

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**TESIS**

**“APROVECHAMIENTO DE LOS RELAVES MINEROS EN LA  
ELABORACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F’C 210 KG/CM<sup>2</sup>  
EN EL DISTRITO DE MALA - PROVINCIA DE CAÑETE”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. MARIA DE LOS ANGELES ROSALES PATIÑO**

**Bach. PATRICIO PAOLO YANQUI REYES**

**TACNA – PERÚ**

**2025**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS**

**“APROVECHAMIENTO DE LOS RELAVES MINEROS EN LA  
ELABORACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO F’C 210 KG/CM<sup>2</sup>  
EN EL DISTRITO DE MALA - PROVINCIA DE CAÑETE”**

Tesis sustentada y aprobada el 21 de noviembre de 2025; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mag. OSCAR ALFREDO CÁRDENAS RIVEROS**

**SECRETARIO : Mtro. LUIS FERNANDO JIMÉNEZ LOUREIRO**

**VOCAL : Mtra. RAYZA MARUXIA VÁSQUEZ TICONA**

**ASESOR : Mag. JULIO FRANCISCO GÁRATE DELGADO**

**DÉCLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Nosotros, María de los Ángeles Rosales Patiño y Patricio Paolo Yanqui Reyes, egresados, de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 77143695 y DNI 70126900 respectivamente, así como Julio Francisco Gárate Delgado con DNI 29297330; declaramos en calidad de autores y asesor que:

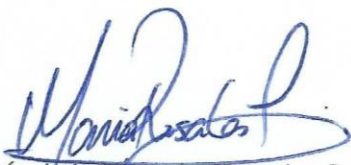
1. Somos los autores de la tesis titulado: *"Aprovechamiento de los relaves mineros en la elaboración de mezclas de concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> en el distrito de mala - provincia de cañete"*, la cual presentamos para optar el: *Título Profesional de Ingeniero Industrial*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 26 de diciembre de 2025



María de los Angeles Rosales Patiño  
DNI N° 77143695



Patricio Paolo Yanqui Reyes  
DNI N° 70126900



Julio Francisco Gárate Delgado  
DNI N° 29297330

## DEDICATORIA

Consagro este trabajo de investigación al Altísimo, por haberme concedido arribar a este hito crucial en mi trayectoria formativa. A mi progenitora, cuyo afecto entrañable y temple constante han encarnado mi sostén primordial y acicate inquebrantable.

A mi padre, por inculcarme valores que me guían cada día. A toda mi familia y a mis compañeras de vida, que me acompañaron con alegría y constancia durante este proceso.

María de los Ángeles Rosales Patiño

Dedico esta tesis a todas aquellas personas que contribuyeron con conocimientos, ideas y sugerencias que permitieron desarrollar esta investigación.

A mi madre, hermana, tío Gustavo y a toda mi familia, quienes han sido mi principal inspiración. Expreso también mi gratitud al Ing. Alejandro Monroy y a Oscar Cárdenas, por su guía profesional y humana que contribuyó de manera significativa a mi desarrollo académico y personal.

Patricio Paolo Yanqui Reyes

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer al todo poderoso por la bendición de terminar esta etapa profesional y seguir desarrollando en el sector Industrial como profesionales de prestigio.

A nuestro asesor,

Ing. Julio Gárate por la predisposición en todo momento a culminar esta investigación.

Finalmente, a la Universidad Privada de Tacna y por supuesto a la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial por su formación con los docentes de calidad.

María de los Ángeles Rosales Patiño

Patricio Paolo Yanqui Reyes

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS .....	iv
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Descripción del problema .....	2
1.2. Formulación del problema .....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	4
1.3. Justificación e importancia.....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6
1.5. Hipótesis.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes de la investigación .....	7
2.2. Bases teóricas .....	9
2.3. Definición de términos .....	15

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO .....	17
3.1. Diseño de la investigación .....	17
3.2. Acciones y actividades .....	17
3.3. Materiales y/o instrumentos .....	19
3.4. Población y muestra .....	20
3.5. Operacionalización de las variables.....	21
3.6. Procesamiento y análisis estadístico .....	23
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....	24
4.1. Características de los residuos de relaves mineros.....	24
4.2. Evaluación de la resistencia a la compresión .....	28
4.3. Evaluación económica.....	38
4.4. Comprobación de la hipótesis.....	52
V. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....	55
VI. CONCLUSIONES .....	57
RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Granulometría de relaves mineros .....	11
Tabla 2. Métodos de ensayos .....	19
Tabla 3. Elementos de la muestra .....	21
Tabla 4. Operacionalización de las variables .....	22
Tabla 5. Granulometría por tamizado de los residuos de relaves.....	24
Tabla 6. Características granulométricas de los residuos de relaves .....	25
Tabla 7. Demanda nacional de concreto premezclado 2017 - 2024.....	27
Tabla 8. Resistencia a la compresión a los 7 días.....	28
Tabla 9. Resistencia a la compresión a los 14 días.....	29
Tabla 10. Resistencia a la compresión a los 28 días.....	30
Tabla 11. Escala de clasificación.....	34
Tabla 12. Factor de proximidad.....	35
Tabla 13. Escala de clasificación .....	35
Tabla 14. Ranking de factores.....	35
Tabla 15. Distribución de la planta .....	37
Tabla 16. Distribución de la planta .....	38
Tabla 17. Costo de concreto con relación a materiales de mezcla.....	38
Tabla 18. Flujo de caja para 1 m <sup>3</sup> de concreto en obra 10% relaves sustitutos .....	39
Tabla 19. Flujo de caja para 1 m <sup>3</sup> de concreto en obra 20% relaves sustitutos .....	40
Tabla 20. Flujo de caja para 1 m <sup>3</sup> de concreto en obra 30% relaves sustitutos .....	40
Tabla 21. Indicadores económicos según sustitutos de cemento.....	41
Tabla 22. Ahorros por uso de los relaves mineros.....	42
Tabla 23. Inversión en planilla.....	43
Tabla 24. Inversión de maquinaria .....	44
Tabla 25. Inversión en equipos .....	44
Tabla 26. Inversión en implementos.....	45
Tabla 27. Inversión del terreno.....	45
Tabla 28. Inversión en construcción.....	45
Tabla 29. Inversión intangible.....	46
Tabla 30. Resumen de inversión.....	46
Tabla 31. Depreciación de la planta .....	47
Tabla 32. Costo de materia prima .....	48
Tabla 33. Costos directos.....	48

Tabla 34. Costos indirectos.....	49
Tabla 35. Propuesta económica del negocio.....	49
Tabla 36. Precio de venta .....	50
Tabla 37. Flujo de ventas .....	51
Tabla 38. Flujo de caja del proyecto.....	51
Tabla 39. Indicadores del proyecto .....	52
Tabla 40. Análisis de varianza de la resistencia a la compresión a los 28 días .....	53
Tabla 41. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey .....	53

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de fallas de roturas por compresión .....	14
Figura 2. Procedimiento general de la investigación .....	17
Figura 3. Curva granulométrica del relave minero de Mala.....	25
Figura 4. Resistencia a la compresión a los 7 días .....	28
Figura 5. Resistencia a la compresión a los 14 días .....	29
Figura 6. Resistencia a la compresión a los 28 días .....	30
Figura 7. Comparación de la resistencia a la compresión a los 28 días.....	31
Figura 8. Comparación de los costos de materiales de las mezclas de concreto ...	39

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Matriz de consistencia .....	65
Anexo 2. Informes de laboratorio .....	66
Anexo 3. Evidencia fotográfica.....	76
Anexo 4. Evidencia de equipamiento de la planta.....	79

## RESUMEN

El propósito de la siguiente investigación consistió en evaluar los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – Provincia de Cañete, como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto  $f'c$  210  $kg/cm^2$  que permita su incorporación a la cadena productiva de materiales manteniendo un foco en economía circular. Para ello se abordó una metodología experimental de alcance explicativo. Las muestras de relaves mineros, así como los materiales de canteras, fueron caracterizados para su uso en las mezclas de concreto. Estas fueron elaboradas sustituyendo 10%, 20% y 30% de proporción de relaves mineros por cemento. La muestra estuvo representada por 3 probetas cilíndricas por cada proporción, las cuales fueron ensayadas a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad. Los resultados mostraron que los relaves mineros tienen un módulo de finura 0.72, compuestos por 89% de partículas muy finas. En cuanto a la resistencia a la compresión, las mezclas con 10% y 20% de relaves mineros mostraron valores similares al patrón (219.57  $kg/cm^2$ ) con 217.90 y 216.40  $kg/cm^2$  respectivamente y, además, cumplieron con el valor teórico 210  $kg/cm^2$ . Respecto a los beneficios de aprovechar los relaves mineros, se puede lograr ahorros en costo de cemento y también reducción de la huella de carbono entre 10 y 20% por la producción de 1 tonelada de cemento. Se concluye que los relaves mineros de Mala pueden ser aprovechados en la elaboración de mezclas de concreto, valorizándolos como materia prima en el sector de la construcción.

**Palabras claves:** relaves mineros; economía circular; mezclas de concreto; resistencia a compresión.

## ABSTRACT

The purpose of the following research was to evaluate the mining tailings from the Mala district – Cañete Province, as an alternative for use in the production of concrete mixtures with a compressive strength of  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, enabling their incorporation into the productive chain of materials while maintaining a focus on circular economy. For this, an experimental methodology with an explanatory scope was applied. The mining tailings samples, as well as the quarry materials, were characterized for use in concrete mixtures. These mixtures were prepared by replacing 10%, 20%, and 30% of the cement proportion with mining tailings. The sample was represented by 3 cylindrical specimens for each proportion, which were tested for compression at 7, 14, and 28 days of age. The results showed that the mining tailings have a fineness modulus of 0.72, composed of 89% very fine particles. Regarding compressive strength, the mixtures with 10% and 20% mining tailings showed similar values to the standard (219.57 kg/cm<sup>2</sup>), with 217.90 and 216.40 kg/cm<sup>2</sup>, respectively, and also met the theoretical value of 210 kg/cm<sup>2</sup>. In terms of the benefits of utilizing mining tailings, savings in cement costs can be achieved, as well as a reduction in carbon footprint by 10 to 20% in the production of 1 ton of cement. It is concluded that the mining tailings from Mala can be used in the production of concrete mixtures, valuing them as raw material in the construction sector.

**Keywords:** mining tailings; circular economy; concrete mixtures; compressive strength.

## INTRODUCCIÓN

La minería es una industria crucial para el desarrollo económico global, ya que proporciona los recursos necesarios para múltiples sectores, desde la construcción hasta la tecnología. Sin embargo, uno de los desafíos más grandes que enfrenta la minería hoy en día es la gestión de los residuos mineros, que incluyen estériles, relaves y otros subproductos generados durante el proceso de extracción. Estos residuos no solo representan un riesgo ambiental, sino que también contribuyen a la degradación de los ecosistemas, la contaminación del agua y la alteración de la biodiversidad, lo que plantea un serio problema de sostenibilidad para la industria.

La economía circular emerge como una alternativa innovadora para abordar esta problemática. Este modelo económico busca maximizar el valor de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, reduciendo el desperdicio y promoviendo la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales. En el contexto de la minería, adoptar principios de economía circular no solo puede minimizar la cantidad de residuos generados, sino también transformar estos desechos en recursos útiles para otras industrias, contribuyendo así a la sostenibilidad.

Para lograr una transición efectiva hacia la economía circular en el sector minero, es fundamental que las empresas implementen estrategias específicas, como el desarrollo de tecnologías de procesamiento más limpias, la mejora en la eficiencia de los recursos y la reintegración de los subproductos mineros en la cadena de valor. La colaboración entre gobiernos, empresas y comunidades también juega un papel crucial, estableciendo regulaciones y políticas que fomenten la reducción de residuos y el aprovechamiento de materiales reciclados.

En este contexto, se presenta la presente investigación cuyo objetivo principal es evaluar los residuos de relaves mineros del distrito de Mala, ubicado en la provincia de Cañete, como una posible alternativa para la producción de mezclas de concreto con  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>, que permita su integración en la cadena productiva de materiales, con un enfoque en la economía circular.

La investigación está estructurada en cinco capítulos. El Capítulo I aborda el problema de investigación, el Capítulo II presenta el marco teórico relacionado, el Capítulo III detalla la metodología empleada, el Capítulo IV expone los resultados obtenidos, y el Capítulo V ofrece la discusión de dichos resultados.

## CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

A nivel global, la huella de materiales constituida por las materias primas extraídas para cubrir las necesidades del consumo final, creció un 71% pasando de 57.400 millones de toneladas métricas en el año 2000, a 98.000 millones de toneladas métricas en 2022. La demanda de materiales ha seguido el mismo ritmo que el crecimiento de la población y el aumento del PIB a nivel global. Es crucial tomar medidas inmediatas para revertir esta tendencia, implementando acciones urgentes que frenen la sobreexplotación de los recursos y, por lo tanto, la creciente degradación del medioambiente (Naciones Unidas, 2023).

Con relación a la demanda de metales, por ejemplo, para el año 2040 se prevé un aumento de hasta 20 veces en la demanda de níquel y cobalto debido a las crecientes necesidades del uso de la electricidad. Además, se espera que la demanda global de cobre se duplique entre 2020 y 2050. Para cubrir esta demanda, es esencial adoptar un modelo de economía circular que fomente el aumento de la productividad de los materiales, la reducción de residuos y la regeneración del medioambiente. Este enfoque no es nuevo en el sector minero, ya que se ido incorporando principios circulares a nivel local tanto para mitigar impactos negativos al ambiente como por motivos comerciales. Esto ha incluido la reducción de residuos y relaves, optimización del agua, valorización y reciclaje de residuos (Concejo Internacional de Minería y Metales, 2024).

Lo anterior va en línea con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de la agenda 2030; particularmente el ODS 12, busca transformar el modelo actual de producción y consumo con el fin de lograr una gestión eficiente de los recursos naturales, implementando procesos que eviten la pérdida de alimentos, promuevan un uso ecológico de los productos químicos y reduzcan la generación de residuos. Además, las empresas del sector privado desempeñan un papel fundamental en el logro de estos objetivos, al integrar en sus modelos de producción y consumo principios de economía circular, fomentar el consumo responsable entre sus grupos de interés y crear una cultura empresarial orientada al desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2023).

Por otro lado, en la industria minera, es importante señalar que tras el procesamiento del mineral en una planta de tratamiento, se produce un residuo

denominado relave o col. Este está constituido principalmente por partículas finas de minerales de ganga, fragmentos de roca estéril, y pequeñas proporciones de mena que no son capturadas durante el proceso de extracción. Además, contiene restos de reactivos utilizados en el beneficio y agua, siendo almacenados en embalses o diques especializados (Cordero et al., 2020).

Particularmente, la molienda del proceso de beneficio de mineral es una de las etapas en que se genera gran cantidad de relaves o colas, compuestos por partículas de residuo con granulometrías diversas, desde muy finas como arcilla o limo, hasta arena fina. Estos residuos junto con la roca estéril de la etapa extractiva, representan grandes volúmenes de residuos que ocupan extensas áreas de intervención y que, a largo plazo, representan pasivos ambientales y sociales posteriores al cierre de la mina, aún más, en condiciones donde puedan interactuar con los recursos de agua y medio ambiente llegando a transmitir contaminantes (Beltrán et al., 2018).

Según reporte de la organización *World Mine Tailings Failures* (WMTF, por sus siglas en inglés), a nivel mundial entre 29 mil y 35 mil instalaciones mineras almacenan o disponen alrededor de 223 mil millones de toneladas de relaves, comprendidas entre activas, inactivas y abandonadas, donde estas últimas, representan entre 25% y 30% del total; además, se estima que los costos asociados a la eliminación del riesgo o de todas las relaveras, ascienden a US \$ 670 mil millones aproximadamente (Responsible Mining Foundation, 2021).

A nivel nacional, según señala el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP, 2023), se cuenta con el potencial de generar hasta 4 millones 490 mil 521 toneladas de relaves mineros por los siguientes años hasta 2030. En el ámbito local del estudio, el distrito de Mala en la provincia de Cañete, se presenta la problemática en cuanto grandes volúmenes de relaves producto de minería de metales. Por ejemplo, la minera Condestable lidera la producción en esta área, donde opera un yacimiento de óxido de hierro, cobre y oro (IOCG). La operación incluye dos minas vecinas, Condestable y Raúl, que suministran material a una planta de flotación de sulfuros con una capacidad de procesamiento de 8,400 toneladas diarias, lo que genera una producción anual aproximada de 20,000 toneladas de cobre equivalente pagable. Este esquema, proporciona una idea de la cantidad de relaves que se genera.

En este contexto, los relaves mineros se han vuelto foco de atención debido a su gran volumen de generación y su potencial inestabilidad física y química; por ello, se ha venido investigando sobre su aprovechamiento para aplicación en múltiples áreas,

que permita su incorporación en la economía, promoviendo su uso en la fabricación de cemento, ladrillos, hormigón y pinturas.

Estudios realizados en diferentes regiones han evidenciado la fabricación de concretos especiales destinados a la infraestructura vial, utilizando como base el material proveniente de relaves. Asimismo, recientemente se publicaron los resultados de una investigación realizada por un equipo de la Facultad de Ingeniería y Gestión de la Construcción de la Universidad Católica (UC), que logró duplicar el rendimiento de los materiales de cemento mediante una aplicación innovadora de los residuos sólidos provenientes de los relaves de cobre. Según los especialistas, este avance abre importantes perspectivas para un recurso cuyo potencial aún no ha sido completamente aprovechado en nuestra economía (Riquelme et al., 2024).

En este orden de ideas, la presente investigación aborda la evaluación de alternativa de aprovechamiento de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete, en la elaboración de mezclas de concreto F'C 210 kg/cm<sup>2</sup> con foco en la economía circular.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Es posible considerar los relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto F'C 210 kg/cm<sup>2</sup> con foco en la economía circular?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles son las características fisicoquímicas y granulométricas de los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete para su incorporación en la cadena productiva de materiales de construcción?
- b. ¿Cuál es la resistencia a compresión de probetas de concreto F'C 210 kg/cm<sup>2</sup> elaboradas con residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete en relación con la mezcla tradicional (patrón) que permita determinar su aprovechamiento en esta aplicación?
- c. ¿Cuál es el impacto económico de relaves mineros del distrito de Mala – Provincia de Cañete, como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto F'C 210 kg/cm<sup>2</sup>?

### **1.3. Justificación e importancia**

La investigación se sustenta en el enfoque teórico del desarrollo sostenible y la economía circular, que busca integrar la gestión eficiente de recursos y la minimización de residuos. El estudio se fundamenta en la literatura existente sobre la reutilización de relaves mineros, un subproducto de la actividad extractiva, en aplicaciones industriales como la elaboración de concreto. Diversos estudios han demostrado que los materiales residuales de la minería, bajo ciertos tratamientos, pueden tener propiedades físicas y químicas adecuadas para sustituir parcialmente agregados tradicionales en mezclas de concreto, contribuyendo a una mejor eficiencia de recursos y promoviendo una innovación en el sector de la construcción.

Este estudio tiene una relevancia práctica inmediata, dado que la reutilización de relaves mineros para la elaboración de concreto podría generar una solución viable para dos problemáticas importantes: la gestión de residuos mineros y el suministro de materiales de construcción. Al proponer una alternativa concreta y local para el uso de relaves en el distrito de Mala, se podrían reducir los costos de materiales en la construcción civil y mitigar el impacto económico y social asociado al manejo de estos residuos, generando una oportunidad de desarrollo económico a partir de lo que actualmente se considera desecho.

La utilización de relaves mineros en la producción de concreto puede tener un impacto ambiental significativo al reducir la cantidad de residuos depositados en áreas de relaves, que usualmente representan un riesgo de contaminación para los suelos y cuerpos de agua cercanos. Además, al sustituir parte de los agregados naturales por estos residuos, se contribuiría a la reducción de la explotación de canteras y otros recursos naturales, disminuyendo la huella ecológica del sector de la construcción. Así, esta investigación se alinea con las metas de sostenibilidad ambiental al promover prácticas que reducen el impacto ambiental tanto de la minería como de la construcción.

El enfoque metodológico de esta investigación implica un diseño experimental, donde se elaborarán y analizarán mezclas de concreto  $f_c$  210 kg/cm<sup>2</sup> incorporando distintos porcentajes de relaves mineros como sustituto del cemento. A través de la caracterización físico-química de los relaves, y la evaluación de la resistencia del concreto resultante, se podrán determinar las condiciones óptimas para su utilización. Este proceso no solo permitirá validar la hipótesis de que los relaves pueden ser aprovechados en la construcción, sino también establecer una metodología replicable para otras zonas mineras con desafíos similares.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo general

Evaluar los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – Provincia de Cañete, como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> que permita su incorporación a la cadena productiva de materiales manteniendo un foco en economía circular.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar las características fisicoquímicas y granulométricas de los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete para su incorporación en la cadena productiva de materiales de construcción.
- b. Evaluar la resistencia a compresión de probetas de concreto F'C 210 kg/cm<sup>2</sup> elaboradas con residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete en relación con la mezcla tradicional (patrón) que permita determinar su aprovechamiento en esta aplicación.
- c. Evaluar el impacto económico de relaves mineros del distrito de Mala – Provincia de Cañete, como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>.

## 1.5. Hipótesis

- a. H<sub>0</sub>: Los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete no se pueden aprovechar en la elaboración de concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> para ser incorporados en la cadena productiva de materiales para la construcción.
- b. H<sub>a</sub>: Los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete se pueden aprovechar en la elaboración de concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> para ser incorporados en la cadena productiva de materiales para la construcción.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Torres (2023) realizaron una investigación con el objetivo de evaluar el impacto del uso de relave minero como sustituto del agregado fino en la resistencia a la compresión del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup>, en el distrito de Ticlacayán, provincia y departamento de Pasco. La metodología adoptada fue cuantitativa, con un diseño no experimental y un enfoque explicativo. Se trabajaron 10 muestras de concreto para cada diseño de mezcla, considerando sustituciones de 0%, 10%, 15%, 20% y 25% de relave minero en lugar del agregado fino. Los resultados indicaron que la resistencia media del concreto producido con relaves (229.53 kg/cm<sup>2</sup>) fue inferior a la de la mezcla tradicional (308.92 kg/cm<sup>2</sup>); sin embargo, la resistencia a la compresión fue mayor con relación al valor de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Torres y Poma (2023) desarrollaron una investigación con el propósito de analizar el efecto de los residuos de concreto y relaves mineros en el comportamiento mecánico del concreto estructural con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, empleando agregados provenientes de la cantera Cochamarca. La metodología experimental, se aplicó a 108 probetas cilíndricas de concreto y 54 vigas de concreto elaboradas con la mezcla tradicional y otras con incorporación de relaves mineros en 15%, 20% y 25% en sustitución parcial del cemento. Los resultados mostraron un aumento significativo en las propiedades mecánicas, donde se concluye que, la mezcla con 40% de residuos de concreto como sustituto de agregado grueso y, 15% de relaves mineros como reemplazo del cemento, presentó mejores propiedades tracción, flexión y compresión, siendo en esta última, 12.26% superior a la mezcla patrón.

Arias y Espinoza (2022) realizaron una investigación con el propósito de estudiar el comportamiento del concreto bajo diferentes dosificaciones, reemplazando el agregado fino por 1%, 3% y 5% de relave minero. La metodología de tipo aplicada y experimental se desarrolló con población de 108 muestras. Las pruebas se realizaron a los 7, 14 y 28 días, incluyendo ensayos de asentamiento, observándose que, a mayor proporción de relave, menor es la trabajabilidad. En la prueba de resistencia a la compresión, el diseño con una  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> alcanzó una resistencia de 320.27 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Además, se demostró que las dosificaciones con un 1% y 3% de sustitución de agregado fino por relave minero son recomendables, ya que presentan un buen desempeño en comparación con la muestra patrón y con la dosificación del 5%. En conclusión, es posible agregar relave minero en proporciones menores al 5% para mejorar el rendimiento del concreto.

Saavedra y Beingolea (2019) en tesis, llevaron a cabo el diseño y elaboración de concretos de alta resistencia usando relaves mineros y material de socavón mina para diseños de 280 kg/cm<sup>2</sup>, 350 kg/cm<sup>2</sup> y 450 kg/cm<sup>2</sup>. La metodología experimental fue aplicada a un total de 412 probetas distribuidas por diseño de mezcla y edad de curado (7, 14, 21 y 28 días). Los resultados respecto al relave indicaron moderadas cantidades de potasio, aluminio, fierro, cobre, magnesio y manganeso. En cuanto a la resistencia a compresión, se logró el diseño y elaboración de concretos de alta resistencia para las mezclas con  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup>. Así mismo, señalan que los costos por metro cúbico de concreto para estos diseños de mezclas son potencialmente rentables.

Huaicane (2023), llevó a cabo una investigación cuyo objetivo fue identificar el efecto del reciclaje del relave en la optimización del concreto lanzado en minera Cuzcatlán, Oaxaca de Juárez - México. La metodología básica y diseño experimental, se realizó en muestras representativas de relaves mineros, de las que se ensayaron 11, con sustituciones de 0 a 1000 gramos de relave por cemento en rangos de 100 gramos. Los resultados reflejan que el uso de relave como parte del cemento, utilizado en dosificaciones adecuadas en la mezcla de concreto lanzado, dan lugar a una reducción en el consumo de cemento en 118 kg/m<sup>3</sup> de la cantidad convencional, representando un ahorro de 30% de este material, impactando positivamente en los costos de sostenimiento; además, permite establecer nuevos diseños de elaboración del concreto con relave y sus correspondientes controles de calidad, disponiendo de un inventario de este residuo adecuadamente almacenado para tales fines.

Lojano y Robles (2022), en su tesis plantearon como objetivo emplear el relave minero como reemplazo del agregado fino en la construcción, mediante la creación de morteros sustituyendo partes del agregado fino por relave minero con tamaños similares. La metodología experimental, se desarrolló empleando 20%, 40%, 60%, 80% y 100%, de dicho agregado, generando 63 probetas, las cuales se ensayaron a pruebas de resistencia a la compresión simple y absorción a las edades de curado de 7, 14 y 28 días, obteniendo una resistencia mínima de 7,745 MPa (78.98 kg/cm<sup>2</sup>) y una máxima de 18,929 MPa (193.02 kg/cm<sup>2</sup>) a los 28 días. Además, se observó que los morteros fabricados con relave minero presentaron una mayor absorción después de los 14 días. Se concluye que, los morteros que contienen relave minero en su composición pueden emplearse en la construcción de áreas exteriores.

Milena et al. (2021) en su estudio, presentan alternativas de aprovechamiento de residuos de empresas mineras ubicadas en El Bajo Cauca Antioqueño, en la fabricación de mezclas de mortero de revoque y concreto estructural. La metodología

de tipo experimental se trabajó en base a un diseño ACI  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> empleando como agregados las fracciones gruesas y finas de las muestras de suelos degradados. Las unidades de análisis se comprendieron de probetas cilíndricas sometidas a curado a los 7, 4 y 28 días, a todas se evaluó la resistencia a la compresión. De los resultados, se observó que la resistencia final a los 28 días de edad fue mayor a la de diseño establecida; así mismo, se determinó que las propiedades mecánicas en general, de los morteros de revoque elaborados con relaves mineros, cumplen con los acabados y valores exigidos; por lo que se concluye que, se puede optar por el uso de relaves mineros y suelos degradados, como alternativa de aprovechamiento ante la cantidad de residuos que se generar en los procesos de minerales.

Cerón y Gutiérrez (2019) desarrollaron una investigación que tuvo como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de las unidades de mampostería perforada de concreto, elaboradas con reemplazos porcentuales de cemento por relaves provenientes de la extracción minera de agregados. El método experimental se llevó a cabo mediante cuatro (4) etapas: caracterización del relave, diseño de mezclas, ensayos de resistencia a compresión y de absorción, análisis económico que implica el reemplazo parcial del cemento por relave minero. Los resultados indicaron un buen desempeño mecánica de las mezclas de concreto con sustitución de cemento por relave, logrando valores superiores en más de 90% de la resistencia del diseño patrón y reducción de 34% la absorción de los bloques; así mismo, se obtuvo un ahorro de 41% del costo de producción por bloque. Se concluye que la propuesta representa una alternativa viable comercialmente y a la vez con gran impacto ambiental positivo, extendiéndose su uso en diversas aplicaciones estructurales.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Relave minero**

Son considerados residuos en forma de rocas finamente trituradas, que quedan luego que se les ha extraído el mineral deseado. Estos residuos se presentan como una solución acuosa que contiene al menos un 50% de agua, lo que permite su transporte a través de tuberías. Su composición presenta variaciones diferenciadas de acuerdo a las propiedades del mineral y a los procesos que se ha sometido (Torres y Poma, 2023).

El proceso general a partir de cual se generan los relaves mineros, comienza con la etapa de trituración del mineral, donde se obtienen partículas más pequeñas del material explotado, luego este es enviado al proceso de molienda, donde se reduce a tamaños menores de 1 mm a través de molinos, durante esta etapa, se adiciona agua

para formar una pulpa o lodo que se traslada al proceso de flotación, en el que se extraen selectivamente las partículas que contienen mineral mediante burbujas de aire en un tanque continuamente en agitación; en este proceso, se forma una espuma con el mineral de interés la cual asciende a la superficie y, posteriormente, se procesa y seca para la etapa de concentración de mineral. Durante los procesos de flotación y concentración, se generan los residuos conocidos como relaves, las cuales son derivadas a unas piscinas de sedimentación o relaveras para su almacenamiento (Lojano y Robles, 2022).

Existen varios tipos de depósitos o almacén de relaves mineros, los cuales dependen de la cantidad de agua que conforman los mismos o de la manera en que es depositado, el Servicio Nacional de Geología y Minas (Sernageomin, 2017 citado por Lojano y Robles, 2022), define los siguientes:

- *Tanque relave*. Depósito donde el muro se forma con la fracción más gruesa del relave, mientras que la parte más fina se acumula en el centro del tanque.
- *Embalse relave*. Es un depósito donde el muro de contención está compuesto por tierra, rocas cercanas y relave, y cuenta con una impermeabilización tanto en la parte superior como en su pendiente interna.
- *Relave espesado*. Es un almacenamiento en el que la superficie se somete previamente a un proceso de sedimentación utilizando un equipo llamado espesador, cuyo propósito es eliminar una parte significativa del agua presente. El depósito de relave espesado se diseña para evitar que el relave se desplace a áreas no autorizadas y dispone de un sistema de piscinas para recuperar el agua restante.
- *Relave en pasta*. Se trata de una mezcla de agua con material sólido, que contiene una gran cantidad de partículas finas y un bajo porcentaje de agua, lo que le da una consistencia densa.
- *Relave filtrado*. Es un tipo de depósito donde el material tiene menos agua que en el caso del espesado, gracias a un proceso de filtrado que garantiza una humedad inferior al 20% en comparación con el proceso mencionado anteriormente.

En cuanto a las características químicas de los relaves, estas varían significativamente entre diferentes depósitos, debido a las diferencias geoquímicas propias del tipo de yacimiento y las operaciones mineras, lo que da lugar a variaciones en las propiedades químicas de los residuos que se producen. El Ministerio de Energía y Minas del Perú, considera las siguientes situaciones (Torres y Poma, 2023):

- *Efluentes líquidos de flotación.* Los residuos de los reactivos utilizados en el proceso de flotación se encuentran tanto en los relaves sólidos como en los líquidos que se descargan. Estos reactivos pueden incluir cal, ditiofosfatos, xantatos, cromatos, sulfitos, sulfato de cobre, sulfato de zinc, ácidos grasos, alcoholes, aceites, cianuro, cloruros, entre otros, dependiendo de los requerimientos metalúrgicos particulares de la operación.
- *Efluentes cianurados.* Con frecuencia el cianuro de sodio es utilizado como agente lixivante en la mayoría de las operaciones para la extracción de oro y plata, y en algunos casos también se usa como reactivo en los procesos de flotación.
- *Tratamiento de residuos ácidos.* El drenaje ácido de los relaves mineros provoca una alteración significativa en sus características químicas. Este proceso puede causar una disminución considerable del pH del agua que entra en contacto con los relaves, lo que resulta en la disolución y el arrastre de metales tóxicos como arsénico, plomo y cadmio, entre otros. Además, se observa un aumento notable en el contenido de sulfatos.

Respecto las características físicas de los relaves mineros, Robles (2020) menciona las siguientes:

- *Granulometría.* El tamaño de las partículas sólidas es un factor clave para determinar las oportunidades de aprovechamiento, así como la calidad y la eficiencia de la recuperación. Esta característica está determinada por los tipos de procesos mineralógicos utilizados para concentrar o extraer los minerales. En la **Tabla 1**, se muestra una clasificación de los relaves en función de la granulometría.

**Tabla 1**

*Granulometría de relaves mineros*

<b>Clasificación granulométrica</b>	<b>Pasante acumulado (%)</b>	<b>Calidad</b>
Gruesos	0 – 15	Bueno
Medios	15 – 50	Generalmente bueno
Finos	50 – 80	Cuestionable
Limos	100	Almacenado en presas

*Nota.* Tomado de Robles (2020).

- *Plasticidad*. Es la capacidad de ciertos materiales para sufrir deformaciones bajo una carga constante sin cambiar su volumen. La plasticidad de los relaves generados en las plantas de tratamiento y beneficio mineral depende del tipo de residuo y del porcentaje de partículas finas presentes en ellos.
- *Permeabilidad*. La permeabilidad de un material está determinada por el tamaño de los espacios o vacíos continuos entre sus partículas. Por lo tanto, la permeabilidad cambia según la granulometría de los relaves, su plasticidad, la manera en que se distribuyan y la profundidad en la que se ubiquen dentro del depósito.
- *Consolidación*. Inicialmente, los relaves mineros están formados por materiales no consolidados que se vierten en suspensión. A medida que se realizan vertidos de forma continua y sucesiva, se genera un gradiente de presión debido al peso acumulado, lo que provoca que el agua se desplace hacia las superficies libres. Esto permite que los lodos se consoliden, disminuyendo su porosidad.

### 2.2.2. Concreto

Es el material más empleado en la construcción, principalmente por su notable versatilidad, durabilidad, facilidad de manejo y, especialmente, por su resistencia específica. La mezcla de concreto se compone de cemento, que funciona como el elemento aglutinante, y cuya dosificación proporciona la cohesión y adherencia necesarias para unir los demás componentes, asegurando el comportamiento deseado de la mezcla. Además, el agregado grueso y el agregado fino, ya sean de origen natural o artificial, desempeñan un papel fundamental en la composición de la mezcla (Farfán et al., 2019).

Los agregados son una parte fundamental del concreto, ya que constituyen aproximadamente el 75% de su volumen total (Huaquisto y Belizario, 2018). Los agregados finos suelen ser piedras o arena triturada con un diámetro menor a 4,75 milímetros (mm). En cambio, los agregados gruesos se refieren a partículas que superan los 4,75 mm, variando principalmente entre 9,5 mm y 37,5 mm (Kanta Rao y Ch, 2022).

Con relación a los procedimientos a seguir para el diseño de mezclas de concreto, el método ACI 211 proporciona las directrices para diseñar mezclas de concreto, comenzando con la selección de la resistencia requerida, el tamaño del agregado y la proporción agua-cemento. Esto permite determinar la cantidad exacta de

materiales necesarios para producir un metro cúbico de mezcla (Muciño y Lozada, 2018).

### **2.2.3. Resistencia a la compresión**

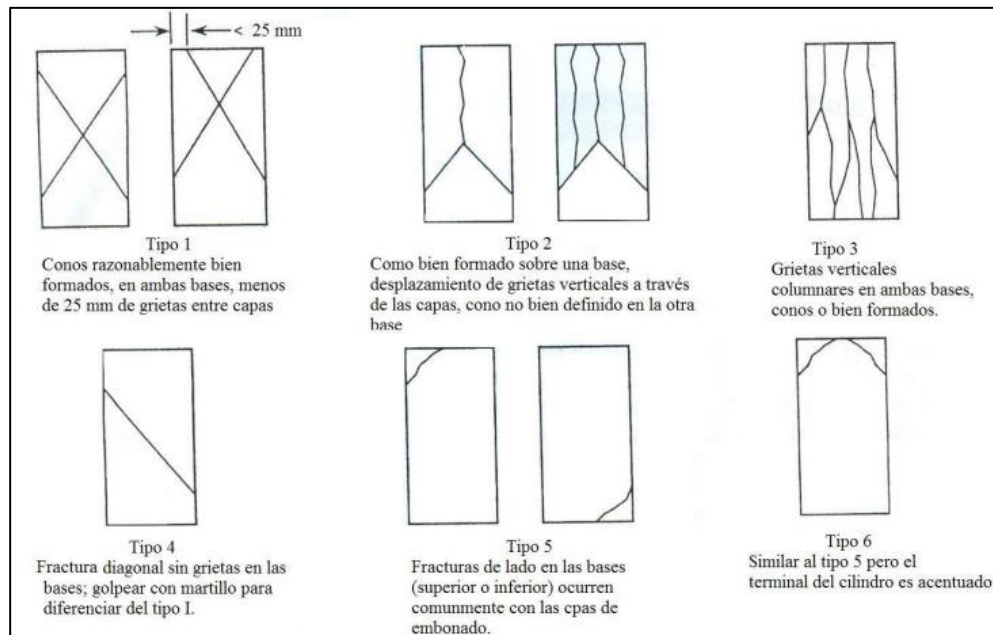
La resistencia a la compresión constituye una de las propiedades mecánicas más importantes del concreto, ya que determina su capacidad para soportar cargas sin experimentar fallas estructurales. Esta característica está estrechamente vinculada con la dosificación de los materiales que integran la mezcla (cemento, agregados y agua), así como con las condiciones de curado y el control de calidad durante su elaboración. Generalmente, el valor de la resistencia se evalúa a los 28 días posteriores al vertido, periodo en el que el concreto alcanza aproximadamente su resistencia potencial de diseño (Huaquisto y Belizario, 2018).

La norma NTP 339.034 (2015), el ensayo de resistencia a la compresión se realiza sobre probetas cilíndricas previamente curadas. Estas se colocan en una máquina universal de ensayos que aplica una carga axial creciente a una velocidad constante hasta producir la fractura del espécimen. La resistencia se obtiene dividiendo la carga máxima soportada entre el área de la sección transversal de la probeta. Cabe señalar que el modo de falla de las probetas puede variar en función de la calidad de la mezcla, el grado de compactación y la presencia de defectos internos, tal como se muestra en la Figura 1.

En este sentido, diversos estudios recientes destacan que la resistencia a la compresión no solo refleja la calidad del concreto, sino que también constituye un parámetro clave para verificar el cumplimiento normativo, garantizar la seguridad estructural y evaluar el comportamiento del material frente a condiciones de servicio.

**Figura 1**

*Tipos de fallas de roturas por compresión*



*Nota.* Tomado de NTP 339.034 (2015).

#### 2.2.4. Economía Circular

Es un modelo de desarrollo que busca desvincular el crecimiento económico del consumo intensivo de recursos naturales, proponiendo un sistema regenerativo que mantenga los materiales en uso durante el mayor tiempo posible. A diferencia del modelo lineal de “extraer–producir–desechar”, la circularidad enfatiza la reducción de residuos, la reutilización de materiales y el cierre de ciclos productivos. Este enfoque se sustenta en tres principios fundamentales: (i) preservar y mejorar el capital natural, (ii) optimizar el uso de los recursos y (iii) minimizar externalidades negativas como las emisiones de gases de efecto invernadero y la contaminación ambiental (Torres et al., 2024).

En el ámbito global, la economía circular se ha consolidado como una estrategia transversal para enfrentar la crisis climática y la sobreexplotación de los recursos. En particular, la transición hacia este modelo implica la innovación tecnológica, la implementación de políticas públicas y la participación de los sectores productivos en la adopción de prácticas sostenibles. El sector de la construcción, responsable de una elevada huella de carbono, se presenta como un espacio clave para aplicar los principios circulares mediante la incorporación de subproductos industriales como insumos en nuevas aplicaciones que prolongan su vida útil, generan valor económico y reducen el impacto ambiental (Wuyan et al., 2025).

### **2.2.5. Economía circular en minería y construcción**

La minería constituye una de las actividades económicas con mayor generación de residuos sólidos, destacando los relaves, que representan un pasivo ambiental significativo. Ante este escenario, la implementación de prácticas de economía circular en el sector minero se plantea como una alternativa estratégica que permite transformar los residuos en recursos aprovechables (Alvarez et al., 2023). Estas prácticas incluyen la reminería de depósitos antiguos, la recuperación de metales secundarios y la reutilización de aguas residuales en los procesos de concentración y beneficio (Swarnakar y Khalfan, 2024).

Por su parte, la industria de la construcción ha incorporado progresivamente materiales reciclados y técnicas de sustitución de insumos vírgenes, lo que ha permitido disminuir la extracción de agregados naturales y, en consecuencia, reducir la huella ambiental derivada de la producción de cemento. En este contexto, la utilización de relaves mineros como insumo en la elaboración de mezclas de concreto representa una estrategia que no solo contribuye a la valorización de residuos, sino que también impulsa la innovación tecnológica en el sector. Además, este enfoque fortalece la competitividad y promueve la sostenibilidad de las empresas constructoras, al integrar prácticas alineadas con la economía circular y con los objetivos de desarrollo sostenible (Swarnakar y Khalfan, 2024).

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Agregados**

Son elementos que no ejercen modificación en el concreto, los cuales se integran a la mezcla de cemento para formar un soporte estructural. Representan alrededor de tres cuartas partes de la masa total del concreto, por lo que la calidad de los agregados es fundamental para garantizar un producto final de alta calidad. Generalmente, están compuestos por partículas de basalto, granito, minerales de arenisca, cuarzo o una mezcla de estos materiales, cuyas propiedades químicas y físicas influyen significativamente en el resultado final.

### **2.3.2. Cemento**

El cemento Portland es un aglutinante compuesto por piedra caliza, arcilla y minerales, obtenido mediante la calcinación a 1450 °C. Cuando se mezcla con agua y agregados, forma el concreto, que al endurecerse tras el proceso de fraguado, se convierte en concreto sólido (Torres, 2023).

### **2.3.3. Granulometría**

Es una propiedad mecánica que se define según el tamaño de las partículas del conjunto mineral previamente procesado. Para ello, se requiere establecer una fracción granulométrica utilizando tamices específicos (Lojano y Robles, 2022).

### **2.3.4. Relave minero**

Se refiere al residuo resultante, una mezcla de minerales triturados con agua y otros compuestos, que queda tras la extracción de minerales sulfurados durante el proceso de flotación. Este material, también conocido como "pegamento", se transporta a través de canales o tuberías hacia áreas designadas, donde el agua se recicla o se evapora, y finalmente se maneja en forma de capas de material fino, como arena y limo (Torres y Poma, 2023).

### **2.3.5. Resistencia a compresión. Según la NTP 339.034 (2015)**

se refiere a la capacidad de soportar peso por unidad de superficie y se mide como tensión, generalmente en  $\text{kg/cm}^2$ , MPa, y en algunos casos en libras por pulgada cuadrada (psi).

## CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Diseño de la investigación

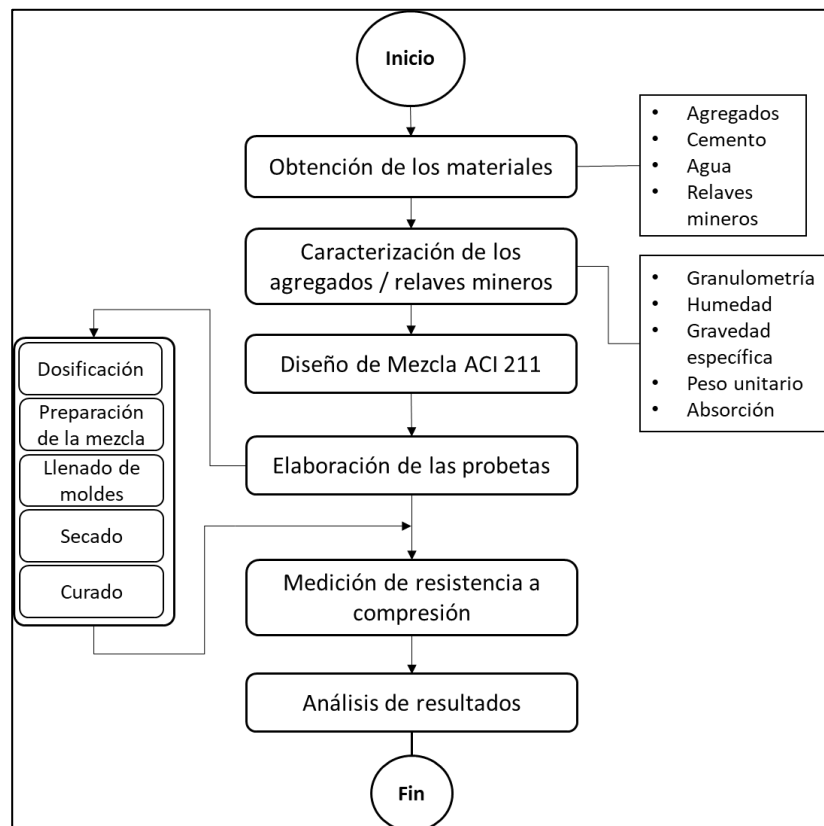
El diseño de la investigación es cuasi experimental, ya que consiste en un estudio donde se manipula la variable independiente para evaluar sus efectos en la variable dependiente. Se utiliza como referencia un grupo de control (mezcla patrón) que, al no ser afectado por la manipulación de la variable independiente, permite verificar y comparar los cambios observados (Hernández y Mendoza, 2018).

### 3.2. Acciones y actividades

El esquema de actividades y acciones se ilustra en la Figura 2.

**Figura 2**

*Procedimiento general de la investigación*



A continuación, se describen las actividades realizadas:

- *Obtención de los materiales.* En esta etapa se recolectaron los materiales de relaves mineros provenientes de instalaciones mineras en el distrito de Mala, provincia de Cañete y, los agregados provenientes de canteras.
- *Caracterización de los agregados y relevés.* En esta etapa, se llevaron a cabo los tratamientos y ensayos para determinar las propiedades físicas de agregados y relaves: granulometría, humedad, peso específico, peso unitario y absorción.
- *Diseño de mezcla ACI 211.* El diseño de las mezclas de concreto se estableció para alcanzar una resistencia a la compresión de  $210 \text{ kg/cm}^2$  ( $f'c$ ), siguiendo los procedimientos del método ACI 211 para determinar las proporciones exactas de los componentes de la mezcla (cemento, agregados y agua), según la resistencia deseada. A partir de este diseño, se produjeron varias mezclas, una de ellas como diseño patrón (sin adición de residuos relaves mineros) y otras con la inclusión de 10%, 20% y 30% de residuos de relaves mineros como sustituto parcial del cemento.
- *Elaboración de las probetas.* Se elaboraron probetas cilíndricas a partir de las mezclas preparadas. Estas se moldearon en tres capas, compactando cada una de manera uniforme con 25 golpes de varilla, asegurando la eliminación de vacíos y una mezcla homogénea. Las probetas se dejaron reposar sobre una superficie plana para su fraguado inicial, tras lo cual se desmoldaron con cuidado y se trasladaron a un tanque de curado, donde permanecieron sumergidas en agua durante el tiempo necesario.
- *Medición de la resistencia a compresión.* Consiste en realizar el ensayo de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas a las edades de 7, 14 y 28 días de curado, siguiendo el protocolo de la NTP 339.034. Las probetas cilíndricas fueron colocadas en una máquina de compresión que aplicó una carga continua y uniforme sobre las superficies planas de los cilindros. Esta carga se incrementó de forma progresiva hasta que las probetas fallaron por fractura, registrándose la carga máxima soportada por cada una antes de su rotura. Con estos datos, se calculó la resistencia a la compresión en función del área de la sección transversal de los cilindros ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- *Análisis de resultados.* Los datos recolectados, fueron procesados en hojas de Ms. Excel y en el programa estadístico IBM SPSS, obteniendo medidas de tendencia central, desviación estándar y presentando los resultados en tablas y gráficos. Así mismo, se realizó análisis de varianza entre los resultados para

obtener cuál de las mezclas tiene mejor desempeño estadísticamente significativo. También se realizó un análisis de costos unitarios de las mezclas.

### 3.3. Materiales y instrumentos

#### 3.3.1. Materiales, herramientas y equipos

- Balanza
- Juegos de tamices
- Agitador mecánico de tamices
- Horno
- Set de varillas de acero
- Cono de Abrams
- Moldes cilíndricos
- Cinta métrica
- Máquina de compresión

#### 3.3.2. Estándares para los ensayos

En la Tabla 2, se describen los métodos estándar que se emplearon para los ensayos.

**Tabla 2**

*Métodos de ensayos*

<b>Método de ensayo</b>	<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Análisis granulométrico de los agregados	NTP 400.012	Tamizado mecánico aplicado para conocer el tamaño de las partículas que componen una muestra.
Peso unitario de los agregados	NTP 400.017	Determina la densidad de masa (Peso unitario) del agregado en condición suelto o compactado, y calcula los vacíos entre partículas en agregados finos, gruesos o mezcla de ambos
Gravedad específica y absorción de agregados finos	NTP 400.022	Establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partícula de agregado fino, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

<b>Método de ensayo</b>	<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Peso específico y absorción de agregados gruesos	NTP 400.021	Establece un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.
Contenido de humedad	NTP 339.127	Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
Diseño de mezclas	ACI 211	Procedimiento de diseño de mezclas para obtener los valores de los diferentes materiales que integran la unidad cubica de concreto.
Método de ensayo de compresión del concreto	NTP 339.034	Compresión de una probeta cilíndrica de concreto por medio de una prensa hasta alcanzar el punto de falla del concreto.

### **3.3.3. Instrumentos de recolección de datos**

Para documentar y controlar la recolección de datos, se emplearon los protocolos de laboratorio, de tal manera que se garantizó la consecución uniforme y consistente de los procedimientos establecidos.

### **3.4. Población y muestra**

La población de la investigación se refiere al grupo de elementos que comparten características específicas (Hernández et al., 2018). Para esta investigación, la población estuvo comprendida por el total de probetas cilíndricas de concreto a las cuales se les ensayaron para medir la resistencia a la compresión en 4 mezclas elaboradas con proporciones de relave de 0%, 10%, 20% y 30% como sustituto parcial del cemento.

La muestra, se compone de una parte de la población que posee las características necesarias para extrapolar propiedades al resto de los elementos. Para este estudio, los elementos de la muestra fueron seleccionados mediante un muestreo intencional, ya que cumplen con los requisitos de la investigación (Palomino et al., 2015) y lo establecido por la NTP 339.034 (2015), en la que se estipula un mínimo tres probetas cilíndricas de concreto por cada muestra de ensayo. Esto permite obtener un

promedio de resistencia a la compresión más preciso y confiable. En la **Tabla 3**, puede observarse los elementos de la muestra.

**Tabla 3**

*Elementos de la muestra*

Tipo de mezcla	Resistencia a compresión		
	7 días	14 días	28 días
Mezcla patrón	3	3	3
10% de relaves mineros	3	3	3
20% de relaves mineros	3	3	3
30% de relaves mineros	3	3	3
<b>Sub Total</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Total</b>			<b>36</b>

### 3.5. Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables se describe en la Tabla 4.

**Tabla 4***Operacionalización de las variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala	Técnica
Independiente Relaves mineros	Son una combinación de partículas finas provenientes de las plantas de concentración húmeda de minerales, compuesta por especies minerales y materiales estériles que han sido sometidos a una o más etapas de molienda fina (Beltrán et al., 2018)	Pueden medirse a través de su composición, granulometría, también, en proporciones para su uso	Características fisicoquímicas	Componentes químicos (%)	De razón	Observación experimental
				pH		
			Dosificación	Gravedad específica	De razón	Observación experimental
				%humedad		
				Módulo de finura Granulometría		
				10% p/p (cemento)		
				20% p/p (cemento)		
				30% p/p (cemento)		
Dependiente Mezcla de concreto F'c 210 kg/cm <sup>2</sup>	Combinación de diferentes materiales como cemento que agrega aglutinación, agregados gruesos, agregados finos y agua (Farfán et al., 2019).	La mezcla de concreto puede medirse mediante sus propiedades físicas (estado fresco) y mecánicas (endurecido), predominando la resistencia a compresión entre estas últimas	Resistencia a la compresión f'c	Peso de la probeta (kg)	De razón	Observación experimental
				Área cilíndrica de la probeta (cm <sup>2</sup> )		
			Impacto económico	Costo de mezcla tradicional	Análisis de costo unitario	
				Costo de la mezcla con relave		
				Beneficios		

### **3.6. Procesamiento y análisis estadístico**

Para el procesamiento de los datos obtenidos en los ensayos experimentales, se emplearán hojas de cálculo de Microsoft Excel y el software estadístico IBM SPSS. Estos programas permitirán organizar y tabular adecuadamente la información recolectada, facilitando la sistematización de los resultados.

En cuanto al análisis estadístico, se aplicarán técnicas de estadística descriptiva, haciendo uso de medidas de tendencia central para resumir y caracterizar los datos. Posteriormente, se recurrirá a la estadística inferencial con el fin de validar las hipótesis planteadas. En este proceso, se empleará el análisis de varianza acompañado de pruebas post hoc, lo cual permitirá comparar los grupos y determinar la existencia de diferencias significativas entre ellos.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Características de los residuos de relaves mineros

Antes de realizar las pruebas de los relaves mineros de la zona de Mala, como potencial residuo de aprovechamiento en la elaboración de productos de concreto, estos fueron analizados a nivel de laboratorio para conocer sus características granulométricas. En la **Tabla 5** se muestra el resultado del tamizado.

**Tabla 5**

*Granulometría por tamizado de los residuos de relaves*

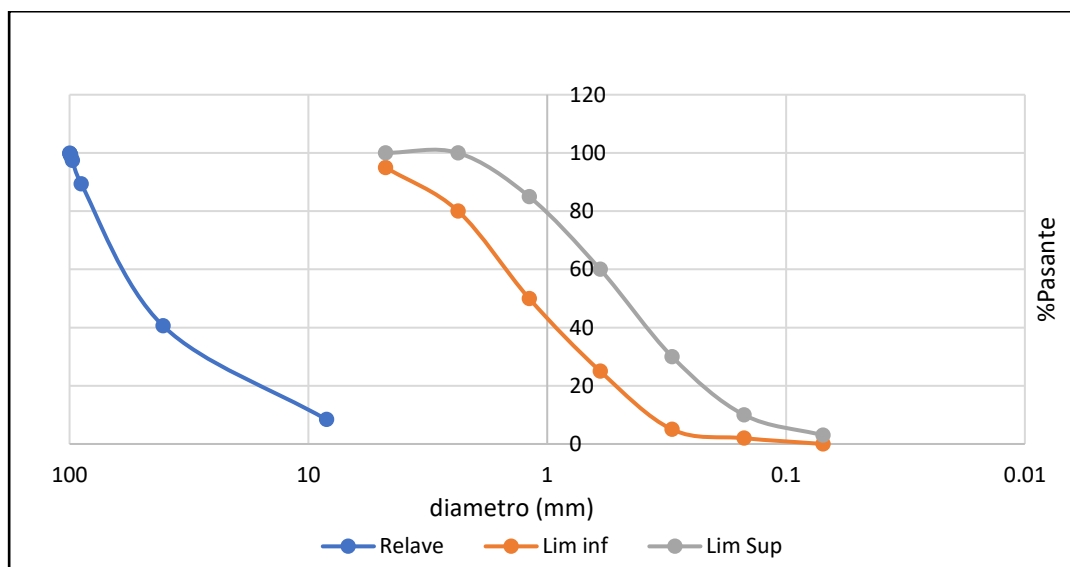
N° Tamiz		Peso retenido (g)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Pasante acumulado
Pulgada	mm				
3	75,00		0	0	100
2 1/2	63,50		0	0	100
2	50,80		0	0	100
1 1/2	38,10		0	0	100
1	25,40		0	0	100
3/4	19,05		0	0	100
1/2	12,70		0	0	100
3/8	9,53		0	0	100
N° 4	4,75		0	0	100
N° 8	2,36	0,30	0,10	0,10	99,9
N° 10	2,00	0,40	0,20	0,30	99,7
N° 16	1,19	0,30	0,10	0,50	99,5
N° 30	0,60	1,10	0,50	1,00	99
N° 40	0,42	3,10	1,50	2,60	97,4
N° 50	0,30	16,20	8,00	10,60	89,4
N° 100	0,15	98,20	48,70	59,40	40,6
N° 200	0,07	65,00	32,30	91,60	8,4
<b>Fondo</b>		<b>16.90</b>	<b>8.40</b>	<b>100</b>	<b>0</b>

Los resultados de la **Tabla 5** pueden interpretarse contrastándose con los límites inferior y superior que debe cumplir un agregado fino a manera de referencia, como se puede observar en la **Figura 3**. La curva granulométrica obtenida para el relave se encuentra por debajo del límite inferior del agregado fino establecidos en la norma ASTM C136, lo que ofrece una idea de la finura del material. Esto indica que los residuos

de relaves están compuestos por partículas muy finas, lo cual justifica su aplicación como sustituto parcial del cemento.

**Figura 3**

*Curva granulométrica del relave minero de Mala*



En la Tabla 6, se resume las características granulométricas de los residuos de relaves mineros de Mala.

**Tabla 6**

*Características granulométricas de los residuos de relaves*

Composición			Características		
AG	AM	AF	Tamaño máximo	Módulo de fineza (MF)	Tipo de arena
0,30%	2,20%	89%	N°4	0,72	Fina

De la **Tabla 6** se puede observar que los residuos de relaves mineros están compuestos en su gran parte por 89% de partículas finas (AF) con un tamaño N°4 de tamiz, logrando un módulo de finura (MF) de 0.7 que lo clasifica referencialmente, como una arena fina.

### *Estadística del consumo de concreto premezclado*

Durante el año 2024, el consumo nacional de concreto premezclado en el Perú mostró un desempeño favorable, impulsado por la recuperación de la actividad constructora y la ejecución de obras públicas y privadas. De acuerdo con el Reporte de Coyuntura Industrial elaborado por la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), la producción de concreto premezclado alcanzó los 266,689 metros cúbicos en junio de 2024, frente a los 246,241 metros cúbicos registrados en el mismo mes del año anterior, lo que representa un crecimiento interanual del 8.3%. Asimismo, en el acumulado del primer semestre de 2024, la producción nacional evidenció un incremento de 21.2% en comparación con el mismo periodo de 2023, consolidando al concreto premezclado como uno de los rubros más dinámicos dentro del sector de materiales de construcción (SNI, 2024)

En el ámbito empresarial, la compañía UNICON, perteneciente al Grupo UNACEM, también reportó un crecimiento sostenido en sus operaciones en el mercado peruano. Según el Reporte Integrado 2024 del Grupo UNACEM, la empresa alcanzó un volumen total de 2.694 millones de metros cúbicos de concreto premezclado, cifra que representa un incremento del 7.5% respecto al año 2023, cuando se despacharon 2.505 millones de metros cúbicos. Este aumento estuvo vinculado principalmente a la participación de UNICON en proyectos de infraestructura de gran envergadura, tales como el Megapuerto de Chancay, con un suministro superior a 620,000 metros cúbicos, y la Línea 2 del Metro de Lima y Callao, que demandó aproximadamente 1.547 millones de metros cúbicos de concreto (Grupo UNACEM, 2024).

En conjunto, las cifras evidencian que el mercado peruano de concreto premezclado mantuvo una tendencia de crecimiento durante 2024, sostenida por la ejecución de megaproyectos y el fortalecimiento de la inversión pública. Tanto los indicadores de la SNI como los reportes corporativos de UNACEM confirman un proceso de recuperación gradual del sector, con perspectivas favorables para el corto y mediano plazo.

### *Demanda:*

Durante los últimos años, la demanda nacional de concreto premezclado en el Perú ha mostrado una tendencia creciente, reflejo del dinamismo del sector construcción y del aumento de la inversión pública y privada en infraestructura. Según el estudio elaborado por Humpire y Sosa (2024), basado en información del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2017), la demanda proyectada de concreto premezclado alcanzó los 294,818 metros cúbicos en 2024, lo que representa un incremento de aproximadamente

2% respecto al año anterior. Esta evolución responde al impulso de grandes proyectos de infraestructura vial, hospitalaria, educativa y residencial que han dinamizado el consumo de concreto en el país.

A continuación, se presenta la proyección de la demanda nacional de concreto premezclado (2017–2024):

**Tabla 7**

*Demanda nacional de concreto premezclado 2017 - 2024*

<b>Año</b>	<b>Demanda proyectada (m<sup>3</sup>)</b>
2017	219,093
2018	238,537
2019	257,890
2020	261,433
2021	271,457
2022	282,745
2023	289,038
2024	294,818

El estudio también señala que la industria del concreto premezclado se concentra en las principales zonas urbanas del país, destacando la región sur, donde la ciudad de Arequipa representa alrededor del 14% de la producción nacional. Esto equivale a una demanda regional estimada de 73,704 metros cúbicos en 2024, impulsada por proyectos como la Autopista Arequipa–La Joya, Majes Siguanas II, y obras de infraestructura hospitalaria y educativa (CENTRUM, 2016; Humpire y Sosa, 2024).

En conjunto, estos datos evidencian que el mercado peruano de concreto premezclado mantiene un crecimiento sostenido hacia 2024, con perspectivas positivas para los próximos años, en la medida en que la inversión pública y privada continúe promoviendo la ejecución de grandes proyectos a nivel nacional.

## 4.2. Evaluación de la resistencia a la compresión

### 4.2.1. Análisis de la resistencia a la compresión

La resistencia a compresión se evaluó en las probetas de concreto de las diferentes proporciones de mezclas, en tres (3) edades de curado diferente: 7, 14 y 28 días. En la Tabla 8 y Figura 4 se muestran los resultados obtenidos para las probetas de 7 días de curado.

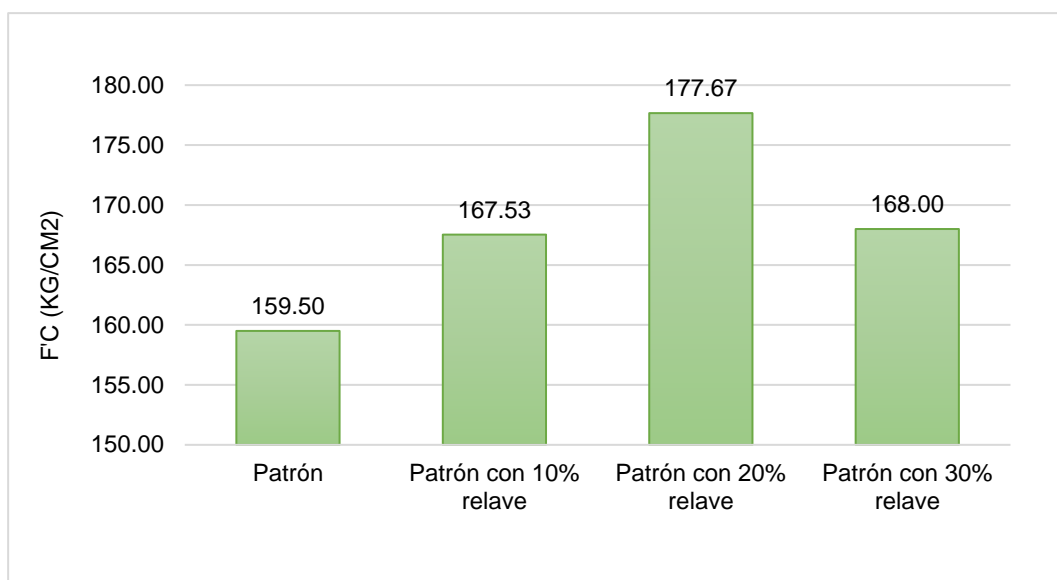
**Tabla 8**

*Resistencia a la compresión a los 7 días*

Tipo de mezcla	Edad	F'C1 (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C2 (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C3 (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón	7 días	165,40	154,10	159,00	159,50
Patrón con 10% relave	7 días	169,40	163,70	169,50	167,53
Patrón con 20% relave	7 días	170,30	186,10	176,60	177,67
Patrón con 30% relave	7 días	166,50	172,70	164,80	168,00

**Figura 4**

*Resistencia a la compresión a los 7 días*



Como se muestra en la **Figura 4**, el valor de la resistencia a la compresión aumenta a medida que la mezcla se le sustituye 10% y 20% de relaves mineros por cemento y decrece en la mezcla con 30% de sustitución de relaves mineros. Además, es de esperarse que a la edad de 7 días no se alcance el valor de la resistencia de

diseño ( $F'c$  210  $\text{kg/cm}^2$ ) en ninguna de las mezclas, resaltando que la mezcla con 20% de relaves mineros muestra mejor desempeño en esta propiedad.

En la Tabla 9 y Figura 5 se muestran los resultados obtenidos para las probetas de 14 días de curado.

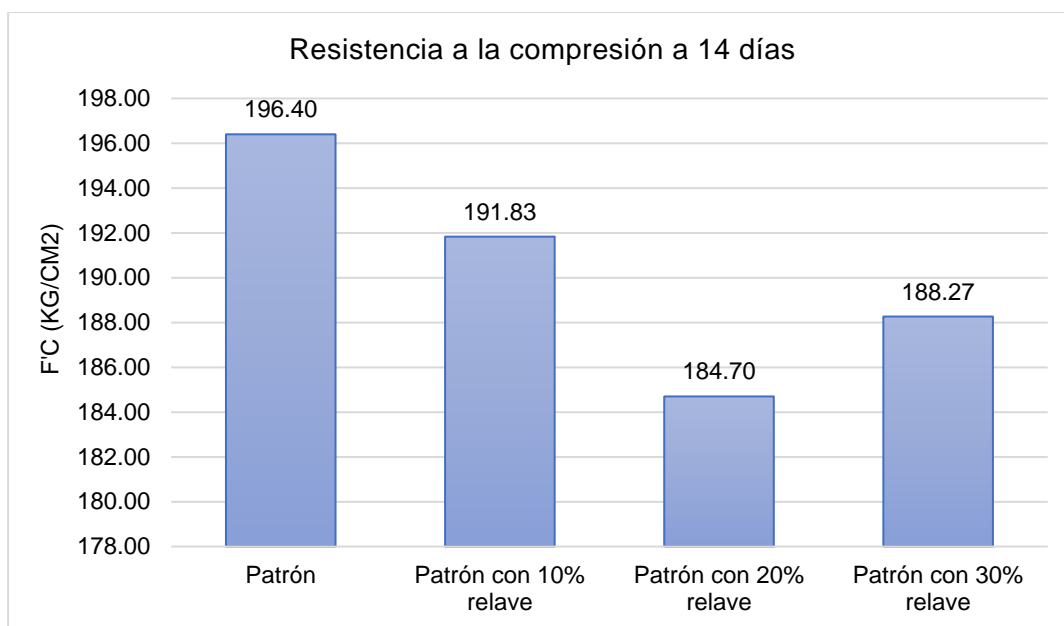
**Tabla 9**

*Resistencia a la compresión a los 14 días*

Tipo de mezcla	Edad	F'C1 ( $\text{kg/cm}^2$ )	F'C2 ( $\text{kg/cm}^2$ )	F'C3 ( $\text{kg/cm}^2$ )	Promedio ( $\text{kg/cm}^2$ )
Patrón	14 días	195,10	204,70	189,40	196,40
Patrón con 10% relave	14 días	199,90	181,40	194,20	191,83
Patrón con 20% relave	14 días	158,80	203,90	191,40	184,70
Patrón con 30% relave	14 días	192,10	187,00	185,70	188,27

**Figura 5**

*Resistencia a la compresión a los 14 días*



En la **Figura 5** se puede apreciar que la resistencia a la compresión experimenta una disminución con el aumento de relaves mineros en la mezcla y aumenta para la mezcla con 30% de relaves mineros. Sin embargo, en ninguno de los casos se alcanza la resistencia de diseño ( $F'c$  210  $\text{kg/cm}^2$ ), también se aprecia que los diseños de mezclas con relaves no alcanzan el valor de la mezcla patrón o tradicional; sin embargo, la mezcla con 10% de relaves mineros es la que más se acerca a dicho valor.

En la Tabla 10 y Figura 6 se muestran los resultados obtenidos para las probetas de 28 días de curado.

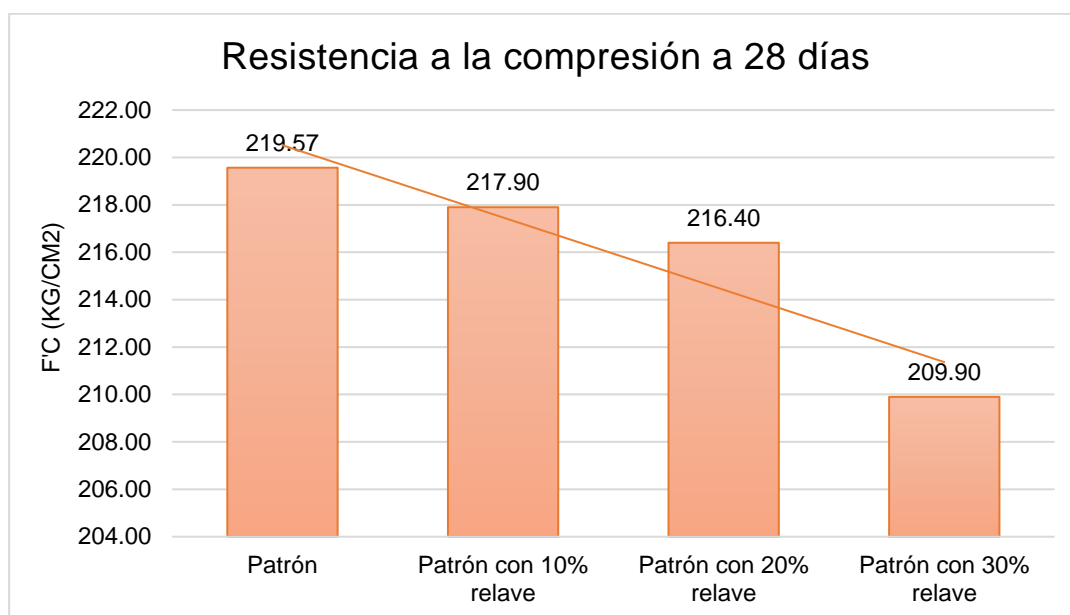
**Tabla 10**

*Resistencia a la compresión a los 28 días*

Tipo de mezcla	Edad	F'C1 (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C2 (kg/cm <sup>2</sup> )	F'C3 (kg/cm <sup>2</sup> )	Promedio (kg/cm <sup>2</sup> )
Patrón	28 días	219,80	220,10	218,80	219,57
Patrón con 10% relave	28 días	219,10	218,60	216,00	217,90
Patrón con 20% relave	28 días	203,4	231,4	214,4	216,40
Patrón con 30% relave	28 días	216,30	211,80	201,60	209,90

**Figura 6**

*Resistencia a la compresión a los 28 días*

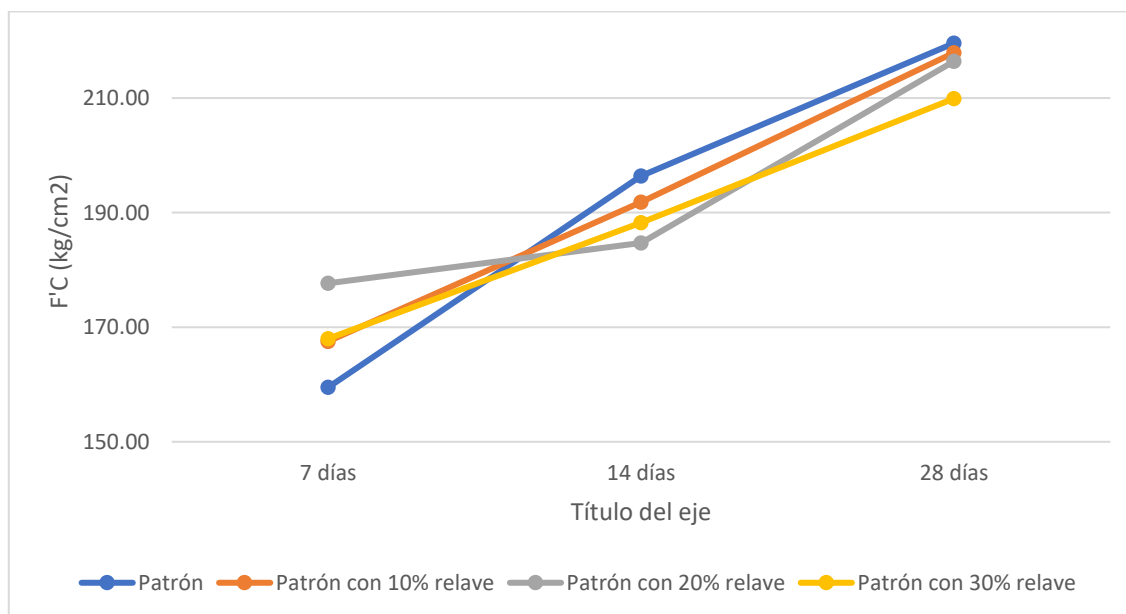


Como se puede apreciar en la Figura 6, ya a la edad de 28 días de curado (completo), la resistencia a la compresión experimenta una tendencia ligeramente decreciente con la incorporación de relaves mineros en las mezclas, obteniéndose el mayor valor para la mezcla con 10% de relaves mineros, estando más próximo al valor de la mezcla patrón, Tanto el patrón como las mezclas con 10% y 20% de relaves mineros alcanzaron el valor de diseño F'C 210 kg/cm<sup>2</sup>.

Finalmente, en la Figura 7, se compara el comportamiento de la resistencia a la compresión de todas las mezclas estudiadas, observándose que este es muy similar entre todos, estando más cerca del patrón las mezclas con 10% y 20% de relaves mineros.

**Figura 7**

*Comparación de la resistencia a la compresión a los 28 días*



#### 4.2.2. Localización de la planta

Para determinar la ubicación y localización de la nueva planta será necesario analizar diferentes propuestas de posibles ubicaciones, el análisis se basará en diferentes factores que le permitan a la empresa obtener máximos beneficios a menores costes de producción

- **Macro localización**

Habiéndose realizado un análisis, teniendo en cuenta diferentes indicadores socioeconómicos relevantes, se concluyó que el departamento de Lima es un mercado en constante crecimiento y fortalecimiento económico, Que cuenta además con mano de obra, materia prima, energía eléctrica, agua, vías de transporte, comunicaciones, entre otros.

- **Micro localización**

Con el propósito de lograr una elección adecuada, se procederá a comparar y evaluar de manera exhaustiva tres o cuatro ubicaciones potenciales, considerando diversos factores determinantes, Dichos elementos posibilitarán valorar con precisión las ventajas y desventajas de cada alternativa, con el objetivo de seleccionar aquella que brinde las condiciones logísticas, financieras y técnicas más favorables para garantizar el éxito en la ejecución del proyecto.

- a. Aspectos decisivos**

La cercanía a las materias primas constituye uno de los factores más relevantes en la etapa de microubicación, ya que la distancia entre la planta y las fuentes de extracción o los centros de distribución influye directamente en la eficiencia operativa, Una ubicación próxima permite optimizar el proceso de recolección, disminuir significativamente los costos de transporte y reducir los tiempos de suministro, lo que se traduce en una mayor fluidez en la cadena de abastecimiento, En este contexto, resulta una ventaja tanto logística como financiera para el desarrollo del plan el hecho de que los proveedores y las fuentes de extracción se encuentren en las inmediaciones, lo cual contribuye a mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Cercanía al mercado: La proximidad al mercado objetivo reviste gran importancia, ya que contribuye a disminuir los costos de transporte, incrementar la eficiencia en la distribución de los productos y fortalecer la comunicación con los clientes, Asimismo, mantener una distancia reducida posibilita responder con mayor rapidez ante situaciones imprevistas o variaciones en la demanda, lo que se traduce en un servicio más ágil, competitivo y adaptable a las necesidades del entorno comercial.

Disponibilidad de mano de obra: Para garantizar el buen funcionamiento de una planta de concreto resulta esencial disponer de empleados calificados, con formación técnica o universitaria, capaces de responder a las exigencias del proceso productivo, En este sentido, los distritos más poblados, como Paucarpata, Cerro Colorado, José Luis Bustamante y Rivero y Selva Alegre, representan una ventaja significativa debido a su mayor concentración de trabajadores potencialmente capacitados, Por consiguiente, la instalación de la planta en uno de estos sectores permitiría optimizar el acceso y la disponibilidad de mano de obra especializada, favoreciendo así la eficiencia operativa y el desarrollo sostenido del proyecto.

Servicios de saneamiento: Para asegurar un funcionamiento continuo y eficiente de la planta, resulta indispensable contar con servicios básicos tales como alcantarillado, electricidad y agua potable, La disponibilidad de esta infraestructura permite desarrollar las actividades operativas de manera adecuada, evitar interrupciones en el proceso productivo y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente en materia ambiental y sanitaria, aspectos esenciales para el correcto desempeño y la sostenibilidad de la planta en el distrito seleccionado.

Servicios de transporte: La accesibilidad vial constituye otro factor determinante, pues garantiza una comunicación directa y fluida entre la planta, los proveedores y los clientes, En consecuencia, resulta fundamental evaluar no solo la existencia de vías suficientes, sino también su estado de conservación, el número de carriles y el flujo vehicular, Una red de carreteras en óptimas condiciones contribuye a acortar los plazos de entrega, disminuir los costos logísticos y facilitar el transporte tanto de materias primas como de productos terminados, lo que repercute positivamente en la eficiencia global del proceso productivo.

Eliminación de desechos: Con el fin de preservar la sostenibilidad medioambiental y garantizar el cumplimiento de la normativa vigente, resulta imprescindible llevar a cabo una gestión adecuada de los residuos generados durante el proceso de producción, Dichos residuos suelen comprender materiales provenientes de las pruebas de control de calidad, pérdidas derivadas del proceso productivo y restos de hormigón adheridos a los camiones hormigonera, los cuales deben ser tratados conforme a criterios técnicos y ambientales.

El propósito fundamental de este estudio consiste en analizar las propiedades de los residuos de hormigón generados durante la producción y evaluar su potencial de reutilización en otros procesos industriales, con el fin de promover prácticas sostenibles y contribuir a la optimización de los recursos en la industria de la construcción, Estos residuos deben ser tratados de manera responsable, ya sea mediante su disposición en vertederos municipales autorizados o a través de empresas especializadas en el manejo de desechos industriales, según lo establezcan las regulaciones ambientales correspondientes.

Ambiental: Este criterio se relaciona con la adecuada zonificación del área, la cual debe estar destinada y aprobada para el desarrollo de actividades industriales, productivas o comerciales, En este sentido, los parques industriales representan las zonas más apropiadas, ya que cuentan con la infraestructura, permisos y condiciones

necesarias para llevar a cabo este tipo de operaciones de manera segura y conforme a la normativa ambiental vigente.

**Seguridad:** Este aspecto se vincula con la capacidad del entorno para garantizar la protección física, económica y humana de las instalaciones, del personal y de los bienes materiales, Una ubicación segura minimiza los riesgos de accidentes, robos o desastres, asegurando la continuidad de las actividades productivas y el bienestar de los trabajadores.

**Servicios de comunicación:** La disponibilidad de servicios de telecomunicaciones como telefonía fija, móvil e internet resulta indispensable para mantener una gestión eficiente y fluida de la información, Contar con una buena cobertura en la zona facilita la coordinación interna, la relación con proveedores y clientes, así como la supervisión remota de los procesos operativos.

#### **b. Método de ranking de factores**

En esta etapa se llevará a cabo un análisis comparativo de los diversos elementos que influyen en la selección del lugar más adecuado para la instalación de la planta, Para ello, se evaluarán factores relacionados con la proximidad como la cercanía a proveedores, mercados y servicios básicos, así como factores de enfrentamiento, que incluyen posibles limitaciones o desventajas del entorno, Posteriormente, cada criterio será calificado de acuerdo con una escala de puntuación previamente establecida, lo que permitirá jerarquizar las alternativas y determinar, de manera objetiva, la ubicación que ofrezca las condiciones más favorables para el proyecto:

**Tabla 11**

*Escala de clasificación*

<b>Aspecto</b>	<b>Calificación</b>
Excelente	De 9 a 10
Muy bueno	De 7 a 8
Bueno	De 5 a 6
Regular	De 3 a 4
Deficiente	De 1 a 2

En la Tabla 11, se presenta la escala de clasificación de los factores a ser evaluados para la microlocalización de la planta, En la

Tabla 12 se muestra los factores de proximidad.

**Tabla 12***Factor de proximidad*

Abreviatura	Factores
A	Proximidad a materia prima
B	Cercanía a mercado
C	Disponibilidad de mano de obra
D	Servicios de saneamiento
E	Servicios de transporte
F	Eliminación de desechos
G	Medio ambiente
H	Seguridad
I	Servicios de comunicación

En la

Tabla **12** se visualiza los factores de proximidad y su respectiva codificación mediante una abreviatura para realizar la matriz de enfrentamiento en la Tabla 13:

**Tabla 13***Escala de clasificación*

Factores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Conteo	%
A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	22
B	1	1	1	1	0	1	0	1	1	6	16
C	0	0	1	0	0	1	1	0	0	2	5
D	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	5
E	1	1	1	0	1	1	1	1	1	7	19
F	0	0	1	0	1	1	1	1	1	5	14
G	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	8
H	0	0	1	0	0	0	1	1	1	3	8
I	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3
<b>Total</b>										<b>37</b>	<b>100</b>

A continuación, se presenta los rankings de factores según los lugares identificados.

**Tabla 14***Ranking de factores*

Candidatos		Mala		Cañete		San Vicente	
Factor	Peso	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos	Calificación	Puntos
Proximidad a materia prima	22%	9	1,95	8	1,73	8	1,73
Cercanía a mercado	16%	8	1,30	9	1,46	8	1,30
Disponibilidad de mano de obra	5%	6	0,32	6	0,32	6	0,32
Servicios de saneamiento	5%	7	0,38	7	0,38	7	0,38
Servicios de transporte	19%	8	1,51	8	1,51	8	1,51
Eliminación de desechos	14%	9	1,22	6	0,81	5	0,68
Medio ambiente	8%	9	0,73	7	0,57	8	0,65
Seguridad	8%	7	0,57	7	0,57	7	0,57
Servicios de comunicación	3%	8	0,22	8	0,22	8	0,22
<b>Total</b>			<b>8,19</b>		<b>7,57</b>		<b>7,35</b>

En la.

**Tabla 14** se muestra que Mala obtuvo un puntaje de 8,19 que es superior a sus competidores, por lo que resulta ser el lugar donde se realizará la instalación de la planta.

#### 4.2.3. Diseño de la planta

Para comenzar con el diseño de la planta, se procederá a realizar la distribución de las áreas, por lo que se tomará en cuenta los siguientes ambientes o zonas de operación:

- Almacén de materia prima (MP),
- Area producción,
- Oficina de Calidad,
- Oficinas administrativas,
- Servicios higienicos,
- Estacionamiento,
- Garita de control,
- Patio de carga y descarga.

**Tabla 15***Distribución de la planta*

Almacén de materia prima								
Elemento	n	N	Largo	Ancho	SS	SG	SE	ST
Minicargador	1	1	2,082	1,676	3,489432	3,489432	6,978864	13,957728
Carretilla	2	1	1,22	0,69	0,84	0,84	1,67	6,69
Pallet	10	1	1,2	0,8	0,96	0,96	1,92	38,4
<b>Área</b>								<b>59,04</b>
Área de producción								
Elemento	n	N	Largo	Ancho	SS	SG	SE	ST
Compresor	1	1	1,8	0,63	1,13	1,13	2,27	4,54
Balanza	4	1	25,00	30,00	750,00	750,00	1500,00	12000,00
Planta de hormigón	3	1	4,80	1,90	9,12	9,12	18,24	109,44
Silo de almacenamiento	1	4	8,00	6,00	48,00	192,00	240,00	480,00
<b>Área</b>								<b>12593,98</b>
Área de calidad								
Elemento	n	N	Largo	Ancho	SS	SG	SE	ST
Mesa de trabajo	1	1	2,5	2	5	5	10	20
Escritorio	1	1	1,2	0,55	0,66	0,66	1,32	2,64
Sillas	2	1	0,4	0,4	0,16	0,16	0,32	1,28
Anaqueles	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	2
<b>Área</b>								<b>25,92</b>
Área administrativa								
Elemento	n	N	Largo	Ancho	SS	SG	SE	ST
Mesa de trabajo	4	4	1,2	0,55	0,66	2,64	3,3	26,4
Sillas	4	1	0,4	0,4	0,16	0,16	0,32	2,56
Inodoros	2	1	1,96	0,49	0,9604	0,9604	1,9208	7,6832
Lavamanos	2	1	1	0,25	0,25	0,25	0,5	2
<b>Área</b>								<b>38,6432</b>
Servicios higiénicos								
Elemento	n	N	Largo	Ancho	SS	SG	SE	ST
Lavatorio	2	1	1	0,25	0,25	0,25	0,5	2
Inodoro	2	1	1,96	0,49	0,96	0,96	1,92	7,68
Basurero	2	1	0,26	0,26	0,07	0,07	0,14	0,54
<b>Área total</b>								<b>10,2</b>
Área estacionamiento								
Elemento	n	N	Largo	Ancho	SS	SG	SE	ST
Camión	1	1	4	2	8	8	16	32
Autos	4	1	6	2	12	12	0	24
<b>Área total</b>								<b>56</b>

*Nota.* Se muestra la distribución aplicando el Metodo de Guerchet

A continuación, se detalla las áreas necesarias para el diseño de la planta:

**Tabla 16***Distribución de la planta*

Áreas	Dimensión (m <sup>2</sup> )	Dimensión real (m <sup>2</sup> )
Almacén de materia prima	59,04	50
Area producción	12593,98	242
Oficina de Calidad	25,92	28
Oficinas administrativas	38,6432	40
Servicios higiénicos	10,2	10
Estacionamiento	56	56
Garita de control	3	3
Patio de carga y descarga	72	72
<b>Total</b>	<b>12858,81</b>	<b>501</b>

*Nota, Se muestra el área requerida para el diseño de la planta,*

### 4.3. Evaluación económica

#### 4.3.1. Evaluación de relación de costos de materiales de mezcla

La evaluación económica de la valorización de los relaves mineros de Mala, se realizó con relación al costo de adquisición de los materiales para elaborar 1 m<sup>3</sup> de concreto en obra, Así, el costo unitario de los agregados hace referencia al precio global de mercado, el cual puede resultar más económico cuando se adquieren en grandes cantidades.

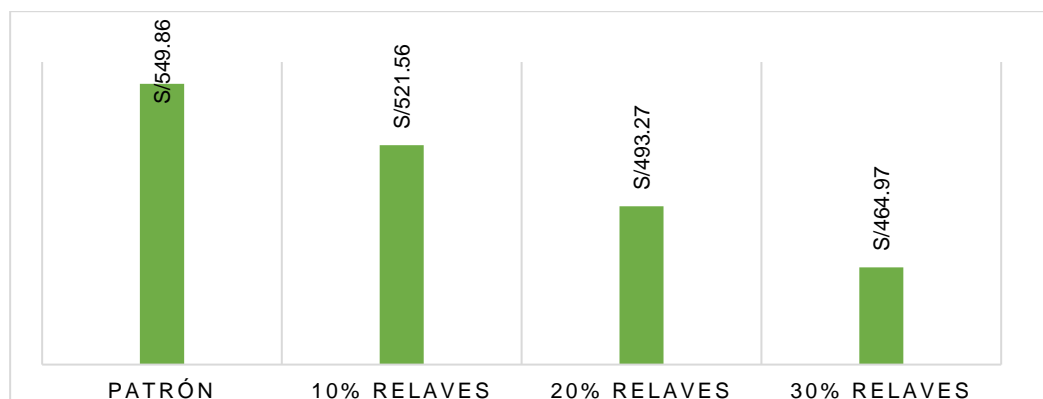
**Tabla 17***Costo de concreto con relación a materiales de mezcla*

Diseño Mezcla	Descripción	Und,	Cant,	P,U,	Parcial	Costo/ Mezcla
0% Relaves (Patrón)	Cemento	Kg	393	S/ 0,72	S/ 282,96	S/ 549,86
	Agregado fino	Kg	719	S/ 0,17	S/ 122,23	
	Agregado grueso	Kg	851	S/ 0,17	S/ 144,67	
10% Relaves sustituto de cemento	Cemento	Kg	353,7	S/ 0,72	S/ 254,66	S/ 521,56
	Agregado fino	Kg	719	S/ 0,17	S/ 122,23	
	Agregado grueso	Kg	851	S/ 0,17	S/ 144,67	
	10% relaves	Kg	39,3	S/ 0,00	S/ 0,00	
20% Relaves sustituto de cemento	Cemento	Kg	314,4	S/ 0,72	S/ 226,37	S/ 493,27
	Agregado fino	Kg	719	S/ 0,17	S/ 122,23	
	Agregado grueso	Kg	851	S/ 0,17	S/ 144,67	
	20% relaves	Kg	78,6	S/ 0,00	S/ 0,00	
30% Relaves sustituto de cemento	Cemento	Kg	275,1	S/ 0,72	S/ 198,07	S/ 464,97
	Agregado fino	Kg	719	S/ 0,17	S/ 122,23	
	Agregado grueso	Kg	851	S/ 0,17	S/ 144,67	
	30% relaves	Kg	117,9	S/ 0,00	S/ 0,00	

En la Figura 8, se puede observar que el costo de materiales de las mezclas de concreto disminuye a medida que se incorpora % de relaves mineros.

**Figura 8**

*Comparación de los costos de materiales de las mezclas de concreto*



En la Tabla 18, se muestra una estimación del ahorro en términos económicos y en términos ambientales con relación a una tonelada de cemento producida, utilizando relaves mineros en 10% y 20%, cuyas mezclas de concreto mostraron buen desempeño en la resistencia a la compresión.

A continuación, se muestra el flujo de caja para las distintas sustituciones:

**Tabla 18**

*Flujo de caja para 1 m<sup>3</sup> de concreto en obra 10% relaves sustitutos*

Descripción	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓN	S/100,0					
Beneficio		549,86	549,86	549,86	549,86	549,86
Egresos		521,56	521,56	521,56	521,56	521,56
Cemento		254,66	254,66	254,66	254,66	254,66
Agregado fino		122,23	122,23	122,23	122,23	122,23
Agregado grueso		144,67	144,67	144,67	144,67	144,67
10% relaves		0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuestos	-S/100,0	S/28,3	S/28,3	S/28,3	S/28,3	S/28,3
<b>Flujo de caja económico</b>	<b>-S/100,0</b>	<b>S/28,3</b>	<b>S/28,3</b>	<b>S/28,3</b>	<b>S/28,3</b>	<b>S/28,3</b>

En síntesis, la alternativa con 10% de relaves (sustituto de cemento) exige una inversión inicial de S/ 100 y genera, del año 1 al 5, beneficios constantes de S/ 549,86 frente a egresos de S/ 521,56, obteniéndose una utilidad de S/ 28,3 anuales.

**Tabla 19**

*Flujo de caja para 1 m<sup>3</sup> de concreto en obra 20% relaves sustitutos*

Descripción	Años					
	0	1	2	3	4	5
Inversión	S/100,0					
Beneficio		549,86	549,86	549,86	549,86	549,86
Egresos		493,27	493,27	493,27	493,27	493,27
Cemento		226,37	226,37	226,37	226,37	226,37
Agregado fino		122,23	122,23	122,23	122,23	122,23
Agregado grueso		144,67	144,67	144,67	144,67	144,67
10% relaves		0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuestos	-S/100,0	S/56,6	S/56,6	S/56,6	S/56,6	S/56,6
<b>Flujo de caja económico</b>	<b>-S/100,0</b>	<b>S/56,6</b>	<b>S/56,6</b>	<b>S/56,6</b>	<b>S/56,6</b>	<b>S/56,6</b>

En términos financieros, el escenario con 20 % de relaves (sustitución de cemento) exige una inversión inicial de S/ 100 y, del año 1 al 5, genera beneficios constantes de S/ 549,86 frente a egresos de S/ 493,27; por ello, la utilidad y el flujo de caja económico ascienden a S/ 56,6 anuales.

**Tabla 20**

*Flujo de caja para 1 m<sup>3</sup> de concreto en obra 30% relaves sustitutos*

Descripción	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Inversión	S/100,0					
Beneficio		549,86	549,86	549,86	549,86	549,86
Egresos		464,97	464,97	464,97	464,97	464,97
Cemento		198,07	198,07	198,07	198,07	198,07
Agregado fino		122,23	122,23	122,23	122,23	122,23
Agregado grueso		144,67	144,67	144,67	144,67	144,67
10% relaves		0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuestos	-S/100,0	S/84,9	S/84,9	S/84,9	S/84,9	S/84,9
<b>Flujo de caja económico</b>	<b>-S/100,0</b>	<b>S/84,9</b>	<b>S/84,9</b>	<b>S/84,9</b>	<b>S/84,9</b>	<b>S/84,9</b>

En términos financieros, el escenario con 30 % de relaves (sustitutos de cemento) demanda una inversión inicial de S/ 100 y, del año 1 al 5, genera beneficios constantes de S/ 549,86 frente a egresos de S/ 464,97; en consecuencia, la utilidad y el flujo de caja económico ascienden a S/ 84,9 anuales.

**Tabla 21**

*Indicadores económicos según sustitutos de cemento*

<b>Indicadores económicos</b>	<b>10% Relaves sustituto de cemento</b>	<b>20% Relaves sustituto de cemento</b>	<b>30% Relaves sustituto de cemento</b>
VAN	S/ 2,37	S/ 104,71	S/ 207,08
TIR	12,81%	48,84%	80,45%
TMAR	11,86%	11,86%	11,86%
B/C	1,12	1,18	1,25
Payback	4,88	2,44	1,63

En términos de evaluación financiera, los tres escenarios son viables porque presentan VAN positivos y TIR superiores a la TMAR (11,86 %); no obstante, la atractividad aumenta con el nivel de sustitución: con 10% el VAN es S/ 2,37, TIR 12,81%, B/C 1,12 y payback 4,88 años (margen mínimo); con 20% se eleva a VAN S/ 104,71, TIR 48,84 %, B/C 1,18 y payback 2,44 años; y con 30% se obtiene el mejor desempeño (VAN S/ 207,08, TIR 80,45 %, B/C 1,25 y payback 1,63 años), Desde una perspectiva académica, se considera que el 30% de relaves es la alternativa económicamente más conveniente, seguida del 20%; sin embargo, la decisión final debe ponderar riesgos operativos (costos de acopio/ambientales y variabilidad del precio del cemento) que podrían afectar estos indicadores.

Con relación al impacto ambiental, se considera la huella de carbono, tomando como referencia la cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que se genera por cada tonelada de cemento que se produce, En el Perú, según Asociación de Productores de Cemento (2022) se generan 607 kg CO<sub>2</sub> equivalente por cada tonelada de cemento que se produce, De esta manera, en la Tabla 10 se muestra un resumen del estimado de los ahorros.

**Tabla 22***Ahorros por uso de los relaves mineros*

<b>% Uso de Relaves mineros</b>	<b>Producción Cemento (ton)</b>	<b>Precio del cemento (S/)</b>	<b>Ahorro por precio (S/)</b>	<b>Emisión CO<sub>2</sub> (Kg)</b>	<b>Reducción huella carbono</b>
<b>0%</b>	1	720	-	607	-
<b>10%</b>	0,9	648	72 (11%)	546,3	10%
<b>20%</b>	0,8	576	144 (25%)	485,6	20%

Se puede observar en la Tabla 22 que, con el uso de 10% de relave se reduce el 10% de la producción de cemento, de manera similar y proporcional, con el uso de 20%, Respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, estas también son directamente proporcionales, se reducen en 10% con el uso de 10% de relaves como sustituto parcial de cemento y en 20% con el uso del 20% de dichos residuos, En suma, si se usa menos cemento, se reduce la huella de carbono asociada con su producción debido a la reducción de consumo, a la vez que se ahorra en costos por la compra.

#### 4.3.2. Evaluación de relación de costos de materiales de mezcla

Se presenta la inversión en planilla:

**Tabla 23**

*Inversión en planilla*

Nº	Cantidad	Cargo	Remun, Básico	Total	AFP Integra	SIS	Vaca	Vacaciones	SCTR	Neto por	Sueldo bruto
					12,9%	S/ 15	ciones anuales	mensuales	1,25%	pagar	+ beneficios
1	1	Gerente General	1400,00	S/ 1,400	S/ 180,88	S/ 182	S/ 700	S/ 58,33		S/ 1,219,12	S/ 1,640,33
4	1	Jefe de Operaciones	1300,00	S/ 1,300	S/ 167,96	S/ 169	S/ 650	S/ 54,17		S/ 1,132,04	S/ 1,523,17
6	3	Vendedor comercial	1180,00	S/ 3,540	S/ 457,37	S/ 460	S/ 590	S/ 49,17		S/ 3,082,63	S/ 4,049,37
7	2	Operario	1130,00	S/ 1,130	S/ 146,00	S/ 147	S/ 565	S/ 47,08	S/ 28,25	S/ 984,00	S/ 1,352,23
		Totales	S/ 5,010	S/ 7,370	S/ 952	S/ 958	S/ 2,505	S/ 209	S/ 28	S/ 6,418	S/ 8,565,10

Se presenta una inversión mensual de S/ 8,565,10, por lo que se procede a establecer la inversión requerida del proyecto:

**Tabla 24**

*Inversión de maquinaria*

Equipo	Especificación	Costo	Cantidad	Costo total
Planta de producción de concreto premezclado	Planta de hormigón HZS25	S/ 60,349,15	1	S/ 60,349,15
Silo de almacenamiento	Contiene silos, soporte	S/ 17,907,76	3	S/ 53,723,28
<b>Total</b>				<b>S/ 114,072,43</b>

Se presenta la inversión de equipos requerida en la siguiente tabla 25:

**Tabla 25**

*Inversión en equipos*

Descripción de equipo	Cantidad	Costo	Costo total
<b>Equipo de transporte</b>			
Montacargas	1	S/ 143,127,27	S/ 143,127,27
Carretillas	3	S/ 200,00	S/ 600,00
<b>Equipo de producción</b>			
Compresor de aire	1	S/ 15,685,34	S/ 15,685,34
Balanza	3	S/ 450,00	S/ 1,350,00
<b>Mobiliario y equipo de oficina</b>			
Escritorios	2	S/ 300,00	S/ 600,00
Sillas giratorias	2	S/ 160,00	S/ 320,00
Libreros	2	S/ 200,00	S/ 400,00
Juego de mesa y silla de reuniones	1	S/ 1,500,00	S/ 1,500,00
Impresora	1	S/ 500,00	S/ 500,00
Computadoras	2	S/ 1,500,00	S/ 3,000,00
Proyector multimedia	1	S/ 2,100,00	S/ 2,100,00
<b>Total</b>			<b>S/ 169,182,61</b>

Se presenta la inversión de implementos requerida en la tabla 26:

**Tabla 26***Inversión en implementos*

<b>Implementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Lentes de seguridad	2	S/ 5,00	S/ 10,00
Zapatos punta de acero	2	S/ 60,00	S/ 120,00
Guantes	2	S/ 3,00	S/ 6,00
Casco	2	S/ 30,00	S/ 60,00
Orejeras	2	S/ 18,00	S/ 36,00
Mascarillas (caja)	2	S/ 15,00	S/ 30,00
Overoles señalizados	2	S/ 45,00	S/ 90,00
<b>Total</b>			<b>S/ 352,00</b>

Se presenta la inversión de terreno requerida en la tabla 27:

**Tabla 27***Inversión del terreno*

<b>Terreno</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Costo Total</b>
Planta producción	550	S/ 150,00	S/ 82,500,00
<b>Total</b>			<b>S/ 82,500,00</b>

Se presenta la inversión de construcción requerida en la tabla 28:

**Tabla 28***Inversión en construcción*

<b>Construcciones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
Area producción	242	S/ 475,58	S/ 115,090,36
Oficina de Calidad	28	S/ 644,30	S/ 18,040,40
Oficinas administrativas	40	S/ 644,30	S/ 25,772,00
Servicios higiénicos	10	S/ 294,84	S/ 2,948,40
Patio de carga y descarga	72	S/ 412,99	S/ 29,735,28
<b>Total</b>			<b>S/ 274,086,44</b>

Se presenta la inversión intangible requerida en la tabla 29:

**Tabla 29***Inversión intangible*

<b>Inversión intangible</b>	<b>Costo</b>
Constitución de la empresa	S/ 500,00
Licencia de funcionamiento	S/ 297,26
Autorización y registros especiales	S/ 860,00
Instalación de equipos e infraestructura	S/ 5,000,00
Flete de maquinaria y equipos	S/ 3,500,00
<b>Total</b>	<b>S/ 10,157,26</b>

Se muestra el resumen de inversión que abarca el proyecto:

**Tabla 30***Resumen de inversión*

I, Tangible	S/ 640,193,48
I, Intangible	S/ 10,157,26
<b>Capital de trabajo</b>	<b>S/ 650,350,74</b>

Se muestra de la tabla anterior que se requiere un capital de trabajo de S/ 650,350,74 para la ejecución de la planta, A continuación, se presenta la depreciación de la planta:

**Tabla 31***Depreciación de la planta*

Depreciación	Cantidad	Precio Unitario (S/.)	Valor Total (S/.)	Vida Útil (Años)	Depreciación Anual (S/.)	Depreciación Mensual (S/.)
Planta de producción de concreto premezclado	1	S/ 60349,15	S/ 60349,15	10	S/ 6034,92	S/ 502,91
Silo de almacenamiento	3	S/ 17907,76	S/ 53723,28	10	S/ 5372,33	S/ 447,69
Licuadaora profesional	0	S/ 0,00	S/ 0,00	10	S/ 0,00	S/ 0,00
Escritorios	2	S/ 300,00	S/ 600,00	10	S/ 60,00	S/ 5,00
Sillas giratorias	2	S/ 160,00	S/ 320,00	10	S/ 32,00	S/ 2,67
Libreros	2	S/ 200,00	S/ 400,00	10	S/ 40,00	S/ 3,33
Juego de mesa y silla de reuniones	1	S/ 1,500,00	S/ 1,500,00	10	S/ 150,00	S/ 12,50
Impresora	1	S/ 500,00	S/ 500,00	10	S/ 50,00	S/ 4,17
Computadoras	2	S/ 1,500,00	S/ 3,000,00	10	S/ 300,00	S/ 25,00
Proyector multimedia	1	S/ 2,100,00	S/ 2,100,00	10	S/ 210,00	S/ 17,50
Lentes de seguridad	2	S/ 5,00	S/ 10,00	10	S/ 1,00	S/ 0,08
Zapatos punta de acero	2	S/ 60,00	S/ 120,00	10	S/ 12,00	S/ 1,00
Guantes	2	S/ 3,00	S/ 6,00	10	S/ 0,60	S/ 0,05
Casco	2	S/ 30,00	S/ 60,00	10	S/ 6,00	S/ 0,50
Orejas	2	S/ 18,00	S/ 36,00	10	S/ 3,60	S/ 0,30
Mascarillas (caja)	2	S/ 15,00	S/ 30,00	10	S/ 3,00	S/ 0,25
Overoles señalizados	2	S/ 45,00	S/ 90,00	10	S/ 9,00	S/ 0,75
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 12284,44</b>	<b>S/ 1023,70</b>

Se presenta una depreciación anual de S/, 12284,44, A continuación, se muestra el costo de materia prima:

**Tabla 32**

*Costo de materia prima*

Material para m <sup>3</sup>	Unidad	Cantidad	Costo unit	Cantidad	Costo unit
Cemento	Kg	300	S/ 120,40	4800,00	S/ 57 920,0
Agregado fino	Kg	0,3125	S/ 13,38	4800,00	S/ 6 ,200,0
Agregado grueso	Kg	0,3125	S/ 13,38	4800,00	S/ 64 200,0
Piedra 1"	Kg	0,222	S/ 10,07	4800,00	S/ 48 336,0
Piedra 3/4 "	Kg	0,444	S/ 21,56	4800,00	S/ 103 488,0
Aditivos	Kg	3	S/ 9,60	4800,00	S/ 46 080,0
			188,38		S/ 904 224,0

A continuación, se muestra los costos que generan los costos directos que son ocasionados por la mano de obra y el costo de materia prima, en donde es necesario considerar que la sustitución de relaves a cambio de los agregados fino y grueso de arena, No obstante, el beneficio es potencial para el aprovechamiento de la mezcla pero no se a considerado como parte de un costo al no tener ningún costo su adquisición, lo que representa un beneficio la sustitución del material.

**Tabla 33**

*Costos directos*

Costos directos	Monto
Materia prima e insumos	S/ 904 224,0
Mano de obra directa	S/ 102 781,20
Total	S/ 1 007005,2

A continuación, se presenta los costos indirectos:

**Tabla 34**  
*Costos indirectos*

<b>Suministro</b>	<b>Monto</b>
Contabilidad	S/ 300,00
Disposición residuos	S/ 4,000,00
Vigilancia	S/ 1,500,00
Telefonía	S/ 180,00
Internet	S/ 120,00
Luz	S/ 2,500,00
Agus	S/ 800,00
Total al mes	S/ 9,400,00
Total anual	S/ 112,800,00

Se presenta lo necesario económicamente para la ejecución de la planta:

**Tabla 35**  
*Propuesta económica del negocio*

<b>Capital de trabajo</b>	
<b>Capital</b>	<b>Monto</b>
Costos directos	S/ 1,007,005,20
Costos indirectos	S/ 112,800,00
<b>Total</b>	<b>S/ 1,119,805,20</b>
<b>Inversión total de la propuesta de negocio</b>	
<b>Inversión</b>	<b>Costo</b>
Inversión tangible	S/ 640,193,48
Inversión intangible	S/ 10,157,26
Capital de trabajo	S/ 1,119,805,20
<b>Total</b>	<b>S/ 1,770,155,94</b>

Se muestra el precio de venta de la mezcla de concreto:

**Tabla 36***Precio de venta*

<b>Concepto</b>	<b>Costo Unitario (S/,)</b>	<b>Porcentaje</b>
Costo Unitario Mano de Obra Directa	S/ 5,63	
Costo Unitario Materia Prima	S/ 188,38	
Costo Variable Unitario	S/ 194,01	
Costo Fijo Unitario	S/ 39,17	
Costo Total	S/ 233,18	
Margen Rentabilidad	S/ 46,64	20,00%
Precio de Venta (Antes de IGV)	S/ 279,82	
IGV (18%)	S/ 50,37	18%
Precio de Lista (Con IGV)	S/ 330,18	

Se presenta un precio de lista con IGV de 330,18 por m<sup>3</sup>, lo que demuestra que se debe vender a un precio recomendado o superior según el margen de rentabilidad que se busque obtener, A continuación, se muestra el flujo de caja de ventas:

**Tabla 37***Flujo de ventas*

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ventas (Q)	4800	4848,00	4896,48	4945,44	4994,90	5044,85	5095,30	5146,25	5197,71	5249,69
PV S/,	279,82	282,62	285,44	288,30	291,18	294,09	297,03	300,00	303,00	306,03
Ventas de concreto (S/,)	1343122,4	1370119,16	1397658,56	1425751,49	1454409,10	1483642,72	1513463,94	1543884,56	1574916,64	1606572,47
Venta neta	1343122,4	1370119,16	1397658,56	1425751,49	1454409,10	1483642,72	1513463,94	1543884,56	1574916,64	1606572,47

**Tabla 38***Flujo de caja del proyecto*

Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión en activos	-S/ 650,351										
Costo variable	-S/ 1,007,005										
Costo fijo	-S/ 112,800										
Capital de trabajo	-S/ 1,119,805										
Ventas		S/ 1,343,122	S/ 1,370,119	S/ 1,397,659	S/ 1,425,751	S/ 1,454,409	S/ 1,483,643	S/ 1,513,464	S/ 1,543,885	S/ 1,574,917	S/ 1,606,572
(-) Costo variable		-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005	-S/ 1,007,005
(-) Total de gastos operativos		-S/ 112,800	-S/ 112,800	-S/ 112,800	-S/ 112,800	-S/ 112,800	-S/ 112,800	-S/ 112,800	-S/ 112,800	-S/ 112,800	-S/ 112,800
(-) Impuestos		S/ 65,879	S/ 73,843	S/ 81,967	S/ 90,254	S/ 98,708	S/ 107,332	S/ 116,129	S/ 125,103	S/ 134,258	S/ 143,596
Utilidad neta		S/ 289,196	S/ 324,157	S/ 359,820	S/ 396,200	S/ 433,312	S/ 471,170	S/ 509,788	S/ 549,183	S/ 589,369	S/ 630,364
(+) Depreciación		S/ 12,284	S/ 12,284	S/ 12,284	S/ 12,284	S/ 12,284	S/ 12,284	S/ 12,284	S/ 12,284	S/ 12,284	S/ 12,284
(+) Valor de rescate											
Flujo de caja del proyecto	-S/ 1,770,156	S/ 301,480	S/ 336,441	S/ 372,105	S/ 408,485	S/ 445,596	S/ 483,454	S/ 522,073	S/ 561,467	S/ 601,654	S/ 642,648

**Tabla 39***Indicadores del proyecto*

Indicador	Valor
VAN	S/ 1,335,849,93
TIR	19%
PRC	0,6
B/C	1
Ingresos	S/ 14,713,541
Egresos	S/ 10,070,052

Los resultados económicos evidencian que el proyecto presenta una rentabilidad aceptable, sustentada en un Valor Actual Neto (VAN) positivo de S/ 1,335,849,93, lo que indica que, al actualizar los flujos futuros de ingresos y egresos, el valor generado supera la inversión inicial, Desde una perspectiva financiera, un VAN mayor a cero confirma que el proyecto crea valor para la organización y, por tanto, resulta conveniente su ejecución,

#### 4.4. Comprobación de la hipótesis

Para comprobar la hipótesis de la investigación, se requiere obtener un concreto con resistencia a la compresión igual o similar a la resistencia de la mezcla patrón y que, además sea igual o mayor a la resistencia teórica de diseño ( $F'C 210 \text{ kg/cm}^2$ ), Para ello, se realizó un análisis de varianza de la resistencia a la compresión entre los grupos, es decir, las mezclas con diferentes proporciones de relaves mineros, Para interpretar los resultados de la prueba, se establecieron las siguientes hipótesis estadísticas y criterios de aceptación y rechazo:

$H_0$ : La resistencia a la compresión entre las mezclas de concreto son iguales,

$H_a$ : La resistencia a la compresión entre las mezclas de concreto son diferentes,

Probabilidad 95% (significancia = 0,05)

Si  $p - \text{valor} (sig,) > 0,05$  se acepta la  $H_0$ ,

Si  $p - \text{valor} (sig,) < 0,05$  se rechaza la  $H_0$ ,

**Tabla 40***Análisis de varianza de la resistencia a la compresión a los 28 días*

<b>Resistencia</b>					
	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig,</b>
Entre grupos	161,063	3	53,688	,829	,514
Dentro de grupos	517,927	8	64,741		
<b>Total</b>	<b>678,989</b>	<b>11</b>			

De la Tabla 40, se puede interpretar que entre las mezclas de concreto (patrón, 10%, 20% y 30% de relaves mineros) no hay diferencias estadísticamente significativas en la resistencia a la compresión al obtener un p - valor o sig, > 0,05, En otras palabras, los valores de resistencia a compresión de las mezclas de concreto son iguales estadísticamente al valor de la mezcla patrón, Estos resultados se pueden apreciar de manera más detallada en la prueba de comparaciones múltiples de Tukey en la Tabla 41,

**Tabla 41***Prueba de comparaciones múltiples de Tukey*

<b>Mezcla de resistencia con HSD Tukey<sup>a</sup></b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0,05</b>
		<b>1</b>
30% relaves	3	209,9000
20% relaves	3	216,4000
10% relaves	3	217,9000
Patrón	3	219,5667
Sig,		,495

En la Tabla 41, se comprueba que, entre las medias de la resistencia a la compresión de las mezclas de concreto, no hay diferencias estadísticamente significativas,

De acuerdo con los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis nula de la prueba, la cual indica que los valores de resistencia a la compresión entre las mezclas de concreto, incluido la mezcla patrón, son iguales, Esto quiere decir, que los relaves mineros pueden usarse en la mezcla de concreto como sustituto parcial del cemento,

ya que genera resistencias a la compresión similares a la mezcla patrón (tradicional) y que, además, superan el valor de la resistencia teórica (diseño), lo que permite aceptar la hipótesis alterna de la investigación,

En este orden de ideas, puede considerarse tanto la mezcla que empleó 10% de relaves mineros como la mezcla que empleó 20 %, ya que obtuvieron valores de resistencia a la compresión superiores a la de diseño y similares a la del patrón, En ambos casos, se producen ahorros por costos compras de materiales y por disminución de la huella de carbono al reducirse el consumo de cemento,

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

En la presente investigación se estudiaron los relaves mineros provenientes de mineras en Mala, a fin de comprobar que son una alternativa para la elaboración de concreto F'c 210 kg/cm<sup>2</sup> siendo utilizado como sustituto parcial el cemento, dando valor a estos residuos y haciéndolo parte de una economía circular, De esta manera, se caracterizó granulométricamente los relaves mineros obteniendo un módulo de finura 0,72 compuesto por 89% partículas muy finas, siendo muy inferior a un agregado fino y similar a las partículas de cemento, comprobando su aplicación como sustituto parcial de este último, A partir de ello, se elaboraron 3 tipos de mezclas de concreto con sustitución parcial de 10%, 20% y 30% de sustitución de estos relaves mineros por cemento y, por otro lado, se elaboró la mezcla de control o patrón basada en la resistencia teórica,

Los resultados de resistencia a la compresión fueron favorables para las mezclas con 10% y 20% logrando valores de 217,90 y 216,40 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, por un lado, fueron mayor que la teórica (210) y por otro, similares al patrón el cual obtuvo un valor de 219,57 kg/cm<sup>2</sup> todas a los 28 días de edad, Estos resultados son semejantes a los obtenidos por Torres y Poma (2023) en cuya investigación también reemplazaron 15%, 20% y 25% de relaves mineros por cemento en la elaboración de mezclas de concreto de igual resistencia teórica, encontrando que la mezcla que contenía 15% relaves mineros mostró buen desempeño mecánico, con la diferencia que la resistencia a la compresión resultó 12,26% mayor a la del patrón,

Los resultados logrados también son similares a los obtenidos por Torres (2023) en cuyo estudio sustituyeron parcialmente el agregado fino por 10%, 15%, 20% y 25% de relaves mineros, Obtuvieron un comportamiento igual en la resistencia a la compresión donde los valores obtenidos resultaron menor que el valor de la resistencia patrón, pero mayores respecto a la resistencia teórica 210 kg/cm<sup>2</sup>, Por su parte, los aportes de Arias y Espinoza (2022) indican es posible agregar relave minero en proporciones menores al 5% del agregado fino para mejorar el rendimiento del concreto,

Con relación a los beneficios de aprovechar los residuos mineros en el sector de construcción, Saavedra y Beingolea (2019) determinaron que los costos por metro cúbico de concreto para mezclas de 280 kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup> elaboradas con relaves mineros y material de socavón, son potencialmente rentables, En esta investigación se

estimó ahorro en uso de cemento por la sustitución parcial de 10 % y 20 % de relaves mineros representando entre 11 % y 25 %,

Así mismo, los resultados de Huaicane (2023) señalan que el uso de relave como parte del cemento, utilizado en dosificaciones adecuadas en la mezcla de concreto lanzado, dan lugar a una reducción en el consumo de cemento en  $118 \text{ kg/m}^3$  de la cantidad convencional, representando un ahorro de 30 % de este material, impactando positivamente en los costos de sostenimiento; además, permite establecer nuevos diseños de elaboración del concreto con relave y sus correspondientes controles de calidad, disponiendo de un inventario de este residuo adecuadamente almacenado para tales fines, aplicando los principios de economía circulando, ahorrando costos y reduciendo el impacto ambiental,

Por último, los resultados de Cerón y Gutiérrez (2019) mostraron un ahorro de 41 % del costo de producción por bloque, concluyendo que la propuesta de reemplazos porcentuales de cemento por relaves provenientes de la extracción minera de agregados, representa una alternativa viable comercialmente y a la vez con gran impacto ambiental positivo, extendiéndose su uso en diversas aplicaciones estructurales, Similar a lo estimado en la presente investigación,

## CONCLUSIONES

La presente investigación logró evaluar los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – Provincia de Cañete, como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup> que permita su incorporación a la cadena productiva de materiales manteniendo un foco en economía circular, En tal sentido, se establecieron las siguientes conclusiones:

En cuanto a las características de los relaves mineros, se determinó que estos están compuestos por partículas muy finas, representadas por un 89% del total de su composición, con un módulo de finura 0,72, siendo muy inferior al módulo de finura de un agregado fino, justificando su aplicación como sustituto parcial del cemento en esta investigación.

Con relación a la resistencia a la compresión, se concluye que la mezcla de concreto con 10% de relaves mostró mejor desempeño con esta propiedad logrando 217,90 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de edad, cuyo valor fue el más cercano al diseño patrón que resultó en 219,57 kg/cm<sup>2</sup>, seguido de la mezcla con 20% que obtuvo un valor de 216,40 kg/cm<sup>2</sup>; en todos los casos mencionados, los valores fueron mayor a la resistencia teórica 210 kg/cm<sup>2</sup>, Sin embargo, la mezcla de concreto con 30% de relaves mineros como sustituto parcial de cemento, no logró la resistencia teórica a los 28 días de edad, por tanto, se descartó en la presente investigación, Así mismo, el análisis de varianza a un 95% de probabilidad muestra que las resistencias a la compresión obtenidas son iguales o similares a las del diseño patrón o convencional.

En cuanto a ahorro de utilizar los relaves mineros, se podría lograr un ahorro de 72 soles por tonelada de cemento comprado usando 10% de relaves mineros y 144 soles / ton al usar 20% de relaves mineros, Esto se traduce en un ahorro entre 11% y 25% de cemento, así como un TIR de 80,45%, 48,84% y 12,81% en la sustitución parcial de 30%, 20% y 10% de relaves mineros, En cuanto a los beneficios al medio ambiente, el uso de 10% de relaves estaría disminuyendo 10% de la huella de carbono por cada tonelada de cemento que se produce y de manera proporcionar, al usar 20% de los relaves mineros, la reducción de la huella de carbono sería 20%, Asimismo, mediante

la evaluación de la factibilidad de una planta de concreto premezclado se observa que con un capital de trabajo de S/ 650,350,74 se obtiene un VAN de S/ 1'335,849,93 y un TIR de 19%.

Se concluye que, los relaves mineros proveniente de mineras en Mala, son una alternativa de valorización como materia prima en la elaboración de mezclas de concreto como sustituto parcial del cemento.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar pruebas de los relaves mineros como sustituto parcial del agregado fino

Se recomienda tomar en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación para promover la integración de los relaves mineros de la zona de estudio, en la cadena de materiales para ser utilizados en la elaboración de mezclas de concreto,

Se recomienda hacer un análisis de costo más detallados de las implicancias de usar los relaves mineros en la industria de la construcción para la elaboración de mezclas de concreto, donde se consideren gastos logísticos, de materiales, maquinarias, mano de obra, entre otros relevantes en contraste con lo que implica utilizar los materiales explotados de canteras,

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, J., Guzman, M., Pereyra, P., y Ruiz, A, (2023), Reciclado de relaves mineros en materiales de construcción como cemento geopolimero, *Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions*,
- Arias Ccarita, M., y Espinoza Castillo, O, I, (2022), *Evaluación del pavimento rígido f'c = 280 kg/cm2 adicionando relave minero, La Rinconada – 2022* [Tesis, Universidad César Vallejo], <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20,500,12692/96592>
- Asociación de Productores de Cemento, (2022), *Hoja de ruta industrial del cemento Perú* [Informe situacional], <https://www.yura.com.pe/wp-content/uploads/Hoja-de-Ruta-Peru.pdf>
- Beltrán-Rodríguez, L, N., Larrahondo, J, M., Cobos, D., Beltrán-Rodríguez, L, N., Larrahondo, J, M., y Cobos, D, (2018), Tecnologías emergentes para disposición de relaves: Oportunidades en Colombia, *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 44, 5-20, <https://doi.org/10,15446/rbct,n44,66617>
- Cerón Cerón, A, M., y Gutiérrez Arango, C, (2019), *Elaboración de unidades de mampostería perforada de concreto utilizando relaves provenientes de la minería de agregados*, [Bachelor thesis, Universidad Santo Tomás], <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/18152>
- Concejo Internacional de Minería y Metales, (2024), *Circular Economy*, Institucional, <https://www.icmm.com/circular-economy>
- Cordero, C., Pettinari, G., Giaveno, A., y Pons, M, J, (2020, octubre 28), *Caracterización textural, química y mineralógica de los relaves mineros de Andacollo, Neuquén, Importancia en futuras estrategias para su revalorización*, XII Congreso Argentino de geología económica, <http://rid.unrn.edu.ar/handle/20,500,12049/8790>
- Farfán, M., Pinedo, D., Araujo, J., y Orbegoso, J, (2019), Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto, *Revista Gaceta Técnica*, 20(2), 4-13, <http://dx.doi.org/10,13140/RG,2,2,19787,95523>
- Hernández, A., Ramos, M., Placencia, B., Indacochea, B., Quimis, A., y Moreno, L, (2018), *Metodología de la investigación científica*, Editorial Área de Innovación y Desarrollo, S,L,

- Hernández Sampieri, R., y Mendoza Torres, C, P, (2018), *Metodología de la investigación: Las rutas: cuantitativa, cualitativa y mixta*, Mc Graw Hill educación, <http://repositorio,uasb.edu,bo/handle/54000/1292>
- Huaicane, S, (2023), *Reciclaje del relave en la optimización del concreto lanzado en minera Cuzcatlan Oaxaca de Juárez – México* [Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos], <https://cybertesis,unmsm,edu,pe/item/389f4ddf-d938-4fad-9ff5-0c1c30cb4ce5>
- Huaquisto, S,, y Belizario, G, (2018), Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento, *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 20(2), Article 2, <https://doi.org/10,18271/ria,2018,366>
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, (2023), *Perú proyecta recuperar cerca de 700 toneladas de cobre provenientes de relaves mineros hacia el año 2030* [Institucional], IIMP, <https://iimp.org,pe/raiz/peru-proyecta-recuperar-cerca-de-700-toneladas-de-cobre-provenientes-de-relaves-mineros-hacia-el-ano-2030>
- Kanta, M,, y Ch, N, S, K, (2022), Evaluation of Strength Properties of the Concrete Prepared from Class F Fly Ash, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 982(1), 012012, <https://doi.org/10,1088/1755-1315/982/1/012012>
- Lojano, G, A,, y Robles, J, C, (2022), *Análisis de la resistencia a la compresión simple en morteros utilizando relave minero de la planta de beneficio Goldserviplant Cia Ltda, Portovelo-El Oro*, [bachelorThesis, Universidad del Azuay], <http://dspace,uazuay,edu,ec/handle/datos/12519>
- Milena, S,, Córdova, J, D,, y Astrid, M, (2021), Alternativas de aprovechamiento de residuos de la industria minera de El Bajo Cauca Antioqueño en el sector de la construcción, *Revista EIA*, 18(36), 5-5,
- Muciño, A,, y Lozada, A, (2018), *Diseño de mezclas de concreto*, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, [http://leias,fa,unam,mx/wp-content/uploads/2018/05/180515\\_Practica9\\_W\\_LMSE.pdf](http://leias,fa,unam,mx/wp-content/uploads/2018/05/180515_Practica9_W_LMSE.pdf)
- Naciones Unidas, (2023), *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*, [https://unstats,un,org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023\\_Spanish.pdf?\\_gl=1\\*esz01n\\*\\_ga\\*NzE1OTIyNDQwLjE3NDAYNDc1OTQ,\\*\\_ga\\_TK9BQL5X7Z\\*MTc0MDI3NzUwOS4yLjAuMTc0MDI3NzUwOS4wLjAuMA,,](https://unstats,un,org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf?_gl=1*esz01n*_ga*NzE1OTIyNDQwLjE3NDAYNDc1OTQ,*_ga_TK9BQL5X7Z*MTc0MDI3NzUwOS4yLjAuMTc0MDI3NzUwOS4wLjAuMA,,)
- NTP 339,034 (2015), <https://pdfcoffee,com/ntp-339034-metodo-de-ensayo-normalizado-para-la-determinacion-de-la-resistencia-a-la-compresion-del-concreto-en-muestras-cilindricas-2-pdf-free,html>

- Palomino, J., Peña, J., y Zevallos, G, (2015), *Metodología de la Investigación* (San Marcos),
- Responsible Mining Foundation, (2021), *Riesgos de relaves: Se debe mantener el impulso*,  
[https://www.responsibleminingfoundation.org/app/uploads/ES\\_Tailings\\_Risks\\_January2021.pdf](https://www.responsibleminingfoundation.org/app/uploads/ES_Tailings_Risks_January2021.pdf)
- Riquelme, S., Marchese, M., Vergara, G., y Rivas, P, (2024), De Residuos a Recursos: Los Relaves se Convierten en la Minería del Futuro, *Guía Minera de Chile*,  
<https://www.guiaminera.cl/de-residuos-a-recursos-los-relaves-se-convierten-en-la-mineria-del-futuro/>
- Robles, J, (2020), Uso de relave para mejoramiento de suelos por el método Compaction Grouting, Pasco—2019, *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*, <http://repositorio,undac.edu.pe/handle/undac/2030>
- Saavedra, R., y Beingolea, R, (2019), *Diseño y elaboración de concretos de alta resistencia usando relaves mineros y material de socavón mina para diseños de 280 kg/cm<sup>2</sup>, 350 kg/cm<sup>2</sup> y 450 kg/cm<sup>2</sup>* [Tesis, Universidad Católica de Santa María], <https://repositorio,ucsm.edu.pe/handle/20,500,12920/9624>
- Swarnakar, S., y Khalfan, M, (2024), Circular economy in construction and demolition waste management: An in-depth review and future perspectives in the construction sector, *Smart and Sustainable Built Environment*, 2046-6099, <http://dx.doi.org/10,1108/SASBE-02-2024-0056>
- Torres, A., y Poma, R, (2023), *Comportamiento mecánico del concreto estructural  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> con la reutilización de relave minero y residuos de concreto en Pasco 2023* [Tesis de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión], <http://repositorio,undac.edu.pe/handle/undac/3472>
- Torres, J, (2023), *Análisis de las propiedades mecánicas del concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> reemplazando relave de Tíclacayan como agregado fino en porcentajes de 10%, 15%, 20% y 25%, distrito Tíclacayan, provincia y departamento de Pasco, 2021* [Tesis de grado, Universidad de Huánuco], <https://repositorio,udh.edu.pe/xmlui/handle/20,500,14257/4144>
- Torres, Y., Gonzales, R., Cotera, I., Arana, P., Torres, Y., Gonzales, R., Cotera, I., y Arana, P, (2024), Valorización de Residuos Mineros como Áridos para la Construcción de Carreteras: Economía Circular en la Región Andina del Perú, *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 26(2), 71-78, <https://doi.org/10,18271/ria,2024,605>
- Wuyan, L., Thomas, N., Weisheng, L., Mora, L., y Zhikang, B, (2025), Deciphering how digital functions enable circular economy practices in construction: A critical

review of recent progress and future outlook, *ScienceDirect*,  
<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2025.107889>

**ANEXOS**

### Anexo 1. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	General	General		
¿Es posible considerar los relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto F'C 210 kg/cm <sup>2</sup> con foco en la economía circular?	Evaluar los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – Provincia de Cañete, como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto f'c 210 kg/cm <sup>2</sup> que permita su incorporación a la cadena productiva de materiales manteniendo un foco en economía circular,	Ho: Los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete no se pueden aprovechar en la elaboración de concreto f'c 210 kg/cm <sup>2</sup> para ser incorporados en la cadena productiva de materiales para la construcción,	<b>Variable Independiente:</b> Relaves mineros  <b>Indicador:</b> <i>Composición granulométrica</i> <i>Módulo de finura</i>	<b>Tipo de investigación:</b> Básica – cuantitativa - Explicativa  <b>Diseño:</b> Experimental  <b>Población y muestra:</b> 36 probetas de concreto, 3 por cada edad de curado y por cada mezcla
¿Cuáles son las características fisicoquímicas y granulométricas de los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete para su incorporación en la cadena productiva de materiales de construcción?	Determinar las características fisicoquímicas y granulométricas de los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete para su incorporación en la cadena productiva de materiales de construcción,	Ha: Los residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete se pueden aprovechar en la elaboración de concreto f'c 210 kg/cm <sup>2</sup> para ser incorporados en la cadena productiva de materiales para la construcción,	<b>Variable dependiente:</b> Mezcla de concreto  <b>Indicador:</b> <i>Resistencia a la compresión</i> <i>Impacto económico / ambiental</i>	<b>Técnica e instrumento de recolección:</b> Observación directa Protocolos de laboratorio  <b>Técnicas de análisis:</b> estadística descriptiva e inferencial (análisis de varianza)
¿Cuál es la resistencia a compresión de probetas de concreto F'C 210 kg/cm <sup>2</sup> elaboradas con residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete en relación con la mezcla tradicional (patrón) que permita determinar su aprovechamiento en esta aplicación?	Evaluar la resistencia a compresión de probetas de concreto F'C 210 kg/cm <sup>2</sup> elaboradas con residuos de relaves mineros del distrito de Mala – provincia de Cañete con relación a la mezcla tradicional (patrón) que permita determinar su aprovechamiento en esta aplicación			
¿Cuál es el impacto económico de relaves mineros del distrito de Mala – Provincia de Cañete, como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto f'c 210 kg/cm <sup>2</sup> ?	Evaluar el impacto económico de relaves mineros del distrito de Mala – Provincia de Cañete, como alternativa de aprovechamiento en la elaboración de mezclas de concreto f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>			

## Anexo 2. Informes de laboratorio

<b>DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO</b>	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
ACI 318. Building code requirements for structural concrete	F. EMISIÓN : 20/11/2024
ACI 211. Estandar practice for curing concrete	PÁGINA : 1 DE 13

### DATOS DE SOLICITANTE

NOMBRE DEL PROYECTO	: APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS
UBICACIÓN DEL PROYECTO	: MALA - CAÑETE - LIMA
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL	: PATRICIO PAOLO YANQUI REYES
DIRECCIÓN / DOMICILIO	: MALA - CAÑETE - LIMA

### DATOS DE RECEPCIÓN DATOS DE MUESTRA

F. INGRESO	: 16/11/2024	PROCEDENCIA: Arequipa; RESISTENCIA DE DISEÑO: 210; FORMA DEL AGREGADO: Subangulosa; TIPO DE MUESTRA: Agregados para concreto; CONDICIÓN DE LOS AGREGADOS: Alterado
COTIZACIÓN	: 0661 - 2024	

### PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS Y EL CEMENTO

MATERIAL	TIPO	PROCEDENCIA	MÓDULO DE FINEZA MF	PESO ESPECÍFICO kg/m <sup>3</sup>	ABSORCIÓN %	PESO UNITARIO SUELTO kg/m <sup>3</sup>	PESO UNITARIO COMPACTADO kg/m <sup>3</sup>	CONTENIDO DE HUMEDAD %
Cemento	IP	Yura	-	2810	-	-	-	-
Arena	Media	Chiguata	2.34	2649	1.0	1519	1728	0.3
Grava	Huso 67	Chiguata	6.40	2467	3.4	1322	1440	0.2
Agua	Potable	Arequipa	-	1000	-	-	-	-

### CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO

RESISTENCIA fer kg/cm <sup>2</sup>	ASENTAMIENTO ESPERADO pulgada	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL pulgada	VOLUMEN UNITARIO DE AGUA lt/m <sup>3</sup>	CONTENIDO DE AIRE %	RELACIÓN A/C	FACTOR CEMENTO kg/m <sup>3</sup>	CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
295	3 a 4	1/2'	220	2.5	0.56	393	0.59

### CÁLCULO DE LAS PROPORCIONES PARA EL DISEÑO DE MEZCLA

MATERIAL	PESO SECO kg/m <sup>3</sup>	VOLUMENES ABSOLUTOS m <sup>3</sup>	CORRECCIÓN POR HUMEDAD kg/m <sup>3</sup>	PESO POR TANDA kg
Cemento	393	0.140	393	42.5
Arena	717	0.271	719	77.8
Grava	850	0.344	851	92.1
Agua	220	0.220	252	27.3
Total	2180	1.000	2216	239.7

### PROPORCIONES EN VOLUMEN PARA USO EN OBRA

MATERIAL	UNIDAD	AGREGADOS SECOS	AGREGADOS HÚMEDOS	UNIDAD	AGREGADOS SECOS	AGREGADOS HÚMEDOS
Cemento	bolsa	1	1	bolsa	1	1
Arena	pie <sup>3</sup>	1.80	1.81	balde	2.56	2.56
Grava	pie <sup>3</sup>	2.46	2.46	balde	3.48	3.48
Agua	litro	23.80	23.40	litro	23.80	23.40

### OBSERVACIONES

- El contenido de humedad debe verificarse en campo cada vez que se produzca concreto en obra.
- Para vaciado en obra considerar para agregados Balde de 5 galones completamente lleno.
- Para el siguiente diseño se consideran 9.24 bolsas/m<sup>3</sup> de concreto

<b>GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO DE AGREGADO GRUESO</b>	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
	F. EMISIÓN : 20/11/2024
	PÁGINA : 2 DE 13

ASTM C136 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS
UBICACIÓN DEL PROYECTO : MALA - CAÑETE - LIMA
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PATRICIO PADLO YANQUI REYES
DIRECCIÓN / DOMICILIO : MALA - CAÑETE - LIMA

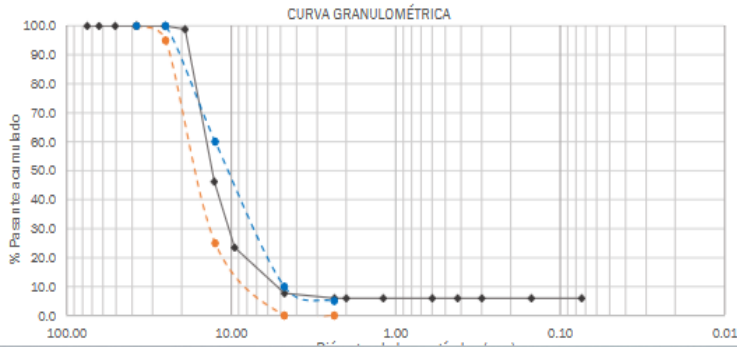
**DATOS DE RECEPCIÓN**

**DATOS DE MUESTRA**

F. INGRESO : 16/11/2024	PROCEDENCIA: Arequipa; CANTERA: Chiguata; TIPO DE MUESTRA: Agregado Grueso; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado
COTIZACIÓN : 0661 - 2024	

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Gravas rugosas subangulosas grisáceas y partículas rojizas.

ABERTURA DE TAMIZ		MATERIAL RETENIDO				MATERIAL PASANTE	ESPECIFICACIÓN		RESULTADOS			
pulg	mm	PESO + TARA g	PESO g	RETENIDO %	ACUMULADO %	%	MÍN. %	MÁX. %	GRAVA	92.3%	GG	1.2%
3	75.00			0.0	0.0	100.0	-	-	ARENA	1.8%	GF	91.1%
2 1/2	63.50			0.0	0.0	100.0	-	-			AG	1.8%
2	50.80			0.0	0.0	100.0	100	100			AM	0.0%
1 1/2	38.10			0.0	0.0	100.0	95	100	AF	0.0%		
1	25.40			0.0	0.0	100.0	-	-	FINOS	6.0%		
3/4	19.05	124	124	1.2	1.2	98.8	35	70	Tamaño máximo (*)			1"
1/2	12.70	5495	5495	52.6	53.8	46.2	-	-	Tamaño máximo nominal			1/2"
3/8	9.53	2376	2376	22.7	76.5	23.5	10	30	Huso de la grava			67
Nº 4	4.75	1643	1643	15.7	92.3	7.7	0	5	Peso muestra (g)			10447
Nº 8	2.36	186	186	1.8	94.0	6.0	-	-	Módulo de fineza (MF)			6.40
Nº 10	2.00			0.0	94.0	6.0	-	-				
Nº 16	1.19			0.0	94.0	6.0	-	-				
Nº 30	0.60			0.0	94.0	6.0	-	-				
Nº 40	0.42			0.0	94.0	6.0	-	-				
Nº 50	0.30			0.0	94.0	6.0	-	-				
Nº 100	0.15			0.0	94.0	6.0	-	-				
Nº 200	0.07			0.0	94.0	6.0	-	-				
Fondo		623.0	623.0	6.0	100.0	0.0	-	-				



<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO</b>	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
ASTM C127 Standard test method for density, relative density (specific gravity) and absorption of coarse aggregate	F. EMISIÓN : 20/11/2024
	PÁGINA : 3 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS  
 UBICACIÓN DEL PROYECTO : MALA - CAÑETE - LIMA  
 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PATRICIO PAOLO YANQUI REYES  
 DIRECCIÓN / DOMICILIO : MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN      DATOS DE MUESTRA**

F. INGRESO : 16/11/2024  
 COTIZACIÓN : 0661 - 2024      PROCEDENCIA: Arequipa; CANTERA: Chiguata; TIPO DE MUESTRA: Agregado Grueso; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Gravos rugosas subangulosas grisáceas y partículas rojizas.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO	INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
Peso de la muestra seca	g.	3580	Tamiz utilizado	Tamiz N° 4
Peso de la muestra saturada superficialmente seca	g.	3700		
Peso de la canastilla sumergida	g.	0		
Peso canastilla + muestra sum.	g.	2200		
Peso de la muestra sumergida	g.	2200		
Peso específico de masa	g/cm <sup>3</sup>	2.39		
Peso específico saturado superficialmente seco	g/cm <sup>3</sup>	2.47		
Peso específico aparente	g/cm <sup>3</sup>	2.59		
Absorción	%	3.4		

**OBSERVACIONES**

- Material obtenido e identificado por el Solicitante depositado por el mismo en LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.

<b>PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO GRUESO</b>	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
ASTM C29 Standard test method for bulk density ("Unit Weight") and voids in aggregate	F. EMISIÓN : 20/11/2024
	PÁGINA : 4 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS  
 UBICACIÓN DEL PROYECTO : MALA - CAÑETE - LIMA  
 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PATRICIO PAOLO YANQUI REYES  
 DIRECCIÓN / DOMICILIO : MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN      DATOS DE MUESTRA**

F. INGRESO : 16/11/2024  
 COTIZACIÓN : 0661 - 2024      PROCEDENCIA: Arequipa; CANTERA: Chiguata; TIPO DE MUESTRA: Agregado Grueso; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Gravos rugosas subangulosas grisáceas y partículas rojizas.

PESO UNITARIO COMPACTADO					INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Código de identificación del molde	
Peso del molde + muestra	g	18391	18409	18390	Peso del molde empleado	4846
Peso de la muestra	g	13545	13563	13544	Volumen del molde empleado	9409
Peso unitario compactado	g/cm <sup>3</sup>	1.44	1.44	1.44	Tamaño máximo de grava (pulg)	1"
Promedio de P.U.C.	g/cm <sup>3</sup>	1.44				
PESO UNITARIO SUELTO					INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Código de identificación del molde	
Peso del molde + muestra	g	17281	17279	17283	Peso del molde empleado	4846
Peso de la muestra	g	12435	12433	12437	Volumen del molde empleado	9409
Peso unitario suelto	g/cm <sup>3</sup>	1.32	1.32	1.32	Tamaño máximo de grava (pulg)	1"
Promedio de P.U.S.	g/cm <sup>3</sup>	1.32				

**OBSERVACIONES**

- Material obtenido e identificado por el Solicitante depositado por el mismo en LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.

**GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO DE AGREGADO FINO**

ASTM C136 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates

CÓDIGO : IE - 0540 - 2024

F. EMISIÓN : 20/11/2024

PÁGINA : 6 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS  
 UBICACIÓN DEL PROYECTO : MALA - CAÑETE - LIMA  
 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PATRICIO PAOLO YANQUI REYES  
 DIRECCIÓN / DOMICILIO : MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN DATOS DE MUESTRA**

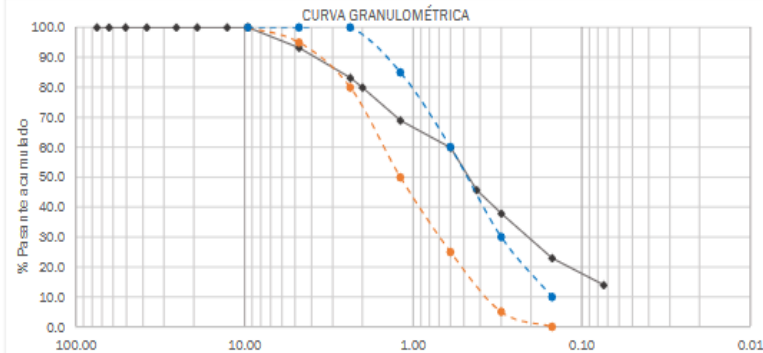
F. INGRESO : 16/11/2024

PROCEDENCIA: Arequipa; CANTERA: Chigueta; TIPO DE MUESTRA: Agregado Fino; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

COTIZACIÓN : 0661 - 2024

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Arena media de color gris oscuro.

ABERTURA DE TAMIZ		MATERIAL RETENIDO				MATERIAL PASANTE	ESPECIFICACIÓN		RESULTADOS			
pulg	mm	PESO + TARA g	PESO g	RETENIDO %	ACUMULADO %	PASANTE %	MÍN. %	MÁX. %	GRAVA	6.9%	GG 0.0%	GF 6.9%
3	75.00			0.0	0.0	100.0	-	-	ARENA	79.2%	AG	13.2%
2 1/2	63.50			0.0	0.0	100.0	-	-			AM	34.3%
2	50.80			0.0	0.0	100.0	-	-			AF	31.7%
1 1/2	38.10			0.0	0.0	100.0	-	-			FINOS	14.0%
1	25.40			0.0	0.0	100.0	-	-	Tamaño máximo (*)		N°4	
3/4	19.05			0.0	0.0	100.0	-	-	Retenido en 3" (%)		0.0	
1/2	12.70			0.0	0.0	100.0	-	-	Peso muestra (g)		370.8	
3/8	9.53			0.0	0.0	100.0	100	100	Porción de finos (g)		345.4	
N° 4	4.75	25.4	25.4	6.9	6.9	93.1	95	100	Módulo de finiza (MF)		2.34	
N° 8	2.36	37.1	37.1	10.0	16.9	83.1	80	100	Tipo de arena según MF		Media	
N° 10	2.00	12.0	12.0	3.2	20.1	79.9	-	-				
N° 16	1.19	40.7	40.7	11.0	31.1	68.9	50	85				
N° 30	0.60	33.6	33.6	9.1	40.1	59.9	25	60				
N° 40	0.42	52.7	52.7	14.2	54.3	45.7	-	-				
N° 50	0.30	29.0	29.0	7.8	62.2	37.8	5	30				
N° 100	0.15	55.3	55.3	14.9	77.1	22.9	0	10				
N° 200	0.07	33.2	33.2	9.0	86.0	14.0	-	-				
Fondo		51.8	51.8	14.0	100.0	0.0	-	-				



<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO</b>	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
ASTM C128 Standard test method for density, relative density (specific gravity) and absorption of fine aggregate	F. EMISIÓN : 20/11/2024
	PÁGINA : 7 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO	: APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS
UBICACIÓN DEL PROYECTO	: MALA - CAÑETE - LIMA
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL	: PATRICIO PAOLO YANQUI REYES
DIRECCIÓN / DOMICILIO	: MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN      DATOS DE MUESTRA**

F. INGRESO	: 16/11/2024	PROCEDENCIA: Arequipa; CANTERA: Chiguata; TIPO DE MUESTRA: Agregado Fino; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado
COTIZACIÓN	: 0661 - 2024	

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL	: Arena media de color gris oscuro.
---------------------------	-------------------------------------

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO	INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
Peso de la muestra saturada superficialmente seco	: g	404.2	Identificación de la fiola, ensayo 1	: OP - Fiola A
Peso de la muestra seca	: g	400.0	Método de remoción de aire	: Ebullición
Peso picnómetro + agua + muestra	: g	939.9		
Temperatura de medición	: °C	18.3		
Volumen de picnómetro	: ml	498.4		
Peso picnómetro + agua	: g	688.3		
Peso específico de masa	: g/cm <sup>3</sup>	2.62		
Peso específico saturado superficialmente seco	: g/cm <sup>3</sup>	2.65		
Peso específico aparente	: g/cm <sup>3</sup>	2.70		
Absorción	: %	1.0		

**OBSERVACIONES**

- Material obtenido e identificado por el Solicitante depositado por el mismo en LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.

<b>PESOS UNITARIOS DEL AGREGADO FINO</b>	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
ASTM C29 Standard test method for bulk density ("Unit Weight") and voids in aggregate	F. EMISIÓN : 20/11/2024
	PÁGINA : 8 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO	: APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS
UBICACIÓN DEL PROYECTO	: MALA - CAÑETE - LIMA
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL	: PATRICIO PAOLO YANQUI REYES
DIRECCIÓN / DOMICILIO	: MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN      DATOS DE MUESTRA**

F. INGRESO	: 16/11/2024	PROCEDENCIA: Arequipa; CANTERA: Chiguata; TIPO DE MUESTRA: Agregado Fino; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado
COTIZACIÓN	: 0661 - 2024	

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL	: Arena media de color gris oscuro.
---------------------------	-------------------------------------

PESO UNITARIO COMPACTADO					INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Código de identificación del molde	:
Peso del molde + muestra	: g	6378	6352	6378	Peso del molde empleado	: 1371
Peso de la muestra	: g	5007	4981	5007	Volumen del molde empleado	: 2893
Peso unitario compactado	: g/cm <sup>3</sup>	1.73	1.72	1.73		
Promedio de P.U.C.	: g/cm <sup>3</sup>	1.73				
PESO UNITARIO SUELTO					INFORMACIÓN DEL ENSAYO	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO 1	ENSAYO 2	ENSAYO 3	Código de identificación del molde	:
Peso del molde + muestra	: g	5758	5758	5778	Peso del molde empleado	: 1371
Peso de la muestra	: g	4387	4387	4407	Volumen del molde empleado	: 2893
Peso unitario suelto	: g/cm <sup>3</sup>	1.52	1.52	1.52		
Promedio de P.U.S.	: g/cm <sup>3</sup>	1.52				

**OBSERVACIONES**

- Material obtenido e identificado por el Solicitante depositado por el mismo en LABORATORIO ORPA
- El espécimen depositado cumple con la masa mínima recomendada para el ensayo.
- El espécimen depositado no contiene más de un tipo de material o materiales extraños.

<b>COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO</b>	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
ASTM C39 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens	F. EMISIÓN : 20/11/2024
	PÁGINA : 10 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS  
 UBICACIÓN DEL PROYECTO : MALA - CAÑETE - LIMA  
 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PATRICIO PAOLO YANQUI REYES  
 DIRECCIÓN / DOMICILIO : MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN**

F. INGRESO : 16/11/2024  
 COTIZACIÓN : 0661 - 2024

**DATOS DE MUESTRA**

RESISTENCIA DE DISEÑO:  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ; TIPO DE MUESTRA: Probeta cilíndrica de concreto; TIPO DE CURADO: Inmersión directa en agua

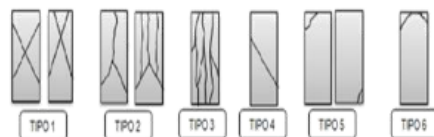
ELEMENTO Y/O DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ENSAYO	DIÁMETRO PROMEDIO	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA	ESFUERZO DE COMPRESIÓN	ESFUERZO DE COMPRESIÓN	TIPO DE FALLA
	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	Días	cm	cm <sup>2</sup>	KN	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	FALLA
Muestra Patrón PM1 - 7	27/11/2024	4/12/2024	7	10.0	79.0	128.1	16.2	165.4	5
Muestra Patrón PM2 - 7	27/11/2024	4/12/2024	7	9.9	77.5	117.1	15.1	154.1	5
Muestra Patrón PM3 - 7	27/11/2024	4/12/2024	7	10.1	79.5	124.0	15.6	159.0	5
Muestra Patrón PM1 - 14	27/11/2024	11/12/2024	14	9.9	77.7	148.6	19.1	195.1	3
Muestra Patrón PM2 - 14	27/11/2024	11/12/2024	14	10.0	78.2	156.9	20.1	204.7	3
Muestra Patrón PM3 - 14	27/11/2024	11/12/2024	14	10.4	84.5	156.9	18.6	189.4	3
Muestra Patrón PM1 - 21	27/11/2024	18/12/2024	21	10.4	84.6	182.5	21.6	219.8	3
Muestra Patrón PM2 - 21	27/11/2024	18/12/2024	21	10.4	84.7	182.8	21.6	220.1	3
Muestra Patrón PM3 - 21	27/11/2024	18/12/2024	21	10.2	81.9	175.7	21.5	218.8	3

**OBSERVACIONES**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos ha sido elaborado bajo responsabilidad de Laboratorio ORPA.
- Los testigos no presentan defectos visibles.

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca UTEST de 2000 kN de capacidad con certificado de calibración trazable, aplicando una velocidad de carga de 0.25 Mpa/s en conformidad con la Norma NTP 339.034:2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron cabezales con almohadillas de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216:2016.
- Tipo de falla del testigo por comparación con el esquema de los patrones de tipos de fractura, en conformidad con la norma NTP 339.034:2015.



<b>COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO</b> ASTM C39 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
	F. EMISIÓN : 20/11/2024
	PÁGINA : 11 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS  
 UBICACIÓN DEL PROYECTO : MALA - CAÑETE - LIMA  
 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PATRICIO PAOLO YANQUI REYES  
 DIRECCIÓN / DOMICILIO : MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN**

F. INGRESO : 16/11/2024  
 COTIZACIÓN : 0661 - 2024

**DATOS DE MUESTRA**

RESISTENCIA DE DISEÑO:  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ; TIPO DE MUESTRA: Probeta cilíndrica de concreto; TIPO DE CURADO: Inmersión directa en agua

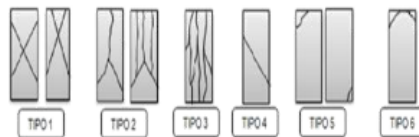
ELEMENTO Y/O DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ENSAYO	EDAD DE ENSAYO	DIÁMETRO PROMEDIO	ÁREA DE LA SECCIÓN	CARGA MÁXIMA	ESFUERZO DE COMPRESIÓN	ESFUERZO DE COMPRESIÓN	TIPO DE FALLA
	dd/mm/aaaa	dd/mm/aaaa	Días	cm	cm <sup>2</sup>	KN	MPa	kg/cm <sup>2</sup>	FALLA
Muestra 10 % Adición M110 - 7	27/11/2024	4/12/2024	7	10.4	84.7	140.7	16.6	169.4	5
Muestra 10 % Adición M210 - 7	27/11/2024	4/12/2024	7	10.4	84.7	136.0	16.1	163.7	3
Muestra 10 % Adición M310 - 7	27/11/2024	4/12/2024	7	10.3	83.5	138.8	16.6	169.5	3
Muestra 10 % Adición M110 - 14	27/11/2024	11/12/2024	14	10.2	81.6	159.8	19.6	199.9	3
Muestra 10 % Adición M210 - 14	27/11/2024	11/12/2024	14	10.4	84.7	150.7	17.8	181.4	3
Muestra 10 % Adición M310 - 14	27/11/2024	11/12/2024	14	9.9	77.7	148.0	19.0	194.2	3
Muestra 10 % Adición M110 - 21	27/11/2024	18/12/2024	21	10.4	84.7	182.1	21.5	219.1	3
Muestra 10 % Adición M210 - 21	27/11/2024	18/12/2024	21	10.2	81.7	175.3	21.4	218.6	3
Muestra 10 % Adición M310 - 21	27/11/2024	18/12/2024	21	10.4	85.1	180.1	21.2	216.0	3

**OBSERVACIONES**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos ha sido elaborado bajo responsabilidad de Laboratorio ORPA.
- Los testigos no presentan defectos visibles.

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

- Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca UTEST de 2000 kN de capacidad con certificado de calibración trazable, aplicando una velocidad de carga de 0.25 Mpa/s en conformidad con la Norma NTP 339.034:2015.
- Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron cabezales con almohadillas de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216:2016.
- Tipo de falla del testigo por comparación con el esquema de los patrones de tipos de fractura, en conformidad con la norma NTP 339.034:2015.



**COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO**

ASTM C39 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens

CÓDIGO : IE - 0540 - 2024

F. EMISIÓN : 20/11/2024

PÁGINA : 12 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO : APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS  
 UBICACIÓN DEL PROYECTO : MALA - CAÑETE - LIMA  
 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : PATRICIO PAOLO YANQUI REYES  
 DIRECCIÓN / DOMICILIO : MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN**

F. INGRESO : 16/11/2024  
 COTIZACIÓN : 0661 - 2024

**DATOS DE MUESTRA**

RESISTENCIA DE DISEÑO:  $f_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>; TIPO DE MUESTRA: Probeta cilíndrica de concreto; TIPO DE CURADO: Inmersión directa en agua

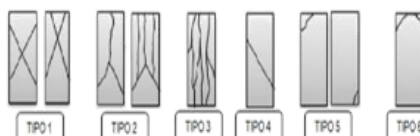
ELEMENTO Y/O DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO dd/mm/aaaa	FECHA DE ENSAYO dd/mm/aaaa	EDAD DE ENSAYO Días	DIÁMETRO PROMEDIO cm	ÁREA DE LA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	CARGA MÁXIMA KN	ESFUERZO DE COMPRESIÓN MPa	ESFUERZO DE COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	TIPO DE FALLA
Muestra 20 % Adición M120 - 7	28/11/2024	5/12/2024	7	10.4	84.8	141.7	16.7	170.3	3
Muestra 20 % Adición M220 - 7	28/11/2024	5/12/2024	7	10.2	82.0	149.7	18.3	186.1	5
Muestra 20 % Adición M320 - 7	28/11/2024	5/12/2024	7	10.4	84.3	145.9	17.3	176.6	5
Muestra 20 % Adición M120 - 14	28/11/2024	12/12/2024	14	10.0	77.8	121.2	15.6	158.8	5
Muestra 20 % Adición M220 - 14	28/11/2024	12/12/2024	14	9.9	77.6	155.3	20.0	203.9	3
Muestra 20 % Adición M320 - 14	28/11/2024	12/12/2024	14	10.0	79.0	148.2	18.8	191.4	3
Muestra 20 % Adición M120 - 21	28/11/2024	19/12/2024	21	10.0	78.5	156.5	19.9	203.4	3
Muestra 20 % Adición M220 - 21	28/11/2024	19/12/2024	21	10.4	85.0	192.8	22.7	231.4	3
Muestra 20 % Adición M320 - 21	28/11/2024	19/12/2024	21	10.0	79.2	166.5	21.0	214.4	5

**OBSERVACIONES**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos ha sido elaborado bajo responsabilidad de Laboratorio ORPA.
- Los testigos no presentan defectos visibles.

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

1. Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca UTEST de 2000 kN de capacidad con certificado de calibración trazable, aplicando una velocidad de carga de 0.25 Mpa/s en conformidad con la Norma NTP 339.034:2015.
2. Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron cabezales con almohadillas de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216:2016.
3. Tipo de falla del testigo por comparación con el esquema de los patrones de tipos de fractura, en conformidad con la norma NTP 339.034:2015.



<b>COMPRESIÓN DE PROBETAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO</b>	CÓDIGO : IE - 0540 - 2024
ASTM C39 Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens	F. EMISIÓN : 20/11/2024
	PÁGINA : 13 DE 13

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO	: APROVECHAMIENTO DE RELAVES MINEROS
UBICACIÓN DEL PROYECTO	: MALA - CAÑETE - LIMA
NOMBRE / RAZÓN SOCIAL	: PATRICIO PAOLO YANQUI REYES
DIRECCIÓN / DOMICILIO	: MALA - CAÑETE - LIMA

**DATOS DE RECEPCIÓN      DATOS DE MUESTRA**

F. INGRESO : 16/11/2024	RESISTENCIA DE DISEÑO: $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ; TIPO DE MUESTRA: Probeta cilíndrica de concreto; TIPO DE CURADO: Inmersión directa en agua
COTIZACIÓN : 0661 - 2024	

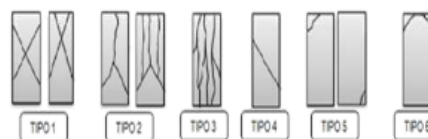
ELEMENTO Y/O DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO dd/mm/aaaa	FECHA DE ENSAYO dd/mm/aaaa	EDAD DE ENSAYO Días	DIÁMETRO PROMEDIO cm	ÁREA DE LA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	CARGA MÁXIMA KN	ESFUERZO DE COMPRESIÓN MPa	ESFUERZO DE COMPRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	TIPO DE FALLA
Muestra 30 % Adición M130 - 7	28/11/2024	5/12/2024	7	10.4	85.1	139.0	16.3	166.5	3
Muestra 30 % Adición M230 - 7	28/11/2024	5/12/2024	7	10.4	84.7	143.3	16.9	172.7	3
Muestra 30 % Adición M330 - 7	28/11/2024	5/12/2024	7	10.2	81.6	131.9	16.2	164.8	5
Muestra 30 % Adición M130 - 14	28/11/2024	12/12/2024	14	10.3	83.4	157.2	18.8	192.1	3
Muestra 30 % Adición M230 - 14	28/11/2024	12/12/2024	14	10.4	84.7	155.3	18.3	187.0	3
Muestra 30 % Adición M330 - 14	28/11/2024	12/12/2024	14	10.2	81.7	148.8	18.2	185.7	3
Muestra 30 % Adición M130 - 21	28/11/2024	19/12/2024	21	10.0	78.2	165.9	21.2	216.3	3
Muestra 30 % Adición M230 - 21	28/11/2024	19/12/2024	21	10.4	84.2	174.9	20.8	211.8	3
Muestra 30 % Adición M330 - 21	28/11/2024	19/12/2024	21	10.4	84.5	167.0	19.8	201.6	3

**OBSERVACIONES**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos ha sido elaborado bajo responsabilidad de Laboratorio ORPA.
- Los testigos no presentan defectos visibles.

**INFORMACIÓN DEL ENSAYO**

1. Los ensayos se realizaron en una prensa automática marca UTEST de 2000 kN de capacidad con certificado de calibración trazable, aplicando una velocidad de carga de 0.25 Mpa/s en conformidad con la Norma NTP 339.034:2015.
2. Como elementos de distribución de carga en los extremos de los testigos se usaron cabezales con almohadillas de neopreno en conformidad con la norma NTP 339.216:2016.
3. Tipo de falla del testigo por comparación con el esquema de los patrones de tipos de fractura, en conformidad con la norma NTP 339.034:2015.



**GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO DE AGREGADO FINO**

ASTM C136 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates

CODIGO : IE-0646.1-2024

F. EMISIÓN : 20/11/2024

PÁGINA : 1 DE 1

**DATOS DE SOLICITANTE**

NOMBRE DEL PROYECTO : -  
 UBICACIÓN DEL PROYECTO : -  
 NOMBRE / RAZÓN SOCIAL : -  
 DIRECCIÓN / DOMICILIO : -

**DATOS DE RECEPCIÓN**

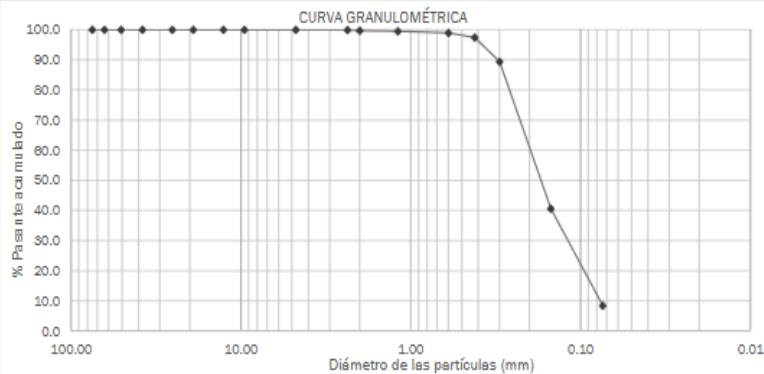
F. INGRESO : 16/11/2024  
 COTIZACIÓN : 0661 - 2024

**DATOS DE MUESTRA**

PROCEDENCIA: Arequipa; TIPO DE MUESTRA: Agregado Fino; CONDICIÓN DE MUESTRA: Alterado

DESCRIPCIÓN VISUAL-MANUAL : Muestra de color gris pardo.

ABERTURA DE TAMIZ		MATERIAL RETENIDO				MATERIAL PASANTE	ESPECIFICACIÓN		RESULTADOS			
pulg	mm	PESO + TARA g	PESO g	RETENIDO %	ACUMULADO %	%	MÍN. %	MÁX. %	GRAVA	0.0%	GG	0.0%
3	75.00			0.0	0.0	100.0	-	-	ARENA	91.6%	GF	0.0%
2 1/2	63.50			0.0	0.0	100.0	-	-			AG	0.3%
2	50.80			0.0	0.0	100.0	-	-			AM	2.2%
1 1/2	38.10			0.0	0.0	100.0	-	-	FINOS	8.4%		
1	25.40			0.0	0.0	100.0	-	-	Tamaño máximo (*)		N°4	
3/4	19.05			0.0	0.0	100.0	-	-	Retenido en 3" (%)		0.0	
1/2	12.70			0.0	0.0	100.0	-	-	Peso muestra (g)		201.5	
3/8	9.53			0.0	0.0	100.0	-	-	Porción de finos (g)		201.5	
N° 4	4.75			0.0	0.0	100.0	-	-	Módulo de fineza (MF)		0.72	
N° 8	2.36	71.6	0.3	0.1	0.1	99.9	-	-	Tipo de arena según MF		Fina	
N° 10	2.00	71.7	0.4	0.2	0.3	99.7	-	-				
N° 16	1.19	71.6	0.3	0.1	0.5	99.5	-	-				
N° 30	0.60	72.4	1.1	0.5	1.0	99.0	-	-				
N° 40	0.42	74.4	3.1	1.5	2.6	97.4	-	-				
N° 50	0.30	87.5	16.2	8.0	10.6	89.4	-	-				
N° 100	0.15	169.5	98.2	48.7	59.4	40.6	-	-				
N° 200	0.07	136.3	65.0	32.3	91.6	8.4	-	-				
Fondo		88.2	16.9	8.4	100.0	0.0	-	-				



**Anexo 3, Evidencia fotográfica**





## Anexo 4, Evidencia de equipamiento de la planta

Alibaba.com   Entregar en:


Todas las categorías Selecciones destacadas Protecciones para pedidos Centro del comprador Centro de Ayuda App y extensión Conviértete en proveedor

Maquinaria de construcción y edificios > Maquinaria de ingeniería y construcción > Maquinaria de concreto > Planta de concreto

**Almacenamiento de silo vertical 100t 200t 500t Silo de almacenamiento de arena en polvo de fondo cónico**

No hay opiniones · 1 vendido/s · #3 más vendido en Planta de hormigón EPR France Packaging · certificado

Zhengzhou Hengyou Machinery Manufacturing Co., Ltd. ·  Fabricante de personalizabl... · 4 yrs · CN



Video Fotos Atributos

Cantidad mínima de pedido: 1 conjunto  
**S/ 17,907.76**

**Variaciones**

**Número de Modelo:** 30 ~ 2000 toneladas

**Capacidad de Producción**

**Opciones de personalización** >

- Dimensión (L\*W\*H) (Pedido mín.: 1 conjunto)
- Capacidad de Producción (Pedido mín.: 1 conjunto)
- Los componentes principales. (Pedido mín.: 1 conjunto)

Más de 1 opciones

**Capacidad de personalización del proveedor**

- Personalización parcial
- Personalización basada en dibujos
- Personalización basada en muestras
- Personalización completa

**Envío**



## PLANTA DE HORMIGÓN DE LUTON EN VENTA

Gran capacidad a un precio competitivo, la planta de hormigón estacionaria de Luton es una buena solución para muchas demandas de hormigón: producción de hormigón precisa, rendimiento de trabajo brillante.

### Planta de hormigón **HZS25** en venta



Modelo	<b>HZS25</b>
Capacidad(m <sup>3</sup> /h)	25
Cantidad de contenedores	2 or 3 or 4 sorts
Tolva de escala de áridos	800L
Hormigonera	JS500



En la actualidad, existen muchos tipos de plantas de hormigón en el mercado. Diferentes dispositivos tienen diferentes precios, son igualmente diferentes. Para adquirir o comprar una planta mezcladora de concreto, es necesario en la producción previsto del proyecto, después de determinar la capacidad, el modelo y la configuración de la planta y finalmente, elegir el equipo basado en esta información.

## Lista de precios de plantas de hormigón

Capacidad de descarga(m³)	Precio aproximado
Planta de hormigón HZS25	\$21,000
Planta de hormigón HZS60	\$61,000
Planta de hormigón HZS120	\$95,000
Planta de hormigón YHZS75	\$89,000

> Haga clic para solicitar un presupuesto

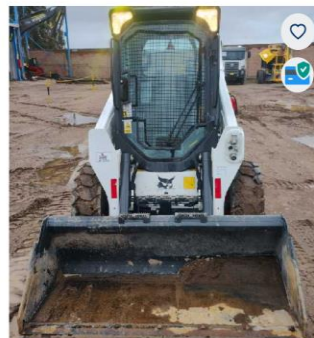


Imagen referencial. Contacte un vendedor para verificar los datos publicados

FOTOS (5)



HOME / OTROS / MINICARGADORES

### MINICARGADOR BOBCAT S570 - C

ID: 2604136

0 SEGUIDORES | COMPARTIR

UBICACIÓN: AREQUIPA, PERÚ. VENDIDO POR: SK RENTAL. HORAS DE TRABAJO: 1219. AÑO: 2023

Precio Venta  
**42,471 USD + IGV**

Haz tu propuesta de compra. Respuesta en 48hrs. hábiles.

Ingresa tu oferta + IGV

Ofertar

Reserva y asegura el equipo por 10 días o te devolvemos el 100%.

Reservar

¿Necesitas una cotización? [Agrégallo al carro y cotiza](#)

Agendar visita

Contactar ejecutivo