



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA PARA CAMINOS
RURALES EN ZONAS MINERAS**

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Palacios Retuerto, José Rolando

Asesor:

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo

ORCID: 0000-0001-8625-3989

Jurado:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique

Madrid Saldaña, Cesar Karlo

Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Lima - Perú

2024



“DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS”

ORIGINALITY REPORT

28%

SIMILARITY INDEX

27%

INTERNET SOURCES

2%

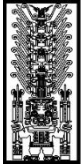
PUBLICATIONS

13%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	hdl.handle.net Internet Source	8%
2	repositorio.urp.edu.pe Internet Source	3%
3	html.pdfcookie.com Internet Source	1%
4	repositorio.undac.edu.pe Internet Source	1%
5	www.coursehero.com Internet Source	1%
6	docslide.us Internet Source	1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Student Paper	1%
8	Submitted to Universidad Continental Student Paper	1%
9	upc.aws.openrepository.com Internet Source	<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA CAMINOS
RURALES EN ZONAS MINERAS**

Linea de Investigacion:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Palacios Retuerto, José Rolando

Asesor:

Aybar Arriola, Gustavo Adolfo
ORCID: 0000-0001-8625-3989

Jurado:

Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique
Madrid Saldaña, Cesar Karlo
Ayquipa Quispe, Evelyn Estefany

Lima - Perú

2024

Dedicatoria

A mi familia nuclear por apoyarme en todo momento de mi vida escolar y universitaria, a mi hermano que me dio su apoyo moral en momentos complicados.

Agradecimiento

En primer lugar, a nuestro padre santo quien me guio en todo momento y me dio fortaleza para nunca desistir de mis objetivos y sueños, a mi familia por su apoyo infinito. Y a los verdaderos amigos que confiaron en mi persona, a la plana docente en general de la UNFV por haberme brindado los conocimientos y el apoyo necesario para poder culminar el presente trabajo de investigación.

Índice

Resumen.....	8
Abstract.....	9
I. Introducción.....	10
1.1. Descripción y formulación del problema.....	11
1.2. Antecedentes	13
1.3. Objetivos	17
- Objetivo general	17
- Objetivos específicos.....	17
1.4. Justificación	17
1.5. Hipótesis	18
II. Marco teórico	19
2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación	19
III. Método de la investigación.....	36
3.1. Tipo de investigación.....	36
3.2. Ámbito temporal y espacial	36
3.3. Variables	36
3.4. Población y Muestra	37
3.5. Instrumentos.....	38
3.6. Procedimientos.....	39
3.7. Análisis de datos	39
IV. Resultados.....	41
V. Discusión de resultados.....	59
VI. Conclusiones.....	61
VII. Recomendaciones.....	63
VIII. Referencias.....	64

IX. Anexos..... 67

Índice de figuras

Figura 1: Procesos del relave	20
Figura 2: Caracterización química de un relave	22
Figura 3: Proporcionalidad del diseño con relave.....	37
Figura 4: Molde para ensayo de asentamiento (NTP 339.035:2009).....	42
Figura 5: Esquema de los patrones (NTP 339.034:2015).....	43
Figura 6: Molde cilindrico	44
Figura 7: Moldes para bloques.....	46
Figura 8: Medidas modulares.....	47
Figura 9: Paño con 400 bloques y detalle entre paños.....	48
Figura 10: Propuesta de tendido de bloques	62

Índice de tablas

Tabla 1: Producción minera nacional, de enero a julio del 2022 (toneladas)	12
Tabla 2: Granulometría: Porcentaje de paso que determina la calidad del material	24
Tabla 3: Volumen unitario de agua.....	28
Tabla 4: Contenido de aire atrapado	29
Tabla 5: Contenido de aire incorporado.....	29
Tabla 6: Relación de agua – cemento de diseño en peso	30
Tabla 7: Módulo de fineza de la combinación de agregados	31
Tabla 8: Volumen de agregado grueso por unidades de volumen de concreto.	32
Tabla 9: Porcentaje de agregado fino (método Walker)	33
Tabla 10: Proporcionalidad del diseño SIN RELAVE	34
Tabla 11: Operacionalización de la variable.....	35
Tabla 12: Cuadro de datos de resistencia a la compresión de las muestras	53
Tabla 13: Medidas de los tratamientos	54
Tabla 14: Resumen de ANOVA	56
Tabla 15: Diseño de mezcla de concreto ACI - 211	57
Tabla 16: Resultados de las proporciones de concreto	58

RESUMEN

El proyecto busca diseñar un bloque ecológico de concreto utilizando relave minero con una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, destinado a mejorar el transporte en comunidades cercanas a minas. La investigación es explorativa, descriptiva y explicativa, con enfoque cuantitativo y método deductivo, manipulando porcentajes de relave en el concreto y evaluando su influencia en la resistencia. Se realizaron pruebas de humedad en agregado fino (4.00%), agregado grueso (2.25%) y relave minero (0.51%). El análisis granulométrico del agregado fino mostró un módulo de finura de 2.81, cumpliendo con la norma NTP 400.037, al igual que el porcentaje de paso. El relave minero presentó un módulo de finura de 2.68, lo cual, aunque menor que el de la arena, no afectó su uso como reemplazo parcial del agregado fino. El diseño óptimo se logró con un 50% de relave, usando la proporción 1 (cemento), 0.94 (arena gruesa), 0.94 (relave), 2.91 (agregado grueso) y 22.24 (agua). La investigación concluye que los bloques de relave pueden mejorar la estabilidad y resistencia de caminos rurales, especialmente en áreas con riesgo de deslizamientos. Además, estos bloques permiten reutilizar materiales de desecho de la industria minera, proporcionando una solución sostenible para la infraestructura vial rural.

Palabras clave: bloque de concreto, relave minero, caminos rurales.

ABSTRACT

The project seeks to design an ecological concrete block using mine tailings with a compressive strength of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, intended to improve transportation in communities near mines. The research is exploratory, descriptive and explanatory, with a quantitative approach and deductive method, manipulating tailings percentages in the concrete and evaluating their influence on strength. Moisture tests were carried out on fine aggregate (4.00%), coarse aggregate (2.25%) and mining tailings (0.51%). The granulometric analysis of the fine aggregate showed a fineness modulus of 2.81, complying with NTP 400.037, as did the percentage of passage. The mining tailings had a fineness modulus of 2.68, which, although lower than that of the sand, did not affect its use as a partial replacement of the fine aggregate. The optimum design was achieved with 50% tailings, using the proportion 1 (cement), 0.94 (coarse sand), 0.94 (tailings), 2.91 (coarse aggregate) and 22.24 (water). The research concludes that tailings blocks can improve the stability and strength of rural roads, especially in areas at risk of landslides. In addition, these blocks allow the reuse of waste materials from the mining industry, providing a sustainable solution for rural road infrastructure.

Keywords: concrete block, mining tailings, rural roads

I. INTRODUCCIÓN

El Perú es un país minero cuya economía depende de ella. En las minas, la extracción de los minerales consiste en cavar y tener menas que son minerales del que se puede extraer un metal, por contenerlo en cantidad necesaria para ser aprovechado. Precisando, un mineral es mena de un metal cuando, mediante minería, es posible extraer ese mineral de un yacimiento para después, mediante un proceso de metalurgia, obtener el metal de ese mineral. La mena contiene el metal que se quiere obtener y para conseguirlo, este, debe ser tratado con sustancias químicas, dependiendo del metal a conseguir. Esta acción nos conduce a la concentración de minerales, es decir, separarlas teniendo como consecuencia la formación de los relaves.

Estos son llevados y se almacenan en depósitos, donde los minerales se van decantando lentamente en el fondo y el agua es recuperada mayoritariamente, y otra parte se evapora. Los minerales se estratifican como materiales sólidos finos. Las malas prácticas en el manejo de relaves y las lluvias son las causas de filtraciones hacia el suelo contaminando las napas subterráneas, ya que su almacen de estos, es la única opción. Luego tenemos que buscar cómo reutilizar estos residuos para reducir su impacto ambiental y así generar ingresos. En la minería algunos materiales metálicos extraídos de la tierra se reutilizan y otros se desechan, lo que tiene un grave impacto en el medio ambiente.

Una de las formas de reutilización es el diseño de bloques de relaves, especialmente para caminos rurales, que permita reducir la cantidad de toneladas de relaves. Esta investigación consiste en desarrollar: Capítulo I: Descripción del problema, donde se explica la contaminación del ambiente causada por las malas prácticas en el tratamiento de las menas que podría originar contaminación de las napas freáticas. Capítulo II: Marco teórico, consistente en la explicación de la evolución del objeto de estudio, de las bases teóricas que fundamentan la investigación y las

definiciones de los términos básicos. Capítulo III: consiste en la formulación del diseño y enfoque de la investigación, así como la metodología a seguir, procedimientos e instrumentos de levantamiento de información. Capítulo IV: consiste en colocar los resultados y, después de analizarlos y compararlos con los antecedentes, obtener las conclusiones.

1.1. Descripción y formulación del problema

Se han hecho muchos estudios sobre los relaves de las minas y, para efectos de planteamiento de esta investigación, se hace necesario precisar que el relave de minería no es un residuo tóxico, sino fundamentalmente roca molida y agua, por lo que no es considerado un material tóxico. Esta toxicidad se hace notoria más tarde cuando ciertos residuos reaccionan con el agua para disolver las toxinas y son transportados disueltos en agua.

Desde hace algunas décadas las universidades han manifestado su preocupación por resolver el problema de los relaves en lo referente a la contaminación que esto conlleva, proponiendo proyectos desde el lado ambiental (Barranzuela, 2017).

“En Perú, 150 empresas mineras producen casi 900 millones de toneladas de desechos mineros al año. Éstos deben ser trasladados o recuperados para reducir su impacto en el medio ambiente y posibilitar su uso adecuado, lo que contribuye a mejorar las condiciones de vida de la población” (Saldaña, 2010, p. 89).

Estos relaves son almacenados en depósitos para satisfacer exigencias legales nacionales, con el objeto de aislarlos completamente del ecosistema circundante, pero, ¿Qué hacer con las toneladas de residuos que ocasionan las minas? ¿Cómo evitar la contaminación ambiental ante el peligro latente del relave almacenado?

Los tesisistas de los diferentes grados académicos están contribuyendo a la solución de este problema y han hecho propuestas como diseñar ladrillos, bloques y placas que sirvan como

muros portantes, adoquines, etc. con la finalidad de reutilizarlos de diferentes maneras y con ello, minimizar los residuos mineros. Estos diseños sólo han sido propuestos, pero, no se han puesto en práctica.

Tabla 1

Producción minera nacional, de enero a julio del 2022 (toneladas)

Metales	Producción Minera Nacional
Arsénico	13,474.1
Cadmio	162.2
Cobre	493,896.9
Estaño	16,560.0
Hierro	7,243,970.8
Manganeso	568.6
Molibdeno	18,429.1
Oro	54,239,163.6
Plata	1,745,874.0
Plomo	145,212.0
Zinc	779,866.9
TOTAL	64,697,178.20

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2022

Sólo en medio año se ha producido más de 64 millones de toneladas de metales, lo que nos dice que para obtenerla se ha tenido que perforar y moler rocas originando los desechos conocidos como relave que, obviamente, es mucho mayor.

1.1.1 Problema general

¿De qué manera un bloque ecológico, diseñado con relave de minerales, influye en la solución del transporte entre los pueblos aledaños de las minas?

1.1.2 Problemas específicos

¿Cómo un bloque ecológico, elaborado con concreto y relave de las minas, contribuye en la solución de caminos rurales?

¿De qué manera un bloque ecológico, elaborado con concreto y relave de las minas contribuyen en la solución de caminos urbanos?

1.2. Antecedentes

1.2.1. En el ámbito nacional

El estudio de Mercado et al. (2019) en Trujillo el objetivo fue evaluar cómo diferentes proporciones de residuos mineros afectan la resistencia a la compresión de bloques de hormigón ensamblado con el fin de reducir la contaminación ambiental. Se recolectaron residuos mineros de Minera Quiruvilca y áridos de la cantera San Martín S.A. Ya usado. Se utilizó un enfoque de investigación probabilístico y los datos se recopilaban mediante observación. Se propuso la sustitución de diversas proporciones de agregado fino por relaves mineros y se realizaron pruebas de caracterización. El diseño óptimo se encontró reemplazando el 50% del agregado fino por relaves de mina y logró un valor de resistencia promedio de 151,41 kg/cm² después de 28 días. Cuando se fabricaron bloques de hormigón con esta proporción y se comparó su resistencia con bloques estándar, la resistencia promedio fue de 83,10 kg/cm². En resumen, la adición de residuos mineros tuvo un efecto positivo sobre la resistencia a la compresión del hormigón.

El estudio de Gutiérrez y Silvana (2022) en Piura el objetivo es demostrar que el uso de relaves en la producción de ladrillos mecanizados y/o artesanales cumple con las normas técnicas peruanas y otras para su aplicación en la construcción de muros y pisos. Se realizan pruebas para determinar la proporción de materias primas y se proponen soluciones a los problemas ambientales de los tranques de relaves en las operaciones mineras. El estudio se realizó en la planta de fundición de PROSUYO S.A. llevado a cabo. Utiliza un proceso para concentrar minerales de oro mediante medición gravimétrica y flotación. El residuo resultante se utiliza como materia prima para la producción de bloques de hormigón sin problemas de toxicidad.

La investigación de Jove y Mamani (2022) en Puno el objetivo es utilizar residuos no tóxicos como aditivos en la producción de materiales de pavimentación de hormigón para solucionar problemas medioambientales. Se realizaron pruebas de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas y físicas del concreto al agregarle residuos mineros. Luego de 28 días se logró un buen diseño promedio que cumplió con los criterios establecidos. Se concluyó que la producción de adoquines de concreto con un 10% de adición residual es estructuralmente confiable y económicamente viable.

La investigación de Huerta y León (2021) en Huaraz el objetivo es analizar la influencia de los residuos mineros en la resistencia a la compresión de hormigones $f'c=210$ kg/cm² en los que se reemplaza árido fino por diferentes proporciones de residuos. Utilizando métodos experimentales, se encontró que los relaves mineros son un material alternativo que puede ser utilizado en la producción de concreto, y su uso tiene un impacto positivo en la resistencia a la compresión dentro de un rango aceptable.

La investigación de Romero y Salinas (2020) en Arequipa se centra en estudios experimentales de pavimentos de hormigón Tipo II utilizando relaves mineros. Se analizó el

impacto contra el medio ambiente de los relaves mineros y se propuso incluir relaves en lugar de agregado fino en la formulación de los adoquines. Se han realizado pruebas de laboratorio y se ha comprobado que con la adición de menos del 10% de residuos mineros se logran resistencias superiores a las requeridas por las normas. Además, se realizó un análisis de costos unitarios para demostrar la factibilidad de utilizar el residuo en adoquines de concreto.

1.2.2 En el ámbito internacional

El estudio realizado por Loyola et al. (2019) en Ecuador se enfoca en la elaboración de bloques de construcción utilizando relaves mineros y desechos de obras de cemento Portland, con el objetivo de proporcionar una alternativa de solución para la construcción de viviendas. El proyecto se basa en la responsabilidad social, ética y ecológica que debe seguir la industria de la construcción para contribuir al bienestar en el diseño y construcción de viviendas en Ecuador, teniendo en cuenta los desechos que impactan negativamente en el medio ambiente.

El estudio llevado a cabo por Huerta y León (2020) en Ecuador se centra en el desarrollo de adoquines utilizando los relaves de la empresa minera "Agro-Industrial El Corazón". Se realizaron análisis físico-mineralógicos y químicos para determinar la idoneidad del relave como agregado en la producción de adoquines. Los resultados mostraron que los relaves son adecuados como agregados, y se realizaron prototipos para determinar la dosificación óptima y cumplir con la normativa INEN 3040. Se calculó que se podrían fabricar 322,325 adoquines tipo centauro, cubriendo un área de 7,325.6 m² y generando un ahorro aproximado de USD 95,000 para Agroindustrial El Corazón. También se realizaron categorizaciones de los impactos del proyecto propuesto.

En el estudio de Li (2018), se investigan las propiedades y los mecanismos de formación de los ladrillos ecológicos fabricados con relaves de mineral de hierro de bajo contenido de sílice.

El aumento en la cantidad de relaves generados por la fundición de mineral de hierro representa una amenaza ecológica para el suelo y el agua. Este estudio explora la utilización de relaves de mineral de hierro para fabricar ladrillos ecológicos, satisfaciendo la demanda de materiales de construcción y reduciendo la amenaza ecológica. Se analizó el efecto del agente impermeabilizante en la resistencia y se estudiaron la composición, estructura química y microestructura de los productos mediante diversas técnicas.

Los análisis revelan que el gel disilicato de calcio hidratado y la ettringita formados durante el proceso de curado actúan como aglutinantes fuertes. La resistencia al agua y a la compresión del producto alcanzaron su máximo cuando el agente impermeabilizante y de curado se utilizaron en una proporción del 0.3% en peso, con una temperatura de curado inicial de 60 °C. Después de un período de curado de 28 días, la resistencia a la compresión y a la compresión saturada de los ladrillos alcanzaron los valores óptimos de 27.2 MPa y 24.3 MPa, respectivamente.

El estudio de Méndez et al. (2022) analiza la posibilidad de utilizar relaves de una mina de oro en Ecuador como reemplazo de arena en la producción de bloques de concreto. Se realizaron pruebas físicas, químicas y mineralógicas para caracterizar los relaves, así como pruebas de lixiviación para evaluar su impacto ambiental.

Los resultados muestran que los relaves son viables como sustituto de la arena, aunque se recomienda utilizar menos del 50% para evaluar sus propiedades mecánicas. Este estudio ofrece una alternativa para reciclar relaves y promover la economía circular.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un bloque ecológico de concreto y relave de las minas $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a fin de usarlo en la solución del transporte de los pobladores de los pueblos aledaños a las minas, de acuerdo con las normas técnicas pertinentes.

1.3.2. Objetivos específicos

Diseñar un bloque ecológico de concreto y relave de las minas con la finalidad de usarlo como adoquín en los caminos rurales de la zona minera, de acuerdo a las normas técnicas pertinentes.

Diseñar un bloque ecológico de concreto y relave de las minas con la finalidad de usarlo como adoquín en los caminos urbanos de los pueblos aledaños a las minas, de acuerdo a las normas técnicas pertinentes.

1.4. Justificación

Es importante la investigación porque para fabricar un bloque se necesita una buena proporción de relave de minas. El uso de bloques como capa de rodadura de un camino rural implica la construcción de cientos de millares de bloques que reduciría una buena cantidad de relave almacenada en los depósitos, disminuyendo la posible contaminación latente de los depósitos de relaves. Un nuevo bloque fabricado con desechos mineros garantiza la seguridad de los caminos de la comunidad.

Justificación ambiental esta tesis se justifica por la mitigación de la contaminación minera de aire, agua y suelo al reducir las toneladas de relave usados en la elaboración de nuevos bloques y que sustituye a la pavimentación convencional de los caminos. Justificación teórica la elaboración de un bloque con relave y concreto, tipo ensamblable, sin considerar el agregado fino,

incorpora un material de fácil manejo en la construcción de caminos. Justificación práctica la elaboración de bloques ecológicos ensamblables es ideal para el tendido sobre un afirmado reduciendo costos, debido a que no necesitan mano calificada, la cual se estaría generando puestos de trabajo. Además, este nuevo material permitiría ahorrar al usar los recursos naturales no renovables en la construcción con beneficios ambientales positivos. Justificación legal la ley 31211 regula el transporte de relaves a empresas que realizan actividad minero-metalúrgica en el Perú y dispone el transporte seguro de los relaves a los depósitos para no contaminar el medio ambiente.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Un bloque ecológico de concreto y relave de las minas, de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ contribuye a la solución del transporte rural de la zona minera, de acuerdo a las normas técnicas pertinentes.

1.5.2. Hipótesis específicas

Un bloque ecológico de concreto y relave de las minas puede usarse como superficie de rodadura en los caminos rurales, no pavimentados, que unen la zona minera con los pueblos aledaños.

Un bloque ecológico de concreto y relave de las minas contribuye a la solución de los caminos urbanos de los pueblos aledaños.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

Relave

Los relaves son residuos mineros, roca molida, barro y agua cuyo uso, como camino, ya es una práctica que se remonta a décadas atrás, donde se aprovechaba el excedente de material de desecho de la minería para construir caminos. Esto se hacía principalmente en zonas mineras remotas, donde no existían vías de acceso adecuadas. Aun cuando es importante tener en cuenta que el uso de relave minero como camino puede tener impactos ambientales negativos y debe ser gestionado adecuadamente, Los relaves almacenados contienen residuos y cantidades mínimas de metales pesados y tóxicos que deben neutralizarse antes de utilizarlos como agregados en la fabricación de bloques.

Caracterización física del relave

La caracterización física del relave implica analizar su granulometría, densidad, permeabilidad, viscosidad, contenido de humedad y propiedades mecánicas como la resistencia y la compresibilidad. La caracterización es importante para el diseño de cualquier producto y la gestión que se hace con estos. El relave está conformado por partículas finas de arena, limo y arcilla con propiedades diferentes. Sigue los mismos conceptos empleados en el estudio de los materiales que se emplean en el diseño del concreto, es por ello que en la fabricación del bloque de concreto y relave se debe considerar que, estos, son residuos mineros que se generan durante el proceso de extracción de minerales y que pueden ser contaminantes.

Proceso del relave

El relave se produce durante el procedimiento de extracción y procesamiento de minerales. Primero, se extrae la mena de la tierra a través de la minería. Luego, la mena se tritura y se separa para obtener el mineral deseado. La separación se realiza mediante la flotación que consiste en separar minerales valiosos de otros materiales no deseados. La flotación se realiza vertiendo

reactivos químicos al mineral triturado para crear burbujas de aire. Estas burbujas se adhieren a las partículas de mineral valioso, haciéndolas flotar en la superficie de una celda de flotación. Mientras tanto, los materiales no deseados se hunden y son descartados. De esta manera, se logra una separación efectiva entre el mineral valioso y los desechos. En este proceso, se generan grandes cantidades de desechos llamados relaves. Estos relaves consisten en materiales no deseados, como rocas, tierra y subproductos del procesamiento del mineral. Finalmente, los relaves son depositados en áreas designadas, como represas o depósitos especiales, para su almacenamiento seguro y controlado. Los relaves son considerados riesgos ambientales debido a varios factores. En primer lugar, pueden contener sustancias tóxicas y contaminantes. Si estos relaves se liberan al medio ambiente, pueden contaminar el suelo, el agua y los ecosistemas circundantes, dañando la salud humana y la vida silvestre. Además, los relaves también pueden representar un riesgo de colapso de las estructuras de almacenamiento, lo que podría resultar en inundaciones tóxicas y desastres ambientales.

Figura 1

Procesos del relave



Nota: Se explica el proceso, desde la extracción del metal (exploración, perforación y voladura, chancado, concentrado y traslado por mineroductos) hasta el depósito del relave. Tomado de la revista Antamina.

La caracterización química del relave implica analizar su composición en términos de elementos y compuestos presentes. Se toma muestras del material y realizar análisis químicos para determinar los elementos y compuestos presentes, así como sus concentraciones. Esto ayuda a evaluar su impacto ambiental y a diseñar planes de gestión adecuados. De acuerdo al Ministerio de Energía de Minas [MEM] (1995) debido a que se pueden explotar múltiples depósitos a lo largo del ciclo de vida de una mina, la química de los relaves varía de un depósito a otro, cada uno con una geoquímica diferente, lo que crea una química única.

Efluentes líquidos de flotación

Los efluentes líquidos de flotación son aguas residuales generadas durante el proceso de flotación en la industria minera. Estos efluentes contienen sustancias químicas utilizadas en la flotación, así como partículas finas y residuos de minerales. Requieren un tratamiento adecuado antes de ser liberados al medio ambiente para evitar impactos negativos.

Efluentes cianurados

Los efluentes cianurados son aguas residuales generadas en la lixiviación de minerales auríferos con cianuro. Estos efluentes contienen cianuro y otros productos químicos, así como metales disueltos que se liberan durante el proceso. Requieren un tratamiento adecuado antes de ser liberados al medio ambiente para evitar impactos negativos en la salud humana y del ecosistema. Consiste en evaluar la concentración y distribución de los elementos químicos que se ubican en los materiales de desecho analizando, además, los niveles de metales pesados y otros contaminantes. Un efecto importante en los suelos puede causar un relave si su pH es inferior de 7, en este caso estamos en presencia de un relave altamente ácido lo que puede causar la acidificación del suelo, lo que puede tener consecuencias graves para la fauna y la flora. En la caracterización química de un relave de mina se pueden mostrar diversas características, como la

presencia de metales pesados, la acidez o alcalinidad del material y su potencial para generar drenaje ácido de roca, la mineralogía y textura del relave, cantidad de metales, porcentajes, entre otros. Todo esto es importante para evaluar el riesgo ambiental asociado al depósito de relaves y determinar las medidas necesarias para su gestión adecuada.

Figura 2

Caracterización química de un relave

Muestra	Ag	Al	As	Ba	Be	Bi	Ca	Cd
	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm
	26.9	5.99	> 10'	200	0.5	11	0.76	0.5
P - 190	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	S	Sb
	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	%	ppm
	564	1	0.015	1	680	4970	1.67	221
Co	Cr	Cu	Fe	Ga	K	La	Mg	Sc
ppm	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	%	ppm
3	13	112	6.53	10	2	10	0.51	7
Th	Ti	Tl	U	V	W	Zn	Au	Sr
ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
-20	0.24	<10	<10	77	10	225	0.514	69

Nota: Indica las cantidades y porcentajes de los residuos dejados en la extracción de la Plata, fue realizado por Romero y Flores (2010) para el Ministerio de Energía y Minas.

Fundamento teórico del uso del relave

Calidad del Relave. De acuerdo con la tabla anterior se puede decir que el relave tiene una naturaleza polimetálica sulfurado con presencia de diferentes metales tóxicos, pesados y alto contenido de Al, Fe, Pb, Zn, Cd, As, entre otros. Esta naturaleza mineralizada convierte al relave como agregado en el diseño de concreto hidráulico y buen aditivo físico para el diseño de asfalto.

Romero et al. (2010), realizaron un análisis granulométrico de los relaves de la mina de Ticapampa encontrando fragmentos de relave grueso, con formas angulares, redondeadas mostrando planos y por esta razón se le conoce con el nombre genérico de gruesos. En fracciones finas y cada grano consta de un mineral. Las partículas pueden ser angulares, tubulares o escamosas, pero nunca redondas.

Granulometría del relave

Como ya se conoce la granulometría del relave se refiere a la distribución de tamaños de partículas presentes en el material de desecho minero. La granulometría del relave puede variar depende del tipo de mineral procesado y del procedimiento de separación utilizado, pero por lo general suele tener una amplia gama de tamaños de partículas, desde partículas finas hasta fragmentos más grandes. La granulometría del relave puede ser muy heterogénea y puede incluir partículas finas (menores a 0.074 mm), partículas gruesas (mayores a 50 mm) y una amplia gama de tamaños intermedios donde el relave posee una humedad con un valor de 10%; de esta manera, el tamaño de grano y el porcentaje de humedad son considerados como las condiciones óptimas del relave para poder someterlo a las pruebas de elaboración de agregados de construcción para la fabricación de ladrillos y baldosas, Romero y Flores (2010). Además, la distribución de tamaños puede verse afectada por el tipo de proceso de separación utilizado y si se han realizado o no tratamientos posteriores al proceso.

Tabla 2

Granulometría: porcentaje de paso que determina la calidad del material

Granulometría	% De paso	Calidad
Gruesos	0 - 15 % menor de 74 ppm (micrómetro)	Buenos
Medios	15 - 50% menor de 74 ppm	Generalmente bueno
Finos	50 - 80 % menor de 74 ppm	Cuestionables
Limos	100% menor de 74 ppm y 25% menor de 200 ppm	Almacenado por presas convencionales

Nota. Fue elaborado por Lique (2014) donde muestra el rango de tamaño que deben tener los materiales para ser ubicados en determinada categoría.

Consideraciones para el diseño de bloque concreto y relave

Para la elaboración del bloque, se empieza diseñando el concreto 210 kg/cm² obteniéndose la dosificación de los materiales intervinientes: Cemento, agregado fino, agregado grueso y agua. Parte del agregado fino se sustituye con diferentes porcentajes de relave y después de 28 días se verifica la mejora de las propiedades del hormigón convencional.

Suelos de los caminos rurales

Los caminos rurales son vías de tránsito ubicadas en áreas lejanas a las ciudades principales de una región, generalmente sin pavimentar, que conectan comunidades, fincas o terrenos agrícolas. Pueden ser estrechos, sinuosos y estar rodeados de paisajes naturales. Suelen ser de tierra o grava, y pueden variar en su estado de mantenimiento. Algunos son más transitados y están mejor cuidados, mientras que otros pueden ser más difíciles de transitar debido a baches, barro o desniveles. Estos caminos son vitales para el acceso a zonas rurales, facilitando el transporte de

productos agrícolas, ganaderos y forestales, así como el desplazamiento de personas que viven o trabajan en estas áreas. También suelen ser utilizados para actividades recreativas al aire libre, como senderismo o ciclismo. Como se observa, es necesario solucionar el problema de transporte para poder ayudar al desarrollo socio económico de los pueblos aledaños, no sólo de las minas, sino también de los pueblos alejados a estas. Con la fabricación de bloques con relave se puede tender estos, a lo largo del camino para que cumplan la función de superficie de rodadura.

Superficie de rodadura

La superficie de rodadura es la capa superior de una vía o camino que está diseñada para ser utilizada por vehículos para circular. Es la capa de la carretera o camino que está en contacto directo con los neumáticos de los carros. Esta capa generalmente está compuesta por asfalto, concreto u otro material resistente al desgaste y proporciona tracción y comodidad para los vehículos que circulan sobre ella. Precisamente, por este motivo es que se propone el tendido de bloques sobre los caminos rurales ya que estos, como se ha comprobado con las pruebas de laboratorio, pueden absorber las cargas transmitidas por los vehículos que lo transitan.

Riesgos de contaminación del bloque de concreto y relave

Los riesgos de contaminación del suelo por estanques de relaves pueden incluir la liberación de metales pesados y otros contaminantes al suelo, lo que puede afectar la calidad de la tierra y la salud de las plantas y animales que dependen de ella. También puede haber riesgos de contaminación del agua subterránea cercana y mucho más, pero, si se tiende sobre el suelo del camino con bloques de concreto y relave, entonces esto no sucederá, porque, tan solo la presencia del cemento en el bloque garantiza el encapsulamiento de elementos tóxicos que pudiera tener. Cuando se piensa en lograr objetivos de desarrollo sostenible, es necesario utilizar estanques de

relaves para estabilizar las estructuras de estas carreteras y reducir la enorme cantidad de toneladas de relaves contenidas en los sedimentos, que representan una amenaza oculta para la biodiversidad del país.

Procedimiento para la obtención del relave como agregado fino

Para la obtención de agregado fino se recomienda caracterizar el relave para determinar su calidad, lo cual involucra los siguientes pasos: Caracterizar geoquímicamente el relave; analizar granulométricamente; caracterizar fisicoquímica; analizar químicamente; encapsular los metales pesados en el relave. Dependiendo del criterio de los investigadores, el diseño del concreto con relave lo realizan preparando la mezcla del concreto con una proporción, en porcentaje, del total del agregado fino resultante en el diseño del concreto convencional. El relave puede representar el 30%, 40%, 50% o más del peso total del agregado fino. La ventaja está en la acción de los silicatos, componentes del cemento, que encapsulan los metales pesados impidiendo el drenaje de ácidos, se obtuvo de la Relavera Quiulacocha ubicada en la Region de Pasco a una distancia de 25 km del centro de la ciudad a 40 min de recorrido en auto, cuyas coordenadas Latitud sur; 10°40'40", Longitud Oeste: 76° 15' 22"

Pasivos mineros

De acuerdo con el Reporte Minero y Energético (2021), 10 de las 26 regiones del país contiene 742 depósito en estado de abandono con un 85% inactivo o en estado de abandono, convirtiéndose en un pasivo ambiental que, de no ser tratado, puede generar problemas socioeconómicos a las regiones. Estos depósitos de relaves constituyen riesgos ambientales que pueden comprometer la biodiversidad. Las estructuras como sumideros, vertederos y depósitos de relaves asociados abandonados por empresas mineras que han cesado sus operaciones también pueden considerarse pasivos ambientales de la mina. Estos desechos representan un riesgo

potencial que puede contaminar las aguas subterráneas, las aguas superficiales, el suelo y el aire y dañar los ecosistemas (Romero y Flores, 2010).

Activos mineros

Son los relaves de centros mineros en actividad y se ha calculado que una sola mina en nuestro país produce 25,000 toneladas diarias, 750 mil toneladas mensuales y 9 millones de toneladas anuales. Considerando las 150 minas operativas que existen en el Perú, se tendría 1,350 millones de toneladas de relave en forma anual y creciente (Romero y Flores, 2010).

Bloque de concreto

La elaboración de bloques y el diseño del concreto se basan en factores, como la resistencia requerida, la durabilidad, el tamaño máximo del agregado, el contenido de agua y otros aditivos. El diseño consiste en determinar las proporciones de cada ingrediente (cemento, agregado y agua) y así lograr las características deseadas del concreto. Para diseñar el concreto adicionado con relave para fabricar bloques, es necesario hacerlo con el mismo criterio convencional, con la única diferencia de que, el relave debe estar convenientemente preparado para utilizarlo como agregado fino y no como agregado grueso. Según NTP 399.602, (2017, p.3), “el bloque se define como la unidad prefabricada cuyos componentes son: cemento, agregados fino, grueso y agua con dimensiones modulares menores de 60 cm”. Se denomina bloque a toda unidad que, por su dimensión y peso, requiere de las dos manos para su manipulación durante la operación de asentado. Las dimensiones dadas por NTP 399.602 (2017), estipulan que las medidas no deben ser menores de: 20 cm de largo, 10 cm de ancho y 10 cm de alto. La norma E.070 indica que estas unidades deben utilizarse después de comprobar su estabilidad volumétrica, curarse con agua y se debe probar a los 28 días, para evitar la fisuración, en caso de muros. Estas unidades son premoldeadas para utilizarse de diferentes formas ya sea en albañilería confinada, como muros

portantes o de contención. Es recomendable fabricarlo in situ para reducir los costos de transporte justificándose en el caso de la autoconstrucción (Arrieta, 2001, p.1).

Diseño del concreto usando el método del ACI 211

El hormigón destinado a investigación consta de las siguientes etapas: A partir de materiales cementosos: Cemento Andino Portland tipo I, agregado fino constituido por arena gruesa mezclado con relave, agregado grueso: conformado por piedra triturada que constituye una porción del agregado retenido en la malla 4.75 mm. (N° 4), dosificación de mezcla de concreto: proporción de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua que se utiliza para formar una mezcla de concreto específico, agua se diseñó con agua de la red UNDAC de la Región Pasco.

Tabla 3

Volumen unitario de agua

Asentamiento	Agua en Lts/m ³ , para los tamaños máximos nominales de agregado y consistencia indicados							
	3/8 "	1/2 "	3/4 "	1 "	1.5"	2 "	3 "	6 "
Concretos sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	---

Fuente: Comité 211 del ACI

Tabla 4*Contenido de aire atrapado*

Tamaño Máximo Nominal	Aire Atrapado	
3/8 "	3.0	%
1/2 "	2.5	%
3/4 "	2.0	%
1 "	1.5	%
1 1/2 "	1.0	%
2 "	0.5	%
3 "	0.3	%
6 "	0.2	%

*Fuente: Comité 211 del ACI***Tabla 5***Contenido de aire incorporado*

Tamaño Máximo Nominal	Contenido de aire Total en %		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8 "	4.5	6.0	7.5
1/2 "	4.0	5.5	7.0
3/4 "	3.5	5.0	6.0
1 "	3.0	4.5	6.0
1 1/2 "	2.5	4.5	5.5
2 "	2.0	4.0	5.0
3 "	1.5	3.5	4.5
6 "	1.0	3.0	4.0

Fuente: Comité 211 del ACI

Tabla 6*Relación de agua – cemento de diseño en peso*

) f ' cr días	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	---
450	0.38	---

Fuente: Comité 211 del ACI

Tabla 7*Módulo de fineza de la combinación de agregados*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m³ indicados			
	6	7	8	9
3/8 "	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2 "	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4 "	4.96	5.04	5.11	5.19
1 "	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2 "	5.56	5.64	5.71	5.79
2 "	5.86	5.94	6.01	6.09
3 "	6.16	6.24	6.31	6.39

Nota: Los resultados de la tabla se refieren a un árido grueso de perfil angular y granulometría adecuada, con una porosidad aproximada del 35%. El valor indicado debe aumentarse o disminuirse en 0,1 por cada 5% de aumento o disminución de la porosidad. Los valores de la tabla pueden ser ligeramente superiores a los de las mezclas de arena para aceras y enciclopedia. Si las condiciones de colocación son favorables, podrás incrementarlo en 0,2.

Tabla 8

Volumen de agregado grueso por unidades de volumen de concreto

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen de concreto, para diferentes módulos de fineza de agregado fino				
	MODULO DE FINEZA DEL AGREGADO FINO				
	2.4	2.6	2.8	2.9	3
3/8 "	0.5	0.48	0.46	0.45	0.44
1/2 "	0.59	0.57	0.55	0.54	0.53
3/4 "	0.66	0.64	0.62	0.61	0.6
1 "	0.71	0.69	0.67	0.66	0.65
1 1/2 "	0.76	0.74	0.72	0.71	0.7
2 "	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72
3 "	0.81	0.79	0.77	0.76	0.75
6 "	0.87	0.85	0.84	0.82	0.81

Fuente: Modulo de Fineza

Nota: El agregado grueso se encuentra en estado seco comprimido de acuerdo con la norma ASTM C 29, y calculando el contenido de agregado grueso mediante el coeficiente b/b_0 se puede obtener concreto con suficiente trabajabilidad como el concreto armado convencional. Para hormigón menos trabajable, como el necesario para las aceras, la proporción se puede aumentar en un 10%. Para hormigón de fácil procesamiento, como el hormigón bombeado, el valor se puede reducir en un 10%.

Tabla 9*Porcentaje de agregado fino (método Walker)*

Tamaño Máximo Nominal del Agregado Grueso	Agregado Redondeado				Agregado Angular			
	Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico				Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico			
	5	6	7	8	5	6	7	8
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 2.3 a 2.4								
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	50	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 2.6 a 2.7								
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
Agregado Fino - Módulo de Fineza de 3.0 a 3.1								
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
1"	47	44	41	38	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

Fuente: Metodo Walker

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

El diseño de mezcla de concreto para una resistencia especificada de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ implica determinar la proporción óptima de cemento, agregados, agua y posiblemente aditivos para lograr esa resistencia a la compresión. Este proceso se realizó en los laboratorios de la UNDAC considerando factores como la relación agua-cemento, el tipo y tamaño de agregados, la trabajabilidad del concreto y las condiciones específicas del proyecto.

Habiendo cuantificado los materiales del concreto y teniendo presente que un concreto debe tener una buena proporción de sus componentes para obtener las características de trabajabilidad, durabilidad, resistencia y apariencia uniforme y, sobre todo económico se cumple con lo manifestado por Kosmatka et al. (2004).

Con los resultados de los análisis de materiales en el laboratorio, se crea el siguiente cuadro que nos servirá para diseñar el concreto.

Tabla 10

Proporcionalidad del diseño SIN RELAVE

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
366.07 kg	685.58 kg	1065.00 kg	191.27 Lt.
Proporciones de diseño			
1	1.87	2.91	22.24 Lt.

Tabla 11*Proporcionalidad del diseño con relave*

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO ACI - 211	Cemento	Agregado fino = 685.58 kg		Agregado grueso	Agua
		Arena	Relave		
	366.07 kg	70 % 479.91 kg	30 % 205.67 kg	1065.00 kg	191.27 Lt.
	366.07 kg	60 % 411.35 kg	40 % 274.23 kg	1065.00 kg	191.27 Lt.
	366.07 kg	50 % 342.79 kg	50% 342.79 kg	1065.00 kg	191.27 Lt.
Proporciones del diseño					
	1	1.31	0.56	2.91	22.24
	1	1.12	0.75	2.91	22.24
	1	0.94	0.94	2.91	22.24

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

Es exploratoria, por tocar temas de estabilización de suelos con relaves, muy poco estudiados en los países mineros. Es descriptivo por realizar un análisis de la realidad situacional de los países mineros en la referente a los pasivos ambientales que constituyen los relaves de las minas. Es correlacional, por buscar relaciones entre los bloques de concreto y relave con la solución del transporte de los caminos rurales y observar cómo reacciona el suelo de los caminos con los bloques. Es explicativa, porque sirve para profundizar el problema de la conservación del relave en los depósitos como problema latente que puede afectar la biodiversidad de las zonas mineras y aledañas, considerandose un enfoque cuantitativo.

3.2. Ámbito temporal y espacial

Considerando que la delimitación espacial está referido al área geográfica en dónde se va a desarrollar la investigación, es en la región Pasco y requerirá un tiempo de 7 meses. La investigación está fundamentada en los residuos de las minas que extraen metales y va depender de las minas de extracción de metales que no usen elementos químicos tóxicos que pueda comprometer el relave.

3.3. Variables

3.3.1. *Variable independiente*

Bloque ecológico concreto - relave

3.3.2 *Variable dependiente*

Caminos rurales

3.3.3 Operacionalización de variable

Figura 3

Proporcionalidad del diseño con relave

Variables	Dimensiones	Indicadores
V. Independiente Bloque ecológico	Bloque concreto convencional	Asentamientos máximos y mínimos. Tamaño del agregado grueso. Tamaño de agregado de relave Contenidos de aire incluido. Resistencia mínima a la compresión. Relación a/c.
	Bloque . concreto-relave	Máximos contenidos de cemento. Tipos de cementos o agregados.
V. Dependiente Transporte	Camino rural	Estado de la superficie, Capacidad de carga, Drenaje, Señalización
	Camino urbano	Accesibilidad.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Al hablar de población nos referimos a un grupo finito de personas que comparten características comunes. Por lo mismo, se deben seleccionar y delimitar según los problemas y objetivos (Arias, 2012).

El objeto de estudio, constituido por los depósitos de relave de las minas del Perú, son los almacenes de los residuos de la actividad minera, como lodos y sustancias tóxicas. Es la población global que interesa estudiar por la deficiente e inadecuada gestión de estos depósitos, lo que lleva a filtraciones de sustancias contaminantes hacia el suelo y los cuerpos de agua cercanos. Esto

puede tener graves impactos en el ecosistema, la salud humana y la calidad del agua potable. Además, existen preocupaciones sobre la estabilidad de estos depósitos, ya que su colapso puede resultar en desastres ambientales y sociales; por lo mencionado, los relaves de las minas del país forman parte de la población.

3.4.2. Muestra

La muestra es un subgrupo de la población y es seleccionada utilizando diversas metodologías conforme le convenga a los investigadores con la finalidad de representar la población en su conjunto (Ñaupas et al., 2014).

De lo anterior podemos confirmar que los objetivos de esta investigación son bloques con 30%, 40% y 50% de residuos añadidos. Estos bloques fueron creados de conformidad con la NTP 399.602 (2017). Diseñado utilizando agregado grueso, agregado fino mezclado con relaves, agua y Cemento Pacas Mayo Tipo I. Por lo tanto, el objeto de estudio está constituido por todos los bloques de relaves de concreto producidos en el laboratorio. Las muestras se toman de forma determinista y constan de 90 muestras, que se dividen en tres muestras de 30 muestras cada una.

3.5. Instrumentos

En este estudio, se utilizó equipo para medir el tamaño de grano de los materiales utilizados en estructuras de hormigón. Luego, utilizando los valores de diseño determinados, se produjeron concreto de muestra y concreto al que se le agregó el residuo. Se utilizó una ficha de observar como la herramienta de recolección de datos y se registró la carga máxima de cada bloque de concreto con diversas proporciones de residuo minero. Se recopilaron datos para describir en detalle los problemas y características encontradas durante las pruebas realizadas y para visualizar el comportamiento de los bloques durante la falla. Materiales y equipos: Balanza. La precisión está dentro del 0,1 % de la carga de prueba en cualquier punto dentro del rango operativo y está

graduada hasta 0,05 kg. Consiste en una copa esmaltada en la que se colocan muestras de agregado fino o grueso en orden descendente. Utilice los siguientes tamices en orden: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", base #4 para agregado grueso; tamices #4, #8, #16, #30, # 50, #100, #200 y fondo de agregado fino.

3.6. Procedimientos

En primer lugar, es necesario conocer la naturaleza y características de los materiales empleados para la producción de bloques de residuos de hormigón. Los estudios granulométricos permitieron conocer el tamaño de las partículas del depósito, lo que permitió determinar sus propiedades en el diseño del hormigón. Se realizaron pruebas de laboratorio que incluyeron análisis granulométricos mediante escoria, preparación y curado de muestras de hormigón. También se realizó un procedimiento de ensayo para medir el asentamiento del concreto de cemento Portland (NTP 339.035:2009). Se realizaron mediciones de resistencia a la compresión de muestras (NTP 339.034:2015), producción de bloques de retorno de concreto, propuesta de diseño para colocación de bloques en caminos rurales, desarrollo de moldes, producción de bloques de retorno de concreto acoplables, pruebas de concreto. Resultados obtenidos de un diseño de bloques de concreto y relaves en un camino rural en una zona minera.

3.7. Análisis de datos

Se realiza con ayuda de la estadística, a partir del nivel de medición de las variables (Hernández et. al., 2014). En este estudio, se utilizó equipo para medir el tamaño de grano de los materiales utilizados en estructuras de hormigón. Luego, utilizando los valores de diseño determinados, se produjeron concreto de muestra y concreto al que se le agregó el residuo. Se utilizó una ficha de observación como herramienta de recolectar de datos y se registró la carga máxima de cada bloque de concreto con diversas proporciones de residuo minero. Se recopilieron

datos para describir en detalle los problemas y características encontradas durante las pruebas realizadas y para visualizar el comportamiento de los bloques durante la falla.

IV. RESULTADOS

Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland (NTP 339.035:2009).

De acuerdo con la NTP 339.035:2009 (Concreto). El "método de prueba para determinar el asentamiento del concreto de cemento Portland" especifica el procedimiento para medir el asentado del hormigón.

Aparatos utilizados:

Molde. Las probetas se deben colar en un molde con un espesor mínimo de 1,15 a 1,5 mm que no se vea dañando por la superficie de cemento. El molde debe tener la forma de un tronco de cono, con un diámetro de 200 mm (8 pulgadas), en la base inferior un diámetro superior de 100 mm (4 pulgadas) y una altura de 300 mm (12 pulgadas). La tolerancia de los diámetros y alturas individuales debe estar entre ± 3 mm de las dimensiones establecidas.

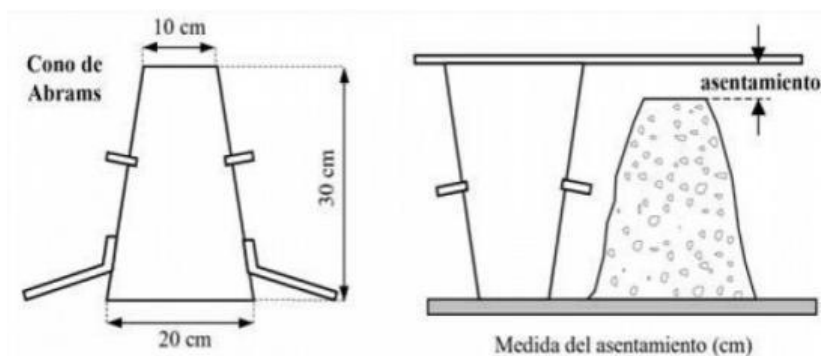
Barra compactadora. Una barra de acero liso, de 1.6 cm. de diámetro y aproximadamente 60 cm. de longitud, que tiene su extremo de compactación, o ambos, redondeado a una semiesfera con un diámetro de 16 mm.

Dispositivo de medida. Una regla, cinta métrica de metal o instrumento similar rígido o semirrígido, cuya longitud de medición debe estar marcada en incrementos de 5 mm o menores. La longitud del instrumento debe ser por lo menos de 300 mm.

Cucharón. De tamaño apropiado y forma adecuada para obtener la cantidad suficiente y representativa de concreto del recipiente que contiene la muestra y colocarla sin derramar en el molde.

Figura 4

Molde para ensayo de asentamiento (NTP 339.035:2009)



Fuente: Guía de laboratorio para determinar el asentamiento – astm C143

Procedimiento:

- Humedecer el molde antes de realizar la prueba.
- El molde se coloca sobre una superficie plana, firme, húmeda y no absorbente.
- Escalones sobre las lamas para sujetar firmemente el molde durante el llenado.
- El encofrado se rellena vertiendo hormigón en tres capas. Cada capa representa un tercio del volumen del molde.
- El hormigón se coloca moviendo platos dentro del encofrado.
- Cada capa de hormigón se compacta en 25 golpes utilizando una varilla compactadora.
- La capa inferior está comprimida en todo su espesor.
- La capa superior se comprime en todo su espesor para que la barra llegue a la capa inmediatamente inferior.
- El molde se llena en excesivamente antes de comprimir la capa final.
- La nivelación se realiza mediante barras de compresión.
- Se elimina el exceso de hormigón.
- Retire con cuidado el molde levantándolo con un fuerte movimiento hacia arriba.
- La medida vertical entre las posiciones inicial y final se llama calibre de hormigón.

Determinación de resistencia a compresión de probetas (NTP 339.034:2015)

Para los ensayos se utilizó la norma NTP 339.034:2015 “Método de ensayo estandarizado para determinar la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”, la cual especifica el procedimiento para el cálculo de la resistencia de muestras cilíndricas.

Materiales:

Probetas clínicas: Se utilizaron 10 muestras para pruebas de compresión después de 28 días de procesamiento de cada porcentaje de relaves mineros agregados.

Procedimiento:

Las muestras se retiraron del tanque de curado y se probaron húmedas en un compresor axial a los 7, 14 y 28 días de edad en condición húmeda, para tener un mejor control de la resistencia a la compresión.

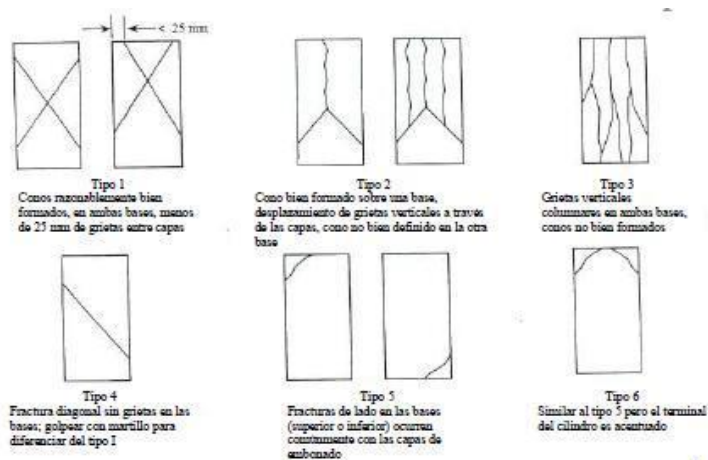
La carga aplicada a una velocidad de movimiento que corresponde a una velocidad de esfuerzo sobre la probeta de 0.25 ± 0.05 MPa/s (2.5 ± 0.5 Kg/cm²/s) para medir la deformación unitaria.

Se marcó la carga máxima última.

Después de esto, se estableció el tipo de fractura a los testigos según NTP 339.034:2015.

Figura 5

Esquema de los patrones (NTP339.034:2015)



Fuente: NTP339.034:2015

Cálculo

Para la obtención de datos se empleó la siguiente fórmula:

Ecuación usada para hallar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas.

$$\sigma = \frac{P_{\text{máx}}}{A}$$

Elaboración de bloques de concreto-relave

Los moldes utilizados para los tradicionales bloques de hormigón eran de acero para añadir resistencia a la fabricación de los bloques. En este estudio las dimensiones del molde corresponden a la norma NTP 399.602:2017. Las dimensiones del molde son las siguientes.

Figura 6

Molde cilíndrico



Fuente: Norma ASTM C31, C39, C192, C470

Dosificación

Como se sabe, en la dosificación de diseño de la mezcla se estableció la proporción de agregados, agua y cemento. Se reemplazó el agregado fino con relave en relación del 30%, 40% y 50%, sustituyendo así la arena gruesa. Se elaboró concreto con una resistencia $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

utilizando estos porcentajes, que se vertieron en probetas cilíndricas. Después del curado y las pruebas de compresión, se obtuvieron resistencias superiores a los 210 kg/cm².

Con base en los resultados, se seleccionó el porcentaje óptimo de 50% que proporcionó la resistencia máxima para fabricar bloques de concreto-relave con dimensiones de 20 cm x 20 cm x 50 cm.

Propuesta de diseño de tendido de bloques en caminos rurales.

Se debe tener presente que la superficie del suelo debe ser de calidad y carecer de agujeros, baches o irregularidades. La capacidad de carga de los bloques se relaciona con la capacidad del camino para soportar el tráfico y el peso de los vehículos que transitan por él. El camino debe tener la capacidad de drenar el agua de lluvia y evitar inundaciones o acumulaciones de agua en la vía, así como la restricción de accesibilidad para algunos tipos de vehículos cumpliendo con las normas y estándares.

Después de estas precisiones y de haber realizado los análisis del diseño del bloque de concreto-relave, estos, deben de utilizarse como superficie de rodadura sobre los caminos rurales habiendo ejecutado previamente los siguientes pasos:

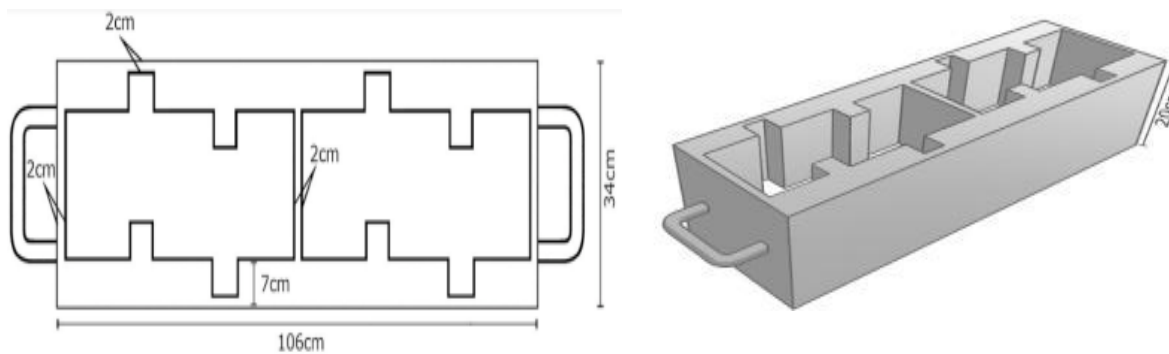
1. Preparar el terreno: Limpiar y nivelar el área donde se instalarán los bloques.
2. Excavar zanjas: Excavar zanjas a lo largo del camino para colocar los bloques.
3. Colocar base de grava: Rellenar las zanjas con una capa de grava compactada para proporcionar estabilidad.
4. Colocar bloques: Colocar los bloques uno a uno sobre el suelo, asegurándose de que estén nivelados y alineados correctamente.
5. Compactar: Utilizar un compactador de suelo para compactar los bloques y asegurar una superficie firme.

6. Rellenar huecos: Rellenar los huecos, si los hubiere, entre los bloques con arena o grava fina para evitar movimientos.
7. Verificar nivelación: Verificar nuevamente que los bloques estén nivelados y ajustar si es necesario.
8. Finalizar con un sardinel: Realizar un sardinel sumergido alrededor del paño con la finalidad de confinar los bloques para asegurar la vía.

Es importante seguir las recomendaciones específicas de las Normas Técnicas de construcción y utilizar materiales adecuados para garantizar la durabilidad y seguridad del camino rural.

Figura 7

Moldes para bloques



Fabricación de bloque de concreto-relave ensamblable

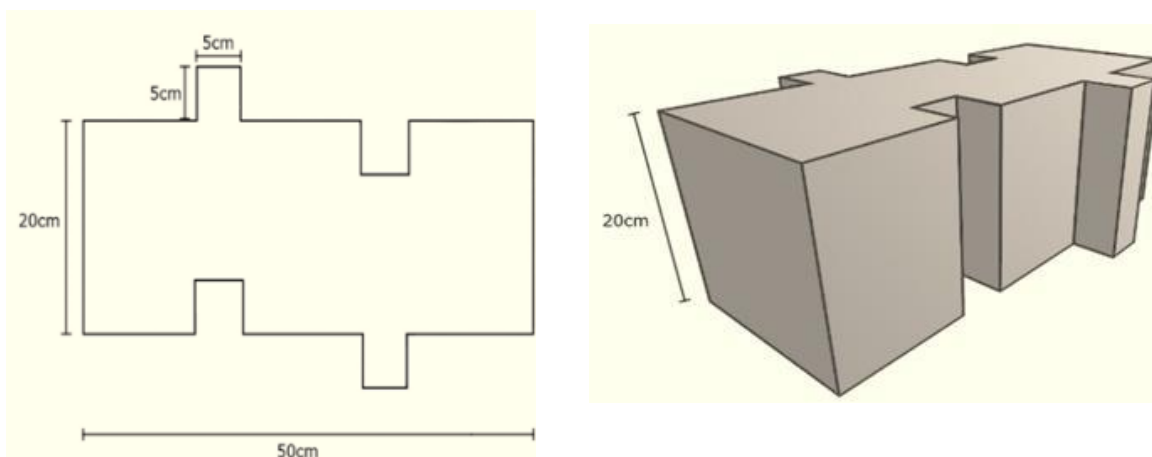
Se elaborará un bloque de concreto de tipo sólido ensamblable para permitir un engranaje entre ellos mismos, sin la necesidad de mortero o algún otro material adhesivo. Esta unidad debe elaborarse con la proporción de los materiales obtenidos en el diseño del concreto-relave.

Dimensionamiento del bloque

Las medidas modulares para que el bloque de concreto tipo ensamblable, se basó en la norma NTP 399.602, como esta unidad se usará como superficie de rodadura, se optó por las dimensiones siguientes:

Figura 8

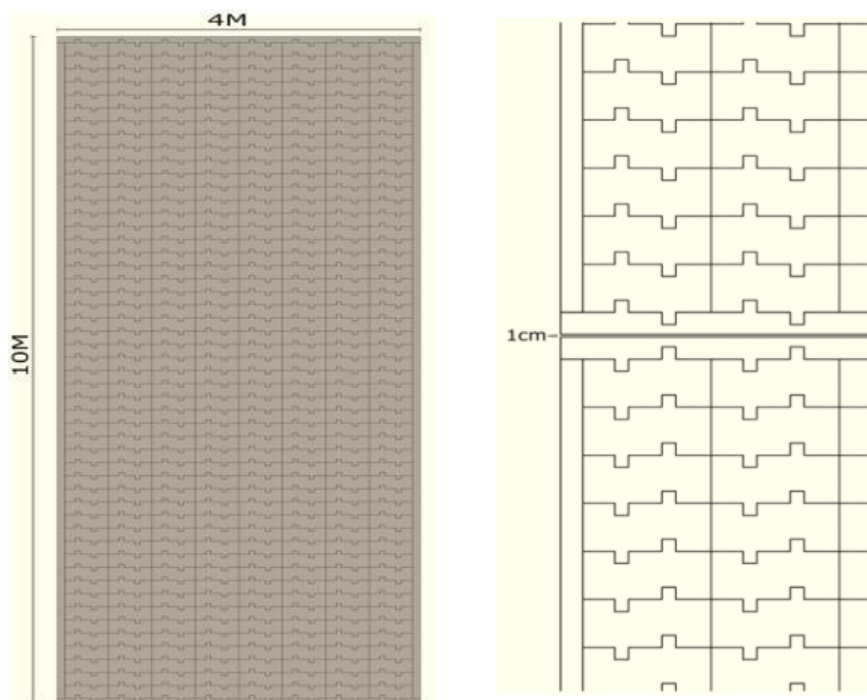
Medidas modulares



Estos bloques se colocarán sobre los suelos de los caminos rurales, que previamente han sido estabilizados. Se procederá a tender los bloques en paños de 4m por 10m, de manera que por el ancho del camino se utilizo 8 bloques y 50 bloques por longitud del paño.

Figura 9

Paño con 400 bloques y detalle entre paños



Cantidad de bloques de concreto ensamblable, por muestra

La cantidad de bloques por muestras de concreto-relave se establecerá de acuerdo a lo estipulado en la NTP 399.604:2002. Para tal efecto basta con los ensayos de resistencia a compresión y absorción obtenida en la granulometría.

Elaboración de los bloques concreto-relave

El concreto diseñado con el relave, se verterá en los moldes y, a las 24 horas deben ser sometidos al curado correspondiente. Este mezclado se realizará de modo manual.

Proceso de mezclado:

- Mezclar arena gruesa, relave, piedra de 3/4", cemento y agua para su pesado según la dosificación obtenida.

- Para el T₀: 0% de relave, mezclar en seco los materiales convencionales en una batea de madera, siguiendo la dosificación obtenida, empleando lampa y badilejo.
- Después se agrega agua al centro de la mezcla para lograr la consistencia deseada.
- Para el bloque concreto-relave se procederá en seco, con el 50 % de arena gruesa con 50% de relave, agregado grueso, cemento portland y agua para homogeneizar la mezcla y obtener la consistencia deseada.
- La consistencia se determinará con el ensayo de cono de Abrams (Asentamiento de concreto fresco), según la norma NTP 339.035:2009.
- Después de verter en moldes, protegerlos del sol y del viento para que endurezcan sin secarse. El plazo para la instalación de bloques deberá ser de un día para otro.
- Por último, desarmar las piezas del molde con cuidado para evitar que se dañen.

Proceso del curado de bloques de concreto-relave:

Como cualquier mezcla de concreto, los bloques deben mantenerse húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento y obtener un concreto de calidad. El procedimiento de curado debe realizarse de acuerdo a la NTP 339.033:2015, donde el propósito para maximizar la hidratación del cemento. El desmolde de los bloques, debe hacerse después de 28 días.

Ensayos del concreto

Los instrumentos utilizados en el diseño del concreto-relave y que fueron utilizados en los diferentes ensayos, se describe a continuación:

Ensayo del Estado fresco - concreto

En este ensayo se evaluó su trabajabilidad y consistencia con el cono de Abrams obteniendo un asentamiento (Slump) de acuerdo al diseño del concreto, que le dio plasticidad para poder trabajar bien la mezcla.

Ensayo Slump en el cono de Abrams

La consistencia del concreto se determinó usando la norma ASTM C143 y se midió en pulgadas. Las pruebas mostraron un asentamiento de 3,8 pulgadas, muy cerca de las 4 pulgadas seleccionadas en el diseño. Las dimensiones del cono siguen siendo las mismas: altura 30 cm, diámetro inferior 20 cm, boquilla superior 10 cm. La mezcla se comprimió usando una varilla de 5/8 de pulgada. La ficha técnica utilizada en el laboratorio permite registrar la carga máxima de cada bloque de concreto con diferentes proporciones de residuos mineros, una descripción detallada de los problemas y características encontradas en los ensayos realizados, permitiendo una mejor visualización del comportamiento. Me ayudó a convertirme de hormigón.

Equipos/materiales:

Cono de Abrams

Herramientas manuales

Varilla para compactar

Procedimiento:

1. Se coloca el cono, inmobilizado, sobre una superficie plana y húmeda para ser llenada con la mezcla, en tres capas. Para la primera capa se vierte la mezcla, al interior del cono hasta llenar el primer tercio del volumen total del cono.
2. Luego, se colocan las dos capas siguientes con el mismo procedimiento del primero, de tercio en tercio hasta llenar completamente el cono.
3. Se retira verticalmente el cono dejando que la mezcla se asiente y se mide la distancia entre la mezcla y la horizontal que se encuentra a 30 cm de la superficie plana.
4. Durante todo el proceso, desde el inicio hasta el final del ensayo, no debe transcurrir más de 2 minutos, y el proceso de desmoldeo debe llevar alrededor de 5 segundos.

Ensayo en estado rígido

Este ensayo consistió en hacer pruebas de resistencia a la compresión siguiendo lo establecido por la norma ASTM C39 y consistió en el uso de una máquina compresora que la aplica, en la parte superior de la muestra, fuerzas axiales manteniendo una carga constante hasta que, esta, falle. La resistencia a la compresión se calcula de acuerdo a la consiguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}; A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Equipos/materiales:

- Equipo de compresión
- Anillos con neopreno

Procedimientos:

El procedimiento seguido en el desarrollo de la tesis consistió en caracterizar el relave con la intención de determinar su uso como agregado fino, en el diseño de un concreto 210 kg/cm² para elaborar bloques de concreto-relave para ser tendidos sobre caminos rurales y que sirvan como superficie de rodadura. La parte experimental de la investigación se centró en el diseño del concreto-relave.

En lo referente al estudio de los caminos rurales, se procedió a realizar una revisión sistemática de investigaciones sobre carreteras de bajo volumen de tránsito que permitió obtener información sobre la caracterización de los diferentes tipos de suelos existentes.

Prueba de hipótesis

Los datos de resistencia a la compresión obtenidos después de 7, 14 y 28 días. Se necesita saber si al menos existen diferencias significativas de las medias de las muestras, son similares o existe al menos una que sea diferente. Se inicia la prueba con un nivel de significancia de 0.05.

Método para el análisis de los datos

Como es sabido, el método para el análisis de los datos se refiere al conjunto de técnicas y procesos empleados para examinar, interpretar a partir de los datos recopilados en el laboratorio, cuyo único objetivo es obtener información relevante y a partir de los datos disponibles que se pasa a detallar.

Análisis estadístico resistencia a compresión (F'c)

El uso de una cierta proporción de desechos mineros en lugar del agregado fino en el concreto es ventajoso, ya que incrementa la resistencia a la compresión. A través del análisis estadístico utilizando los resultados obtenidos en el diseño del concreto-relave para respaldar esta afirmación, utilizando un cuadro de ANOVA y prueba F con un nivel de confianza del 95%. Además, se realizó una comparación de promedios para verificar las diferencias significativas entre los tratamientos. Este estudio tuvo lugar en el laboratorio de la Universidad Alcides Carrión en la Región de Pasco. Para esto se tuvo en cuenta de que las tres muestras tengan varianzas muy próximas y que estas sean independientes entre sí; así mismo, se tuvo cuidado en cumplir las condiciones de normalidad.

Tabla 12*Cuadro de datos de resistencia a la compresión de las muestras*

Muestra	M1 30%	M2 40 %	M3 50 %
	RM	RM	RM
	kg/cm²	kg/cm²	kg/cm²
T1: 7 días	220	250.1	300.1
T2: 7 días	224.5	253.5	300.5
T3: 7 días	222.8	252.9	300.4
T4: 14 días	264.4	300.4	351.7
T5; 14 días	271.5	371.1	288.1
T6: 14 días	267.1	321.4	300.3
T7: 28 días	290.4	315.2	400.5
T8: 28 días	330.8	335.8	440.8
T9: 28 días	301.5	334.7	420.1

Tabla 13*Medidas de los tratamientos*

M1	M2	M3	SCF			SCR		
30%	40 %	50 %						
RM	RM	RM						
kg/c	kg/c	kg/c						
m ²	m ²	m ²						
220	250.1	300.1	7196.128	2995.372	22.3729	2104.974	2894.4	1990.944
			9	9		4	4	4
224.5	253.5	300.5	6452.908	2634.768	18.7489	1712.304	2540.1	1955.408
			9	9		4	6	4
222.8	252.9	300.4	6728.920	2696.724	19.6249	1855.886	2601	1964.262
			9	9		4		4
264.4	300.4	351.7	1634.584	19.6249	2196.796	2.1904	12.25	48.7204
			9		9			
271.5	371.1	288.1	1110.888	4391.712	279.8929	31.5844	4515.8	3205.824
			9	9			4	4
267.1	321.4	300.3	1423.552	274.5649	20.5209	1.4884	306.25	1973.136
			9					4
290.4	315.2	400.5	208.2249	107.5369	9152.748	601.2304	127.69	3111.408
					9			4
330.8	335.8	440.8	674.4409	959.1409	18487.84	4214.606	1017.6	9231.366
					09	4	1	4
301.5	334.7	420.1	11.0889	892.2169	13287.17	1268.784	948.64	5682.144
					29	4		4
2393	2735.	3102.	25440.74	14971.66	43485.72	11793.04	14963.	29163.21
	1	5	01	41	01	96	88	56
MEDIA = 304.83			SCT = $\sum SCF = 83898.1243$			SCR = 55920.1452		

Se logro que las medias de cada único de los tratamientos y el promedio de todos los datos. La representación de la suma de cuadrados SC asociada a cada zona de influencia con la suma de cuadrados residuales permite estudiar, su aforismo zona de influencia significativo. Cada suma de cuadrados se divide por sus grados de autonomía obteniéndose unos estadísticos que se denominan cuadrados haberes CM.

$$\text{Donde } CM = \frac{SC}{g.l}$$

$$SCT = (N^\circ \text{ de datos} - 1) \text{ g.l.} = 27 - 1 = 26 \text{ g.l.}$$

$$SCF = (N^\circ \text{ de tratamientos} - 1) \text{ g.l.} = 3 - 1 = 2 \text{ g.l.}$$

$$SCR = g.l_{SCT} - g.l_{SCF} = 26 - 2 = 24 \text{ g.l.}$$

TEST DE F

Se denomina F ratio o F calculada, al cociente $\frac{CM_{Factor}}{CM_{Residual}}$

Luego aplicamos la fórmula que permite calcular el F-ratio que será muy parecido a la unidad (1) con una distribución F de Fisher con los grados de libertad correspondientes

$$F\text{-ratio} = \frac{CM_{Factor}}{CM_{Residual}}$$

Si esto sucede se acepta la hipótesis de que las medias poblacionales son iguales o no hay diferencias significativas entre las muestras. En caso contrario no hay diferencia significativa.

Después de realizar todos los cálculos se obtiene la tabla:

Tabla 14*Resumen de ANOVA*

Origen variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-ratio
Total	83898.1243	26		
Tratamientos	27982.6155	2	13,991.30775	6.004
Residual	55920.1452	24	2,330.00605	

Considerando el Riesgo de 1ª especie: $\alpha = 0.05$ y buscando en la tabla estadística, se obtiene:

$$F_{2,27} (5\%) = 3.35 < 6.004$$

Esto muestra que existe una gran diferencia entre las comparaciones de medias. Por lo tanto, de la comparación de los valores medios, parece que el tratamiento 50% RM logró una mayor resistencia a la compresión ya que es el tratamiento con una gran diferencia significativa en comparación con los otros tratamientos. Por este motivo se decidió optar por esta dosificación para la producción de bloques prefabricados. Como resultado del propósito del primer objetivo específico, se presenta el siguiente cuadro donde se señala las proporciones de arena gruesa del relave para el diseño del bloque de concreto-relave:

Tabla 15*Diseño de mezcla de concreto ACI - 211*

DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO ACI - 211	Cemento	Agregado fino = 685.58 kg		Agregado grueso	Agua
		Arena	Relave		
	366.07 kg	70 %	30 %	1065.00 kg	191.27 Lt.
		479.91 kg	205.67 kg		
366.07 kg	60 %	40 %	1065.00 kg	191.27 Lt.	
	411.35 kg	274.23 kg			
366.07 kg	50 %	50 %	1065.00 kg	191.27 Lt.	
	342.79 kg	342.79 kg			
Proporciones del diseño					
	1	1.31	0.56	2.91	22.24
	1	1.12	0.75	2.91	22.24
	1	0.94	0.94	2.91	22.24

Con estas proporciones se elaboró el concreto que fueron sometidos a pruebas de resistencia obteniendo los resultados que se muestran.

Tabla 16

Resultados de las proporciones de concreto

CODIGO	EDAD	30 % de relave				40 % de relave				50% de relave			
		F'c kg/cm2	% RESIST.	TIPO DE ROTURA	PROMD RESIST kg/cm2	F'c kg/cm 2	% RESIST	TIPO DE ROTURA	PROMD RESIST kg/cm2	F'c kg/cm2	% RESIST.	TIPO DE ROTURA	PROMD RESIST kg/cm2
PA4-1	7	210	119%	TIPO 4		210	143%	TIPO 2		210	143%	TIPO 2	
PA4-2	7	210	121%	TIPO 2	252.2 120%	210	143%	TIPO 5	300 143%	210	143%	TIPO 5	300.3 143%
PA4-3	7	210	120%	TIPO 2		210	143%	TIPO 5		210	143%	TIPO 5	
PA4-4	14	210	143%	TIPO 4		210	167%	TIPO 4		210	167%	TIPO 4	
PA4-5	14	210	177%	TIPO 2	331 148%	210	137%	TIPO 2	313 149%	210	137%	TIPO 2	313.4 149%
PA4-6	14	210	153%	TIPO 3		210	143%	TIPO 2		210	143%	TIPO 2	
PA4-7	28	210	150%	TIPO 5		210	191%	TIPO 4		210	191%	TIPO 4	
PA4-8	28	210	160%	TIPO 4	329 156%	210	210%	TIPO 4	420 200%	210	210%	TIPO 4	420.5 200%
PA4-9	28	210	159%	TIPO 4		210	200%	TIPO 2		210	200%	TIPO 2	

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Se evaluaron los resultados de los estudios de las propiedades de los agregados y el relave minero, así como el análisis químico del relave. También se analizaron los resultados de las pruebas de compresión en muestras con diferentes porcentajes de relave, la resistencia a la compresión de los bloques de concreto, así como la absorción y densidad de estos. Con respecto al análisis de la caracterización de agregados, es relevante destacar que la caracterización de los agregados es fundamental para un buen diseño de mezcla. Por tales motivos, se llevaron a cabo minuciosos ensayos en el laboratorio. Considerando los ensayos realizados, se precisa que:
 - Se realizaron pruebas sobre agregado fino, agregado grueso y relaves mineros, dando como resultados contenidos de humedad de 4.00%, 2.25% y 0.51% respectivamente como se muestra en las tablas.
 - Después de realizar el análisis granulométrico del agregado fino, se obtuvo un módulo de finura de 2.81, dentro del rango establecido en la norma NTP 400.037. El porcentaje que pasa del agregado fino también cumple con la tabla 33 de la misma norma. En cuanto al relave minero, presenta un módulo de finura de 2.68, aunque sea menor que el de la arena, esta diferencia no influyó en la decisión de reemplazar el relave por dicho agregado.
 - En el análisis granulométrico del agregado grueso se determinó el T_{TM} y el TMN. El TMN es de 3/4", obtenido a partir del primer retenido en la serie de tamices utilizados, y el T_{TM} es de 1/2", correspondiente al tamiz por el que pasa toda la muestra. El porcentaje que pasa del agregado grueso también cumple la norma NIP 400.037.

- El agregado grueso presenta una variedad de tamaños de partículas, lo que permitirá un mejor acomodamiento en la pasta de concreto fresco, mejorando así la resistencia a compresión y durabilidad del concreto.
- Se realizaron pruebas del PUSS y PUSC en los agregados fino, grueso y relave minero, obteniendo valores promedio de 1647 kg/ m³, 1489 kg/ m³ y 968 kg/ m³ en PUSS, y 1929 kg/m³, 1630 kg/m³ y 1120 kg/m³ en PUSC respectivamente. También se obtuvieron valores de peso específico y absorción para cada tipo de agregado: 2.70 gr/ cm³ y 4.34% para el agregado fino, 2.72 gr/cm³ y 41.18% para el agregado grueso, y 1.63 gr/ cm³ y 2.92% para el relave minero. Los valores de absorción obtenidas son los valores que más cuidado se ha tenido en la elaboración del concreto fresco.
- El peso específico del bloque de residuos mineros necesario para su uso como camino puede variar dependiendo del tipo de residuo y el propósito del camino. Sin embargo, en promedio, el peso específico de los bloques de residuos mineros oscila entre 1.6 y 2.2 toneladas por metro cúbico.
- Es importante considerar que utilizar bloques de residuos mineros en la construcción de caminos puede ser una opción sostenible y efectiva para la gestión de estos desechos. Además, se ha comprobado que los bloques de residuos mineros pueden ser utilizados en la fabricación de bloques perforados y mezclas de concreto. Con estos valores se preparó el concreto que, después del sometimiento de todas las pruebas, se cumple con las normas técnicas y se puede elaborar el bloque concreto-relave.

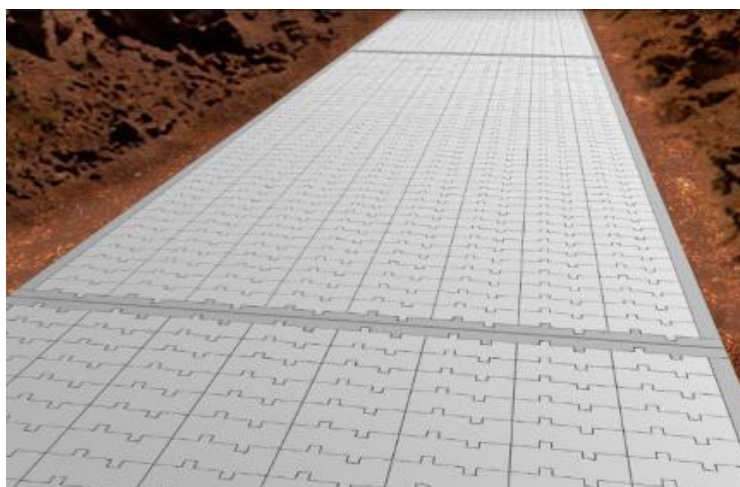
VI. CONCLUSIONES

- 6.1** El uso de bloques de relave en caminos rurales puede ser beneficioso para mejorar la estabilidad y resistencia del camino, especialmente en áreas propensas a deslizamientos de tierra. Los bloques de relave son materiales de desecho de la industria minera que pueden ser reutilizados como una capa base o sub-base en la construcción de caminos. Proporcionan una superficie firme y duradera, ayudando a prevenir la erosión y el deterioro del camino. Sin embargo, es importante tener en cuenta las regulaciones y normas locales para su uso adecuado y asegurar que no representen riesgos ambientales o de salud. Se puede emplear bloques de concreto-relave en caminos rurales, considerando algunas limitaciones al utilizarlos, como el tamaño y la forma de los bloques, que pueden afectar la calidad y resistencia del camino. Además, es crucial asegurarse de que los bloques de relave no contengan sustancias tóxicas o peligrosas que puedan tener un impacto negativo en la salud humana y el medio ambiente.
- 6.2** Esto responde a nuestra hipótesis específica, donde los bloques ecológicos de concreto y relave si pueden usarse como superficie de rodadura en caminos rurales, debido a que el mínimo y máximo promedio para vías rurales es entre 100 kg/cm² y 200kg/cm², lo cual verifica el presente trabajo de investigación alcanzando resistencias a la compresión que superan los 210 kg/cm² en el diseño de bloque óptimo con el 50% de relave como material fino.
- 6.3** Es factible utilizar los desechos de la minería como agente estabilizador de suelos, la vegetación en estos desechos ayuda a estabilizarlos, ya que las plantas absorben y retienen los metales pesados, evitando su dispersión al medio ambiente. Sin embargo, es importante tener en cuenta que los desechos no pueden ser descontaminados, solo estabilizados. La

adición de materiales como cemento, cal, cenizas volantes, asfalto o polímeros es una técnica común que mejora la resistencia y cohesión del suelo en diferentes proyectos. En relación al relave tomada en la investigación se afirma positivamente su uso como parte del bloque porque carece de elementos tóxicos. El uso de bloques de concreto-relave en caminos rurales tiene varios beneficios, como mejorar la resistencia y durabilidad del camino, facilitar el drenaje del agua, reducir el polvo y brindar una superficie más segura para la circulación de vehículos y peatones. Además, los bloques pueden ser fácilmente reemplazados en caso de daños. A su vez responde a la hipótesis específica donde menciona que se pueden usar los bloques de concreto y relave como superficie de rodadura en caminos urbanos, sabiendo que la resistencia a la compresión de la superficie de rodadura en caminos urbanos varía en un rango de 70 kg/cm² a 150 kg/cm², lo cual verifica el presente trabajo de investigación, logrando alcanzar resistencias que superan los 210 kg/cm², con un diseño de bloque óptimo con el 50% de relave como material fino. A continuación, se muestra la propuesta de tendido de bloques que servirían como superficie de rodadura

Figura 10

Paño con bloques



VII. RECOMENDACIONES

- 7.1 Es importante contar con una metodología sólida y ética para desarrollar las investigaciones, así como compartir los hallazgos a través de publicaciones científicas o presentaciones en conferencias. Por tales motivos, se recomienda:
- 7.2 Identificar áreas de investigación poco exploradas en el campo de los relaves, como nuevas técnicas de gestión, tecnologías de tratamiento o impacto ambiental.
- 7.3 Diseñar experimentos o estudios de campo para recopilar datos relevantes sobre el comportamiento de los relaves en diferentes condiciones o la eficacia de diferentes métodos de gestión, realizar análisis numéricos o modelado computacional para simular el comportamiento de los relaves en distintas situaciones y evaluar su estabilidad.

VIII. REFERENCIAS

- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación. 6ta. Caracas: Episteme, pág. 138. ISBN: 980-07-8529-9.
- Brousett, M., Rondan, G., Chirinos, M. y Biamont, I. (2021). Impacto de la Minería en las Aguas Superficiales de la Región Puno – Perú. *Fides Et Ratio*, 21(21), 187-207.
- Choudhary, J., Kumar, B., y Gupta, A. (2018). Application of waste materials as fillers in bituminous mixes. *Waste Management*, 78, 417–425.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.009>
- Dai, W., Zheng, Y., Chen, X., y Cang, D. Q. (2018). Pressing process and coloring property of baking-free bricks made of molybdenum tailing and cement. *Gongcheng Kexue Xuebao/Chinese Journal of Engineering*, 40(10), 1196–1207.
<https://doi.org/10.13374/j.issn2095-9389.2018.10.006>
- El Heraldo, revista de la Universidad Nacional de San Marcos
<https://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Prensa/heraldo.nsf/CNtitulares2/E0C9D759BCE4E026052577B3000B41BB/?OpenDocument>
- Gitari, M., Akinyemi, S., Thobakgale, R., Ngoejana, P., Ramugondo, L., Matidza, M., Mhlongo, S., Dacosta, F., & Nemapate, N. (2018). Physicochemical and mineralogical characterization of Musina mine copper and New Union gold mine tailings: Implications for fabrication of beneficial geopolymeric construction materials. *Journal of African Earth Sciences*, 137, 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.10.01>
- Gitari, M., Akinyemi, S., Thobakgale, R., Ngoejana, P., Ramugondo, L., Matidza, M., Mhlongo, S., Dacosta, F., y Nemapate, N. (2018). Physicochemical and mineralogical

- characterization of Musina mine copper and New Union gold mine tailings: Implications for fabrication of beneficial geopolymeric construction materials. *Journal of African Earth Sciences*, 137, 218–228. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2017.10.016>
- Huanca C. (2018). Análisis mineralógico, tamaño de las partículas y ensayo de aditivos. Cordillera Occidental, sureste de Lima, departamento de Ayacucho, Perú.
- INDECI (2019). Derrame de relave minero en el distrito de San Pedro de Coris -Huancavelica. <https://www.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/07/informe-de-emergencia->
- Liu, H., Wang, C., Chen, L., Liu, S., y Yang, J. (2016). Preparation & properties of autoclaved sand-bricks using iron ore tailings & waste rock. *Journal of Mines, Metals and Fuels*, 63(12), 681–686.
- Lohmeier, S., Lottermoser, B., Schirmer, T., y Fuchsloch, W. (2021). Reprocessing potential of pegmatite tailings for rare metal extraction and brick fabrication, uis, namibia. *South African Journal of Geology*, 124(3), 639–662. <https://doi.org/10.25131/sajg.124.0015>
- Luo, L., Li, K., Weng, F., Liu, C., y Yang, S. (2020). Preparation, characteristics and mechanisms of the composite sintered bricks produced from shale, sewage sludge, coal gangue powder and iron ore tailings. *Construction and Building Materials*, 232. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117250>
- Marinković, S., Protić, M., Paunović, S., Nešović, I., y Bijeljić, J. (2018). Primjena industrijskih nusproizvoda kao mineralnih dodataka za samozbijajući beton. *Gradjevinar*, 70(1), 31–38. <https://doi.org/10.14256/JCE.1516.2015>
- Mohamed, A. M., Pöhler, K., Fuchs, F., EL-Raoof, F. A., El-Kaliouby, B. A. H., Koenig, A., y Pöllmann, H. (2016). Clay-bricks from recycled rock tailings. *Ceramics International*, 42(15), 16685–16696. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2016.07.110>

- Naupas, H.; Mejia, E.; Novoa, E.; Villagomez, A. (2014). Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis. ISBN: 978-958-762-188-4.
- Pashkevich, M. y Petrova, T. A. (2019). Recyclability of ore beneficiation wastes at the Lomonosov Deposit. *Journal of Ecological Engineering*, 20(2), 27–33. <https://doi.org/10.12911/22998993/94919>
- Shreekant, R. L., Aruna, M., y Vardhan, H. (2016). Utilisation of mine waste in the construction industry - A Critical Review. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 9(1), 182–195.
- Wang, W., Gan, Y., y Kang, X. (2021). Synthesis and characterization of sustainable eco-friendly unburned bricks from slate tailings. *Journal of Materials Research and Technology*, 14, 1697–1708. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.07.071>
- Wei, Z., Zhao, J., Wang, W., Yang, Y., Zhuang, S., Lu, T., y Hou, Z. (2021). Utilizing gold mine tailings to produce sintered bricks. *Construction and Building Materials*, 282. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122655>

IX. ANEXOS

ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: Diseño de un bloque de concreto y relave de mina, para caminos rurales en zonas mineras

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables y dimensiones	Indicadores	Metodología	Técnicas e instrumentos
¿De qué manera un bloque ecológico, diseñado con relave de minerales, influye en la solución del transporte?	Diseñar un bloque ecológico de concreto y relave a fin de usarlo en la solución del transporte de los pobladores de los pueblos aledaños a las minas	Un bloque ecológico de concreto y relave de las minas, contribuye a la solución del transporte rural de la zona minera	Bloque ecológico concreto-relave Caminos rurales	Asentamiento Tamaño de agregado Resistencia Relación a/c	Enfoque: cuantitativo Tipo de investigación: Exploratoria Descriptivo Correlacional Explicativa Nivel de investigación Exploratorio Descriptivo Método Hipotético-deductivo Diseño de investigación Experimental Población	Técnicas observación y el análisis de los datos de acuerdo a: ACI-211 Normas técnicas (NTP)
¿Cómo un bloque ecológico, elaborado con concreto y relave de las minas,	Diseñar un bloque ecológico de concreto y relave de las minas con la finalidad de usarlo	Un bloque ecológico de concreto y relave de las minas puede usarse como superficie de	Bloque de concreto convencional	Proporción de materiales		

contribuye en la solución de caminos rurales?	como adoquín en los caminos rurales de la zona minera	rodadura en los caminos rurales, no pavimentados	Bloque concreto-relave	Capacidad de carga	Los relaves de las minas	Instrumentos Equipos y herramientas de laboratorio
¿De qué manera un bloque ecológico, elaborado con concreto y relave de las minas contribuyen en la solución de caminos urbanos?	Diseñar un bloque ecológico de concreto y relave de las minas con la finalidad de usarlo como adoquín en los caminos urbanos de los pueblos aledaños a las minas	Un bloque ecológico de concreto y relave de las minas contribuye a la solución de los caminos urbanos de los pueblos aledaños.	Camino rural Camino urbano	Drenaje	Muestra Relave de la Mina Tintaya	de laboratorio Especímenes cilíndricos, curado. Ensayos Moldes Elaboración de bloque

ANEXO B. CARTA DE VICERRECTORADO ACADEMICO DE LA UNIVERSIDAD**NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION****UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL
ALCIDES CARRIÓN****LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL****CONSTANCIA**

EL VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION
HACE CONSTAR:

Que el Bachiller en Ingeniería Civil, **JOSE ROLANDO PALACIOS RETUERTO**,
egresado de la Universidad Nacional Federico Villarreal, con código de matrícula
2013015358, durante el periodo de 70 días, realizó análisis, ensayos químicos y
granulométricos en muestras representativas de relave minero y agregados; asimismo,
ensayos de resistencia de concreto (fc210), dentro del marco de los objetivos
señalados en su tesis de investigación, titulado:

“DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE
MINA, PARA CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS”,
cumpliendo los protocolos y cronograma establecido en el LABORATORIO DE
INGENIERIA CIVIL UNDAC, utilizando los equipos de manera correcta según
las normas técnicas establecidas, demostrando responsabilidad y puntualidad en las
labores de preparación de muestras y análisis específicos.

Se expide la presente constancia, a solicitud del interesado, para los fines que estime
conveniente.

Cerro de Pasco, 08 de setiembre del 2023.


Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion
Dr. Humberto Sánchez Villanueva
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

ANEXO C. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO A. FINO

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

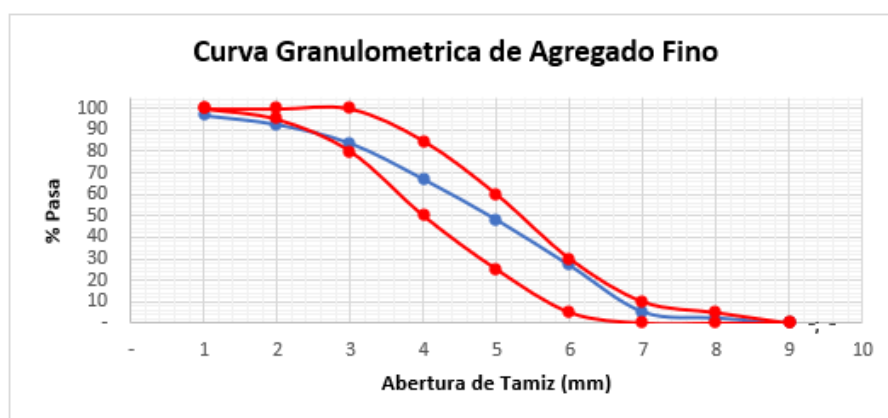
MATERIAL : Agregado fino

UBICACIÓN : Quiulacocho – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		
						Mínimo	Máximo	
3/8"	9.500	17.50	3.57	3.57	96.43	100.00	100.00	
Nº 4	4.750	20.60	4.20	7.77	92.23	95.00	100.00	
Nº 8	2.360	42.70	8.71	16.49	83.51	80.00	100.00	
Nº 16	1.180	81.80	16.69	33.18	66.82	50.00	85.00	
Nº 30	0.600	92.30	18.83	52.01	47.99	25.00	60.00	
Nº 50	0.300	104.00	21.22	73.23	26.77	5.00	30.00	
Nº 100	0.150	105.30	21.49	94.72	5.28	-	10.00	
Nº 200	0.075	13.50	2.75	97.47	2.53	-	5.00	
FONDO	-	12.40	2.53	100.00			-	
		490.100	100.000					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:							1/2"	
MODULO DE FINURA:							2.81	



**ANEXO D. CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO SUELTO Y
COMPACTADO A. FINO
(NORMA DE ENSAYO NTP 339.185)**

REFERENCIA : Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE : José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE
MINA PARA CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS.

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

MATERIAL : Agregado fino

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gf	446.10	447.50	456.10	448.90
Peso del recipiente + muestra húmeda	gf	955.30	947.50	956.10	951.97
Peso del recipiente + muestra seca	gf	939.50	929.00	932.30	932.60
Peso muestra húmeda	gf	509.20	500.00	500.00	503.07
Peso muestra seca	gf	493.40	480.50	476.20	483.70
Peso de agua	gf	15.80	19.50	23.80	19.37
Contenido de humedad	%	3.20%	4.06%	5.00%	4.00%

(NORMA DE ENSAYO NTP 400.017)

REFERENCIA : Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE : José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS.

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

MATERIAL : Agregado fino

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta	kg	19.400	20.100	20.320	19.940
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	22.380	22.140	22.920	22.480
Peso del recipiente	kg	5.118	5.118	5.118	5.118
Peso de muestra en estado suelto	kg	14.282	14.982	15.202	14.822
Peso de muestra en estado compactado	kg	17.262	17.022	17.802	17.362
volumen del recipiente	m ³	0.009	0.009	0.009	0.009
Peso unitario suelto	kg/m³	1,587	1,665	1,689	1,647
Peso unitario compactado	kg/m³	1,918	1,891	1,978	1,929

ANEXO E. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN A. FINO

(NORMA DE ENSAYO NTP 400.022)

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS.

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

MATERIAL : Agregado fino

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	gr	487.60	468.30	475.90	477.27
Peso del picnómetro lleno de agua	gr	690.40	681.40	681.40	684.40
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr	996.00	995.80	1,025.90	1,005.90
Peso de la muestra superficialmente seco (SSS)	gr	498.00	498.00	498.00	498.00
Peso específico aparente	gr/cm³	2.53	2.55	3.10	2.70
Peso específico aparente (SSS)	gr/cm³	2.53	2.55	3.10	2.70
Peso específico masa seca	gr/cm³	2.68	3.04	3.62	3.06
Absorción	%	2.13%	6.34%	4.64%	4.34%

ANEXO F. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO A. GRUESO
(NORMA DE ENSAYO NTP 400.022)

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
 CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS.

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

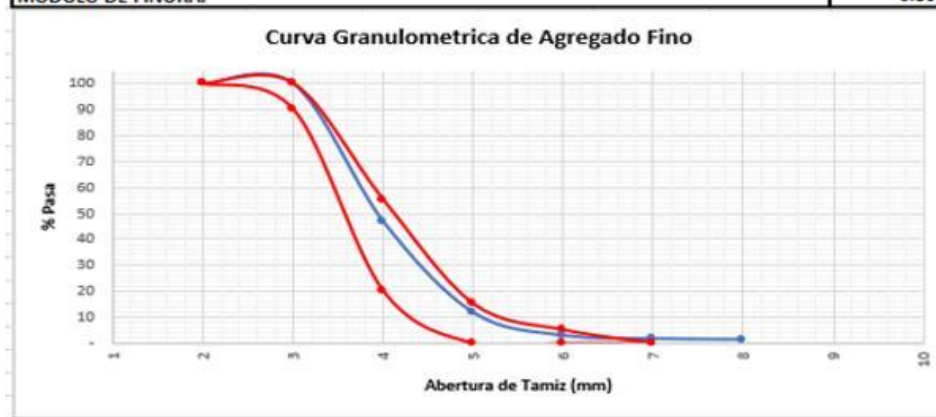
MATERIAL : Agregado grueso

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tamiz Estandar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		
						Minimo	Maximo	
1 1/2"	37.500	-	-	-	-	-	-	
1"	25.000	-	-	-	100.0	100.00	100.00	
3/4"	19.000	-	-	-	100.0	90.00	100.00	
1/2"	12.500	691.5	53.5	53.5	46.5	20.00	55.00	
3/8"	9.500	454.0	35.1	88.6	11.4	-	15.00	
N° 4	4.750	113.4	8.8	97.3	2.7	-	5.00	
N° 8	2.360	15.8	1.2	98.5	1.5	-	-	
N° 16	1.180	4.0	0.3	98.9	1.1	-	-	
FONDO	-	14.8	1.1	100.0	-	-	-	
		1293.500	100.000					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:							3/4"	
MODULO DE FINURA:							6.86	



**ANEXO G. CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO SUELTO Y
COMPACTADO A. GRUESO
(NORMA DE ENSAYO NTP 339.185)**

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS.

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

MATERIAL: Agregado grueso

UBICACIÓN: Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gr	431.10	421.80	420.10	424.33
Peso del recipiente + muestra húmeda	gr	2,931.10	2,921.80	2,920.10	2,924.33
Peso del recipiente + muestra seca	gr	2,879.20	2,871.80	2,856.70	2,869.23
Peso muestra húmeda	gr	2,500.00	2,500.00	2,500.00	2,500.00
Peso muestra seca	gr	2,448.10	2,450.00	2,436.60	2,444.90
Peso de agua	gr	51.90	50.00	63.40	55.10
Contenido de humedad	%	2.12%	2.04%	2.60%	2.25%

(NORMA DE ENSAYO NTP 400.017)

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS.

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

MATERIAL : Agregado grueso

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta	kg	27.600	28.500	28.220	28.107
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	29.240	30.580	30.420	30.080
Peso del recipiente de la muestra suelta	kg	7.258	7.258	7.258	7.258
Peso del recipiente de la muestra apisonada	kg	7.258	7.258	7.258	7.258
Peso de muestra en estado suelto	kg	20.342	21.242	20.962	20.849
Peso de muestra en estado compactado	kg	21.982	23.322	23.162	22.822
volumen del recipiente	kg	0.014	0.014	0.014	0.014
Peso unitario suelto	kg/m3	1,453	1,517	1,497	1,489
Peso unitario compactado	kg/m3	1,570	1,666	1,654	1,630

ANEXO H. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN A. GRUESO

(NORMA DE ENSAYO NTP 400.022)

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS.

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

MATERIAL : Agregado grueso

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	gr	2,974.000	2,973.200	2,976.300	2,974.500
Peso de la muestra SSS	gr	3,010.600	3,004.800	3,013.200	3,009.533
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	1,902.600	1,901.700	1,905.600	1,903.300
Peso especifico aparente	gr/cm ³	2.68	2.70	2.69	2.69
Peso especifico aparente (SSS)	gr/cm ³	2.72	2.72	2.72	2.72
Peso especifico masa seca	gr/cm ³	2.78	2.77	2.78	2.78
Absorcion	%	1.23%	1.06%	1.24%	1.18%

ANEXO I. ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO RELAVE
(NORMA DE ENSAYO NTP 400.022)

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
 CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS

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

MATERIAL : Relave como agregado fino

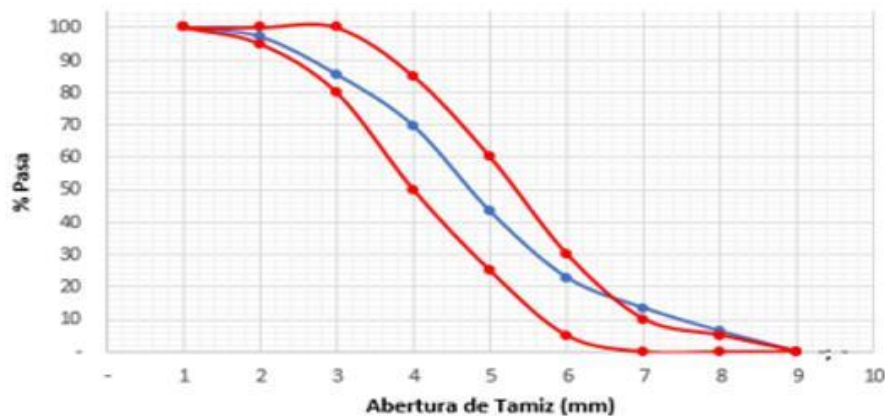
UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

Tamiz Estandar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	% Que Pasa	Límites (NTP 400.037)		
						Minimo	Maximo	
3/8"	9.500	-	-	-	100.00	100.00	100.00	
N° 4	4.750	13.50	2.75	2.75	97.25	95.00	100.00	
N° 8	2.360	57.30	11.66	14.41	85.59	80.00	100.00	
N° 16	1.180	78.10	15.90	30.31	69.69	50.00	85.00	
N° 30	0.600	130.00	26.46	56.77	43.23	25.00	60.00	
N° 50	0.300	100.30	20.42	77.18	22.82	5.00	30.00	
N° 100	0.150	46.10	9.38	86.57	13.43	-	10.00	
N° 200	0.075	35.40	7.21	93.77	6.23	-	5.00	
FONDO	-	30.60	6.23	100.00	-	-	-	
		491.300	100.000					
TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:							1/2"	
MODULO DE FINURA:							2.68	

Curva Granulometrica de Agregado Fino



**ANEXO J. CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO SUELTO Y
COMPACTADO RELAVE
(NORMA DE ENSAYO NTP 339.185)**

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS

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

MATERIAL : Relave como agregado fino

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente	gr	398.00	455.40	235.70	363.03
Peso del recipiente + muestra humeda	gr	898.00	955.40	735.70	863.03
Peso del recipiente + muestra seca	gr	896.30	952.00	733.20	860.50
Peso muestra humeda	gr	500.00	500.00	500.00	500.00
Peso muestra seca	gr	498.30	496.60	497.50	497.47
Peso de agua	gr	1.70	3.40	2.50	2.53
Contenido de humedad	%	0.34%	0.68%	0.50%	0.51%

(NORMA DE ENSAYO NTP 400.017)

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS.

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

MATERIAL : Relave como agregado fino

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso del recipiente + muestra suelta	kg	5.140	5.200	5.180	5.173
Peso del recipiente + muestra apisonada	kg	5.680	5.600	5.610	5.630
Peso del recipiente	kg	2.270	2.270	2.270	2.270
Peso de muestra en estado suelto	kg	2.870	2.930	2.910	2.903
Peso de muestra en estado compactado	kg	3.410	3.330	3.340	3.360
volumen del recipiente	m ³	0.003	0.003	0.003	0.003
Peso unitario suelto	kg/m³	957	977	970	968
Peso unitario compactado	kg/m³	1,137	1,110	1,113	1,120

ANEXO K: PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN RELAVE

(NORMA DE ENSAYO NTP 400.022)

REFERENCIA: Laboratorio de mecánica de suelos, concreto y pavimentos UNDAC

ESTUDIANTE: José Rolando Palacios Retuerto

TESIS : DISEÑO DE UN BLOQUE DE CONCRETO Y RELAVE DE MINA, PARA
CAMINOS RURALES EN ZONAS MINERAS

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

MATERIAL : Relave como agregado fino

UBICACIÓN : Quiulacocha – Pasco

FECHA : 07/06/2023

RESULTADOS DEL ENSAYO

DESCRIPCION	UND	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Peso de la muestra secada al horno	gr	486.50	484.10	483.90	484.83
Peso del pignometro lleno de agua	gr	691.70	691.70	691.70	691.70
Peso del pignometro lleno de muestra y agua	gr	880.20	878.80	879.30	879.43
Peso de la muestra superficialmente seco (SSS)	gr	499.00	499.00	499.00	499.00
Peso especifico aparente	gr/cm ³	1.57	1.55	1.55	1.56
Peso especifico aparente (SSS)	gr/cm ³	1.57	1.55	1.55	1.56
Peso especifico masa seca	gr/cm ³	1.63	1.63	1.63	1.63
Absorcion	%	2.57%	3.08%	3.12%	2.92%

ANEXO L: DISEÑO DE CONCRETO

Cemento Pacasmayo/Tipo I

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Slump = 4"

Peso específico del agua = 1000 kg/m^3

Peso específico del cemento = 3.15 gr/cm^3

AGREGADOS	FINO	GRUESO
Perfil		Angular
Peso unitario suelto (kg/m ³)	1647	1,489
Peso unitario compactado (kg/m ³)	1929	1,630
Peso específico (gr/cm ³)	2.82	2.73
Módulo de fineza	2.81	6.86
TMN	½"	¾"
% absorción	4 %	1.18 %
%	4.34 %	2.25 %

1. Por no contar con registros de resistencia de probetas, se utilizó la tabla siguiente:

f_c	f_{cr}
$f_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 < f_c < 350 \text{ kg/cm}^2$	$f_c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$f_c > 350 \text{ kg/cm}^2$	$f_c + 98 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Método ACI 301

Obteniéndose:

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

Selección del asentamiento de diseño

Asentamiento por el tipo de consistencia del concreto

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" - 2"	Poco	Vibración normal
Plástica	3" - 4"	Buena	Vibración ligera Chuseado
Fluida	> 5"	Poca	Chuseado

Fuente: Tecnología del Concreto de Abanto, 2009

2. Contenido de aire

Se considera el tamaño máximo nominal = $\frac{3}{4}$ ", utilizando la tabla:

Tamaño Máximo Nominal del Agregado grueso.	Aire atrapado
$\frac{3}{8}$ "	3.0 %
$\frac{1}{2}$ "	2.5 %
$\frac{3}{4}$ "	2.0 %
1"	1.5 %
1 $\frac{1}{2}$ "	1.0 %
2"	0.5 %
3"	0.3 %
4"	0.2 %

Se obtiene: aire = 2 %

3. Contenido de agua

De acuerdo a la tabla de volumen unitario del agua, se obtiene:

$$a = 205 \text{ Lt/m}^3$$

4. Relación a/c (por resistencia $F'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$)

$$250 \text{ --- } 0.62 \quad \text{Interpolando:} \quad \frac{300-294}{0.55-x} = \frac{300-250}{0.55-0.62}$$

$$294 \text{ --- } x$$

$$300 \text{ --- } 0.55$$

Interpolando, obtenemos: $x = 0.56$ entonces $\frac{a}{c} = 0.56$

Se consideró la tabla de relación agua/cemento por resistencia

5. Contenido de cemento $\frac{205}{c} = 0.56 \quad c = 366.07 \text{ kg}$

$$\text{Factor C} \quad C = \frac{366.07}{42.5} = 8.6 \text{ bls}$$

6. Peso de agregado grueso

$$\text{Peso a. g.} = \frac{b}{b_0} \times \text{peso usc}$$

$$\text{Peso a. g.} = 0.639 \text{ m}^3 \times 1630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso a. g.} = 1041.57 \text{ kg}$$

7. Volumen absoluto

$$\text{Cemento} = \frac{366.07 \text{ kg}}{3.15 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \times 1000} = 0.116 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{1}{100} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{2}{100} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$Volumen a. g. = \frac{1041.57 \text{ kg}}{1000 \times 2.73 \text{ gr/cm}^3} = 0.382 \text{ m}^3$$

$$Volumen a. f. = 1 - (0.116 + 0.205 + 0.02 + 0.382) = 0.233 \text{ m}^3$$

8. Cálculo del peso del agregado fino

$$\text{Peso a.f.} = 0.233 \text{ m}^3 \times 2.82 \text{ gr/cm}^3 \times 1000 = 657.06 \text{ kg}$$

9. Presentación del diseño en estado seco

$$\text{Cemento} = 366.07 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 657.06 \text{ kg}$$

$$\text{agregado grueso} = 1041.57 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ Lt.}$$

10. Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Fórmula: } \text{Agregado} = \text{Peso seco} \times \left(\frac{w\%}{100} + 1 \right)$$

$$\text{Agregado fino} = 657.06 \text{ kg} \times \left(\frac{4.34}{100} + 1 \right) = 685.58 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 1041.57 \text{ kg} \times \left(\frac{2.25}{100} + 1 \right) = 1065.00 \text{ kg}$$

11 Aporte de agua a la mezcla

$$\text{Fórmula} = \frac{(w\% - \% \text{ abs}) \times \text{agregado seco}}{100}$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{(4.34 - 4) \times 685.58}{100} = 2.33 \text{ Lt}$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{(2.25 - 1.18) \times 1065.00}{100} = 11.40 \text{ Lt}$$

$$\text{Luego } 2.33 + 11.40 = 13.73 \text{ Lt}$$

12 Agua efectiva = 205 – 13.73 = 191.27 Lt.

ANEXO M: PROBETAS DE CONCRETO CILINDRICAS = 4" DIAMETRO; 8" ALTURA (30%)

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO – RELAVE (30%)

CODIGO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ALTURA DE ESPECIMEN (mm)	TRANSVERSAL (mm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA DE CONCRETO (kg/cm ²)	VELOCIDAD DE ESFUERZO (kg/f)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESIST.	TIPO DE ROTURA	PROMD RESIST kg/cm ²
PA4-1	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	13/03/2023	7	9.79	201.9	75.28	205.96	21002	220	0.7	210	119%	TIPO 4	252.2 120%
PA4-2	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	13/03/2023	7	9.81	202.3	75.58	207.11	21119	224.5	1.9	210	121%	TIPO 2	
PA4-3	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	13/03/2023	7	9.78	202.4	75.12	206.54	21060.5	222.8	0.9	210	120%	TIPO 2	
PA4-4	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	20/03/2023	14	9.8	202.1	75.43	241.37	24613	264.4	1.9	210	143%	TIPO 4	331 148%
PA4-5	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	20/03/2023	14	9.79	202.5	75.28	294.71	30052	271.5	1.6	210	177%	TIPO 2	
PA4-6	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	20/03/2023	14	9.83	202.6	75.89	268.04	27332.5	267.1	1.4	210	153%	TIPO 3	
PA4-7	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	3/04/2023	28	9.77	201.9	74.97	260.91	26605	290.4	2.3	210	150%	TIPO 5	329 156%
PA4-8	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	3/04/2023	28	9.83	202.1	75.89	272.50	27787	330.8	2.1	210	160%	TIPO 4	
PA4-9	MUESTRA - PATRON (+)(+)	6/03/2023	3/04/2023	28	9.81	202.6	75.58	266.71	27196	301.5	2.5	210	159%	TIPO 4	

ANEXO N: PROBETAS DE CONCRETO CILINDRICAS = 4" DIAMETRO; 8" ALTURA (40%)

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO – RELAVE (40%)

CODIGO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ALTURA DE ESPECIMEN (mm)	SECCION TRANSVERSAL (mm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA CONCRETO (kg/cm ²)	VELOC. DE ESFUERZO (kg/f)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESIST.	TIPO DE ROTURA	PROMD RESIST kg/cm ²
PA5-1	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	13/03/2023	7	9.77	202.1	74.97	247.21	25208	250.1	0.7	210	143%	TIPO 2	300 143%
PA5-2	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	13/03/2023	7	9.81	201.9	75.58	247.50	25238	253.5	0.5	210	143%	TIPO 5	
PA5-3	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	13/03/2023	7	9.83	202.5	75.89	247.36	25223	252.9	1.1	210	143%	TIPO 5	
PA5-4	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	20/03/2023	14	9.8	202	75.43	289.61	29532	300.4	1.9	210	167%	TIPO 4	313 149%
PA5-5	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	20/03/2023	14	9.78	201.9	75.12	237.76	24244	371.1	1.7	210	137%	TIPO 2	
PA5-6	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	20/03/2023	14	9.83	202.1	75.89	263.69	26888	321.4	2.1	210	143%	TIPO 2	
PA5-7	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	3/04/2023	28	9.79	201.9	75.28	331.20	33772	315.2	1.9	210	191%	TIPO 4	420 200%
PA5-8	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	3/04/2023	28	9.81	202.1	75.58	355.96	36297	335.8	2.1	210	210%	TIPO 4	
PA5-9	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	3/04/2023	28	9.8	202.5	75.43	343.58	35034.5	334.7	2.5	210	200%	TIPO 2	

ANEXO O: PROBETAS DE CONCRETO CILINDRICAS = 4" DIAMETRO; 8" ALTURA (40%)

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO – RELAVE (50%)

CODIGO	ESTRUCTURA DE PROCEDENCIA	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIÁMETRO PROMEDIO (cm)	ALTURA DE ESPECIMEN (mm)	SECCION TRANSVERSAL (mm ²)	CARGA MAXIMA (KN)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA CONCRETO (kg/cm ²)	VELOC. DE ESFUERZO (kg/f)	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	% RESIST.	TIPO DE ROTURA	PROMD RESIST kg/cm ²
PA5-1	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	13/03/2023	7	9.77	202.1	74.97	247.21	25208	300.1	0.7	210	143%	TIPO 2	300.3 143%
PA5-2	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	13/03/2023	7	9.81	201.9	75.58	247.50	25238	300.5	0.5	210	143%	TIPO 5	
PA5-3	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	13/03/2023	7	9.83	202.5	75.89	247.36	25223	300.4	1.1	210	143%	TIPO 5	
PA5-4	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	20/03/2023	14	9.8	202	75.43	289.61	29532	351.7	1.9	210	167%	TIPO 4	313.4 149%
PA5-5	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	20/03/2023	14	9.78	201.9	75.12	237.76	24244	288.1	1.7	210	137%	TIPO 2	
PA5-6	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	20/03/2023	14	9.83	202.1	75.89	263.69	26888	300.3	2.1	210	143%	TIPO 2	
PA5-7	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	3/04/2023	28	9.79	201.9	75.28	331.20	33772	400.5	1.9	210	191%	TIPO 4	420.5 200%
PA5-8	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	3/04/2023	28	9.81	202.1	75.58	355.96	36297	440.8	2.1	210	210%	TIPO 4	
PA5-9	MUESTRA - PATRON PROMEDIO	6/03/2023	3/04/2023	28	9.8	202.5	75.43	343.58	35034.5	420.1	2.5	210	200%	TIPO 2	

**ANEXO P: INSTRUMENTOS UTILIZADOS Y ENSAYOS EN LABORATORIO DE
INGENIERIA CIVIL UNDAC – PANEL FOTOGRAFICO**



EQUIPAMIENTO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS DEL RELAVE Y CONCRETO



GRANULOMETRIA DEL MATERIAL



PESO UNITARIO SUELTO (PUS), ENRAZANDO ACABADO DE LLENAR EL MOLDE Y PESO UNITARIO COMPACTADO (PUC), COMPACTANDO EN CADA CAPA.



LAVADO DEL MATERIAL



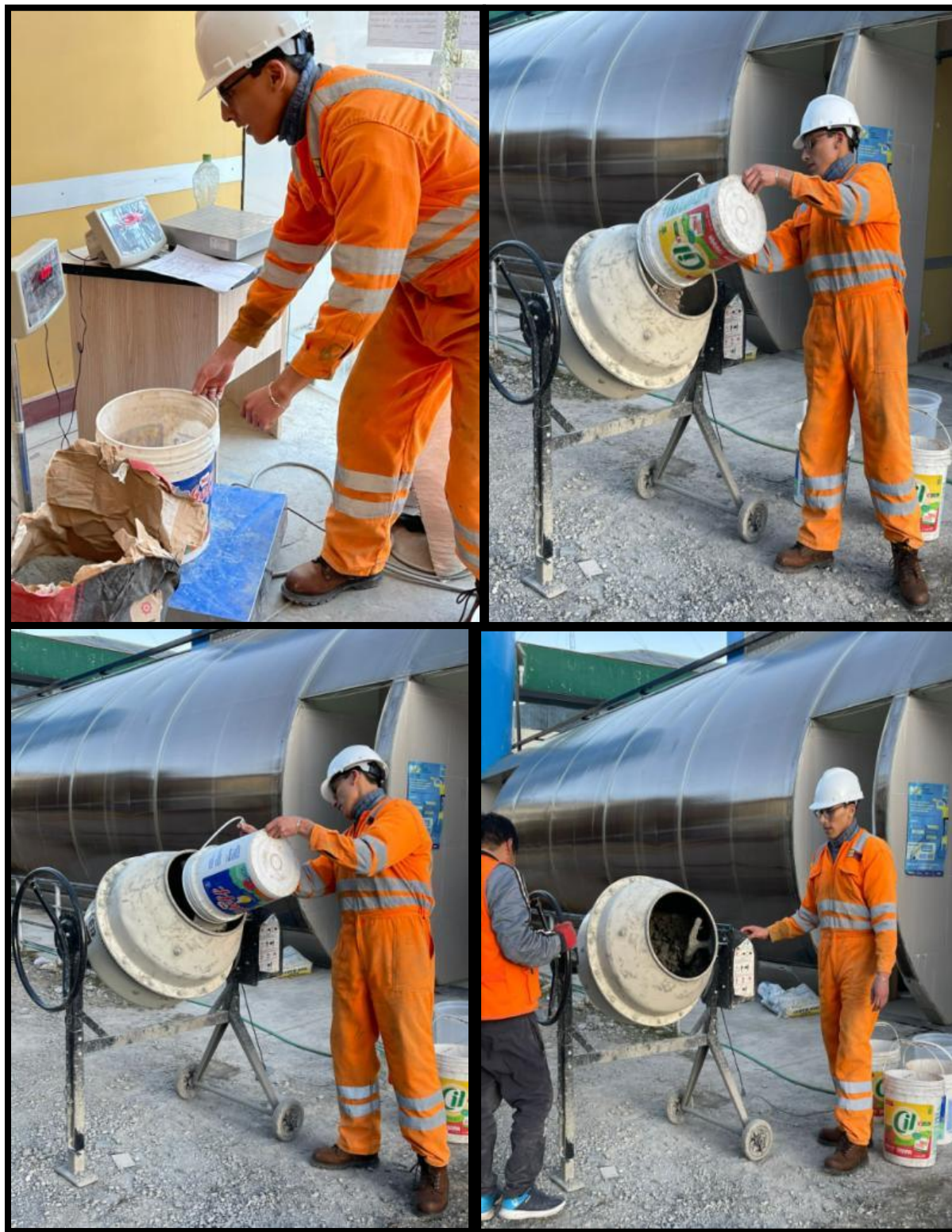
EMPLAZANDO EL MATERIAL EN LA FIOLA, LLENADO DE AGUA EN LA FIOLA PARA OBTENCIÓN DE PESO ESPECIFICO



COLOCACION DE LAS FIOLAS EN BAÑO MARÍA, RETIRO DEL MATERIAL



ELABORACION DEL MOLDE PARA EL DISEÑO MEZCLA ELABORADO



PREPARACION DE LA MEZCLA DE CONCRETO Y RELAVE



APLICANDO DESENCOFRANTE PARA LA COLOCACIÓN DE LA MEZCLA.



COLOCACION DE LA MEZCLA EN LOS RESPECTIVOS MOLDES, CHUCEADO Y ENRAZADO



ROTURA DE LA VIGA, PARA FLEXION CON INSTRUMENTO SUPERVISADO POR ING. LABORATORISTA DE LA UNDAC.



CURADO DE PROBETAS



MEDICION DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS



COLOCACION EN LA PRENSA DE PROBETAS CILINDRICAS



RETIRO DE LAS PROBETAS CILÍNDRICAS ELABORADAS, LUEGO DEL ENSAYO DE COMPRESION