Según Mehta y Monteiro (2019, p. 82), "el cemento Portland es una mezcla compleja de compuestos hidráulicos que reaccionan con el agua para generar compuestos endurecedores y adherentes".

La categorización de Cemento Portland se lleva a cabo en diversas variantes, como el Tipo I, utilizado en construcciones generales, el Tipo II, resistente a los sulfatos, el Tipo III, de fraguado rápido, y el Tipo V, resistente a los ataques químicos. Este sistema de clasificación permite ajustar el tipo de cemento a las necesidades específicas de cada proyecto. La forma en que la proporción de agua se relaciona con

la medida de cemento afecta significativamente resistencia a las cargas y vida útil del concreto. De acuerdo con ACI Committee 211 (2022, p. 4), "la proporción agua/cemento es un elemento clave crítico que ejerce influencia en la porosidad y la resistencia del concreto".

La **dimensión porcentaje de incorporación de escoria de cobre**, de acuerdo con las investigaciones anteriores, incorporar escoria de cobre en la ingeniería civil representa una técnica vanguardista que potencia las características del concreto. Al añadir un porcentaje apropiado de escoria de cobre, típicamente entre el 10% y el 30%, se logra una mayor robustez y longevidad del material. Este método no solo optimiza el desempeño del concreto, sino que también aborda de manera efectiva la gestión sostenible de desechos industriales, fomentando prácticas que cuiden el medio ambiente en proyectos constructivos.

La **dimensión diseño de mezcla por el método de ACI** está claramente establecida para el autor Rivva (1992) como un método esencial para asegurar la excelencia en la calidad y el desempeño óptimo del concreto empleado en la construcción de edificaciones. Este enfoque se concentra en el establecimiento de las cantidades correctas de los elementos fundamentales del concreto, tales como el cemento, los agregados, el agua y los aditivos, con el propósito de alcanzar las propiedades deseadas en términos de fuerza, durabilidad y manejabilidad. El proceso de diseño de mezclas, siguiendo el método del ACI, involucra diversas etapas clave: En primer lugar, el establecimiento de requisitos y metas, donde se definen los requisitos y metas específicos para el concreto en función de su aplicación y el entorno de la estructura. Esto puede incluir aspectos como la resistencia a compresión, la durabilidad y la exposición a condiciones ambientales adversas, entre otras propiedades requeridas. En segundo lugar, la selección de materiales, donde se realiza una selección cuidadosa de los materiales disponibles, como los tipos de cemento, los agregados, los aditivos y las adiciones, teniendo en cuenta sus características y propiedades individuales. En tercer lugar, la determinación de proporciones iniciales, con base en los materiales elegidos y los requisitos del

proyecto, se calculan proporciones iniciales para la mezcla. Estas proporciones deben cumplir con las pautas del ACI y garantizar que el concreto cumpla con los estándares de rendimiento deseados. En cuarto lugar, los ensayos de laboratorio, donde se llevan a cabo pruebas para evaluar la manejabilidad, resistencia y durabilidad de la mezcla. Los resultados de estos ensayos se utilizan para ajustar las proporciones de la mezcla y optimizar su desempeño. En quinto lugar, ajustes y refinamientos, donde a través de un proceso iterativo, se efectúan ajustes en las proporciones de la mezcla y se repiten los ensayos de laboratorio hasta lograr las propiedades deseadas. Por último, se elabora la documentación del diseño de la mezcla, detallando las cantidades exactas de los materiales, los procedimientos de mezclado y cualquier otro detalle relevante (p. 1-284).

La **dimensión propiedades físicas del concreto**, según Torres (2019) se busca englobar las propiedades físicas del concreto, que son atributos perceptibles mediante observación directa o medidas sencillas. Estas cualidades son intrínsecas a cualquier mezcla, variando en grado según el nivel de atención que reciba (p. 33-41).

El concreto exhibe propiedades físicas esenciales que son determinantes para su desempeño en diversas aplicaciones de construcción. La resistencia a la compresión destaca como un indicador fundamental de su capacidad para resistir cargas, mientras que la densidad del concreto tiene un impacto directo en su peso estructural y, por consiguiente, en la estabilidad de las edificaciones. La porosidad, otra propiedad crucial, influye de manera significativa en la capacidad del concreto para resistir el desgaste con el tiempo, ya que una baja porosidad disminuye la permeabilidad y minimiza la posibilidad de que agentes externos dañinos penetren en el material. La trabajabilidad del concreto, que está vinculada a su consistencia y facilidad de manipulación, desempeña un papel crucial en la eficiencia del proceso de colocación y, en última instancia, en la calidad final de las estructuras.

La **dimensión propiedades mecánicas del concreto**, según Torres (2019) se refieren al comportamiento del concreto endurecido bajo la influencia de fuerzas externas, y se reconocen como elementos fundamentales en el diseño estructural de

edificaciones de concreto (p. 42-46).

Las características mecánicas del concreto son determinantes en su capacidad para enfrentar tanto cargas como deformaciones. La resistencia a la compresión, una propiedad crucial, señala la aptitud del concreto para resistir fuerzas compresivas, mientras que la durabilidad evalúa su resistencia ante condiciones ambientales desfavorables, como la humedad y agentes químicos. La tenacidad del concreto es su habilidad para resistir fracturas y absorber energía antes de experimentar fallos. Las propiedades de elasticidad y deformación definen la capacidad del concreto para recuperarse después de ser sometido a cargas. La conductividad y la expansión térmica están relacionadas con la respuesta del concreto a cambios de temperatura. La adherencia del concreto a las armaduras es esencial para asegurar la estabilidad estructural.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación: Según Medina et al. (2023), cuando el investigador lleva a cabo una intervención directa en la variable independiente, observando su impacto directo en la variable que está siendo evaluada, se opta por la investigación de laboratorio (p. 27). Esta investigación es de tipo de laboratorio, ya que involucró la creación de mezclas de concreto incorporándose escoria de cobre en proporciones de 10%, 20% y 30%.

3.1.2. Diseño de investigación: Para Arias et al. (2022), el diseño de cuasiexperimentos se distingue por integrar una muestra de referencia o comparativo, el cual se emplea cuando no es factible asignar sujetos de manera no determinística, es decir, al igual que en el preexperimental, los sujetos ya están preseleccionados de antemano (p. 91). En el contexto de este estudio, se ha decidido adoptar por un diseño cuasi experimental.

3.2. Variables y Operacionalización

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable independiente: Incorporación de escoria de cobre	Aparicio (2014), en su estudio sobre la viabilidad de incorporar escoria de cobre en la elaboración de concreto, se mezcló este material con los agregados típicos para fabricar cilindros de concreto, que luego se sometieron a pruebas de resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos fueron positivos, demostrando que los	En el proceso de diseñar concreto, se empleará escoria de cobre en cantidades del 10%, 20% y 30% respecto al peso del agregado fino, antes de avanzar con la preparación en un molde específico. Esta elección de material se basa en el hecho de que la escoria de cobre contribuye al	Diseño de mezcla por el método ACI	- Cemento Kg - Agregado Fino Kg - Agregado Grueso Kg - Agua Lt	De razón
			Porcentaje de incorporación escoria de cobre	de de 0%, 10%, 20%, y 30%	De razón

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
	escorias de cobre pueden reemplazar hasta un 20% del árido fino convencional en la mezcla de concreto.	fortalecimiento de la resistencia del concreto.			
Variable dependiente: Propiedades físico-mecánicas del concreto	Según Neville (2011), las propiedades físico-mecánicas del concreto abarcan aspectos como la resistencia a la compresión, tracción, flexión, su capacidad para resistir la abrasión, así como su comportamiento frente a cambios térmicos y	La medición y cálculo del asentamiento se llevarán a cabo en el estado fresco del concreto. Simultáneamente, se realizarán cálculos de propiedades de compresión durante el proceso de fraguado,	Propiedades físicas	Trabajabilidad o asentamiento (") NTP 330.035 Tiempo de fraguado (min) NTP 334.006	De razón De razón

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
	<p>químicos. Además, la porosidad y la estructura interna del concreto son fundamentales para comprender su resistencia y su capacidad para resistir cargas y deformaciones. Estas propiedades, evaluadas mediante pruebas estándar como ensayos de resistencia y análisis microestructurales, son cruciales en el diseño y la construcción de estructuras seguras y duraderas.</p>	<p>y dichos cálculos se efectuarán en el laboratorio para evaluar el impacto que tiene la incorporación de escoria de cobre en el comportamiento del concreto.</p>	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14, 28 días (kg/cm ²) NTP 330.034	De razón

Fuente: Creación Propia

3.3. Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.

3.3.1. Población: De acuerdo con Arias et al. (2022), el término población se refiere a un conjunto de personas que comparten rasgos o características similares, independientemente de si este grupo tiene dimensiones limitadas o ilimitadas (p. 79). Para este estudio la población se refiere al total de muestras de concreto disponibles con $f'c=210$ kg/cm².

- Criterios de inclusión: Muestras de concreto de la capacidad de resistencia nominal de 210 kg/cm²: Se incluirán especímenes de concreto con una capacidad de soportar carga nominal específica de 210 kg/cm², ya que el estudio se centra en evaluar el impacto de la escoria de cobre en este tipo particular de concreto.

Variación en la proporción de escoria de cobre: Se incluirán muestras que contengan diferentes porcentajes de escoria de cobre como reemplazo parcial del cemento, para examinar las variaciones en las propiedades fisicomecánicas del concreto en función de una cantidad de escoria de cobre incorporada.

Condiciones de fabricación controladas: Las muestras deben ser fabricadas bajo condiciones controladas y siguiendo un diseño experimental establecido para asegurar la autenticidad de los resultados obtenidos.

- Criterios de exclusión: Muestras de concreto con capacidad de carga distinta a 210 kg/cm²: Se excluyen muestras de concreto con resistencias diferentes a la especificada, ya que el estudio se centra en un tipo específico de concreto.

Muestras con defectos de fabricación: Se excluyen muestras que presenten defectos de fabricación o daños visibles que puedan afectar la fiabilidad de los resultados de las pruebas.

Ejemplares que no satisfagan los criterios de calidad establecidos: Se excluyen muestras que no cumplan con los estándares de calidad establecidos para el concreto como, por ejemplo, muestras con baja densidad, alta porosidad o contenido de aire excesivo.

Estos criterios de inclusión y exclusión aseguran que las muestras seleccionadas sean representativas y proporcionen datos confiables y significativos para la investigación de cómo la escoria de cobre afecta las características físicas y de resistencia mecánica del concreto con una fuerza de 210 kg/cm²

3.3.2. Muestra: Para Hernández y Mendoza (2018), la muestra se describe como un grupo seleccionado que se considera una representación de la población o del universo en cuestión. Los datos recopilados provendrán de esta muestra, y la población se define en función de la situación problemática que se investiga (p. 38). Con la finalidad de elevar la excelencia de los hallazgos en el estudio, se decidió llevar a cabo una selección de una muestra representativa, conformada por un total de 36 probetas de concreto.

3.3.3. Muestreo: El RNE establece pautas esenciales que deben observarse en cualquier diseño propuesto dentro de un proyecto de investigación. Por esta razón, nuestra investigación se centra en la formulación de una composición de concreto con diferentes cantidades de escoria de cobre, siguiendo los criterios definidos en la Norma E. 060. Esta norma exige asegurar que el concreto satisfaga las especificaciones de resistencia y durabilidad. Como se muestra en la tabla 2, la evaluación se llevará a cabo mediante pruebas en cilindros de concreto preparados y curados durante los períodos de 7, 14 y 28 días. La resistencia final se determinará tomando el promedio de dos muestras extraídas de la misma mezcla. Del análisis de la figura 1, se realizarán 36 probetas de 20 x 10 con diversas cantidades al añadir escoria de cobre, que van desde el 0% hasta el 30%.

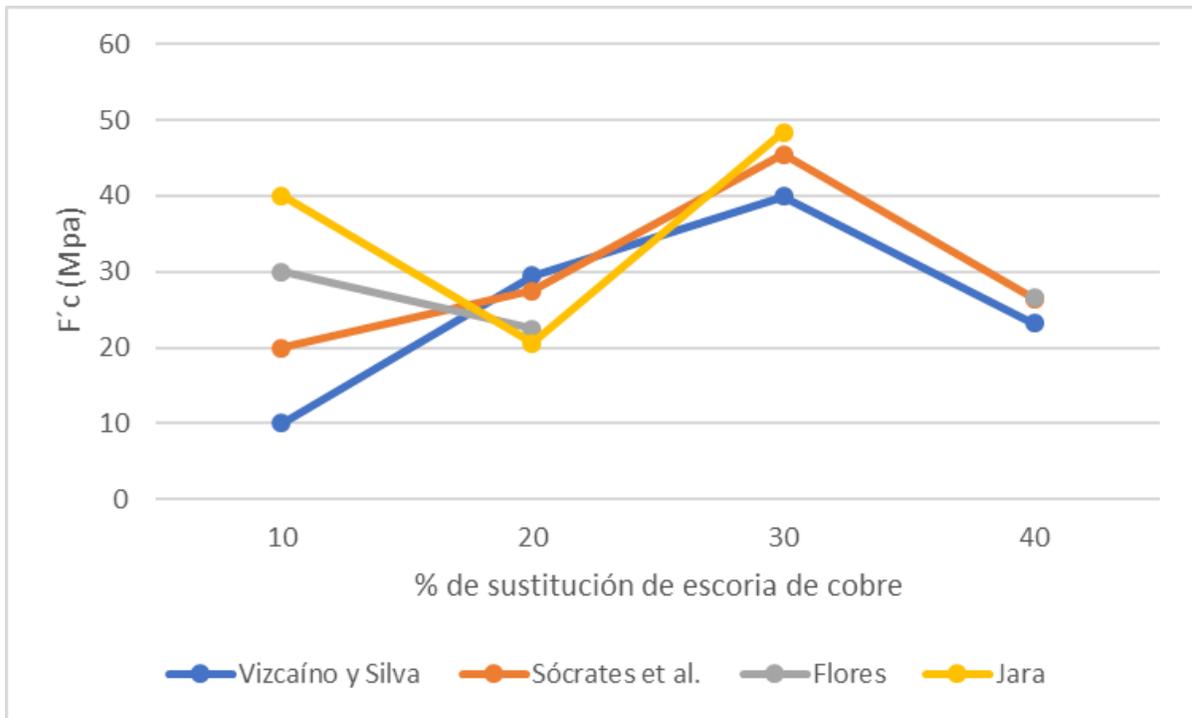


Figura 1. Configuraciones de proporciones basadas en la revisión de estudios previos.
Creación Propia

Tabla 2. Muestras de probetas de concreto

Edades	Probetas de concreto patrón	Probetas de concreto con incorporación de escoria			Sumatoria Parcial
		10%	20%	30%	
7 días	3	3	3	3	12
14 días	3	3	3	3	12
28 días	3	3	3	3	12
Total					36

Fuente: Creación Propia

Unidad de análisis: Se basa en muestras de concreto preparadas con diferentes proporciones de escoria de cobre en la mezcla. Los hallazgos observados de estos ensayos se analizan de acuerdo con los objetivos de la investigación, utilizando técnicas estadísticas y herramientas de análisis de datos. Se busca identificar cualquier cambio significativo en las características fisicomecánicas del concreto debido a la incorporación de la escoria de cobre y determinar la viabilidad de su aplicación en la producción de concreto con una capacidad de soportar un carga nominal de 210 kg/cm². Cabe destacar que esta metodología de análisis se basa en las directrices establecidas por expertos en el ámbito de la investigación científica en el área de ingeniería civil y construcción, garantizando la validez y La confiabilidad de los resultados obtenidos.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. La técnica de recolección de datos se describe como las estrategias empleadas por el investigador para recopilar información relacionada con el objetivo del estudio. Por esta razón, el autor menciona específicamente estrategias como encuestas y observación (Hernández y Mendoza, 2018,p.21). Este estudio empleará el método de observación como técnica investigativa como un medio para recopilar la información. Mediante este enfoque, llevamos a cabo pruebas de compresión con el propósito de evaluar los impactos en las probetas de concreto con contenidos de escoria de cobre del 0%, 10%, 20% y 30% en intervalos de tiempo de 7, 14 y 28 días.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos: Hernández (2018), indica que una herramienta de estudio es un recurso valioso que facilita al investigador la recolección de datos. Este instrumento desempeña un papel fundamental al mantener la organización de los datos recopilados durante la investigación, lo que, a su vez, facilita destacar los resultados obtenidos. La elección del

instrumento es un aspecto crítico en cualquier investigación, ya que influye significativamente en la calidad y pertinencia de los resultados (p. 22). Para recopilar los datos del proyecto, se utilizarán fichas de recopilación de información acerca de las características fisicomecánicas de los áridos y las escorias de cobre, y registro de control para la $f'c$ del concreto.

3.5. Procedimiento

Este estudio se enfoca en la elaboración de un concreto mejorado con un material para incrementar la capacidad del concreto para soportar esfuerzos, específicamente alcanzar una $f'c=210$ kg/cm². Con el propósito de alcanzar este objetivo, se inicia mediante la identificación de la fuente de extracción de los agregados y la evaluación exhaustiva de sus condiciones, siguiendo la secuencia del siguiente diagrama.

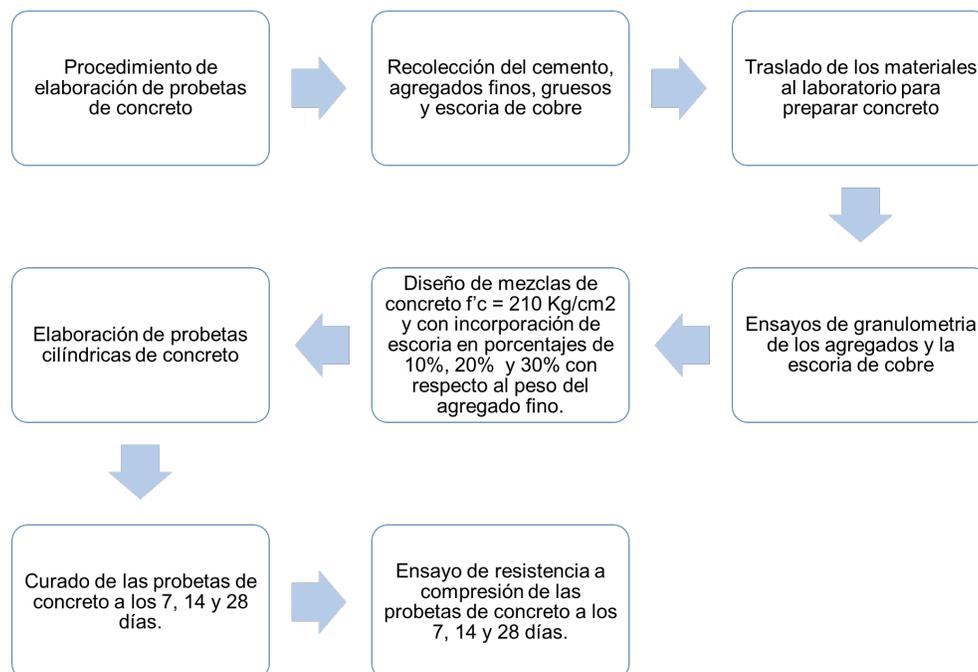


Figura 2. Diagrama de procedimiento para el estudio. Elaboración propia.

3.5.1. Trabajo de campo; se procedió a una selección minuciosa de elementos tales como cemento, arena, agregados y escoria de cobre. La escoria de cobre fue sometida a pruebas exhaustivas para confirmar su idoneidad como aditivo.

3.5.2. Trabajo de laboratorio; una vez que se ha elegido el material adecuado, se realizan varios ensayos, incluida la granulometría, peso específico, nivel de humedad y densidad unitaria, para agregados finos y gruesos. Posteriormente, se obtuvo escoria de cobre junto a su documentación técnica para la evaluación detallada de sus propiedades físicas-mecánicas. Todos los datos recopilados se registran minuciosamente en fichas, lo que permite un procesamiento ordenado de los datos. Se preparan moldes para el concreto y se diseña el concreto patrón, incorporando 10%, 20% y 30% de escoria de cobre con en relación con el peso del agregado fino (arena), generando 36 probetas en total. Estas probetas se someten a un proceso de humedecimiento continuo (curado) durante 7, 14 y 28 días y se evalúan mediante ensayos de compresión para determinar la resistencia final.

3.6. Método de análisis de datos

Se canalizará cualquier dato recopilado durante el avance del proyecto de investigación mediante pruebas de mecánica de suelos, así como la utilización de herramientas como Excel, entre otras.

El propósito de esto es presentar de forma efectiva la información mediante resúmenes, diagramas y modelos, lo que le confiere una mayor relevancia para simplificar la comprensión por parte del lector.

3.7. Aspectos éticos

La investigación para desarrollar no va en contra de los derechos humanos reconocidos a nivel global, al igual que las disposiciones establecidas en la Constitución Política del Perú, manteniendo el cumplimiento del marco legal vigente en el país. Del mismo modo, se ha velado por la conservación y resguardo de la diversidad vegetal y animal, garantizando un enfoque sostenible y responsable en todo momento.

En cuanto a la integridad académica, se sigue la guía correspondiente, y en

todo momento se respeta los derechos del autor citado en el proyecto. No se han transgredido las normas y directivas de la Universidad César Vallejo cumpliendo con RVI N°062-2023-VI-UCV Guía de elaboración de trabajos conducentes a grados y títulos (anexos 3 y 5), respetando los estándares académicos y éticos que rigen nuestra institución.

Así mismo, se asume la responsabilidad de garantizar la legalidad de los hallazgos, la precisión de los registros de laboratorio, todo de en conformidad con las normativas y criterios del investigador.

IV. RESULTADOS

Seguidamente, se describen los hallazgos derivados de la investigación centrada en analizar los efectos de la incorporación de escoria de cobre en las características fisicomecánicas del concreto con $f'c$ de 210 kg/cm². El propósito de los análisis realizados es proporcionar una comprensión profunda de cómo la incorporación de este material afecta diversas características del concreto. Antes de examinar los resultados, es fundamental repasar la metodología empleada.

Se efectuaron combinaciones de concreto con distintos niveles de escoria de cobre, siguiendo un diseño experimental detallado. Se realizaron pruebas estandarizadas para medir características como la capacidad de resistir cargas del concreto a las fuerzas de compresión, módulo de elasticidad, absorción de agua, entre otros aspectos.

De acuerdo con el **objetivo general** determina la evaluación de la capacidad de capacidad de carga compresiva con $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a través de la incorporación de escoria de cobre, 2024, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3. *Capacidad de carga compresiva promedio del concreto a los 28 días*

Concretos	F'c promedio
Concreto patrón	256,57 kg/cm ²
Concreto + 10% escoria de cobre	270,67 kg/cm ²
Concreto + 20% escoria de cobre	288,13 kg/cm ²
Concreto + 30% escoria de cobre	315,67 kg/cm ²

Fuente: Creación Propia

En la tabla anterior se visualiza Resultados medios de capacidad de carga compresiva del concreto, donde la mayor $f'c$ después de 28 días es el concreto con

incorporación de 30% de escoria de cobre está relacionada con el peso del agregado fino, alcanzando 315,67 kg/cm².

Conforme el **objetivo específico 1**, fueron analizadas las propiedades físicas de los elementos utilizados en la composición de concreto con una resistividad de soportar cargas de 210 kg/cm², con el objetivo de mejorar su resistencia final. A continuación, se exponen los resultados conseguidos para las características físicas del árido fino y grueso:

Tabla 4. *Propiedades físicas del árido fino y grueso.*

Propiedades	Unidad	Árido fino	Árido grueso
Peso específico aparente	gr/cm ³	2,77	2,72
Peso unitario suelto seco	gr/cm ³	1,70	1,48
Peso unitario seco compactado	gr/cm ³	1,93	1,59
Tamaño Máximo Nominal	“	-	½”
Contenido de Humedad	%	1,40	0,30
Absorción	%	1,80	0,8
Módulo de Finura	%	2,98	6,76

Fuente: Creación Propia

Dentro de la tabla anterior, las pruebas se realizaron en el entorno del laboratorio de TCL GEOTECNIA SAC, siguiendo las directrices establecidas por las normativas correspondientes, que incluyen la norma ASTM C 70 / NTP 339.185 para la evaluación de la humedad, el estándar ASTM C136 para la evaluación de la gradación de tamaños de partículas, el estándar ASTM C-128 para determinar la masa volumétrica y la retención del material árido grueso, el estándar ASTM C29 para el peso gravimétrico de los agregados, el protocolo ASTM C143 destinado a test normalizado de slump del concreto, el protocolo ASTM C1064 para el procedimiento normalizado de test de temperatura, y el protocolo ASTM C31 para el análisis del

proceso de curación de las muestras de concreto utilizadas en los ensayos. Se logró un tanto por ciento de humedad en el material fino del 1,40% y una retención del 1,80%. Además, la proporción de humedad en el material grueso llevó del 0,30% con una absorción del 0,80%. Por lo tanto, al elaborar el concreto en sitio, es aconsejable tener en cuenta estos parámetros para ajustar de manera regular el porcentaje de agua total en la proporción del concreto.

El peso unitario suelto de la escoria, medido en kilogramos por metro cúbico (kg/m^3), determina la densidad de la escoria cuando se distribuye libremente. Conocer el peso unitario suelto es esencial al diseñar mezclas de concreto o estabilizar suelos. La escoria, debido a su ligereza y propiedades vinculadas al enfriamiento rápido, puede mejorar la fuerza y vida útil del concreto. La escoria para utilizar presenta un P.U.S. de $1,934 \text{ gr/cm}^3$, siendo estas las características físicas de los elementos del concreto.

Según el segundo **objetivo específico 2**, se evaluó la resistencia a la compresión del concreto con una capacidad de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ al añadir escoria de cobre en cantidades del 10%, 20% y 30% en relación al peso del árido fino. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Los datos indican que el uso del subproducto de cobre al concreto mejora su capacidad de resistencia compresiva. Un aumento de la concentración de escoria conduce a una mejora progresiva de la resistencia final del concreto, lo que indica una mejora potencial de su durabilidad y capacidad de carga.

Tabla 5. Resultados de $f'c$ (kg/cm^2) para un concreto patrón

Muestras	7 días	14 días	28 días
1	201,40	225,50	253,90
2	196,20	226,40	259,40
3	200,00	224,00	256,40

Promedio	199,20	225,30	256,57
-----------------	--------	--------	--------

Fuente: Creación Propia.

La tabla presenta las fuerzas compresivas del concreto estándar después de 7, 14 y 28 días. La resistencia de carga compresiva promedio ($f'c$) a los 7 días de las probetas de concreto estándar alcanzan los 199,20 kg/cm², mientras que, a los 14 días, la $f'c$ promedio se eleva a 225,30 kg/cm². Al llegar después de 28 días, registra un valor de resistencia a la carga compresiva de 256,57 kg/cm².

Tabla 6. Resultados de $f'c$ (kg/cm²) para un concreto con incorporación de 10% de escoria de cobre

Muestras	7 días	14 días	28 días
1	224,20	244,40	271,90
2	220,40	246,60	270,30
3	225,70	250,70	269,80
Promedio	223,43	247,23	270,67

Fuente: Creación Propia

En la tabla presenta la capacidad de resistencia compresiva del concreto en el cual se incorporó el 10% de escoria de cobre a los 7, 14 y 28 días. A los 7 días, la capacidad de carga promedio al esfuerzo de compresión ($f'c$) de las probetas de concreto con un 10% de escoria alcanza los 223,43 kg/cm². Esta cifra experimenta un aumento a los 14 días, alcanzando un valor promedio de $f'c$ de 247,23 kg/cm². Al llegar después de 28 días, se registra una capacidad para soportar la compresión de 270,67 kg/cm². Estos resultados indican un aumento progresivo sobre la capacidad de resistencia del concreto a la compresión con el uso de escoria de cobre, evidenciando el impacto positivo de este aditivo en el desarrollo de la fortaleza del material a lo largo del tiempo.

Tabla 7. Resultados de $f'c$ (kg/cm²) para un concreto con incorporación de 20% de escoria de cobre

Muestras	7 días	14 días	28 días
1	238,10	259,80	289,60
2	236,40	258,60	286,50
3	236,80	259,60	288,30
Promedio	237,10	259,33	288,13

Fuente: Creación Propia.

En el cuadro se visualizan la capacidad de soportar carga compresiva del cemento estructural con una incorporación del 20% de escoria de cobre a los 7, 14 y 28 días. A la primera semana, la resistencia a la carga compresiva promedio ($f'c$) de los especímenes de concreto con un 10% de escoria alcanza los 237,10 kg/cm². Esta cifra experimenta un notable aumento a los 14 días, alcanzando un valor promedio de $f'c$ de 259,33 kg/cm². Al llegar a los 28 días, se registra una la capacidad de soportar carga de compresión de 288,13 kg/cm², indicando una evolución en la capacidad resistente del concreto con la incorporación de la escoria de cobre durante el período de curado.

Tabla 8. Resultados de $f'c$ (kg/cm²) para un concreto con incorporación de 30% de escoria de cobre

Muestras	7 días	14 días	28 días
1	247,90	284,30	317,40
2	244,70	280,70	314,00
3	252,40	281,80	315,60
Promedio	244,33	282,27	315,67

Fuente: Creación Propia

En el cuadro se presenta la capacidad de soportar carga compresiva del

concreto con una incorporación del 30% de escoria de cobre, evaluadas a los 7, 14 y 28 días. A la primera semana, la resistencia a la carga compresiva promedio ($f'c$) de las especímenes de concreto con un 10% de escoria alcanza los 284,30 kg/cm². Esta cifra experimenta un notable incremento a los 14 días, llegando a un valor promedio de $f'c$ de 282,27 kg/cm². Al llegar a los 28 días, siendo la resistencia a la carga compresiva de 315,67 kg/cm². Los resultados evidencian una mejora progresiva en la capacidad de carga del concreto con la adición de residuos de cobre, destacando la influencia positiva de este aditivo en el desarrollo de las propiedades mecánicas del material a lo largo del tiempo.

Finalmente, para el **objetivo específico 3**, se determina la composición ideal de la composición de concreto $f'c=210$ kg/cm² que incluye escoria de cobre con el objetivo de incrementar su aptitud para soportar la compresión final, obteniendo los siguientes resultados:

La formulación óptima del concreto incorporando escoria de cobre se logra mediante una cuidadosa armonización de los elementos fundamentales del diseño, junto con la integración estratégica de la escoria de cobre como componente adicional. Esta escoria, generada como subproducto durante el proceso de fundición de cobre, ha evidenciado ser un aditivo altamente eficaz para potenciar diversas propiedades del concreto.

Tabla 9. Resultados de $f'c$ (kg/cm²) promedio con incorporación de escoria de cobre

Porcentaje de incorporación de escoria de cobre				
Edad	Patrón	10%	20%	30%
7	253,9	271,9	289,6	317,4
14	259,4	270,3	286,5	314
28	256,4	269,8	288,3	315,6
Promedio $f'c$ (kg/cm²)	256,57	270,67	288,13	315,67

Fuente: Creación Propia

La incorporación del 30% de escoria en el concreto se presenta como un elemento clave para mejorar la resistencia a cargas compresivas a los 28 días. Este aumento se refleja en un destacado 20,03 % por encima de la $f'c$ del testigo patrón (256,57 kg/cm²). La positiva influencia de la escoria en el rendimiento mecánico del concreto resalta su capacidad para robustecer la estructura de manera significativa, ofreciendo así una opción prometedora en la elaboración de mezclas. Este progreso no solo demuestra la eficacia de la escoria como incorporación, sino que también subraya su habilidad para optimizar las características mecánicas que presenta el concreto, contribuyendo en la sostenibilidad y eficacia de las estructuras en obras civiles, con el objetivo de tomar decisiones informadas de manera eficiente en el diseño de mezclas del concreto y lograr niveles superiores en términos de resistencia y durabilidad.

V. DISCUSIÓN

Para el **objetivo específico 1**, los resultados del antecedente del autor Jara (2020), se puede apreciar una variación sustancial en las características físicas de los componentes que conforman el concreto, donde los hallazgos de antecedente se obtiene un densidad aparente de 1,48 gr/cm³ y 1,49 gr/cm³ para el árido fino y grueso respectivamente, y en nuestro estudio se obtuvieron un P.U.S. de 1,55 y 1,47 gr/cm³. Por otro lado, se tiene la densidad aparente seco compactado de 1,79 gr/cm³ y 1,62 gr/cm³ para el árido fino y grueso respectivamente, y en nuestro estudio se obtuvieron un P.U.C. de 1,76 y 1,59 gr/cm³. Con respecto al peso específico, se obtiene 2,64 gr/cm³ y 2,67 gr/cm³ del árido fino y grueso respectivamente, y en nuestro estudio se obtiene 2,64 y 2,67 gr/cm³. El tamaño máximo especificado es de 3/4" para el árido grueso, y en nuestra investigación es de 1/2". El índice de absorción y de contenido de agua del agregado fino es de 1,50% y 1,00% respectivamente, en nuestro estudio es 1,80% para agregado fino y 1,40%. El porcentaje de absorción y de humedad del árido grueso es de 1,20% y 0,10% respectivamente, en nuestro estudio es 0,80% y 0,30%.

Conforme los resultados del estudio de los autores Flores y Fuentes (2021), se tiene una variación a los resultados de nuestra investigación, donde el tamaño máximo del árido fino y grueso es 3/8" y 1" respectivamente, mientras que en nuestra investigación es 1/2" para el árido fino y grueso. La humedad natural del árido fino y grueso es de 1,72% y 0,70%, en nuestro estudio es de 1,40% y 0,30%. El peso específico del árido fino es 2,65 gr/cm³ y para el agregado grueso es 2,66 gr/cm³, y en nuestra investigación es de 2,64 y 2,67 gr/cm³ respectivamente. El módulo de fineza se obtiene 1,72% y 7,06% para el árido fino y grueso, y en nuestro estudio se obtiene 2,98% y 6,76%. El P.U.S. del árido fino y grueso es 1,52 kg/cm³ y 1,50 kg/cm³, y el P.U.C. es de 1,67 kg/cm³ y 1,62 gr/cm³, a comparación de nuestra investigación se obtiene el P.U.S. de 1,57 y 1,48 gr/cm³ y el P.U.C. es de 1,76 y 1,59 gr/cm³, tanto para el material fino y grueso.

De acuerdo con los resultados del antecedente Flores (2021), es posible observar una variación en los resultados de la resistencia a la compresión para el

segundo objetivo específico, el cual diferencia se puede notar en la tabla N°4. para el concreto patrón en su análisis de la mezcla de diseño estándar, se logró una $f'c$ promedio de 238 kg/cm² después de 28 días, y en este estudio se obtuvo 256,57 kg/cm², teniendo una diferencia entre resultados del 7,80%. Con respecto a la primera sustitución del 10% de escoria de cobre al concreto, se puede apreciar en los resultados del autor que alcanzó 236.8 kg/cm² a los 28 días, a comparación de nuestros resultados que se obtuvo 270,67 kg/cm², donde existe una diferencia entre resultados del 14,3 %. En el concreto en el que la incorporación del 20% de escoria de cobre en el concreto, el autor obtuvo 269,2 kg/cm² a los 28 días y en nuestra investigación se obtiene 288,13 kg/cm², con una diferencia entre resultados del 7,0%. Finalmente, con el concreto con 30% de escoria de cobre, el autor obtuvo una capacidad de resistencia compresiva después de 28 días igual a 272,5 kg/cm², y en nuestro estudio se obtiene 315,67 kg/cm², obteniendo en este caso una diferencia de 15,8% entre los resultados. Estas discrepancias sugieren posibles variaciones en la metodología entre el estudio original y nuestra investigación. Factores como la composición exacta de la combinación de concreto, los métodos de curado y las propiedades particulares de los materiales utilizados pueden influir en los resultados. Es fundamental examinar en detalle los procedimientos de prueba y las condiciones experimentales para comprender completamente las discrepancias observadas.

De acuerdo a los resultados del autor Jara (2020), para concretos con una capacidad de soportar carga de compresión ($f'c$) de 210 kg/cm², se observa una comparación interesante entre los resultados obtenidos en esta propiedad mecánica. En la muestra patrón, la capacidad de soportar carga de compresión promedio es de 212,93 kg/cm², mientras que en nuestra investigación alcanzó 256,57 kg/cm², lo que sugiere una mejora significativa en el rendimiento del material. Al considerar la incorporación de escoria de cobre al 20%, encontramos que la capacidad de soportar carga de compresión después de 28 días es de 236,63 kg/cm² en estudios previos, mientras que en nuestro estudio alcanzó 288,13 kg/cm². Este ligero descenso podría atribuirse a variaciones en la composición del material o condiciones de curado. Sin embargo, es importante destacar que aún supera la capacidad de soporte de fuerzas

del concreto estándar. En el caso del concreto con un 30% de escoria de cobre, se registra una capacidad de resistencia compresiva de 252,07 kg/cm² en investigaciones previas, mientras que en nuestro estudio alcanzó impresionantes 315,67 kg/cm² a los 28 días. Esta mejora substancial sugiere un efecto positivo de la inclusión de escoria de cobre en la capacidad de soportar carga de compresión del concreto. Es posible que esta diferencia se deba a factores como la calidad de los materiales a ser utilizados, la proporción agua-cemento y las condiciones de curado, que podrían haber sido optimizadas en nuestro estudio. Estos hallazgos respaldan la viabilidad y eficacia de la incorporación de escoria de cobre como incorporación mineral en la formulación de concretos de alto rendimiento. Además de aumentar la resistencia a la compresión, esta práctica también puede ofrecer beneficios adicionales, como la reducción del uso de cemento Portland y la mejora de la durabilidad del concreto en aplicaciones estructurales exigentes.

Conforme el **objetivo específico 3**, los resultados del antecedente de Sócrates et al. (2022), se puede apreciar una variación en la composición ideal del concreto con incorporación de cobre, cuya variación se puede observar en la figura 2. El autor menciona que un concreto con $f'c$ de diseño de 48,25 MPa, al sustituir el 10% de escoria en la mezcla condujo a una $f'c$ de 39,88 MPa a los 28 días, con sustitución al 20%, se logró una $f'c$ de 45,44 MPa, al 40% de sustitución resultó en una $f'c$ de 48,34 MPa y al sustituir el 60% de escoria, se obtuvo una $f'c$ de 44,74 MPa, donde se puede observar que el diseño ideal es adicionando un 40% de sustitución de escoria en el concreto. A comparación de nuestra investigación que en los concretos de $f'c$ de diseño de 210 kg/cm², al reemplazar 10% de la escoria de cobre la mezcla, se logra 270,67kg/cm², al incluir 20% de escoria de cobre a la mezcla, se logra 288,13 kg/cm² y al adicionar 30% de escoria alcanza los 315,67 kg/cm², siendo este último la composición ideal en adicionar a un concreto para lograr obtener mejores resultados a sus propiedades mecánicas. En consecuencia, se confirma que las características del subproducto del cobre (escoria) son compatibles con el concreto, ya que no solo incrementa su resistencia, sino que también se integra de manera manejable al elaborar la mezcla. Según la comparación de la capacidad de soportar carga del

concreto convencional con $f'c$ de 210 kg/cm² y los concretos que contienen adiciones del subproducto de cobre en porcentajes de 10%, 20%, y 30%, los estudios realizados indican que se logran resistencias superiores al incorporar un 30% de escoria en la mezcla de concreto.

Según los hallazgos previos de Jara (2020), se evidencia una similitud en la dosificación óptima del concreto utilizando escoria de cobre. Se destaca que al incluir un 30% de escoria de cobre en la mezcla de concreto, se observa un aumento significativo del 50,32% en la capacidad de resistencia a la compresión ($f'c$) en comparación con el valor establecido en el diseño inicial. Este resultado subraya la eficacia de integrar escoria de cobre para mejorar las características mecánicas del concreto. Nuestro estudio no solo confirma esta tendencia, sino que también proporciona un análisis detallado de las propiedades mejoradas que se logran con esta modificación. Observamos que el concreto modificado con escoria de cobre exhibe una mayor capacidad de soportar carga de compresión, lo que lo hace ser más adecuado para aplicaciones estructurales que requieren niveles superiores de resistencia. Esta dosificación específica del 30% de escoria de cobre ha demostrado ser un punto de inflexión en la formulación del concreto, equilibrando de manera óptima la incorporación de este material con los requisitos de desempeño del concreto.

VI. CONCLUSIONES

1. Según los hallazgos del objetivo principal, partiendo de utilizar un concreto estándar diseñado con una especificación de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ a los 28 días hasta un diseño con incorporación de 30% de escoria de cobre, el concreto que presentó mejores resultados es el concreto donde se incorporó el 30% de escoria de cobre con relación al peso de agregado fino, este diseño presentó una capacidad de soportar carga de compresión de $315,67\text{ kg/cm}^2$. Confirmando que la introducción del 30% de escoria de cobre en el concreto mejora significativamente la capacidad de carga compresiva a los 28 días, superando en un 50,32% la $f'c$ de diseño inicial, siendo este diseño como la opción ideal para lograr una mezcla óptima.
2. Conforme los resultados del objetivo específico 1, se logró un porcentaje de humedad del árido fino del 1,40% y una retención del 1,80%. Además, el porcentaje de humedad del árido grueso fue del 0,30% con una absorción del 0,80%. La dimensión máxima nominal del árido grueso fue del 1/2", se logra un peso gravimétrico suelto seco de $1,57\text{ gr/cm}^3$ y $1,48\text{ gr/cm}^3$ para el árido fino y grueso, y el peso gravimétrico seco compactado de $1,76\text{ gr/cm}^3$ y $1,59\text{ gr/cm}^3$ en el orden correspondiente para los áridos fino y grueso.
3. Conforme los resultados del objetivo específico 2, la capacidad de carga compresiva promedio después de 28 días de la probeta de concreto con diseño patrón es de $256,40\text{ kg/cm}^2$. En contraste, al incorporar un 10% de escoria de cobre, se observa un aumento significativo en esta resistencia, logrando una cifra de $269,80\text{ kg/cm}^2$. Para la probeta con un 20% de incorporación de escoria de cobre, se logró que una capacidad de carga compresiva después de los 28 días se mantiene sólida, registrando $288,30\text{ kg/cm}^2$. Por otro lado, la muestra que con 30% de escoria de cobre exhibe la mayor capacidad de resistir cargas, cuya cifra promedio fue de $315,60\text{ kg/cm}^2$ a 28 días. Estos resultados evidencian de manera clara, que el incorporar el 30% de escoria de cobre con relación al árido fino, en el concreto, se obtienen mejores resultados a comparación de los demás diseños.

4. Conforme los resultados derivados del propósito específico 3, la incorporación del 30% de escoria en el concreto conlleva a una mejora notable en la $f'c$ a los 28 días, superando en un 50,32% la resistencia a la carga compresiva establecida en el diseño de concreto original, siendo la combinación ideal para un mezclado óptimo.

VII. RECOMENDACIONES

Primera: Se sugiere llevar a cabo pruebas de capacidad de soportar la carga de tracción y flexión en los testigos de concreto que contienen escoria de cobre, además de evaluar las propiedades químicas tanto de las escorias de cobre como de los agregados empleados en la mezcla de concreto.

Segunda: Es crucial orientar esfuerzos para analizar exhaustivamente las propiedades físicas de los áridos y la escoria de cobre, así como un estudio detallado de sus propiedades químicas.

Tercera: Llevar a cabo ensayos experimentales con concentraciones de escoria de cobre mayores a 30% y lleguen hasta el 50% en el concreto, con el fin de establecer tanto su resistencia a la compresión máxima como mínima.

Cuarta: Se promueve la continuación de investigaciones relacionadas con el impacto de la escoria de cobre en nuevas formulaciones y aplicaciones del concreto. Se insta a establecer dosificaciones óptimas que maximicen las características físico-mecánicas de los diseños de concreto, con el objetivo de obtener resultados superiores respecto a la resistencia y durabilidad.

REFERENCIAS

- ACI Committee 211. (2022). ACI PRC-211.1-22 Selecting Proportions for Normal-Density and High-Density Concrete-Guide. American Concrete Institute. ISBN: 978-1-64195-186-9
- AESHAH, Mohammed y KAPLAN, Gökhan. *Mechanical durability and microstructural properties of sustainable high strength mortars incorporated basalt fiber and copper slag: taguchi optimization*. Construction and Building Materials [en línea]. 2022, 339, 127815 [consultado el 05 de noviembre de 2023]. ISSN 0950-0618. Disponible en: DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.127815
- ALVANSÁZ, Mohammad Farid, Claudio BOMBON y Bagner ROSERO. *Estudio de la Incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC)*. INGENIO [en línea]. 2022, 5(1), 12–21 [consultado el 05 de setiembre de 2023]. ISSN 2697-3243. Disponible en: DOI:10.29166/ingenio.v5i1.3786
- ANDRADE, Leonardo, PEREIRA, Raquel y CALDAS DE ANDRADE, Roberto. *Areia descartada de fundição para uso em concreto de cimento Portland: análise do agregado. Matéria (Rio de Janeiro)* [en línea]. 2018, 23(3) [consultado el 25 de octubre de 2023]. ISSN 1517-7076. Disponible en: doi:10.1590/s1517-707620180003.0494
- ARIAS, José et al. Metodología de la investigación: *El método ARIAS para desarrollar un proyecto de tesis* [en línea]. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, 2022 [consultado el 09 de setiembre de 2023]. ISBN 9786125069047. Disponible en: DOI:10.35622/inudi.b.016
- BARRETO, Gersson et al. *Influência da porcentagem da fração fina proveniente do agregado graúdo no desempenho de concreto permeável*. Ciencia y Poder Aéreo [en línea]. 2018, 13(2), 126–136 [consultado el 05 de octubre de 2023]. ISSN 2389-9468. Disponible en: doi:10.18667/cienciaypoderaereo.605
- BRAVO, Miguel y DÍAZ, Juan. 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 $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con cementos tipo ip y tipo v, mediante pruebas de esclerometría y compresión axial de testigos

- sometidos a curado por inmersión (Ingeniero civil). Cusco: Universidad Andina del Cusco, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/2215>
- CASAGRANDE, César et al. *Evaluation of copper slag as aggregate addition on properties of cementitious matrix*. *Matéria* (Rio de Janeiro) [en línea]. 2020, 25(4) [consultado el 19 de agosto de 2023]. ISSN 1517-7076. Disponible en: doi:10.1590/s1517-707620200004.1189
- FLORES, J. y FUENTES, J. (2021). Diseño de concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando escoria de cobre para mejorar su resistencia a la compresión, Tarapoto 2021. In Universidad Andina del Cusco. Disponible en: http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- GONG, Wei, Qi CHEN y Jijun MIAO. *Bond behaviors between copper slag concrete and corroded steel bar after exposure to high temperature*. *Journal of Building Engineering* [en línea]. 2021, 44, 103312 [consultado el 18 de febrero de 2024]. ISSN 2352-7102. Disponible en: DOI: 10.1016/j.jobbe.2021.103312
- GUO, Jifeng et al. *An efficient model for predicting setting time of cement based on broad learning system*. *Applied Soft Computing* [en línea]. 2020, 96, 106698 [consultado el 11 de setiembre de 2023]. ISSN 1568-4946. Disponible en: DOI: 10.1016/j.asoc.2020.106698
- GURSEL, Aysegul y OSTERTAG, Claudia. *Life-Cycle Assessment of High-Strength Concrete Mixtures with Copper Slag as Sand Replacement*. *Advances in Civil Engineering* [en línea]. 2019, 2019, 1–13 [consultado el 03 de octubre de 2023]. ISSN 1687-8094. Disponible en: DOI:10.1155/2019/6815348
- HAQUE, Md Marghoobul et al. Carbonation and permeation behaviour of geopolymer concrete containing copper slag and coal ashes. *Developments in the Built Environment* [en línea]. 2023, 16, 100276 [consultado el 06 de diciembre de 2023]. ISSN 2666-1659. Disponible en: doi:10.1016/j.dibe.2023.100276
- HELENE, P. et al. *Evaluation of the chloride penetration and service life of self-healing concretes activated by crystalline catalyst*. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais* [en línea]. 2018, 11(3), 544–563 [consultado el 03 de octubre de 2023]. ISSN 1983-4195. Disponible en: doi:10.1590/s1983-

41952018000300007

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. [en línea]. México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V, 2018 [consultado el 12 de septiembre de 2023]. ISBN 978-1-4562-6096-5. Disponible en: <https://shre.ink/rBBH>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). (2022). Global CO2 emissions rebounded to their highest level in history in 2021. *Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021*, 1–3. <https://www.iea.org/news/global-co2-emissions-rebounded-to-their-highest-level-in-history-in-2021>

JAGAN, S., NEELAKANTAN, T. R. y R. GOKUL KANNAN. *Mechanical and durability properties of the concrete with copper slag*. *Revista de la construcción* [en línea]. 2021, 20(2), 359–370 [consultado el 17 de setiembre de 2023]. Disponible en: [doi:10.7764/rdlc.20.2.359](https://doi.org/10.7764/rdlc.20.2.359)

JARA, Jean Franco. 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. (Ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/56143>

JYOTHIRMAI, A. y HARIKA, R. *An Experimental Analysis on Behaviour of Concrete with Copper Slag and Dolomite*. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2022 [consultado el 02 de octubre de 2023]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: [10.1016/j.matpr.2022.01.479](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.479)

KUMAR, Aditya y BHATIA, Sakshi. *A study incorporating the influence of copper slag and fly ash substitutions in concrete*. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2022, 48, 1476–1483 [consultado el 02 de octubre de 2023]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: [10.1016/j.matpr.2021.09.293](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.293)

KUMAR, Asha y TEJASWINI, M. L. *Studies on hardened properties of concrete incorporated with copper slag*. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2022 [consultado el 01 de octubre de 2024]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: [10.1016/j.matpr.2022.02.264](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.264)

KUMAR, Sanjay, ANASUYA, Sahu y SRIVASTAVA, A. K. L. *Effect of copper slag on*

- recycled aggregate based self-compacting concrete*. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2023 [consultado el 01 de octubre de 2023]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: 10.1016/j.matpr.2023.08.151
- KUNDU, Tonmoy et al. *A comprehensive review on the recovery of copper values from copper slag*. *Powder Technology* [en línea]. 2023, 118693 [consultado el 21 de agosto de 2023]. ISSN 0032-5910. Disponible en: DOI: 10.1016/j.powtec.2023.118693
- LACERDA, Camila, POGGIALI, Flávia y CABRAL DE AZEVEDO, Rogério. *Concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição e adições minerais: uma análise bibliográfica*. *Matéria* (Rio de Janeiro) [en línea]. 2019, 24(2) [consultado el 06 de octubre de 2023]. ISSN 1517-7076. Disponible en: doi:10.1590/s1517-707620190002.0673
- LIMA, Luanda et al. *Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature*. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2021, 289, 125730 [consultado el 09 de setiembre de 2023]. ISSN 0959-6526. Disponible en: DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125730
- MEDINA, Eduardo (2016). Evaluación de las variaciones de resistencia a flexión por adherencia, compresión axial y diagonal en muros de albañilería elaborados con ladrillo tipo Blocker asentados con morteros normalizados tipo P2 y NP según la norma E.070. (Publicación n.º 549) [Tesis de grado, Universidad Andina Del Cusco]. Repositorio Digital De Tesis. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/717>
- MEDINA, Miguel. Metodología de la Investigación: Técnicas E Instrumentos de Investigación. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú, 2023. Disponible en: DOI: 10.35622/inudi.b.080
- MEDINA, Wilson (2017). *El Curado del Concreto en la Construcción*. *Revista L'esprit Ingénieux* [en línea]. Vol. 7 Núm. 1. [fecha de consulta:15 de setiembre de 2023]. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1368>. ISSN: 2422-2445
- MEHTA, Kumar; MONTEIRO, Paulo (2005). *Concrete: microstructure, properties, and*

- materials*. McGraw-Hill Education [en línea]. [fecha de consulta:15 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:137162988>
- MIKAMI, Rafael et al. *Influência do teor de cerâmica vermelha do agregado reciclado nas propriedades do concreto permeável*. Matéria (Rio de Janeiro) [en línea]. 2018, 23(3) [consultado el 03 de setiembre de 2024]. ISSN 1517-7076. Disponible en: doi:10.1590/s1517-707620180003.0497
- MIRNEZAMI, SeyedMohsen, HASSANI, Abolfazl y BAYAT, Arash. *Evaluation of the effect of metallurgical aggregates (steel and copper slag) on the thermal conductivity and mechanical properties of concrete in jointed plain concrete pavements (JPCP)*. Construction and Building Materials [en línea]. 2023, 367, 129532 [consultado el 25 de agosto de 2023]. ISSN 0950-0618. Disponible en: DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.129532
- MUÑOZ-PÉREZ, Sócrates et al. *Comportamiento físico-mecánico del hormigón adicionando residuos de acero: una revisión literaria*. Revista UIS Ingenierías [en línea]. 2021, 21(1) [consultado el 21 de agosto de 2024]. ISSN 2145-8456. Disponible en: DOI: 10.18273/revuin.v21n1-2022005
- NUNTON, Jorge, PORTOCARRERO, Jean, MUÑOZ, Sócrates. *A review of the mechanical behavior of concrete with the addition of steel fibers from recycled tires*. *Ingeniería y competitividad*, 2022, vol. 24, no 2. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2023]. Disponible en DOI: 10.25100/iyc.v24i2.11741
- OLIVEIRA, Felipe et al. *Blasted copper slag as artificial fines in ecofriendly concrete*. Matéria (Rio de Janeiro) [en línea]. 2022, 27(1) [consultado el 19 de agosto de 2023]. ISSN 1517-7076. Disponible en: doi:10.1590/s1517-707620220001.1338
- PANDA, Swetapadma et al. *Bond strength and corrosion behavior of rebar embedded in copper slag concrete composites*. Construction and Building Materials [en línea]. 2024, 416, 135134 [consultado el 04 de octubre de 2023]. ISSN 0950-0618. Disponible en: DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.135134
- PATIL, Mahesh V. y Yogesh D. PATIL. *Effect of copper slag and granite dust as sand replacement on the properties of concrete*. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2020 [consultado el 18 de febrero de 2024]. ISSN 2214-7853. Disponible

en: DOI: 10.1016/j.matpr.2020.10.029

POZO, T. P., Y YADIRA, R. J. Diseño de hormigones con cemento portland de resistencias $f'c = 210, 240$ y 280 kg/cm^2 con agregado grueso de escoria de acero de alto horno. Tesis (Titulo en ingeniería civil). Universidad estatal península de santa elena, 2022. 1-136 pp. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8432>

RAJU, Sumathy et al. *Cyclically Loaded Copper Slag Admixed Reinforced Concrete Beams with Cement Partially Replaced with Fly Ash*. Materials [en línea]. 2022, 15(9), 3101 [consultado el 01 de octubre de 2023]. ISSN 1996-1944. Disponible en: DOI:10.3390/ma15093101

REVATHI, S., DINESH, M. y ARSAN, Suba. *Mechanical properties of concrete incorporating coconut fibers and copper slag*. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2023 [consultado el 26 de agosto de 2023]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: 10.1016/j.matpr.2023.02.276

RIVVA, Enrique. Diseño de mezclas. 2.a ed. Lima: Universidad Nacional de Ingeniera, 1992. 284 pp. Disponible en: <https://n9.cl/evtbh>

RODRIGUES DE OLIVEIRA, Alisson et al. *Efeitos da substituição do cimento Portland por escória de aciaria BSSF nas propriedades físicas e mecânicas do concreto*. Matéria (Rio de Janeiro) [en línea]. 2020, 25(4) [consultado el 20 de agosto de 2023]. ISSN 1517-7076. Disponible en: DOI:10.1590/s1517-707620200004.1190

SAHU, Anasuya et al. *Performance of recycled aggregate concrete using copper slag as fine aggregate*. Journal of Building Engineering [en línea]. 2023, 108364 [consultado el 21 de febrero de 2024]. ISSN 2352-7102. Disponible en: DOI: 10.1016/j.jobbe.2023.108364

SAMABANGI, Arunchaitanya y ELURU, Arunakanthi. *Industrial copper waste as a sustainable material in high strength SCC*. Cleaner Engineering and Technology [en línea]. 2022, 6, 100403 [consultado el 19 de octubre de 2023]. ISSN 2666-7908. Disponible en: DOI: 10.1016/j.clet.2022.100403

SANDRA, Nevy, KAWAAI, Keiyu y UJIKE, Isao. *Effect of copper slag fine aggregate on corrosion processes and behavior in reinforced concrete prism*

- specimen*. Construction and Building Materials [en línea]. 2021, 271, 121909 [consultado el 15 de octubre de 2023]. ISSN 0950-0618. Disponible en: doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121909
- SHARMA, Rahul y A. KHAN, Rizwan. *Sulfate resistance of self compacting concrete incorporating copper slag as fine aggregates with mineral admixtures*. Construction and Building Materials [en línea]. 2021, 287, 122985 [consultado el 03 de noviembre de 2023]. ISSN 0950-0618. Disponible en: DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.122985
- SHOBEIRI, Vahid et al. *A Comprehensive Data Driven Study of Mechanical Properties of Concrete with Waste-Based Aggregates: Plastic, Rubber, Slag, Glass and Concrete*. Case Studies in Construction Materials [en línea]. 2023, e02815 [consultado el 21 de febrero de 2024]. ISSN 2214-5095. Disponible en: DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02815
- SILVA, Fernanda Belizario et al. *Avaliação do ciclo de vida do concreto dosado em central com base em dados da indústria brasileira*. CONCRETO & Construções [en línea]. 2020, XLVIII(98), 91–97 [consultado el 08 de setiembre de 2023]. ISSN 1809-7197. Disponible en: doi:10.4322/1809-7197.2020.98.0010
- SILVA, Yimmy y VIZCAÍNO, Gabriel. *Influencia de la escoria de cobre como material cementicio suplementario en morteros*. Revista EIA [en línea]. 2023, 20(40) [consultado el 19 de agosto de 2024]. ISSN 2463-0950. Disponible en: DOI:10.24050/reia.v20i40.1709
- SILVA, Yimmy, VILLAQUIRÁN, Mónica y IZQUIERDO, Silvia. *Exploring the Potential of Alternative Materials in Concrete Mixtures: Effect of Copper Slag on Mechanical Properties and Carbonation Resistance*. Materials [en línea]. 2023, 16(20), 6677 [consultado el 04 de octubre de 2023]. ISSN 1996-1944. Disponible en: DOI:10.3390/ma16206677
- SINGH, Jagmeet y SINGH, S. P. *Evaluating the alkali-silica reaction in alkali-activated copper slag mortars*. Construction and Building Materials [en línea]. 2020, 253, 119189 [consultado el 05 de noviembre de 2023]. ISSN 0950-0618. Disponible en: DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119189
- SINGH, Raghubir y KHAN, Rizwan. *Mechanical and Durability Characteristics of High*

- Performance Concrete Using Copper Slag as Fine Aggregate*. Journal of materials and engineering structures. 2020, 7(2), 278–291. [consultado el 01 de octubre de 2023]. ISSN 2170-127X. Disponible en: <https://revue.ummtto.dz/index.php/JMES/article/view/2286>
- SRIDHARAN, Madhura y MADHAVI, T. Ch. *Investigating the influence of copper slag on the mechanical behaviour of concrete*. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2020 [consultado el 02 de octubre de 2023]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: 10.1016/j.matpr.2020.11.195
- TALKERI, Avinash y A. U. RAVI SHANKAR. *Alkali activated slag-fly ash concrete incorporating precious slag as fine aggregate for rigid pavements*. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition) [en línea]. 2021 [consultado el 21 de agosto de 2024]. ISSN 2095-7564. Disponible en: DOI: 10.1016/j.jtte.2021.05.001
- TAMAYO, M (2003). El proceso de la investigación científica. Editorial LIMUSA S.A.
- ULLILEN ECHEVERRIA, Ever; VASQUEZ RAMIREZ, Jhon Ancelmo. Uso de la escoria de cobre como agregado fino en la producción de concreto de $F'c = 210$ kg/cm². 2019. (Ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/588864>
- VALDERRAMA, Luis et al. *Recuperación de cobre contenido en escoria de cobre mediante flotación*. HOLOS [en línea]. 2018, 5, 40–50 [consultado el 18 de octubre de 2023]. ISSN 1807-1600. Disponible en: doi:10.15628/holos.2018.7118
- VALENCIA, William, ANGULO, Daniela, MEJIA DE GUTIÉRREZ, Ruby . *Resistencia química de concretos de activación alcalina ceniza volante/ escoria: Sulfatos y ácidos*. Informador Técnico [en línea]. 2018, 82(1), 67 [consultado el 11 de setiembre de 2023]. ISSN 2256-5035. Disponible en: doi:10.23850/22565035.1351
- VELUMANI, M. et al. *Strength assessment of concrete with copper slag as fine aggregates*. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2023 [consultado el 25 de agosto de 2023]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: 10.1016/j.matpr.2023.05.700

- VELUMANI, M., K. NIRMALKUMAR y K. YUVARAJ. *Copper slag and high-strength concrete*. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2023 [consultado el 04 de octubre de 2023]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: 10.1016/j.matpr.2023.04.439
- VINOTHA, J. et al. *Mechanical and microstructure properties of copper slag based basalt fiber reinforced concrete*. Materials Today: Proceedings [en línea]. 2023 [consultado el 19 de agosto de 2023]. ISSN 2214-7853. Disponible en: DOI: 10.1016/j.matpr.2023.03.505
- WANG, Yingbin et al. *Performance of cement-based materials incorporating ultra-fine copper slag*. Construction and Building Materials [en línea]. 2023, 402, 132949 [consultado el 18 de febrero de 2024]. ISSN 0950-0618. Disponible en: doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.132949

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 01. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la influencia de la incorporación de escoria de cobre en propiedades físicas-mecánicas del concreto 210 kg/cm2, 2024?	Evaluación de la resistencia a compresión en el concreto con f'c=210 kg/cm2 mediante incorporación de escoria de cobre, 2024.	La incorporación de escoria de cobre al concreto aumenta significativamente su f'c final.	Incorporación de escoria de cobre	Diseño de mezcla por el método ACI Porcentaje de incorporación de escoria de concreto	Cemento Kg Agregado Fino Kg Agregado Grueso Kg Agua Lt de de 0%, 10%, 20%, y 30%	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	
¿Cuáles son las características físicas de los elementos presentes en la mezcla de concreto de f'c=210 kg/cm2 para optimizar su f'c final?	Determinar las características físicas de los elementos presentes en la mezcla de concreto de f'c=210 kg/cm2 para optimizar su f'c final	La realización de los ensayos ayudará a identificar los elementos presentes en la mezcla y demostrará una mejora en la resistencia a la compresión. La ficha técnica desempeñará un papel importante en identificar las características del residuo de cobre con el fin de mejorar la f'c del concreto patrón.			Asentamiento (") NTP 330.035	Tipo: Laboratorio Nivel: Predictivo o experimental Diseño: Cuasi Experimental Enfoque: Cuantitativo Método: Deductivo inductivo experimental Población: Lima Muestra: 36 probetas de concreto
¿Cuál es la capacidad de resistencia a la compresión del concreto al incorporar 10, 20 y 30% de escoria de cobre respecto al peso del agregado fino con el objetivo de aumentar el f'c=210 kg/cm2, 2024?	Determinar la capacidad de resistencia a la compresión del concreto f'c=210kg/cm2 al incorporar 10%, 20% y 30% de escoria de cobre respecto al peso del agregado fino en la mezcla	El uso de escoria de cobre en un 10%, 20% y 30% respecto al peso del agregado fino en la mezcla de concreto f'c=210 kg/cm2 resultará una muestra alternativa potencial e innovadora en el campo de la ingeniería, 2024.	Propiedades físico-mecánicas del concreto	Propiedades Físicas	Tiempo de fraguado (min) NTP 334.006	
¿Cuál es la composición ideal de la mezcla de concreto que incluye escoria de cobre con el propósito de aumentar su f'c=210 kg/cm2, 2024?	Determinar la composición ideal de la mezcla de concreto f'c=210kg/cm2 que incluye escoria de cobre con el propósito de aumentar su f'c final	El diseño óptimo de la mezcla de concreto f'c= 210kg/cm2 mediante la incorporación de escoria de cobre en proporciones del 10%, 20% y 30% demostrará la eficacia en términos de f'c, 2024		Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión del concreto a los 7, 14, 28 días (kg/cm2) NTP 330.034	

Fuente: Creación Propia

ANEXO 02. Fichas de observación

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO				
INGENIERÍA CIVIL				
Ensayo de asentamiento				
Proyecto: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , 2024"			Material:	
Tesisista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly			Muestra N°:	
Mezcla				
Muestra	Slump Pulgadas			Promedio Pulgadas
Patrón				
Observaciones				

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERÍA CIVIL**

Ensayo de asentamiento

Proyecto: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"

Material:

Tesista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly

Muestra N°:

Mezcla

Muestra	Slump Pulgadas			Promedio Pulgadas
Escoria de cobre al 10% incorporado al concreto				

Observaciones

--

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERÍA CIVIL**

Ensayo de asentamiento

Proyecto: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , 2024"	Material:
Tesista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly	Muestra N°:

Mezcla

Muestra	Slump Pulgadas			Promedio Pulgadas
Escoria de cobre al 20% incorporado al concreto				

Observaciones

--

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERÍA CIVIL**

Ensayo de asentamiento

Proyecto: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"

Material:

Tesista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly

Muestra N°:

Mezcla

Muestra	Slump Pulgadas			Promedio Pulgadas
Escoria de cobre al 30% incorporado al concreto				

Observaciones

--

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERIA CIVIL**

Tesis: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"
Tesisista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly
Ubicación: Lima

Resistencia a la Compresión ASTM C39 - NTP 339.034

Patrón / 7 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

Patrón / 14 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

Patrón / 28 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERIA CIVIL**

Tesis: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"
Tesisista: Peñalosa Chambilla, Adriana Nataly
Ubicación: Lima

Resistencia a la Compresión ASTM C39 - NTP 339.034

10% Escoria de cobre / 7 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

10% Escoria de cobre / 14 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

10% Escoria de cobre / 28 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERIA CIVIL**

Tesis: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"
Tesisista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly
Ubicación: Lima

Resistencia a la Compresión ASTM C39 - NTP 339.034

20% Escoria de cobre / 7 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

20% Escoria de cobre / 14 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

20% Escoria de cobre / 28 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERIA CIVIL

Tesis: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"
Tesisista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly
Ubicación: Lima

Resistencia a la Compresión ASTM C39 - NTP 339.034

30% Escoria de cobre / 7 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

30% Escoria de cobre / 14 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

30% Escoria de cobre / 28 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01			
M-02			
M-03			
Promedio			

ANEXO 03. Ensayo de asentamiento

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO INGENIERÍA CIVIL				
Ensayo de asentamiento				
Proyecto: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , 2024"	Material:			
Tesista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly	Muestra N°:			
Mezcla				
Muestra	Slump Pulgadas			Promedio Pulgadas
Patrón	4 1/2	4 1/2	4 1/2	4 1/2
Observaciones				
* Ensayo usando el cono de Abrams.				
<p>TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto</p> <p style="text-align: center;"><i>[Signature]</i></p> <p style="text-align: center;">----- Alejandro Elías Velazco Ríos INGENIERO CIVIL CIP N° 221250</p>				
<p style="text-align: center;"><i>[Signature]</i></p> <p style="text-align: center;">..... ING. VENTURA MAMANI R. LEONEL INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 272191</p>		<p style="text-align: center;"><i>[Signature]</i></p> <p style="text-align: center;">..... ING. MARCOS CALLE INGENIERO CIVIL CIP: 290974</p>		

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERÍA CIVIL

Ensayo de asentamiento

Proyecto:	"Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , 2024"	Material:
Tesista:	Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly	Muestra N°:

Mezcla

Muestra	Slump Pulgadas			Promedio Pulgadas
Escoria de cobre al 10% incorporado al concreto	4 1/4	4 1/4	4 1/4	4 1/4

Observaciones

* Ensayo usando el cono de Abrams

TCL GEOTECNIA S.A.C.
Suelos, Concreto y Asfalto



Alejandro Elias Velazco Rios
INGENIERO CIVIL
CIP N° 231250



ING. VENTURA MAMANI R. LEONEL
INGENIERO CIVIL
REG CIP N° 272191



ING. OSCAR MOS CALLE
INGENIERO CIVIL
CIP:290974

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERÍA CIVIL

Ensayo de asentamiento

Proyecto: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"

Material:

Tesista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly

Muestra N°:

Mezcla

Muestra	Slump Pulgadas			Promedio Pulgadas
Escoria de cobre al 20% incorporado al concreto	3 3/4	4	4	4

Observaciones

* Ensayo usando el cono de Abrams

TCL GEOTECNIA S.A.C.

Suelos, Concreto y Asfalto


Alejandro Elias Velazco Rios
INGENIERO CIVIL
CIP N° 231250


ING. VENTURA MAMANI R. LEONEL
INGENIERO CIVIL
REG CIP N° 272191


ING. OSCAR RAMOS CALLE
INGENIERO CIVIL
CIP:290974

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERÍA CIVIL**

Ensayo de asentamiento

Proyecto:	"Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , 2024"	Material:
Tesista:	Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly	Muestra N°:

Mezcla

Muestra	Slump Pulgadas			Promedio Pulgadas
Escoria de cobre al 30% incorporado al concreto	3 3/4	4	3 3/4	3 5/6

Observaciones

* Ensayo usando el cono de Abrams.

TCL GEOTECNIA S.A.C.
Suelos, Concreto y Asfalto



 Alejandro Elías Velazco Ríos
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 221250



 ING. VENTURA MAMANI R. LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191



 ING. CÉSAR RAMOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP:290974

ANEXO 04. Resistencia a la Compresión

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO INGENIERIA CIVIL	
Tesis:	"Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm ² , 2024"
Tesista:	Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly
Ubicación:	Lima

Resistencia a la Compresión ASTM C39 - NTP 339.034

Patrón / 7 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%fc
M-01	15820	201,4	95,9
M-02	15410	196,2	93,4
M-03	15710	200,0	95,3
Promedio		199,2	94,9

Patrón / 14 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%fc
M-01	17711	225,2	107,4
M-02	17779	226,4	107,8
M-03	17592	224,0	106,7
Promedio		225,2	107,3

Patrón / 28 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%fc
M-01	19940	253,9	120,9
M-02	20373	259,4	123,5
M-03	20135	256,4	122,1
Promedio		256,6	122,2

TCL GEOTECNIA S.A.C.
Suelos, Concreto y Asfalto


 Alejandro Elias Velazco Rios
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 231250



 ING. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191



 ING. OSCAR RAMOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERIA CIVIL

Tesis: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"
Tesisista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly
Ubicación: Lima

Resistencia a la Compresión ASTM C39 - NTP 339.034

10% Escoria de cobre / 7 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01	17610	224,2	106,8
M-02	17310	229,4	105,0
M-03	17730	225,7	107,5
Promedio		223,4	106,4

10% Escoria de cobre / 14 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01	19192	244,4	116,4
M-02	19369	246,6	117,4
M-03	19689	250,7	119,4
Promedio		247,2	117,7

10% Escoria de cobre / 28 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01	21353	271,9	129,5
M-02	21227	270,3	128,7
M-03	21186	269,8	128,5
Promedio		270,7	128,9

TCL GEOTECNIA S.A.C.

Suelos, Control y Asfalto

Alejandro Elías Velazco Ríos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 231250


ING. VENTURA MAMANI LEONEL
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 272191


ING. OSCAR RAMOS CALLE
INGENIERO CIVIL
CIP: 290974

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERIA CIVIL

Tesis: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"
Tesisista: Peñalosa Chambilla, Adriana Nataly
Ubicación: Lima

Resistencia a la Compresión ASTM C39 - NTP 339.034

20% Escoria de cobre / 7 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%fc
M-01	18700	238,1	113,4
M-02	18570	236,4	112,6
M-03	18600	236,8	112,8
	Promedio	237,1	112,9

20% Escoria de cobre / 14 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%fc
M-01	20409	259,8	123,7
M-02	20309	258,6	123,1
M-03	20390	259,6	123,6
	Promedio	259,3	123,5

20% Escoria de cobre / 28 días			
Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%fc
M-01	22741	289,6	137,9
M-02	22500	286,5	136,4
M-03	22641	288,3	137,3
	Promedio	288,1	137,2

TCL GEOTECNIA S.A.C.

Suelos, Concreto y Asfalto

Alejandro Elías Velazco Ríos
INGENIERO CIVIL
CIP N° 221250


ING. VENTURA MAVIANI LEONEL
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 272191


ING. OSCAR RAMOS CALLE
INGENIERO CIVIL
CIP: 290974

**UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
INGENIERIA CIVIL**

Tesis: "Influencia por incorporación de escoria de cobre en propiedades físico-mecánicas del concreto 210 kg/cm², 2024"
 Tesista: Peñaloza Chambilla, Adriana Nataly
 Ubicación: Lima

Resistencia a la Compresión ASTM C39 - NTP 339.034

30% Escoria de cobre / 7 días

Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01	19470	247,9	118,0
M-02	19220	244,7	116,5
M-03	19820	252,4	120,2
Promedio		248,3	118,2

30% Escoria de cobre / 14 días

Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01	22328	284,3	135,4
M-02	22045	280,7	133,7
M-03	22134	281,8	134,2
Promedio		282,3	134,4

30% Escoria de cobre / 28 días

Probeta	Carga	Esfuerzo kg/cm ²	%f _c
M-01	24927	317,4	151,1
M-02	24665	314,0	149,5
M-03	24790	315,6	150,3
Promedio		315,7	150,3

TCL GEOTECNIA S.A.C.

Suelos, Concreto y Asfalto

(Firma)

Alejandro Elías Velazco Ríos

INGENIERO CIVIL

CIP N° 231250

(Firma)
 ING. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191

(Firma)
 ING. SARAY MOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974

ANEXO 05. Certificados de calibración

CALIBRATEC S.A.C. LABORATORIO DE METROLOGIA		LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC -071		 INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro MLC - 071	
Área de Metrología <i>Laboratorio de Masas</i>			CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-068-2023		
			Página 1 de 4		
1. Expediente	0380	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	TECNOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.	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.			
3. Dirección	JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL PACÍFICO ET. DOS - LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	CALIBRATEC 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.			
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.			
Marca	OHAUS	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.			
Modelo	NVT6201ZH				
N° de serie	8342450053				
Identificación	No indica				
Procedencia	China				
Capacidad máxima:	6200 g				
División de escala (d)	0,1 g				
Div. de verificación (e)	1 g				
Capacidad mínima	2 g				
Clase de exactitud	III				
5. Fecha de calibración	2023-06-08				
Fecha de Emisión					
2023-06-10					
				Firmado digitalmente por: ASTETE SORIANO LUCIO FIR 42917546 hard Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 10/06/2023 10:39:27-0500	
		Jefe de Laboratorio			
Revisión 00 RT03-F01					
977 997 385 - 913 028 621 913 028 623 - 913 028 624					
Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima comercial@calibratec.com.pe CALIBRATEC SAC					

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-068-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto de TCL GEOTECNIA S.A.C. ubicado en Mz. 12 Lt. 15 Calle La Madrid - Asociación San Francisco de Cayran III Etapa - San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,4 °C	25,6 °C
Humedad relativa	70 %	70 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1492-MPES-C-2022
TOTAL WEIGHT	Pesa de 5 kg de clase M2	CM-4235-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 6000 g la balanza indicaba 6000,5 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se encuentran indicados en la balanza.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 7 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-068-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	Tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,5 °C

	Inicial	Final
Humedad	69,0 %	69,0 %

Carga L1		3 000,00 g	
l	ΔL	E	
g	g	g	
3 000,0	0,07	-0,02	
3 000,0	0,05	0,00	
3 000,0	0,10	-0,05	
3 000,1	0,06	0,09	
3 000,0	0,09	-0,04	
3 000,0	0,05	0,00	
3 000,0	0,10	-0,05	
3 000,0	0,08	-0,03	
3 000,0	0,06	-0,01	
3 000,1	0,07	0,08	
Dif Máx. Encontrada		0,14	
EMP		3,0	

Carga L2		6 000,31 g	
l	ΔL	E	
g	g	g	
6 000,0	0,09	-0,35	
6 000,1	0,07	-0,23	
6 000,0	0,10	-0,36	
6 000,0	0,08	-0,34	
6 000,0	0,05	-0,31	
6 000,0	0,06	-0,32	
6 000,1	0,10	-0,26	
6 000,0	0,09	-0,35	
5 999,9	0,06	-0,42	
6 000,0	0,08	-0,34	
Dif Máx. Encontrada		0,19	
EMP		3,0	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

3	4
7	8

	Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,6 °C

	Inicial	Final
Humedad	69,0 %	69,0 %

Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c				
	C. mínima	l	ΔL	E ₀	Carga L	l	ΔL	E	E _c
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1	1,00	1,0	0,09	-0,04	2 000,00	2 000,0	0,09	-0,04	0,00
2		1,0	0,05	0,00		2 000,0	0,07	-0,02	-0,02
3		1,0	0,07	-0,02		2 000,0	0,10	-0,05	-0,03
4		1,0	0,10	-0,05		2 000,1	0,08	0,07	0,12
5		0,9	0,08	-0,13		2 000,0	0,05	0,00	0,13
Error máximo permitido (±)									2,0

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
📌 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-068-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	25,6 °C	25,7 °C	Humedad	69,0 %	69,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 1,00	1,0	0,10	-0,05						
2,00	2,0	0,09	-0,04	0,01	2,0	0,10	-0,05	0,00	1,0
600,00	600,0	0,07	-0,02	0,03	600,1	0,09	0,06	0,11	2,0
1 200,00	1 200,0	0,05	0,00	0,05	1 200,0	0,05	0,00	0,05	2,0
1 800,00	1 800,0	0,08	-0,03	0,02	1 800,0	0,07	-0,02	0,03	2,0
2 500,00	2 500,0	0,09	-0,04	0,01	2 500,0	0,08	-0,03	0,02	3,0
3 000,00	3 000,0	0,05	0,00	0,05	2 999,9	0,10	-0,15	-0,10	3,0
4 500,00	4 500,0	0,07	-0,02	0,03	4 500,0	0,06	-0,01	0,04	3,0
5 000,31	5 000,1	0,10	-0,26	-0,21	5 000,0	0,05	-0,31	-0,26	3,0
6 000,31	6 000,1	0,05	-0,21	-0,16	6 000,1	0,07	-0,23	-0,18	3,0
6 200,31	6 200,0	0,09	-0,35	-0,30	6 200,0	0,09	-0,35	-0,30	3,0

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,20 \text{ g}^2 + 0,00000000093 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000030 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza 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.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-070-2023

*Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	0380
2. Solicitante	TECNOLOGÍA CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.
3. Dirección	JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL PACÍFICO ET. DOS - LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
4. Instrumento calibrado	BALANZA ELECTRÓNICA
Marca	OHAUS
Modelo	R2000-30
N° de serie	8342167647
Identificación	No indica
Procedencia	China
Capacidad máxima:	30000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	10 g
Capacidad mínima	200 g
Clase de exactitud	III
5. Fecha de calibración	2023-06-08

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.

CALIBRATEC 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

2023-06-10



Jefe de Laboratorio

Firmado digitalmente por:
ASTETE SORIANO LUCIO FIR
42917546 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 10/06/2023 10:39:53-0500



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LM-070-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de calibración:

La calibración se realiza por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones siguiendo el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM

7. Lugar de calibración

Laboratorio de suelos, concreto y asfalto de TCL GEOTECNIA S.A.C. ubicado en Mz. 12 Lt. 15 Calle La Madrid - Asociación San Francisco de Cayran III Etapa - San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,4 °C	25,5 °C
Humedad relativa	66 %	66 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESATEC	Juego de pesas de 1 mg a 2 kg de clase M1	1492-MPES-C-2022
TOTAL WEIGHT	Pesa de 5 kg de clase M2	CM-4235-2022
TOTAL WEIGHT	Pesa de 10 kg de clase M2	CM-4188-2022
TOTAL WEIGHT	Pesas de 20 kg de clase M2	CM-4187-2022

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- En el caso de ser necesario, ajustar la indicación en cero antes de cada medición.
- Se realizó el ajuste de las indicaciones de la balanza antes de la calibración. (Para la carga de 30000 g la balanza indicaba 30002 g)
- El valor de "e", capacidad mínima y la clase de exactitud se encuentran indicados en la balanza.
- Los resultados declarados en el presente certificado, se relacionan solamente con el ítem calibrado indicado en la página 1.
- En coordinación con el cliente, la variación de temperatura es 7 °C
- Se ha considerado como coeficiente de deriva de temperatura a 0,00001 °C⁻¹ según el procedimiento PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (Edición 01) del INACAL - DM.
- El cliente no cuenta con pesas patrones para realizar el ajuste de la balanza.
- El cliente no cuenta con la información de los certificados anteriores para la balanza a calibrar. Por lo tanto, la contribución de la incertidumbre de la deriva de la balanza no será considerada.

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-070-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Inspección Visual

Ajuste a cero	Tiene	Escala	No tiene
Oscilación libre	Tiene	Cursor	No tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de traba	Tiene		

12. Resultados de la medición

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,5 °C	Humedad	65,0 %	65,0 %
Carga L1	15 000,3 g		Carga L2	30 001,0 g	
I	ΔL	E	I	ΔL	E
g	g	g	g	g	g
15 000	0,7	-0,5	30 000	0,8	-1,3
15 000	0,8	-0,6	30 000	0,4	-0,9
15 000	0,5	-0,3	30 000	0,5	-1,0
15 000	0,7	-0,5	30 000	0,7	-1,2
15 001	0,6	0,6	30 001	0,8	-0,3
15 000	0,5	-0,3	30 000	0,5	-1,0
15 000	0,7	-0,5	30 001	0,7	-0,2
15 000	0,5	-0,3	30 000	0,4	-0,9
15 001	0,8	0,4	29 999	0,5	-2,0
15 000	0,6	-0,4	30 000	0,7	-1,2
Dif Máx. Encontrada	1,2		Dif Máx. Encontrada	1,8	
EMP	20		EMP	30	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final		Inicial	Final				
Temperatura	25,5 °C	25,6 °C	Humedad	65,0 %	65,0 %				
Pos. Carga	Determinación del Error en Cero E₀		Determinación del Error Corregido E_c						
	C. mínima	I	ΔL	E ₀	Carga L	I	ΔL	E	E _c
	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1		100	0,7	-0,2	10 000	10 000	0,5	0,0	0,2
2		100	0,5	0,0	10 000	10 000	0,7	-0,2	-0,2
3	100,0	100	0,8	-0,3	10 000,0	10 000	0,6	-0,1	0,2
4		100	0,6	-0,1	10 000	10 000	0,7	-0,2	-0,1
5		100	0,5	0,0	10 001	10 001	0,8	0,7	0,7
Error máximo permitido (±)									20

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
☎ comercial@calibratec.com.pe
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LM-070-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final		Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,6 °C	Humedad	65,0 %	65,0 %

Carga L g	Carga creciente				Carga decreciente				EMP g
	I g	ΔL g	E g	Ec g	I g	ΔL g	E g	Ec g	
E ₀ 100,0	100	0,7	-0,2						
200,0	200	0,8	-0,3	-0,1	200	0,5	0,0	0,2	10
3 000,0	3 000	0,5	0,0	0,2	3 000	0,7	-0,2	0,0	10
6 000,3	6 000	0,7	-0,5	-0,3	6 000	0,6	-0,4	-0,2	20
9 000,3	9 001	0,4	0,8	1,0	9 000	0,5	-0,3	-0,1	20
12 000,0	12 000	0,6	-0,1	0,1	12 001	0,8	0,7	0,9	20
15 000,3	15 000	0,5	-0,3	-0,1	15 000	0,4	-0,2	0,0	20
17 000,3	17 000	0,8	-0,6	-0,4	17 000	0,7	-0,5	-0,3	20
20 001,0	20 000	0,6	-1,1	-0,9	20 001	0,5	0,0	0,2	20
25 001,3	25 001	0,7	-0,5	-0,3	25 000	0,6	-1,4	-1,2	30
30 001,0	30 000	0,8	-1,3	-1,1	30 000	0,8	-1,3	-1,1	30

L: Carga puesta sobre la plataforma de la balanza

I: Lectura de indicación de la balanza

E: Error encontrado

EMP: Error máximo permitido

E₀: Error en cero

Ec: Error corregido

ΔL: Carga incrementada

Incertidumbre expandida de medición

$$U_R = 2 \times \sqrt{0,79 \text{ g}^2 + 0,0000000010 \cdot R^2}$$

Lectura corregida de la balanza

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000069 \cdot R$$

R: Indicación de la lectura de la balanza en g

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza 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.

FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
📍 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 7

- Expediente:** 0380
- Solicitante:** TECNOLOGIA CONTROL DE CALIDAD LABORATORIO GEOTECNIA S.A.C.
- Dirección:** JR. JUAN CHACORNAL NRO. 211 URB. EL PACIFICO ET. DOS - LIMA-LIMA- SAN MARTIN DE PORRES.
- Equipo:** **HORNO DE SECADO**
Marca: PERUTEST
Modelo: PT-H76
N° de serie: 196
Procedencia: PERÚ
Identificación: NO INDICA
Ubicación: Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de TCL GEOTECNIA SAC

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.

CALIBRATEC 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.

Descripción	Dispositivo de control	Instrumento de medición
Intervalo de indicación	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	DIGITAL

- Fecha de calibración** 2023-06-08

Fecha de Emisión

2023-06-15



Firmado digitalmente por:
BARTOLO CHUQUIBALA JUAN
CARLOS FIR 42443885 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 17/06/2023 12:13:27-0500



Jefe del Laboratorio

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

☎ Av. Chillón Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 7

6. Método de calibración

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros calibrados que tiene trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990 (EIT 90), se utilizó el Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con aire como Medio Termostático PC-018 2da edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto de TCL GEOTECNIA SAC Ubicado en Mz. I2 Lt. 15 Calle la Madrid, Asociación San Francisco de Cayran III etapa San Martín de Porres-Lima

8. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,8 °C	26,2 °C
Humedad relativa	72,0 %	72,0 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
SAT	Termómetro digital con 10 sensores tipo K (CH01 al CH10) con incertidumbre en el orden de 0,15 °C a 0,16 °C	LT-0417-2023

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.
- Antes de la calibración no se realizó algún tipo de ajuste.
- La carga para la medición consistió de muestras con muestras.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 7

11. Resultados de la medición

Temperatura ambiental promedio: 25,8 °C
Tiempo de calentamiento y estabilización del equipo: 2 horas
El controlador se setó en: 110 °C

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C

Tiempo min	Term. del equipo °C	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T prom °C	T _{máx} - T _{mín} °C
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	107,0	109,5	109,5	106,5	107,2	113,4	113,9	114,3	114,0	114,5	111,0	8,0
02	110,0	107,2	109,6	109,4	106,8	107,2	113,4	113,9	114,2	113,7	114,5	111,0	7,7
04	110,0	107,2	109,6	109,5	107,0	107,3	113,1	113,9	114,3	114,1	114,6	111,1	7,6
06	110,0	107,1	109,6	109,4	106,7	107,2	113,3	113,8	114,2	114,0	114,5	111,0	7,8
08	110,0	107,1	109,6	109,5	106,8	107,2	113,4	113,8	114,2	114,0	114,4	111,0	7,6
10	110,0	107,1	109,6	109,4	106,9	107,1	113,1	113,8	114,2	113,9	114,5	111,0	7,6
12	110,0	107,2	109,7	109,5	106,6	107,2	113,3	113,8	114,1	114,1	114,5	111,0	7,9
14	110,0	107,1	109,6	109,4	106,6	107,1	113,3	113,8	114,0	113,9	114,4	110,9	7,8
16	110,0	107,2	109,6	109,5	106,6	107,2	113,3	113,9	114,2	114,0	114,6	111,0	8,0
18	110,0	107,1	109,6	109,5	106,7	107,2	113,2	113,9	114,2	114,0	114,4	111,0	7,7
20	110,0	107,2	109,6	109,5	106,6	107,3	113,3	113,7	114,1	114,0	114,4	111,0	7,8
22	110,0	107,1	109,7	109,5	106,7	107,2	113,5	114,0	114,2	114,0	114,5	111,0	7,8
24	110,0	107,2	109,6	109,5	107,0	107,2	113,2	113,8	114,2	113,9	114,4	111,0	7,4
26	110,0	107,2	109,7	109,4	106,6	107,2	113,4	113,9	114,3	114,1	114,6	111,0	8,0
28	110,0	107,3	109,7	109,5	106,6	107,3	113,5	113,9	114,2	114,1	114,6	111,1	8,0
30	110,0	107,2	109,6	109,4	106,7	107,2	113,2	113,8	114,2	113,8	114,6	111,0	7,9
32	110,0	107,2	109,7	109,5	106,8	107,2	113,4	113,8	114,2	113,8	114,4	111,0	7,6
34	110,0	107,2	109,6	109,4	106,5	107,2	113,4	113,8	114,2	113,9	114,5	111,0	8,0
36	110,0	107,2	109,7	109,6	106,5	107,2	113,3	113,9	114,2	114,0	114,6	111,0	8,1
38	110,0	107,2	109,7	109,4	106,7	107,2	113,3	113,7	114,1	113,8	114,4	111,0	7,7
40	110,0	107,2	109,6	109,4	106,7	107,1	113,3	113,7	114,1	114,0	114,3	110,9	7,6
42	110,0	107,2	109,7	109,5	106,7	107,2	113,1	113,8	114,1	113,9	114,4	111,0	7,7
44	110,0	107,2	109,7	109,5	106,4	107,2	113,2	113,8	114,2	114,1	114,6	111,0	8,2
46	110,0	107,2	109,7	109,5	106,7	107,3	113,6	113,8	114,1	113,9	114,4	111,0	7,7
48	110,0	107,1	109,6	109,4	106,7	107,1	113,5	113,8	114,0	113,6	114,5	110,9	7,8
50	110,0	107,2	109,6	109,4	107,0	107,2	113,5	113,8	114,2	113,8	114,4	111,0	7,4
52	110,0	107,2	109,7	109,5	106,8	107,2	113,4	113,9	114,3	114,1	114,6	111,1	7,8
54	110,0	107,2	109,6	109,4	106,5	107,1	113,4	113,8	114,2	113,7	114,3	110,9	7,8
56	110,0	107,1	109,6	109,5	106,8	107,2	113,2	114,0	114,1	113,7	114,6	111,0	7,8
58	110,0	107,2	109,7	109,6	106,5	107,2	113,6	113,9	114,1	113,9	114,5	111,0	8,0
60	110,0	107,2	109,7	109,5	106,9	107,2	113,4	113,9	114,2	113,9	114,3	111,0	7,4
T. PROM		107,2	109,6	109,5	106,7	107,2	113,3	113,8	114,2	113,9	114,5	111,0	
Temp. máxima		107,3	109,7	109,6	107,0	107,3	113,6	114,0	114,3	114,1	114,6		
Temp. mínima		107,0	109,5	109,4	106,4	107,1	113,1	113,7	114,0	113,6	114,3		
DTT		0,3	0,2	0,2	0,6	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	0,3		

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 7

PARÁMETROS	Valor °C	Incertidumbre °C
Máxima Temperatura medida	114,6	0,3
Mínima Temperatura medida	106,4	0,4
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,6	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7,7	0,4
Estabilidad medida	0,30	0,05
Uniformidad medida	8,2	0,4

- T. PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T. prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T. MAX : Temperatura máxima.
T. MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

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.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.

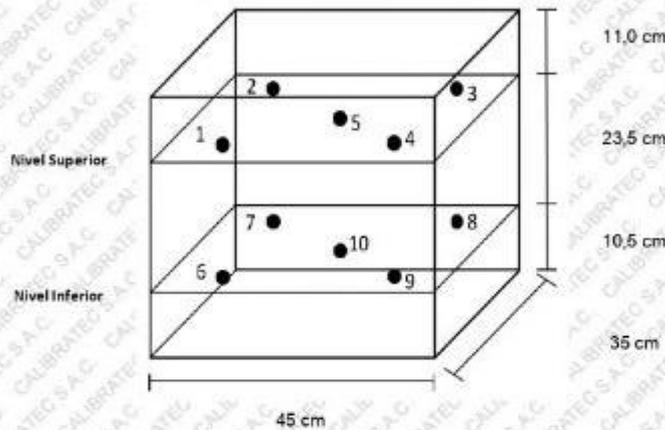
Durante la calibración y bajo las condiciones en que ésta ha sido hecha, el medio isotermo CUMPLE con los límites especificados de temperatura

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 5 de 7

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES DEL EQUIPO



- Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 1,5 cm por encima de la carga más alta
- Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior
- Los sensores del 1 al 4 y 6 al 9 están ubicados 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del frente y fondo del equipo.

Incertidumbre

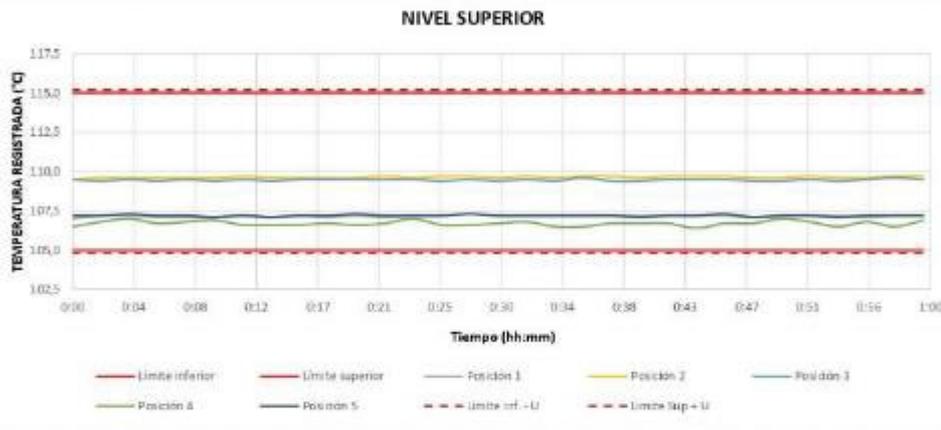
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 7

TEMPERATURA DE TRABAJO DE 110 °C ± 5 °C



Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CA-LT-015-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 7 de 7

FOTOGRAFIA INTERNA DEL EQUIPO



FIN DEL DOCUMENTO

Revisión 00

RT03-F01

☎ 977 997 385 - 913 028 621
☎ 913 028 623 - 913 028 624

📍 Av. Chillon Lote 50 B - Comas - Lima - Lima
✉ comercial@calibratec.com.pe
🏢 CALIBRATEC SAC

ANEXO 06. Diseño de mezcla del concreto



+51 993 376 155
 informes@tclgeotecniasac.com
 www.tclgeotecniasac.com

Mz I2 Lt15 Calle la Madrid,
 Asociación San Francisco de Cayran III etapa
 San Martín de Porres, Lima, Perú.
 (Alt. Av. Antunez de Mayolo con Av. Universitaria)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CON-001
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO ACI 211

REFERENCIA : Datos de laboratorio
 SOLICITANTE : ADRIANA NATALY PEÑALOZA CHAMILLA
 TESIS : INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DEL CONCRETO 210
 Iglo m2, 2024*
 UBICACIÓN : LIMA - PERU
 Fecha de ensayo: 05/12/2023

f'c 210 kg/cm²
MATERIALES: AGREGADO FINO DE LA CANTERA TRAPICHE Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA AGRECON

MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.64	2.98	1.40	1.80	1572.0	1760.0
AGREGADO GRUESO	2.67	6.76	0.30	0.80	1481.0	1593.0

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3 - 4	pus	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			12"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.57		
4	AGUIA			216		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.32		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO		378.95				
Volumen absoluto del cemento				0.1215	8.9	B/m ³
Volumen absoluto del Agua				0.2160	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0250	m ³ /m ³	
				0.3625	m ³ /m ³	
SUMA DE VALORES (1)						
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3201	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.3174	m ³ /m ³	
				0.6375	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES (1) y (2)				1.000	m ³ /m ³	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				379	Kg/m ³	
AGUIA				216	L/m ³	
AGREGADO FINO				845	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				847	Kg/m ³	
D) PESO DE MEZCLA				2288	Kg/m ³	
CORRECCION POR HUMEDAD						
AGREGADO FINO HUMEDO				857.0	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO HUMEDO				850.0	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS						
AGREGADO FINO				0.40	Lts/m ³	
AGREGADO GRUESO				0.50	4.2	
AGUIA DE MEZCLA CORREGIDA					7.8	Lts/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				379	Kg/m ³	
AGUIA				224	Lts/m ³	
AGREGADO FINO				857	Kg/m ³	
AGREGADO GRUESO				850	Kg/m ³	
G) PESO DE MEZCLA				2310	Kg/m ³	
CANTIDAD DE MATERIALES (50 lb)						
CEMENTO				18.95	Kg	
AGUIA				11.35	Lts	
AGREGADO FINO				42.85	Kg	
AGREGADO GRUESO				42.50	Kg	
H) PROPORCION EN PESO (húmedo)						
C	1.0					
A.F	2.26					
A.G	2.24					
H ₂ O	25.1					
I) PROPORCION EN VOLUMEN (húmedo)						
C	1.0					
A.F	2.16					
A.G	2.27					
H ₂ O	25.1					

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231260	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CON-001
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

REFERENCIA : Datos de laboratorio
 SOLICITANTE : ADRIANA NATALY PEÑALOZA CHAMBILLA
 TESIS : INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO 210 kg/cm², 2024
 UBICACIÓN : LIMA - PERU Fecha de ensayo: 06/12/2023

f_c 210 kg/cm²

MATERIALES: AGREGADO FINO DE LA CANTERA TRAPICHE Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA AGRECON

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cm ³	MÓDULO FINESA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. kg/m ³	P. UNITARIO C. kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.64	2.98	1.40	1.80	1572.0	1780.0
AGREGADO GRUESO	2.67	6.76	0.30	0.80	1481.0	1593.0

A)	VALORES DE DISEÑO					
	1. ASENTAMIENTO			3-4	ps/q	
	2. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			1.2"		
	3. RELACION AGUA CEMENTO			0.57		
	4. AGUA			216		
	5. TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5		
	6. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.32		
B)	ANÁLISIS DE DISEÑO					
	FACTOR CEMENTO	378.95		8.9		Blam ²
	Volumen absoluto del cemento			0.1215	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Agua			0.146	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Aire			0.0250	m ³ /m ³	
	Suma de valores (1)			0.3625	m ³ /m ³	
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.5201	m ³ /m ³	
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3714	m ³ /m ³	
	Suma de valores (2)			0.8915	m ³ /m ³	
	SUMATORIA DE VOLUMENES (1) y (2)			1.000	m ³ /m ³	
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO					
	CEMENTO			379	kg/m ³	
	AGUA			216	kg/m ³	
	AGREGADO FINO			845	kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			847	kg/m ³	
	Escoria de cobre (10% del peso del agregado fino, reemplazo)			84.5	kg/m ³	
D)	PESO DE MEZCLA			2288	kg/m ³	
	CORRECCIÓN POR HUMEDAD					
	AGREGADO FINO HUMEDO			857.0	kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			850.0	kg/m ³	
E)	CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS				Lts/m ³	
	AGREGADO FINO			0.40	3.4	
	AGREGADO GRUESO			0.50	4.2	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA				7.6	
					223.6	Lts/m ³
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO					
	CEMENTO			379	kg/m ³	
	AGUA			224	Lts/m ³	
	AGREGADO FINO			771	kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			850	kg/m ³	
	Escoria de cobre (10% del peso del agregado fino, reemplazo)			83.7	kg/m ³	
G)	PESO DE MEZCLA			2310	kg/m ³	
	CANTIDAD DE MATERIALES (en L)					
	CEMENTO			16.95	kg	
	AGUA			11.18	Lts	
	AGREGADO FINO			31.56	kg	
	AGREGADO GRUESO			42.30	kg	
	Escoria de cobre (10% del peso del agregado fino, reemplazo)			4.28	kg	
	PROPORCIÓN EN PESO (en húmedo)					
	C	1.0			1.0	
	A.F	2.04			1.96	
	A.G	2.24			2.27	
	H ₂ O	25.1			25.1	
	PROPORCIÓN EN VOLUMEN (en húmedo)					
	C	1.0			1.0	
	A.F	1.96			1.96	
	A.G	2.27			2.27	
	H ₂ O	25.1			25.1	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

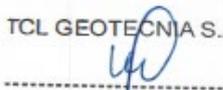
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CON-001
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

REFERENCIA : Datos de laboratorio
 SOLICITANTE : ADRIANA NATALY PEÑALOZA CHAMBILLA
 TESIS : "INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DEL CONCRETO 210 kg/cm² 2024"
 UBICACIÓN : LIMA - PERU Fecha de ensayo: 06/12/2023

f'c 210 kg/cm²

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO	2.64	298	1.40	1.80	1572.0	1760.0
AGREGADO GRUESO	2.67	8.76	0.30	0.60	1481.0	1993.0

A)	VALORES DE DISEÑO					
	1. ASENTAMIENTO			3 - 4	in/pulg	
	2. TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			1.2"		
	3. RELACION AGUA/CEMENTO			0.57		
	4. AGUA			216		
	5. TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5		
	6. VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.32		
B)	ANÁLISIS DE DISEÑO					
	FACTOR CEMENTO		378.95	Kg/m ³		8.8 Blam ³
	Volumen absoluto del cemento			0.1215		m ³ /m ³
	Volumen absoluto del Agua			0.2950		m ³ /m ³
	Volumen absoluto del Aire			0.0250		m ³ /m ³
	Suma de valores (1)			0.3625		m ³ /m ³
	VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3201		m ³ /m ³
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3174		m ³ /m ³
	Sumatoria de volúmenes (1) y (2)			0.6375		m ³ /m ³
	Sumatoria de volúmenes (1) y (2)			1.0000		m ³ /m ³
C)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR PESO SECO					
	CEMENTO			379	Kg/m ³	
	AGUA			216	L/m ³	
	AGREGADO FINO			845	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			847	Kg/m ³	
	Escoria de cobre (20% del peso del agregado fino, reemplazo)			169.0	Kg/m ³	
D)	PESO DE MEZCLA			2288	Kg/m ³	
	CORRECCIÓN POR HUMEDAD					
	AGREGADO FINO HUMEDO			857.0	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			850.0	Kg/m ³	
E)	CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS					
	AGREGADO FINO			0.40	L/m ³	
	AGREGADO GRUESO			0.50	L/m ³	
	AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					228.8 L/m ³
F)	CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR PESO HUMEDO					
	CEMENTO			379	Kg/m ³	
	AGUA			224	L/m ³	
	AGREGADO FINO			886	Kg/m ³	
	AGREGADO GRUESO			850	Kg/m ³	
	Escoria de cobre (20% del peso del agregado fino, reemplazo)			171.4	Kg/m ³	
G)	PESO DE MEZCLA			2310	Kg/m ³	
	CANTIDAD DE MATERIALES (50 L)					
	CEMENTO			18.95	Kg	
	AGUA			11.18	Lb	
	AGREGADO FINO			34.23	Kg	
	AGREGADO GRUESO			42.50	Kg	
	Escoria de cobre (20% del peso del agregado fino, reemplazo)			8.57	Kg	
	PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)					
	C			1.0		
	A.F			1.73		
	A.G			2.27		
	H ₂ O			25.1		
	PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)					
	C			1.0		
	A.F			1.73		
	A.G			2.27		
	H ₂ O			25.1		

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 Alejandro Elías Velasco Ríos INGENIERO CIVIL CIP N° 231250	 CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CON-001
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

REFERENCIA : Datos de laboratorio
 SOLICITANTE : ADRIANA NATALY PEÑALOZA CHAMBILLA
 TESIS : "INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL CONCRETO 210 kg/cm², 2024"
 UBICACIÓN : LIMA - PERU Fecha de ensayo: 06/12/2023

f'c 210 kg/cm²

MATERIALES: AGRÉGADO FINO DE LA CANTERA TRAPICHE Y AGRÉGADO GRUESO DE LA CANTERA AGRECON

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S Kg/m ³	P. UNITARIO C. Kg/m ³
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGRÉGADO FINO	2.64	2.98	1.40	1.80	1572.0	1760.0
AGRÉGADO GRUESO	2.67	6.76	0.30	0.80	1481.0	1593.0

A) VALORES DE DISEÑO						
1	ASENTAMIENTO			3 - 4	in	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			1.2"		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.57		
4	AGUA			215		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.5		
6	VOLUMEN DE AGRÉGADO GRUESO			0.32		
B) ANALISIS DE DISEÑO						
FACTOR CEMENTO		375.95		Kg/m ³	8.9	Strain ³
Volumen absoluto del cemento				0.1215	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agua				0.2160	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Aire				0.0250	m ³ /m ³	
Suma de valores (1)				0.3525	m ³ /m ³	
VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGRÉGADOS						
Volumen absoluto del Agregado fino				0.3201	m ³ /m ³	
Volumen absoluto del Agregado grueso				0.2174	m ³ /m ³	
Suma de valores (2)				0.5375	m ³ /m ³	
SUMATORIA DE VOLUMENES (1) y (2)				1.000	m ³ /m ³	
C) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO SECO						
CEMENTO				379	Kg/m ³	
AGUA				215	L/m ³	
AGRÉGADO FINO				945	Kg/m ³	
AGRÉGADO GRUESO				947	Kg/m ³	
Escoria de cobre (30% del peso del agregado fino, reemplazo)				253.5	Kg/m ³	
D) PESO DE MEZCLA				2288	Kg/m ³	
CORRECCION POR HUMEDAD						
AGRÉGADO FINO HUMEDO				857.0	Kg/m ³	
AGRÉGADO GRUESO HUMEDO				850.0	Kg/m ³	
E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGRÉGADOS						
AGRÉGADO FINO				%	L/m ³	
AGRÉGADO GRUESO				0.40	3.4	
				0.50	4.2	
AGUA DE MEZCLA CORREGIDA					7.6	L/m ³
F) CANTIDAD DE MATERIALES m ³ POR EN PESO HUMEDO						
CEMENTO				379	Kg/m ³	
AGUA				224	L/m ³	
AGRÉGADO FINO				800	Kg/m ³	
AGRÉGADO GRUESO				800	Kg/m ³	
Escoria de cobre (30% del peso del agregado fino, reemplazo)				257.1	Kg/m ³	
G) PESO DE MEZCLA				2310	Kg/m ³	
CANTIDAD DE MATERIALES (60 L)						
CEMENTO				18.95	Kg	
AGUA				11.18	Lb	
AGRÉGADO FINO				29.99	Kg	
AGRÉGADO GRUESO				42.92	Kg	
Escoria de cobre (30% del peso del agregado fino, reemplazo)				12.85	Kg	
H) PROPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)						
C	1.0			C	1.0	
A.F	1.58			A.F	1.51	
A.G	2.24			A.G	2.27	
H2o	25.1			H2o	25.1	

ING. CARLOS RAMOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974

ING. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

ANEXO 07. Peso Unitario



+51 993 376 155
 informes@tclgeotecniasac.com
 www.tdgeotecniasac.com

Mz 12 Lt15 Calle la Madrid,
 Asociación San Francisco de Cayran III etapa
 San Martín de Porres, Lima, Perú.
 (Alt. Av. Antunez de Mayolo con Av. Universitaria)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ADRIANA NATALY PEÑALOZA CHAMBILLA
TEST	: "INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DEL CONCRETO 210 kg/cm ² , 2024"
UBICACIÓN	: LIMA - PERU
Fecha de ensayo:	05/12/2023

MATERIAL : AGREGADO FINO CANTERA : Trapiche

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6602	6703	6712
2	Peso del Molde	g	2363	2383	2383
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4239	4340	4340
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.568	1.572	1.576
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.572		
MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7218	7223	7225
2	Peso del Molde	g	2363	2383	2383
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4855	4860	4862
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.758	1.761	1.762
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.760		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA.

ING. SAR, / MOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974

ING. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 RYG CIP N° 272191

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO (F, G o Gtb)	Código	FOR-LTC-AG-018
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
 ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ADRIANA NATAL Y PEÑALOZA CHAMBILLA
TESIS	: INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DEL CONCRETO 210 kg/m ² , 2024"
UBICACIÓN	: LIMA - PERU Fecha de ensayo: 05/12/2023

MATERIAL : AGREGADO GRUESO CANTERA: AGRECON

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	3048	3048	3048
2	Peso del Molde	g	980	980	980
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	2068	2068	2068
4	Volumen del Molde	cc	1395	1395	1395
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.483	1.479	1.479
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.481		

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	3205	3205	3202
2	Peso del Molde	g	980	980	980
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	2225	2225	2222
4	Volumen del Molde	cc	1395	1395	1395
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.582	1.595	1.583
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.583		

[Firma]
 ING. SARAY MOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP:290974

[Firma]
 ING. VENTURA MAMÁN
 INGENIERO
 REG CIP

se identifica por el solicitante.
 producción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA.
 LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 N° 272191

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe del Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. <i>[Firma]</i> Alejandro Elias Velasco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. <i>[Firma]</i> CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
 ASTM C29

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ADRUANA NATALY PEÑALOZA CHAMBILLA
TESIS	: INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DEL CONCRETO 210 Iglam 2, 2024*
UBICACIÓN	: LIMA - PERU Fecha de ensayo: 05/12/2023

MATERIAL : ESCORIA DE COBRE CANTERA : _____

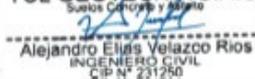
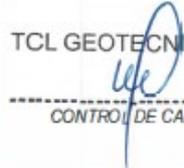
MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7099	7007	7003
2	Peso del Molde	g	2368	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4738	4754	4640
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.736	1.715	1.681
PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO		g/cc	1.704		

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7703	7698	7700
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	5340	5335	5337
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.935	1.933	1.934
PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO		g/cc	1.934		


 ING. OSCAR RAMOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974


 ING. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto  Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

ANEXO 08. Peso Específico



+51 993 376 155
 informes@tclgeotecniasac.com
 www.tclgeotecniasac.com

Mz I2 Lt15 Calle la Madrid,
 Asociación San Francisco de Cayran III etapa
 San Martín de Porres, Lima, Perú.
 (Alt. Av. Antunez de Mayolo con Av. Universitaria)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN A GREGADOS ASTM C128

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: ADRIANA NATALY PEÑALOZA CHAMILLA
TESIS	: "INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO 210 kg/m ² , 2024"
UBICACIÓN	: LIMA - PERU
	Fecha de ensayo: 05/12/2023

MATERIAL : AGRÉGADO FINO CANTERA : Trapiche

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Atrina S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	979.5	983.2	981.4
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón	g	670.1	671.5	670.8
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	309.5	311.7	310.6
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balón	g/ko	661.1	663.2	662.15
5	Peso del Balón N° 2	g/ko	170.1	171.5	170.80
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/ko	491	491.7	491.35
7	Volumen del Balón (V = 500)	cc	495.6	498.1	497.0

RESULTADOS				
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.64	2.64	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cc	2.68	2.68	2.68
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = A/(V-W)/(500-A))	g/cc	2.77	2.76	2.77
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(500-A)/A*100]	%	1.8	1.7	1.8

ING. OSCAR RAMOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974

ING. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-MS-009
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM C127

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : ADRIANA NATAL Y PEÑALOZA CHAMBILLA
TESIS : INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DEL CONCRETO 210 Igcm2, 2024*
UBICACIÓN : LIMA - PERU Fecha de ensayo: 05/12/2023

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA : AGRECON

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	PROMEDIO
1 Peso de la Muestra Sumergida Canastilla A g 2172.0 2214.0 2193.0			
2 Peso muestra Sat. Sup. Seco B g 3458.0 3526.0 3492.0			
3 Peso muestra Seco C g 3432.0 3496.0 3465.0			
4 Peso específico Sat. Sup. Seco = B/B-A g/cc 2.69 2.69 2.69			
5 Peso específico de masa = C/B-A g/cc 2.67 2.67 2.67			
6 Peso específico aparente = C/C-A g/cc 2.72 2.72 2.72			
7 Absorción de agua = ((B - C)/C)*100 % 0.8 0.8 0.8			


 ING. OSCAR RAMOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974


 ING. VENTURA MAMANÁ LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Inge. Concreto / Asfalto  Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 221260 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	TC-TCL

LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS
 ASTM C128

REFERENCIA : Datos de laboratorio	
SOLICITANTE : ADRIANA NATALY PEÑAL OZA CHAMBILLA	
TESIS : INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECANICAS DEL CONCRETO 210 kg/m ³ , 2024*	
UBICACIÓN : LIMA - PERU	Fecha de ensayo: 05/12/2023

MATERIAL : ESCORIA DE COBRE **CANTERA** : ---

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	995.8	996.2	996.0
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón	g	673.5	673.5	673.5
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	322.1	322.7	322.4
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balón	g/oc	670.1	670.1	670.10
5	Peso del Balón N° 2	g/oc	170.1	170.1	170.10
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/oc	500	500	500.00
7	Volumen del Balón (V = 500)	cc	469.3	469.3	469.3

RESULTADOS				
PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	3.40	3.41	3.40
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cc	3.42	3.43	3.43
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = A/(V-W)-(500-A))	g/cc	3.48	3.40	3.48
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(800-A)/A*100]	%	0.7	0.7	0.7


 ING. OSCAR VILLAR VILLAR
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974


 ING. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	TCL GEOTECNIA S.A.C.  Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 491299	TCL GEOTECNIA S.A.C.  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

ANEXO 09. Resistencia a compresión de las probetas de concreto



+51 993 376 155
 informes@tolgeotecniasac.com
 www.tolgeotecniasac.com

Mz I2 Lt15 Calle la Madrid,
 Asociación San Francisco de Cayran III etapa
 San Martín de Porres, Lima, Perú.
 (Alt. Av. Antunez de Mayolo con Av. Universitaria)

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código POB-LAB-CO-009
		Retenido 3
		Aprobado TC-TCL
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - R17P 22624		
TESIS : INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COQUE EN PROPIEDADES MECANICAS DEL CONCRETO 210 kg/cm ² , 2024 SOLICITANTE : ADRIANA NATALY PERALTA CHAMISLA UBICACIÓN : LIMA		
Muestra : Probeta de concreto de 15cm de diámetro x 30 cm de altura Diseño : E-210 kg/cm ² N° Probetas : M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08 y M-09		
		Ensayado por: P. Tarayco C. Fecha de ensayo: 03/01/2024
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - R17P 22624		

A) INFORMACIÓN GENERAL:
 Tipo de ensayo: Múltiple
 Identificación: _____
 Análisis de diseño: 210 kg/cm²
 Velocidad de carga: 2.55 kg/cm²s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACION DE ESPERMIN	FECHA DE VACIO	FECHA DE ROTURA	ESPESES (mm)	LD	AREA (cm ²)	RAZON AREA (kg)	Modo/ Tipo de Falla (1-6)	F.C. (kN)	ESTRÉS (kg/cm ²)	Fu. Bruto (kg/cm ²)	% C
PATRON M01	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	1920.0	3	1.00	201.4	210.0	95.9
PATRON M02	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	15410.0	3	1.00	196.2	210.0	93.4
PATRON M03	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	15710.0	2	1.00	200.0	210.0	95.3
PATRON M04	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	17711.2	2	1.00	225.5	210.0	107.4
PATRON M05	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	1773.5	2	1.00	226.4	210.0	107.3
PATRON M06	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	1751.9	3	1.00	224.0	210.0	106.7
PATRON M07	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	19940.2	4	1.00	253.9	210.0	120.9
PATRON M08	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	20372.6	3	1.00	259.4	210.0	123.5
PATRON M09	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	20135.0	3	1.00	256.4	210.0	122.1

G. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CPN N° 272191

ING. TARAYCO CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP:290974



OBSERVACIONES:
 * El ensayo fue realizado bajo uso de alfileres de neopreno como material referencial.
 * Prohíbese la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización escrita de la Gerencia de Calidad de TCL GEOTECNIA SAC.

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231260 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO	Código	FOR-LAB-CO-008
	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Revisión	3
		Aprobado	TCL-GCL
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C38 - NTP 328.034			
TITULO : INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES RESISTO-MECANICAS DEL CONCRETO 210 MPa/30, 2024* SOLICITANTE : ADRIAN NATALY PERALTA CHAMBLA UBICACIÓN : LIMA			
Muestra : Probetas de concreto de 10cm de diametro x 20cm de altura Diseño : f-c-210 kg/cm ² N° Probetas : M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08 y M-09 Ensayado por: P. Tazayo C. Fecha de ensayo: 03/12/2024			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C38 - NTP 328.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldado
 Distribución: _____
 Resistencia de Diseño: 210 kg/cm²
 Velocidad de carga: 2.50 kg/cm²/s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPERIMENTOS	FECHA DE VIBADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	LD	AREA cm ²	FUERZA MÁXIMA kgf	Modo/Tipo de Falla (1-6)	FC kgf/cm ²	FUERZO kg/cm ²	Fc-Inferior kg/cm ²	S.F.C.
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-01	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	17610.0	4	1.00	224.2	210.0	106.8
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-02	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	17310.0	2	1.00	220.4	210.0	95.0
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-03	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	17730.0	3	1.00	225.7	210.0	107.5
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-04	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	19191.8	3	1.00	244.4	210.0	116.4
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-05	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	19082.2	3	1.00	246.6	210.0	117.4
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-06	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	19809.4	3	1.00	250.7	210.0	119.4
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-07	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	21052.5	3	1.00	271.9	210.0	129.5
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-08	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	21227.1	3	1.00	270.3	210.0	128.7
10% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-09	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	21186.3	3	1.00	269.8	210.0	128.5

G. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191

ING. J. LARÍN MOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP:290974



OBSERVACIONES:

* El ensayo fue realizado haciendo uso de a brochales de neopreno como material de soporte.
 ** Prohibida la reproducción parcial o total de este documento o en su autorización escrita de Área de Calidad de TCL GEOTECNIA SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Eliás Velazco Ríos INGENIERO CIVIL CIP N° 231250 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código FORLAB-CO-006
		Revisión 3
		Aprobado TC-TCL
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - NTP 338.024		
TESIS : INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO 210 (ptm2, 2024) SOLICITANTE : ADVISANA S.A. Y PEÑALOSA CUMBELLA UBICACIÓN : LIMA		
Muestra : Probetas de concreto de 10cm de diámetro x 20 cm de altura Diseño : For 210 según 2 Nº Probetas : M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08 y M-09		
		Elaborado por: P. Taseyan C. Fecha de ensayo: 030 1/2024
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - NTP 338.024		

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldeado
 Destricción: ---
 Resistencia de diseño: 210 kgf/cm²
 Velocidad de carga: 2.55 kgf/cm²s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACIÓN DE ESPERMINES	FOR DE HONDO	FECHA DE FUNDIDA	EDAD EN DÍAS	LB	ÁREA en cm ²	FUERZA MÁXIMA en kgf	Modo / Tipo de Falla (1-6)	FC (kN)	DEFORMACIÓN en mm	Pc (kN/cm ²)	%fc
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-01	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	13700.0	4	1.00	238.1	210.0	113.4
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-02	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	18570.0	3	1.00	236.4	210.0	112.6
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-03	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	18600.0	3	1.00	236.8	210.0	112.8
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-04	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	20404.2	3	1.00	259.8	210.0	123.7
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-05	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	20309.4	3	1.00	258.6	210.0	123.1
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-06	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	20388.9	3	1.00	258.6	210.0	123.6
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-07	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	22741.3	3	1.00	289.6	210.0	137.9
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-08	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	22499.7	3	1.00	286.5	210.0	136.4
20% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-09	6/12/2023	30/1/2024	28	2.0	78.5	22641.4	3	1.00	288.3	210.0	137.3

ING. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CPN N° 272191

ING. OSCAR MOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974



OBSERVACIONES:

- * El ensayo fue realizado haciendo uso de atrilchidras de neopreno como material rebatiente.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de línea de Calidad de TCL GEOTECNIA SAC.

Elaborado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250	Revisado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto y Asfalto Alejandro Elias Velazco Rios INGENIERO CIVIL CIP N° 231250	Aprobado por: TCL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MUESTRAS DE CONCRETO CILÍNDRICO	Código	F08-LAB-00-000
		Revisión	3
		Aprobado	TCL-TCL
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C39 - MTP 338.034			
TESIS : INFLUENCIA POR INCORPORACIÓN DE ESCORIA DE COBRE EN PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO 210 kg/cm ² SOLICITANTE : ADURMA NATAL Y PEÑALOZA OSAMBELLA UBICACIÓN : LIMA			
Muestra : Probetas de concreto de 10 cm de diámetro x 20 cm de altura Diseño : f _c =210 kg/cm ² N° Probetas : M-01, M-02, M-03, M-04, M-05, M-06, M-07, M-08 y M-09 Ensayado por: P. Tasyco C Fecha de ensayo: 03/01/2024			
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C39 - MTP 338.034			

A) INFORMACIÓN GENERAL:

Tipo de muestra: Moldado
 Descripción: _____
 Área Intencional de ensayo: 210 kg/cm²
 Velocidad de carga: 2,55 kg/cm²s

B) ENSAYO DE COMPRESIÓN:

IDENTIFICACION DE MUESTRA	FECHA DE VACADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DIAS	LE	AREA cm ²	RESERVA MUESTRAS kgf	Modo (Tipo de Falla (1-6))	F.C. (kN)	ESFUERZO kg/cm ²	F. Última kg/cm ²	f _c
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-01	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	19470.0	3	1.00	247.9	210.0	118.0
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-02	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	19220.0	2	1.00	244.7	210.0	116.5
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-03	6/12/2023	13/12/2023	7	2.0	78.5	19820.0	3	1.00	252.4	210.0	120.2
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-04	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	22328.4	3	1.00	284.3	210.0	135.4
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-05	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	22044.9	3	1.00	280.7	210.0	133.7
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-06	6/12/2023	20/12/2023	14	2.0	78.5	22133.6	3	1.00	281.8	210.0	134.2
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-07	6/12/2023	3/01/2024	28	2.0	78.5	24926.6	2	1.00	317.4	210.0	151.1
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-08	6/12/2023	3/01/2024	28	2.0	78.5	24654.5	3	1.00	314.0	210.0	149.5
30% Escoria de cobre en reemplazo al A.F. M-09	6/12/2023	3/01/2024	28	2.0	78.5	24789.9	3	1.00	315.6	210.0	150.3

G. VENTURA MAMANI LEONEL
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 272191

ING. FARID MOS CALLE
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 290974



OBSERVACIONES:

- * El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material rellentante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de TCL GEOTECNIA SAC

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe del Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad TCL GEOTECNIA

ANEXO 10. Validación de resultados

Se analizó el impacto que tiene la inclusión de CS sobre el concreto patrón en 3 proporciones diferentes (10%, 20% y 30%) midiéndose la resistencia del concreto luego de 7, 14 y 28 días de curado respectivamente. Con dicho propósito se aplicó un ANOVA mixto (en RStudio) en donde el diseño de concreto presenta efecto fijo y los diferentes diseños que se prepararon para los efectos aleatorios, encontrándose efectos significativos (Keselman, 1998). Asimismo, se aplicaron las pruebas de comparación de Tukey (Mallows, 1991) identificándose una mayor $f'c$ promedio en el diseño con 30% de CS con respecto diseño patrón.

1. Visualización de datos

El gráfico de interacción muestra que, a mayor tiempo de curado, la $f'c$ es mayor. Asimismo, se observa de acuerdo con la edad se encuentra mayores valores de $f'c$ en el diseño de concreto con CS al 30%. Por último, puesto que las líneas no son paralelas exista posiblemente un efecto de interacción entre el diseño de concreto y los días de curado.

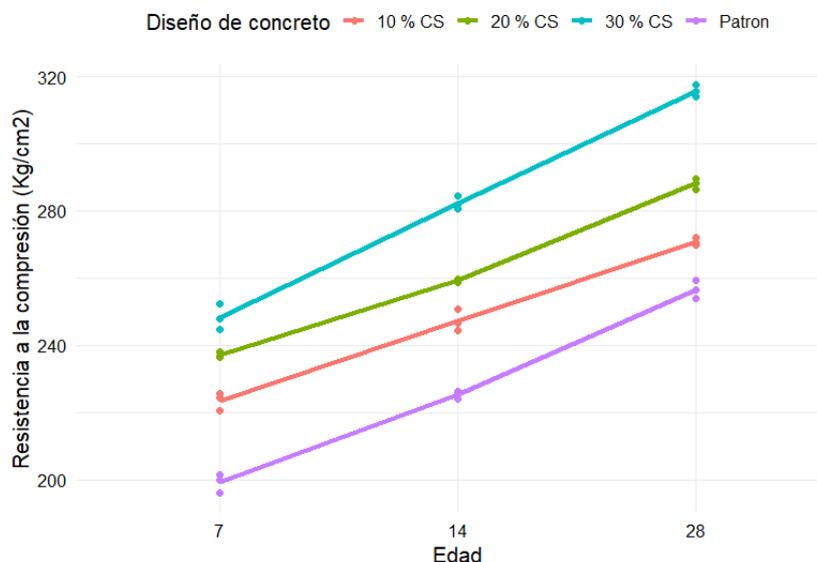


Figure 7. Gráfico de interacción promedio (RStudio). Elaboración propia.

2. Verificación de supuestos

Líneas abajo, se evalúan supuestos para el uso de la prueba ANOVA Mixto.

- **Normalidad de datos**

Se aplicó la prueba de Shapiro (Zach. 2020) para evaluar que los datos de la f'c se ajustan a una distribución Normal. Dicho supuesto debe verificarse ya que la prueba de ANOVA emplea el estadístico F, el cual se basa en la distribución Normal.

De acuerdo con los resultados, las pruebas de Shapiro aplicadas resultan No significativas (valor p mayores a 0.05 en todos los casos), es decir, los hallazgos de f'c en todos los diseños y en todas las edades en que se aplicó las pruebas de f'c se ajustan a una distribución Normal.

Tabla 9. Resultados de RStudio. Prueba de Shapiro. Elaboración propia

```
> datos %>%
+   group_by(Edad, Diseno) %>%
+   shapiro_test(Resistencia)
```

ID	Diseño	Edad	variable	statistic	p
1	10 % CS	7	Resistencia	0.941	0.531
2	20 % CS	7	Resistencia	0.915	0.433
3	30 % CS	7	Resistencia	0.991	0.814
4	Patron	7	Resistencia	0.934	0.503
5	10 % CS	14	Resistencia	0.971	0.671
6	20 % CS	14	Resistencia	0.871	0.298
7	30 % CS	14	Resistencia	0.952	0.578
8	Patron	14	Resistencia	0.980	0.726
9	10 % CS	28	Resistencia	0.916	0.439
10	20 % CS	28	Resistencia	0.991	0.823
11	30 % CS	28	Resistencia	0.999	0.935
12	Patron	28	Resistencia	0.997	0.900

- Homocedasticidad

Se aplicó la prueba de Levene (IBM Documentation, 2023) para determinar si la variabilidad de la f'c en los diseños aplicados, es homogénea. Dicho supuesto debe verificarse ya que permite analizar exclusivamente el efecto de los diseños.

De acuerdo, con los resultados, las pruebas de Levene aplicadas resultan

No significativas (valores p mayores a 0.05), es decir, la variabilidad de la f'c es similar en la totalidad los diseños de concreto aplicados independientemente en cada edad de rotura.

Tabla 10. Resultados de RStudio. Test de Levene. Elaboración propia

```
> datos %>%
+   group_by(Edad) %>%
+   levene_test(Resistencia ~ Diseno)
```

ID	Edad	df1	df2	statistic	p
1	7	3	8	0.618	0.623
2	14	3	8	0.958	0.458
3	28	3	8	0.535	0.671

Luego, se empleó el test de Box para verificar homogeneidad de matrices de varianza covarianzas. Esta prueba permite validar que la variabilidad sea similar a lo largo del tiempo.

Tabla 11. Resultados de RStudio. Test de Levene. Elaboración propia

```
> box_m(datos[, "Resistencia", drop = FALSE], datos$Diseno)
```

ID	statistic	p.value	parameter	method			
1	1.1	0.778	3	Box's M-test for Homogeneity	of	Covariance	Matrices

La prueba de Box resulta no significativa (valor p mayor a 0.05), es decir, la variabilidad de los datos de la f'c es similar en las diferentes edades de rotura.

- Esfericidad

Se empleó la prueba de Mauchly (Alonso, 2022) para verificar el principio de Esfericidad. Dicho principio implica que diferencias de varianza entre todas las posibles combinaciones de grupos (niveles) interrelacionados, son iguales en el tiempo. Si no se cumpliera dicho supuesto el valor del estadístico F estaría sobre estimado por lo que sería necesario realizar la corrección o ajuste como es Greenhouse–Geisser. La prueba resulta no significativa, es decir, se cumple el supuesto de Esfericidad.

Tabla 12. Resultados de RStudio. Prueba de Mauchly. Elaboración propia

```
> # ANOVA MIXTO
> res.aov <- anova_test(
+   data = datos, dv = Resistencia, wid = ID,
+   between = Diseno, within = Edad
+ )
> res.aov
```

\$`Mauchly's`	Test	for	Sphericity`	
	Effect	W	p	p<.05
1	Edad	0.842	0.547	
2	Diseno:Edad	0.842	0.547	

- Valores atípicos

Por último, se el criterio de Tukey (Lifeder, 2022) para identificar posibles valores atípicos. como muestra el resultado no hay ningún valor atípico dentro de diseño y en la medición realizada con respecto a las edades del diseño del concreto.

Tabla 13. Resultados de RStudio. Criterio de Tukey – V.A. Elaboración propia

```
> datos %>%
+   group_by(Edad, Diseno) %>%
+   identify_outliers(Resistencia)
[1] Diseno      Edad      Resistencia ID      is.outlier is.extreme
<0 rows> (or 0-length row.names)
```

- Evaluación del diseño

Una vez verificado los supuestos se procedió aplicar el ANOVA mixto (Borda, 2018), el cual permitió analizar el efecto fijo del tipo de diseño de concreto empleado y controlar el efecto aleatorio de las muestras puestos que se emplearon muestras diferentes para cada diseño de concreto.

La prueba de ANOVA (St»hle, 1989) resultó significativa, es decir, algún diseño de concreto genera un efecto promedio distinto al resto. Asimismo, puesto que el indicador ges (Eta generalizado) es próximo a 1, evidencia que los diseños aplicados permiten explicar el 99.2% de variabilidad de f´c de los diseños de concreto. Esto conllevó a emplear pruebas de comparación para determinar cuál es aquel diseño que permite obtener un mejor promedio de

f'c.

Tabla 14. Resultados de RStudio. ANOVA mixto. Elaboración propia

```
> get_anova_table(res.aov)
ANOVA Table (type II tests)
```

ANOVA Table (type	II tests)					
Effect	DFn	DFd	F	p	p<.05	ges
Diseno	3	8	891,734	1.94E-10	*	0.992
Edad	2	16	1,950,145	7.76E-20	*	0.994
Diseno:Edad	6	16	12,815	2.50E-05	*	0.754

El test de ANOVA también nos ayuda contrastar las siguientes hipótesis para evaluar el efecto del tiempo de curado:

$$H_0 = \mu_{7 \text{ días}} = \mu_{14 \text{ días}} = \mu_{28 \text{ días}}$$

$$H_1 = \text{Al menos un } \mu_i \text{ es diferente a los demás}$$

La prueba de ANOVA resulta significativa, es decir, de acuerdo con la edad en el que se realizaron las roturas de probeta se obtuvieron resistencia promedio distinto al resto. Asimismo, el indicador ges (Eta generalizado) es próximo a 1, evidencia que el tiempo de curado permite explicar el 99.4% de variabilidad de las f'c de los diseños de concreto. Para validar el efecto del tipo de concreto según fases de medición se aplicó ANOVA de una vía con respecto a la Edad en que se efectuó la prueba de rotura de probeta. Dicha prueba contrasta las siguientes hipótesis:

$$H_0 = \mu_{patrón;k \text{ día}} = \mu_{10\%;k \text{ día}} = \mu_{20\%;k \text{ día}} = \mu_{30\%;k \text{ día}}$$

$$H_1 = \text{Al menos un } \mu_{i;k \text{ día}} \text{ es diferente a los demás}$$

Las pruebas aplicadas resultan todas significativas (valores p menores a 0.05) para los días en cuestión, es decir, existe algún diseño empleado con efecto diferente (significativo) a los demás sin importar la edad.

Tabla 15. Resultados de RStudio. ANOVA una vía Edad-Diseño. Elaboración propia

```

> # Effect of group at each time point
> comp <- datos %>%
+   group_by(Edad) %>%
+   anova_test(dv = Resistencia, wid = ID, between = Diseno) %>%
+   get_anova_table()
> comp

```

	Edad	Effect	DFn	DFd	F	p	`p<.05`	ges	p. adj
1	7	Diseno	3	8	176	0.00000012000	*	0.985	0.00000036000
2	14	Diseno	3	8	437	0.00000000331	*	0.994	0.00000000993
3	28	Diseno	3	8	551	0.00000000132	*	0.995	0.00000000396

Para identificar cual es diseño de concreto el que optimiza la resistencia de concreto, se empleó la prueba de Tukey (Mallows, 1991). Dicha prueba realiza todas las comparaciones por parejas posibles a diferentes edades.

$$H_0 = \mu_i = \mu_j$$

$$H_1 = \mu_i \neq \mu_j$$

Como se muestra en los resultados al realizar las comparaciones de par en par posibles, se encuentra diferencias significativas (valores p menores a 0.05), es decir, existen diferentes efectos por parte de los diseños de concreto.

Tabla 16. Resultados de RStudio. Comparaciones Tukey – Diseño. Elaboración propia

```

> pairs(emm2.sme, adjust="tukey")

```

Edad = X7:					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
10 % CS - 20 % CS	-13.7	2.25	8	-6.066	0.0014
10 % CS - 30 % CS	-24.9	2.25	8	-11.052	<.0001
10 % CS - Patron	24.2	2.25	8	10.756	<.0001
20 % CS - 30 % CS	-11.2	2.25	8	-4.986	0.0047
20 % CS - Patron	37.9	2.25	8	16.822	<.0001
30 % CS - Patron	49.1	2.25	8	21.808	<.0001
Edad = X14:					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
10 % CS - 20 % CS	-12.1	1.61	8	-7.526	0.0003

10 % CS - 30 % CS	-35	1.61	8	-21.79	<.0001
10 % CS - Patron	21.9	1.61	8	13.642	<.0001
20 % CS - 30 % CS	-22.9	1.61	8	-14.264	<.0001
20 % CS - Patron	34	1.61	8	21.168	<.0001
30 % CS - Patron	57	1.61	8	35.432	<.0001
Edad = X28:					
contrast	estimate	SE	df	t.ratio	p.value
10 % CS - 20 % CS	-17.5	1.53	8	-11.393	<.0001
10 % CS - 30 % CS	-45	1.53	8	-29.351	<.0001
10 % CS - Patron	14.1	1.53	8	9.197	0.0001
20 % CS - 30 % CS	-27.5	1.53	8	-17.959	<.0001
20 % CS - Patron	31.6	1.53	8	20.589	<.0001
30 % CS - Patron	59.1	1.53	8	38.548	<.0001

Con el propósito de comprender cuál es el mejor diseño se aplicó la estrategia de Pantalla de Letras Compactas (CLD). Esto permite encontrar qué diseños presentan un efecto similar al compartir una misma letra. Aquel o aquellos diseños de concreto que presenten menor efecto pertenecerán al grupo de la letra “a”, quienes pertenezca a la letra “b” presentar un efecto superior inmediato; así hasta encontrar aquellos diseños con mayor efecto los cuales pertenecerán al grupo de la letra “d”.

De acuerdo con los resultados se aprecia que el orden de los efectos sobre la f’c a un nivel de significancia se encuentra en el orden siguiente: Diseño patrón < Diseño con CS al 10% < Diseño con CS al 20% < Diseño con CV al 30%.

Tabla 17. Resultados de RStudio. Agrupación CLD. Elaboración propia

```
> cld(emm2.sme, adjust="tukey", Letter = letters)
```

Edad = X7:						
Diseño	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
Patron	199	1.59	8	194	204	a
10 % CS	223	1.59	8	218	229	b

20 % CS	237	1.59	8	232	242	c
30 % CS	248	1.59	8	243	253	d
Edad = X14:						
Diseño	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
Patron	225	1.14	8	222	229	a
10 % CS	247	1.14	8	244	251	b
20 % CS	259	1.14	8	256	263	c
30 % CS	282	1.14	8	279	286	d
Edad = X28:						
Diseño	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
Patron	257	1.08	8	253	260	a
10 % CS	271	1.08	8	267	274	b
20 % CS	288	1.08	8	285	292	c
30 % CS	316	1.08	8	312	319	d

Por último, se realizó el ANOVA de una vía para identificar si existen diferencias respecto a las edades de rotura de probetas. Para ello se contrastó las siguientes hipótesis:

$$H_0 = \mu_{7 \text{ días};k \text{ diseño}} = \mu_{14 \text{ días};k \text{ diseño}} = \mu_{28 \text{ días};k \text{ diseño}}$$

$$H_1 = \text{Al menos un } \mu_{i;k \text{ diseño}} \text{ es diferente a los demás}$$

Las pruebas aplicadas resultan todas significativas (valores p menores a 0.05) para los diseños en cuestión, es decir, existe algún día empleado con efecto diferente a los demás sin importar el diseño de concreto empleado.

Tabla 18. Resultados de RStudio. ANOVA una vía Diseño - Edad. Elaboración propia

```
> one.way2 <- datos %>%
+   group_by(Diseño) %>%
+   anova_test(dv = Resistencia, wid = ID, within = Edad) %>%
+   get_anova_table() %>%
+   adjust_pvalue(method = "bonferroni")
> one.way2
```

	Diseño	Effect	DFn	DFd	F	p	`p<.05`	ges	p.adj
1	10 % CS	Edad	2	4	276	0.0000517	*	0.989	0.0002070
2	20 % CS	Edad	2	4	6313	0.0000001	*	0.998	0.0000004

3	30 % CS	Edad	1	2	718	0.0010000	*	0.994	0.0040000
4	Patron	Edad	2	4	308	0.0000416	*	0.993	0.0001660

Por último, al realizar las comparaciones de Tukey (Mallows, 1991) y aplicar la estrategia de Pantalla de Letras Compactas (CLD) se encuentra que a un 5% de significación a los 28 días se logra una mayor resistencia promedio.

Tabla 19. Resultados de RStudio. Comparaciones Tukey – CLD - Edad.

Elaboración propia

`> cld(emm1.sme, Letter = letters)`

Diseño = 10% CS:						
Edad	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
X7	223	1.59	8	220	227	a
X14	247	1.14	8	245	250	b
X28	271	1.08	8	268	273	c
Diseño = 20% CS:						
Edad	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
X7	237	1.59	8	233	241	a
X14	259	1.14	8	257	262	b
X28	288	1.08	8	286	291	c
Diseño = 30% CS:						
Edad	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
X7	248	1.59	8	245	252	a
X14	282	1.14	8	280	285	b
X28	316	1.08	8	313	318	c
Diseño = Patrón						
Edad	emmean	SE	df	lower.CL	upper.CL	.group
X7	199	1.59	8	196	203	a
X14	225	1.14	8	223	228	b
X28	257	1.08	8	254	259	c

ANEXO 11. Panel fotográfico



Figura 01. Ubicación de la escoria de cobre. Fuente Google Earth (Coordenadas 11°32'20"S 75°53'34"W) Altitud 3,740 m.s.n.m.



Figura 02. Escoria de cobre con vistas a la ex - Fundición de la DOE RUN PERÚ



Figura 03. Escoria de cobre de la ex Fundición DOE RUN PERÚ con vista el acceso de la Carretera Central La Oroya - Huancayo



Figura 04. Recepción de la escoria de cobre – Lima Perú



Figura 05. Ensayos a los agregados – Laboratorio TCL Geotecnia SAC - Lima Perú



Figura 06. Ensayos a los agregados – Laboratorio TCL Geotecnia SAC - Lima Perú



Figura 07. Ensayos a los agregados – Horno de secado – Laboratorio TCL Geotecnia SAC - Lima Perú.



Figura 08. Ensayos de peso unitario a la escoria de cobre



Figura 09. Ensayos de peso unitario a la escoria de cobre



Figura 10. Preparación del concreto con incorporación de escoria

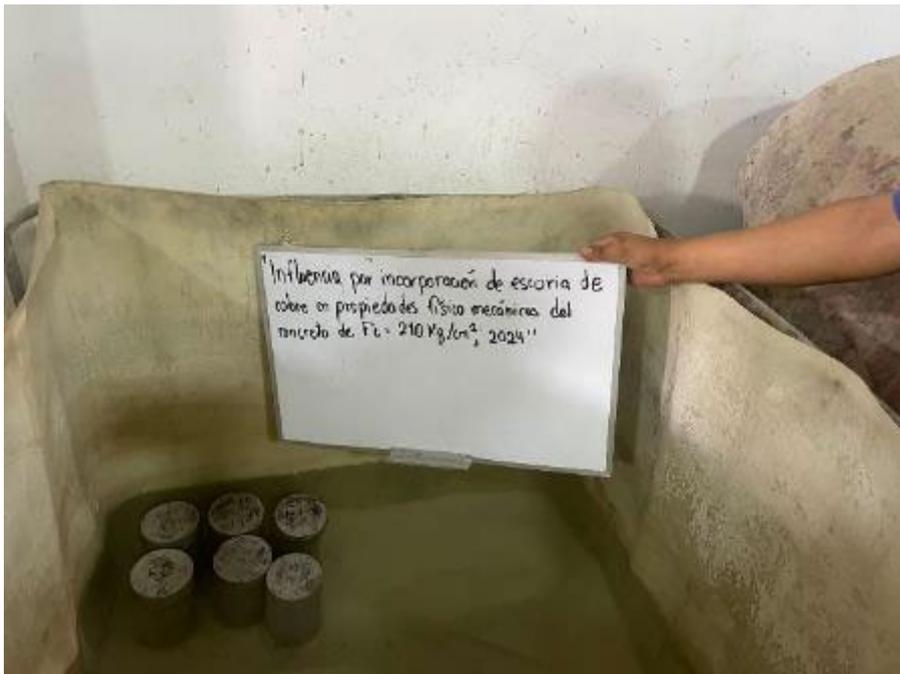


Figura 11. Curado de las probetas de concreto



Figura 12. Ensayos de rotura para determinar la compresión del concreto



Figura 13. Ensayos de rotura para determinar la compresión del concreto

ANEXO 12. Turnitin

Adriana Peñaloza_antiplagio_15.07(1).docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13 %	12 %	1 %	5 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2 %
4	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
5	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
6	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
7	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
8	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato- Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %

9	wpd.ugr.es Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1 %
11	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
12	www.ieepuebla.org.mx Fuente de Internet	<1 %
13	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	www.flacsoandes.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado