

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL  
DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO  
EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024**

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

**Autor:**

**BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO**

**Línea de investigación Institucional:**

Nuevas Tecnologías y Procesos

**Huancayo – Perú**

**2024**

**ASESOR**

**MG. ING. JESÚS IDÉN CÁRDENAS CAPCHA**

## **DEDICATORIA**

Al apoyo incondicional y desinteresado de mis padres Marcelina y Bernardino y a mis hermanos, a los docentes de la facultad de Ingeniería civil - UPLA que hicieron posible que yo esté aquí, a ellos mi gratitud, mi estima y mis gracias.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento sincero al señor decano de la facultad de ingeniería de la Universidad Peruana los Andes. Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.

A mi asesor Mg. Ing. Jesús Iden Cárdenas Capcha por sus acertadas sugerencias y orientaciones en el campo profesional de la ingeniería civil, quien con su experiencia y profesionalismo me conduce al desarrollo de esta investigación.

Al Tec. Lab. Eulogio Silvestre Huarcaya responsable del laboratorio de mecánica de suelos y pavimentos SILVER GEOTEC S.A.C. Por apoyarme en mi investigación en los ensayos requeridos para presentarles esta propuesta.

A mi hermana Norma Ruth Povich Arroyo por su apoyo incondicional y amor inquebrantable me han dado las fuerzas para la conclusión de este proyecto.

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0337 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

**UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. POVIS ARROYO RONALD BERNARDINO

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : Mg. CÁRDENAS CAPCHA JESÚS IDÉN

Fue analizado con fecha **02/10/2024**; con **222 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

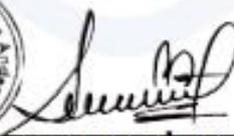
El documento presenta un porcentaje de similitud de **21** %.

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

Observaciones:

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

Huancayo, 02 de octubre del 2024.



**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

**HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADO**

---

**Dr. TAPIA SILGUERA, RUBEN DARIO**  
**PRESIDENTE**

---

**Mtro. PORRAS OLARTE, RANDO**  
**JURADO**

---

**Mtro. RAMOS PIÑAS, DAVID**  
**JURADO**

---

**Mtro. PORRAS ARROYO, EDINSON JOSE**  
**JURADO**

---

**Mg. UNTIVEROS PEÑALOZA, LEONEL**  
**SECRETARIO DOCENTE**

## INDICE

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE .....	vii
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCION .....	xviii
CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	20
1.1. Planteamiento del problema.....	20
1.2. Formulación del problema .....	20
1.2.1. Problema General.....	21
1.2.2. Problemas Específicos.....	21
1.3. Justificación.....	22
1.3.1. Practica o Social .....	22
1.3.2. Científica o teórica .....	22
1.3.3. Metodológica.....	22
1.4. Delimitaciones.....	23
1.4.1. Espacial .....	23
1.4.2. Temporal .....	24
1.4.3. Económica .....	24

1.5. Limitaciones .....	24
1.6. Objetivos .....	25
1.6.1. Objetivo General .....	25
1.6.2. Objetivos Específicos .....	25
CAPITULO II: MARCO TEORICO .....	26
2.1. Antecedentes .....	26
2.1.1. Internacionales .....	26
2.1.2. Nacionales .....	30
2.2. Marco conceptual .....	32
2.2.1. Teoría del relave minero .....	32
2.2.2. Teoría de los pavimentos rígidos .....	37
2.3. Definición de términos .....	39
2.3.1. Juntas de pavimentos .....	39
2.3.2. Pavimentos rígidos .....	40
2.3.3. Agua .....	40
2.3.4. Relave .....	40
2.3.5. Agregado .....	40
2.3.6. Agregado fino .....	41
2.3.7. Granulometría .....	41
2.3.8. Modelo de finura .....	41
2.4. Hipótesis .....	41

2.4.1. Hipótesis General.....	41
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	41
2.5. Variables .....	42
2.5.1. Definición conceptual de la variable.....	42
2.5.2. Definición operacional de la variable .....	43
2.5.3. Operacionalización de la variable .....	43
<b>CAPITULO III: METODOLOGIA .....</b>	<b>44</b>
3.1. Método de investigación .....	44
3.2. Tipo de investigación .....	44
3.3. Nivel de investigación.....	44
3.4. Diseño de investigación .....	44
3.5. Población y muestra.....	45
3.5.1. Población.....	45
3.5.2. Muestra .....	45
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
3.7. Procesamiento de la información .....	61
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	61
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS.....</b>	<b>62</b>
4.1. Sobre objetivo específico 1 .....	62
4.2. Sobre objetivo específico 2.....	63
4.3. Sobre objetivo específico 3.....	73

4.4. Sobre objetivo específico 4.....	82
4.5. Sobre objetivo específico 5.....	89
4.6. Prueba de hipótesis.....	93
4.6.1. Hipótesis específica 2 .....	93
4.6.2. Hipótesis específica 3 .....	95
4.6.3. Hipótesis específica 4 .....	98
4.6.4. Hipótesis específica 5 .....	99
<b>CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS .....</b>	<b>102</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>109</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>116</b>
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	117
Anexo 02: Operacionalización de variables.....	120
Anexo 03: Ensayos de laboratorio .....	179
Anexo 04: Certificados de calibración.....	121
Anexo 05: Panel fotográfico .....	179

## Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables .....	43
Tabla 2. Muestras de Investigación.....	46
Tabla 3. Técnica e instrumento de investigación .....	47
Tabla 4. Diseño de mezcla con $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	62
Tabla 5. Características físico químicas del relave .....	62
Tabla 6. Resistencia a la comprensión de la muestra patrón .....	63
Tabla 7. Resistencia a la comprensión con 1% de reemplazo del relave.....	66
Tabla 8. Resistencia a la comprensión con 3% de reemplazo del relave.....	68
Tabla 9. Resistencia a la comprensión con 5% de reemplazo del relave.....	70
Tabla 10. Resumen de resultados de resistencia a la comprensión .....	72
Tabla 11. Resistencia a la tracción de la muestra patrón .....	73
Tabla 12. Resistencia a la tracción con 1% de reemplazo del relave.....	75
Tabla 13. Resistencia a la tracción con 3% de reemplazo del relave.....	77
Tabla 14. Resistencia a la tracción con 5% de reemplazo del relave.....	79
Tabla 15. Resumen de resultados de resistencia a la tracción .....	81
Tabla 16. Resistencia a la flexión de la muestra patrón.....	82
Tabla 17. Resistencia a la flexión con 1% de reemplazo del relave .....	83
Tabla 18. Resistencia a la flexión con 3% de reemplazo del relave .....	84
Tabla 19. Resistencia a la flexión con 5% de reemplazo del relave .....	86
Tabla 20. Resumen de resultados de resistencia a la flexión .....	88

Tabla 21. Dosificación del relave minero en el desempeño estructural.....	89
Tabla 22. Prueba normalidad mediante Shapiro Wilk .....	93
Tabla 23. Prueba de homogeneidad de varianzas .....	94
Tabla 24. Prueba ANOVA .....	95
Tabla 25. Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk .....	96
Tabla 26. Prueba de homogeneidad de varianzas .....	96
Tabla 27. Prueba ANOVA .....	97
Tabla 28. Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk .....	98
Tabla 29. Prueba de homogeneidad de varianzas .....	98
Tabla 30. Prueba ANOVA .....	99
Tabla 31. Prueba Tukey para resistencia a la comprensión a los 28 días .....	99
Tabla 32. Prueba Tukey para resistencia a la tracción a los 28 días .....	100
Tabla 33. Prueba Tukey para resistencia a la flexión a los 28 días.....	100

## Índice de figuras

Figura 1. Delimitación espacial de la investigación.....	24
Figura 2. Relave minero.....	34
Figura 3. Estructura de pavimento rígido .....	37
Figura 4. Análisis granulométrico del agregado grueso .....	49
Figura 5. Análisis granulométrico del agregado fino.....	49
Figura 6. Tamizado de agregado grueso .....	49
Figura 7. Tamizado de agregado fino .....	50
Figura 8. Análisis granulométrico .....	50
Figura 9. Agregado fino.....	51
Figura 10. Agregado grueso.....	52
Figura 11. Resultados del ensayo de asentamiento.....	55
Figura 12. Ensayo de asentamiento .....	52
Figura 13. Ensayo de resistencia a la compresión .....	57
Figura 14. Ensayo de resistencia a la flexión.....	59
Figura 15. Ensayo de resistencia a la tracción .....	61
Figura 16. Porcentaje de esfuerzo de la muestra patrón con respecto a los 28 días .....	64
Figura 17. Resistencia a la compresión de la muestra patrón .....	65
Figura 18. Porcentaje de esfuerzo con 1% de dosis con respecto a los 28 días.....	67
Figura 19. Resistencia a la compresión con 1% de dosis .....	67
Figura 20. Porcentaje de esfuerzo con 3% de dosis con respecto a los 28 días.....	69

Figura 21. Resistencia a la comprensión con 3% de dosis .....	69
Figura 22. Porcentaje de esfuerzo con 5% de dosis con respecto a los 28 días.....	71
Figura 23. Resistencia a la comprensión con 5% de dosis .....	71
Figura 24. Resumen de resultados de resistencia a la comprensión .....	72
Figura 25. Porcentaje de esfuerzo de la muestra patrón con respecto a los 28 días .....	74
Figura 26. Resistencia a la tracción de la muestra patrón.....	74
Figura 27. Porcentaje de esfuerzo con 1% de dosis con respecto a los 28 días.....	76
Figura 28. Resistencia a la tracción con 1% de dosis .....	76
Figura 29. Porcentaje de esfuerzo con 3% de dosis con respecto a los 28 días.....	78
Figura 30. Resistencia a la tracción con 3% de dosis .....	79
Figura 31. Porcentaje de esfuerzo con 5% de dosis con respecto a los 28 días.....	80
Figura 32. Resistencia a la tracción con 5% de dosis .....	80
Figura 33. Resumen de resultados de resistencia a la tracción .....	81
Figura 34. Porcentaje de flexión en las repetidas de la muestra patrón con respecto al promedio .....	82
Figura 35. Porcentaje de flexión en las repetidas con 1% de dosis con respecto al promedio .....	84
Figura 36. Porcentaje de flexión en las repetidas con 3% de dosis con respecto al promedio .....	85
Figura 37. Porcentaje de flexión en las repetidas con 5% de dosis con respecto al promedio .....	86
Figura 38. Resistencia a la flexión final .....	87

Figura 39. Resumen de resultados de resistencia a la flexión.....	88
Figura 40. Dosificación del relave minero en el desempeño estructural .....	91
Figura 41. Resistencia a la compresión de las diferentes dosis de relave .....	92
Figura 42. Resistencia a la tracción de las diferentes dosis de relave.....	92
Figura 43. Resistencia a la flexión de las diferentes dosis de relave .....	93

## RESUMEN

La presente investigación planteó como problema general: ¿De qué manera la utilización del relave minero influye en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?, el objetivo fue: Determinar la influencia de la utilización del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024. En cuanto a la hipótesis general propuesta fue: La utilización del relave minero influye significativamente en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.

La investigación se basó en el método científico, específicamente en el método experimental y estadístico. Se llevó a cabo con el tipo aplicada, nivel relacional, diseño investigación experimental. La muestra estará conformada por 12 vigas y 74 probetas con una resistencia característica de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

Se concluyó, que el uso del relave minero en el concreto para pavimento rígido muestra una influencia positiva en el desempeño estructural. La dosificación óptima identificada es del 3%, la cual mejora significativamente las resistencias a la compresión, tracción y flexión.

**Palabras claves:** Relaves mineros, Pavimentos rígidos, desempeño estructural

## ABSTRACT

The general problem of this research was: How does the use of mining tailings influence the structural performance of rigid pavement in the province of Tarma - Junín, 2024? The objective was: To determine the influence of the use of mining tailings on the structural performance of rigid pavement in the province of Tarma - Junín, 2024. The general hypothesis proposed was: The use of tailings has a significant influence on the structural performance of rigid pavement in the province of Tarma - Junín, 2024.

The research was based on the scientific method, specifically the experimental and statistical method. It was carried out with the applied type, relational level, experimental research design. The sample will be made up of 12 beams and 74 specimens with a characteristic resistance of  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

It was concluded that the use of mine tailings in rigid pavement concrete shows a positive influence on structural performance. The optimum dosage identified is 3%, which significantly improves compressive, tensile and flexural strengths.

**Keywords:** Mining tailings, rigid pavements, structural performance

## INTRODUCCION

Esta investigación surge de la necesidad de optimizar el uso de materiales en la construcción de pavimentos rígidos, específicamente buscando disminuir la proporción de cemento en la mezcla de concreto sin afectar su desempeño estructural. La iniciativa propone un enfoque ecológico y técnico, aprovechando los relaves mineros, que comúnmente se desechan, como un reemplazo parcial en el agregado fino del concreto.

El uso de relaves mineros no solo promete cumplir con los estándares técnicos requeridos para este tipo de obras, sino que también representa un avance significativo hacia la sostenibilidad en el sector de la edificación. Para esta investigación, se prepararon muestras de concreto patrón (sin adición de relaves) y muestras con adiciones de relave minero de 1%, 3%, y 5%, con el objetivo de comparar su comportamiento y evaluar los resultados alcanzados.

La estructura del estudio se organiza de la siguiente manera:

Capítulo I: Introduce el problema de investigación, detallando el planteamiento del problema, su formulación, justificaciones, delimitaciones, limitaciones y objetivos específicos.

Capítulo II: Desarrolla el marco teórico, revisando antecedentes tanto nacionales como internacionales, definiciones clave, y estableciendo las hipótesis de trabajo.

Capítulo III: Explica la metodología empleada en la investigación, describiendo el tipo de estudio, el nivel y diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de datos.

Capítulo IV: Muestra los resultados de las pruebas de laboratorio efectuadas para medir la efectividad de sustituir el agregado fino con relave minero en la mezcla de concreto.

Capítulo V: Discute los resultados alcanzados, analizando cómo cada una de las proporciones de relave minero impacta en las propiedades del concreto y confirma o refuta las hipótesis planteadas.

Se concluye con:

- Conclusiones
- Recomendaciones
- Referencias bibliográficas
- Anexos

## CAPITULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

A nivel internacional, Al-Atroush (2022), dan a conocer que los pavimentos a nivel mundial son susceptibles de sufrir daños por factores externos como las fluctuaciones de temperatura, las fuertes lluvias y las heladas. Estos problemas se atribuyen al calentamiento global, sin embargo, a la vez la exposición del asfalto al sol hace que se incremente el calentamiento global debido a las emisiones que produce (p. 2).

Por su parte, Deza, Díaz, Miranda, Velásquez (2017), ostenta que “las empresas privadas han creado productos avanzados e innovaciones para conservar, prevenir y reparar las carreteras” (p. 27). Estas soluciones se adhieren a los requisitos actuales para los acabados de hormigón y asfalto y poseen atributos como la sencillez, la simplicidad, la facilidad de uso y la señalización precisa la aplicación de estas modernas soluciones de señalización permite prolongar la durabilidad de los pavimentos rígidos y mitigar su impacto en el costo de mantenimiento a largo plazo.

Mientras que, en el Perú, Saavedra y Beingolea (2019), manifiestan que “el avance tecnológico nos obliga a alinear el bienestar tanto económico como social con la conservación del medio ambiente para lograr un equilibrio” (p. 10). La minería, tanto oficial como informal, en nuestra nación tiene efectos perjudiciales sobre el agua, el aire y la tierra. Esta explotación produce una cantidad importante de residuos minerales denominados estériles y material soplado, que son subproductos del proceso minero. Estos subproductos se vierten en diversas zonas abiertas, causando daños al medio ambiente. En consecuencia, nos hemos esforzado por reducir el alcance del impacto causado por estos residuos empleándolos en la industria minera. y utilizarlos dentro de la industria de la construcción. De ahí que la finalidad fundamental de esta investigación

fuera investigar la viabilidad de utilizar residuos mineros como sustituto completo tanto de la grava fina como de los áridos. El uso de sustancias explosivas extraídas de una escombrera como sustituto completo de la grava fina y los áridos. Sustituir totalmente los áridos gruesos como componentes del hormigón. Sólidos.

A nivel local, el tráfico urbano en Tarma, es un tema importante e intrincado debido al aumento de población. Normalmente, los pavimentos rígidos experimentan un deterioro sustancial como resultado tanto de las tensiones aplicadas como de factores externos. Por tanto, el objetivo es potenciar las características mecánicas del hormigón con una resistencia a la compresión de  $280 \text{ kg/cm}^2$ . Esto se puede lograr incorporando una cierta proporción de minerales extraídos para reciclar el material, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera la utilización del relave minero influye en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Cuáles son las propiedades físico-químicas del relave minero empleado en el desempeño estructural del pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?
- b) ¿Qué influencia tiene el relave minero en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  empleado en pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?
- c) ¿Cómo afecta el relave minero a la resistencia a la tracción indirecta del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?

- d) ¿Cuál es la influencia del relave minero en la resistencia a la flexión del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> utilizado en pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?
- e) ¿Qué impacto tiene la dosificación del relave minero en el desempeño estructural del pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?

### **1.3. Justificación**

#### **1.3.1. Practica o Social**

En este escenario, el principal público objetivo será la industria de la construcción, ya que se beneficiará de una novedosa opción de dosificación de hormigón. Al mismo tiempo, el estudio tiene como objetivo abordar el problema de los relaves mineros, que representan una amenaza para el medio ambiente, la vida vegetal y la vida silvestre. Que va acompañada de una justificación económica con respecto al uso de relaves mineros debido a su condición de subproductos generados durante los procedimientos de concentración de metales. La obtención de estos relaves no supone ningún gasto extra, ya que muchas veces se encuentran en estanques de retención, exponiendo el medio ambiente.

#### **1.3.2. Científica o teórica**

Del mismo modo, es esencial considerar los fundamentos teóricos, prácticos, cuantitativos y académicos para que esta investigación tenga como objetivo optimizar el transporte de hormigón con contenido de relaves, apuntando específicamente a una resistencia a la compresión de  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>. Considerando que, los hallazgos de este estudio contribuirán a futuras investigaciones en este campo.

#### **1.3.3. Metodológica**

Desde una perspectiva, la justificación metodológica se alinearán con la finalidad. El procedimiento metodológico se implementará, utilizando experimentos de laboratorio

para recopilar datos de investigación cuantitativos. Estos hallazgos permitirán la afirmación o refutación de la hipótesis. Se definirán las propiedades físico-mecánicas del concreto, y también adquiere características físico-químicas a partir de los relaves mineros.

Desde un punto de vista tecnológico, este estudio se centrará principalmente en el uso de relaves mineros como material de refuerzo en hormigón para pavimentos rígidos. Tomando en consideración que se busca investigar si las propiedades de los relaves mineros contribuirán positivamente al rendimiento del hormigón. Para obtener un resultado ideal, el material en cuestión será expuesto a diversos estímulos para determinar su valor de reacción.

#### **1.4. Delimitaciones**

##### **1.4.1. Espacial**

Departamento	:	Junín
Provincia	:	Chanchamayo
Distrito	:	Vitoc
Unidad Minera	:	Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A. Mina San Vicente - SIMSA
Lugar	:	Relavera - Cía. Minera San Ignacio de Morococha

SIMSA es una empresa minera peruana líder en la exploración, extracción y procesamiento de zinc y plomo. Conocida mundialmente por la pureza y alta concentración de su zinc (hasta el 60%), SIMSA explota sólo el 4% de sus concesiones mineras y tiene un importante potencial para recuperar su posición como mayor productor de zinc del país.

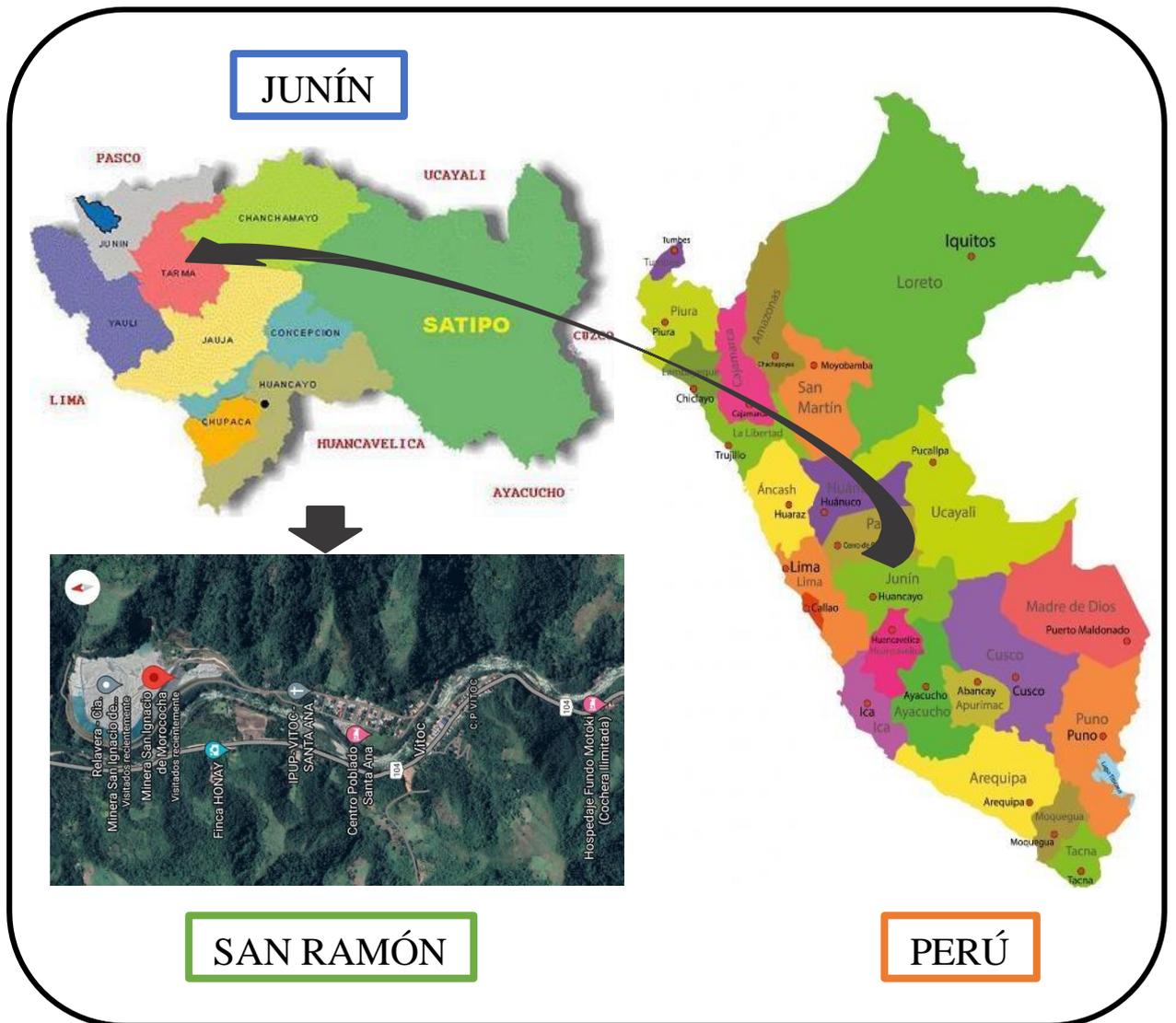


Figura 1. Delimitación espacial de la investigación

Fuente: Google Maps

#### 1.4.2. Temporal

El tiempo de la investigación está delimitado para el año 2024.

#### 1.4.3. Económica

El gasto asociado en la elaboración de la tesis será asumido por el investigador.

#### 1.5. Limitaciones

La variabilidad inherente en la composición química y física de los relaves mineros puede introducir incertidumbre en la interpretación de los resultados y limitar la generalización de los hallazgos.

Restricciones financieras podrían afectar la cantidad de pruebas de laboratorio, estudios de campo o el alcance general de la investigación, limitando la amplitud de los resultados.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la utilización del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Caracterizar las propiedades físico-químicos del relave minero empleado en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.
- b) Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.
- c) Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la tracción indirecta del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.
- d) Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la flexión del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.
- e) Establecer la influencia de la dosificación del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Internacionales

Huacane (2023), en su artículo: *Reciclaje del relave en la optimización del concreto lanzado en minera Cuzcatlan, Oaxaca – México*. Su finalidad fue establecer diferentes diseños de mezcla integrando el relave minero al concreto y analizarlos físico – mecánicos y petrominerográficos, mediante una metodología de inspección visual y fichas de recolección de datos. Los resultados mostraron que Las pruebas con diversas proporciones de cemento, relave y agua a los tiempos de 3, 7, 14 y 28 días, así como los ensayos de análisis focal, relación agua-cemento, absorción y porcentaje, revelan un comportamiento sinuoso en las resistencias iniciales y finales. Los puntos sobresalientes, con altos niveles de absorción, están vinculados a la relación agua-cemento y al porcentaje de relave empleado. No todas las proporciones mostraron hallazgos sistemáticamente progresivos, requiriendo múltiples diseños para encontrar la máxima resistencia. Las muestras 2 y 5, con un rango de 10% a 40% de relave, presentan resultados alentadores, indicando datos preliminares satisfactorios para el sostenimiento según las necesidades del departamento de geomecánica. Por tanto, concluyó que la dosificación más adecuada por metro cúbico es 50 kg de cemento, 40 de agua, 177 kg de arena, 76 kg de grava y 27 kg de relave.

López (2023), realizó la tesis: *Apoyo técnico en el control e inspección para el mejoramiento de vías terciarias mediante pavimento rígido en los municipios de Argelia y Nariño del departamento de Antioquia, Colombia*. En este estudio se tuvo como objetivo: Determinar las fases primordiales involucradas en la planificación de una carretera secundaria en la región de Antioquia, específicamente en las localidades de Nariño y Argelia; considerando los lapsos de tiempo y los eventuales contratiempos que

podrían surgir durante la realización de cada iniciativa. Concluyó que, es fundamental conocer que las actividades preliminares y secundarias pueden entorpecer la realización de la tarea. Por lo tanto, es aconsejable utilizar un enfoque constante y deliberado a lo largo de todo el proyecto para obtener el resultado más óptimo. Además, sería inexacto afirmar la realización de un proyecto en el que todas las actividades cruciales para la ejecución de un proyecto de carretera estén totalmente reguladas, ya que son susceptibles de la falibilidad humana. En consecuencia, diversos factores como los fenómenos naturales, la dinámica de la sociedad y las condiciones laborales contribuyen a que se produzcan con frecuencia retrasos en los proyectos más allá del plazo inicialmente acordado.

Araujo, Taborda-Llano, Barbosa, Santos (2022) en su artículo, *Reciclaje y reutilización de relaves mineros: una revisión de los avances y sus implicaciones*. Se sumerge en la revisión de la literatura centrada en las técnicas importantes de reciclaje y reutilización de relaves mineros, analizando tecnologías líderes junto con sus beneficios y limitaciones, y explorando perspectivas emergentes. La metodología adoptada por los autores implicó la revisión exhaustiva de 90 artículos publicados entre los años 1990 y 2022, utilizando plataformas como Scielo, Scopus, Scienza Direct, ResearchGate, Google Scholar y Web of Scienza. En sus resultados, se destacó la viabilidad de emplear relaves de mineral de cobre y hierro como aditivos en la elaboración de concreto, sustituyendo al cemento Portland en diversos grados. El uso de relaves de mineral de cobre en lugar de cemento Portland demostró un ahorro de hasta un 20%, generando productos con notables características de resistencia y durabilidad. Además, se consideró ventajoso el empleo de relaves de cobre como aditivos en lugar de materias primas, destacando sus propiedades anticorrosivas y su potencial para reducir costos. En

conclusión, los resultados respaldan la eficacia y la conveniencia del uso de relaves mineros en el sector de la edificación.

Arévalo y Rincón (2021), realizaron el siguiente estudio: *Implementación del Plan de Gestión Integral de Obra- PGIO en Proyectos de Pavimentos Rígidos*. Tuvo como objetivo: Comunicar la relevancia de implementar un plan integral de gestión en proyectos de pavimentación rígida. En este estudio se hizo uso de una metodología de tipo cualitativa y cuantitativa, donde la muestra la conformó los proyectos de construcción vial que se lograron inscribir dentro del límite del Departamento de Norte de Santander. Concluyeron que, los problemas de seguridad en los proyectos de construcción de autopistas urbanas pueden evitarse si los trabajadores reciben una formación adecuada que ayude a prevenir los incidentes en los proyectos de construcción de carreteras urbanas, destacando la importancia de distinguir entre los riesgos y los posibles peligros para la seguridad propia y la de los demás.

Montoya (2020), realizó el siguiente estudio: *Propuesta de planificación del mantenimiento de carreteras en países en desarrollo basado en sistemas de gestión de pavimentos: estudio de caso en Baja California, México*. En este estudio se tuvo como objetivo: Crear un método efectivo para adquirir, examinar, procesar y renovar información sobre el estado de los pavimentos, con el propósito de producir datos que impulsen la aplicación de prácticas de conservación y mantenimiento de carreteras sostenibles, fundamentadas en sistemas de manejo de superficies de carretera. Fue un estudio de enfoque mixto. Concluyó que, el modelo de planificación sugerido ayuda a planificar y controlar la distribución de recursos a la hora de tomar decisiones convenientes acerca de preservación y cuidado, contribuye a mejorar el rendimiento de las carreteras. Esto allana el camino para que los gobiernos de las naciones menos

desarrolladas mantengan las carreteras y proporcionen infraestructuras suficientes a sus ciudadanos.

Montes de Oca et. al. (2021), Se llevó a cabo un estudio titulado "Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica". El objetivo principal de este análisis fue identificar los deterioros y fallas tempranas en las placas de concreto, con el fin de evaluar su comportamiento estructural y proporcionar información clave para el diseño y construcción. Según los datos obtenidos, los deterioros más comunes en los pavimentos rígidos estudiados incluyen daños en los sellos de juntas, desprendimiento de agregados, pulimiento de agregados y agrietamiento lineal. Las losas más afectadas pertenecen al proyecto Limonal - Tempisque, que registró un índice de condición del pavimento (PCI) de 56, posiblemente debido a problemas geotécnicos en la zona. Aunque las losas cortas de Cartago son más recientes, tienen un PCI de 81, lo que sugiere un deterioro significativo, atribuible a la calidad del suelo y a la evacuación de aguas. El PCI promedio de las losas es de 84, indicando un estado general satisfactorio de los pavimentos rígidos. En las losas cortas de Cartago, que soportan una alta carga de vehículos pesados, el deterioro más común son las grietas en malla. Por otro lado, los proyectos de San Francisco - La Colina y Zapote - San Francisco, que reciben más precipitación, muestran una mayor incidencia de daños en los sellos de juntas, posiblemente por la pérdida de adherencia entre el material de la junta y la losa debido a la constante presencia de agua.

### **2.1.2. Nacionales**

Enriquez y Jurado (2023), desarrollaron la tesis que tiene como título: *Influencia del uso de relave minero en largueros de concreto para muros de contención tipo criba*. Tuvieron como propósito: Establecer el impacto que tiene la utilización de escombros mineros en vigas de hormigón para estructuras de retención con diseño de rejilla. La metodología usada en la investigación presentó un enfoque cuantitativo, diseño

explicativo y cuasiexperimental, donde la muestra estuvo constituida por 20 muestras de concreto y 20 vigas de concreto con  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$ , donde el instrumento empleado las fichas de observación. Concluyeron que, el impacto de los residuos mineros en el comportamiento a compresión y flexión de las vigas de hormigón utilizadas en los muros de contención de las cribas no resulta significativo.

Suarez (2022), realizó la siguiente tesis: *El relave minero como agregado del concreto en el diseño de mezcla en  $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$  al 5%, 15%, 25 % en el centro poblado de Chicrin – 2021*. Su finalidad fue: Analizar cómo se comporta el hormigón al agregar residuos mineros en la elaboración de la mezcla con resistencia especificada de  $350 \text{ kg/cm}^2$  en el centro poblado de Chicrin durante el año 2021. Donde se empleó un enfoque cuantitativo, diseño experimental, donde la muestra fueron 15 especímenes elegidos de forma aleatoria. Concluyó que, en el contexto de la producción de hormigón, se ha explorado el uso de residuos mineros como árido. Concretamente, al utilizar la técnica de diseño de mezclas A.C.I. con una resistencia del hormigón de  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , se ha observado una correlación favorable entre los constituyentes del hormigón y los mencionados residuos mineros.

Alva (2021), en su estudio científico titulado: *Resistencia a la compresión de bloquetas de concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , al sustituir el cemento con relave minero en 10 y 20 % - Ancash*. En dicho estudio se tuvo como objetivo: Determinar si se alcanzaría una resistencia de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  y contrastar esta resistencia con la muestra estándar. Fue una investigación de enfoque cuantitativo, donde la muestra la constituyó 30 entrevistas en las 5 obras pertenecientes a la empresa Álvarez Constructora. Concluyeron que, el hormigón estándar logró una resistencia a la compresión de 108%, en cambio el hormigón con 10% de sustitución de relaves mineros exhibió una resistencia de 103,2%. Además, el hormigón con un 20% de sustitución de residuos mineros demostró una resistencia a la

compresión del 99%. Esto condujo a una disparidad del 9% entre el hormigón convencional y el hormigón con un 20% de sustitución de relaves mineros.

Mercado y Reyna (2020), realizaron la siguiente tesis titulada: *Influencia de los porcentajes de los relaves mineros en la resistencia a la compresión en bloques de concreto ensamblables, Trujillo 2019*. En esta investigación tuvieron como finalidad: Encontrar si hay algún efecto en la resistencia a compresión de un concreto con una resistencia especificada de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  al reemplazar el cemento con un 10% y 20% de relave minero. La metodología empleada fue bajo un enfoque cuantitativo, de diseño experimental, donde la muestra estuvo conformada por bloques de concreto, sustituyendo el 46%, 48%, 50%, 52%, 54% y 56% del agregado fino. Los autores arribaron a la siguiente conclusión, que la incorporación de residuos mineros presentó un efecto beneficioso en la resistencia a la compresión del hormigón.

Aguilar y Lama (2020), realizaron el siguiente estudio científico: *Influencia de sustitución del agregado fino por relave, Mina Santa Luisa, sobre la resistencia a compresión del concreto - 2020*. En dicho estudio se tuvo como objetivo: Informar sobre el impacto de reemplazar el agregado fino con relave proveniente de la mina Santa Luisa en la resistencia a compresión del concreto con una resistencia especificada de  $f'c= 210\text{ kg/cm}^2$ . La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo – no experimental, para ello tuvo como muestra saturada seca superficialmente. Concluyeron que, se puede deducir que el uso de cenizas es muy ventajoso para un hormigón con una resistencia a la compresión de  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ , ya que supera la resistencia del hormigón normal en todos los periodos de tiempo de fraguado.

Condori (2019), es su trabajo de investigación *uso de residuos de los procesos mineros de la rinconada, como alternativa al agregado fino para encontrar su efecto en las propiedades de compresión, tracción, flexión y elasticidad del concreto*. Se realizo

con una metodología comparativa – descriptivo, además, experimento con el uso de relave al 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Los hallazgos encontrados del análisis físico-químico del relave revelaron un pH de 8.15, una concentración de  $\text{Cl}^-$  de 126.48 ppm y de  $\text{SO}_4^{2-}$  de 80.48 ppm. Además, se registró el contenido de sales solubles totales de 316.45 ppm, y la conductividad eléctrica se estableció en 632.58 micro S/cm. En cuanto al concreto al 25% de relave, la consistencia fue de 4 1/4", el contenido de aire fue del 2.50%, la resistencia a compresión alcanzó los 220.14  $\text{Kg/cm}^2$ , la resistencia a tracción fue de 20.22  $\text{Kg/cm}^2$ , la resistencia a flexión fue de 39.47  $\text{Kg/cm}^2$ , y el módulo de elasticidad llegó a 23455.06 Mpa. Su conclusión revela que se debe reemplazar el agregado fino en un 25% para conseguir una mejora en las propiedades físicas y mantener las propiedades mecánicas del concreto, puesto que solo redujo significativamente (2%).

## **2.2. Marco conceptual**

El estudio puede realizarse sobre diferentes plataformas teóricas. No obstante, las siguientes son las más relevantes y cruciales para este estudio:

### **2.2.1. Teoría del relave minero**

Sernageomin (2023), manifiestan que los relaves mineros son los materiales sólidos finamente triturados que se desechan durante las actividades mineras y que necesitan un almacenamiento adecuado para garantizar tanto la seguridad como la responsabilidad medioambiental.

Según Namuche (2018), “estas sustancias se clasifican como residuos peligrosos resultantes de los procedimientos mineros de concentración de minerales. Normalmente, incluyen una mezcla de rocas trituradas, agua y minerales no deseados, con una proporción de composición de alrededor” (p. 28). Sin embargo, cabe señalar que también pueden detectarse trazas de metales pesados en estas mezclas.

El material de desecho se genera como subproducto del proceso específico de extracción de minerales. Melgarejo (2018), “los relaves consisten en partículas sólidas finas, de menor tamaño que la arena, combinadas con agua para crear una sustancia similar al lodo” (p. 40).

Finalmente, Rojas y Ventura (2017), refieren que “los relaves se refieren a roca finamente triturada que ha sido sometida a la extracción de valores minerales deseables utilizando reactivos químicos” (p. 31).

Sernageomin (2023), afirma que los residuos se generan como resultado de la fusión del mineral final con productos químicos y agua para formar mineral de azufre para la flotación. El desecho, a menudo denominado cola, se envía a través de un conducto a un destino indicado o tanque de almacenamiento, en el que el agua se disipa y deja materiales finos, como arena y limo.

Los relaves, de acuerdo lo definen Gayana y Chandar (2018), se refieren a los materiales de desecho y la roca finamente pulverizada generados durante las actividades de procesamiento de minerales. Además, incluye cantidades residuales de reactivos de fabricación y se deposita en balsas de relaves en forma de lodo constituido por agua. La utilización de relaves es un desafío debido a su tamaño de grano fino. Sin embargo, al incorporarlos selectivamente a las operaciones mineras, se puede mejorar el valor de los relaves de extracción en función de sus características geotécnicas y limitaciones ambientales. Esto se puede lograr utilizando la roca residual de la mina en los trabajos viales y como material utilizado en obras de construcción para edificios.



*Figura 2. Relave minero*

Fuente: Propia

### **2.2.1.1. Origen del relave**

De acuerdo al Minem (2020), “la primera etapa de la extracción de minerales consiste en la trituración del mineral obtenido de la mina en partículas que suelen medir en la escala de centímetros o milímetros” (p. 21).

Entendiendo, lo referido líneas arriba el mineral fragmentado se tritura hasta dimensiones inferiores a un milímetro en el interior de cilindros giratorios expansivos organizados como molinos de bolas, barras y semiautógenos.

El mineral molido se somete a la adición de agua, lo que da lugar a la formación de una pasta que persiste en estado líquido durante todo el procedimiento de extracción.

La etapa siguiente se denomina generalmente flotación. El proceso de flotación se apoya en la idea primordial de que las partículas discretas que tienen el mineral deseado responden selectivamente a diminutas burbujas de aire, que se unen a estas partículas y las levantan a la capa superior de un recipiente agitado enérgicamente. La espuma que contiene estas preciadas partículas se extrae de la superficie, se somete a procesamiento y, a continuación, se deshidrata para formar una sustancia concentrada.

Este concentrado se transporta del concentrador a la fundición para su refinado. Mientras tanto, las partículas residuales de desecho forman lo que se conoce como estériles. Tras la recuperación de una parte del agua de proceso en contenedores designados como espesadores, los residuos se trasladan al almacenamiento mediante el uso de mecanismos de bombeo.

#### **2.2.1.2. Características físicas del Relave minero**

Gayana y Chandar (2018), plantea que, el movimiento de los lodos depende tanto de sus características inherentes como de las características del depósito. La sedimentación de los lodos puede generar la formación de dos categorías principales de materiales: las arenas, que se depositan por mecanismos hidráulicos, y los limos, que se forman mediante procesos de sedimentación. Las cualidades físicas de los estériles de mina incluyen una serie de rasgos; los lodos arenosos suelen presentar similitudes con los suelos naturales de tamaño arenoso. En cambio, los lodos limosos tienen un comportamiento más intrincado (p. 78).

##### **✓ Granulometría**

Según el autor, el uso potencial o la calidad de la basura, en particular de las partículas sólidas, depende del tamaño de las partículas.

##### **✓ Peso específico**

En general, el lodo está totalmente saturado, lo que significa que el medio acuoso llena completamente los huecos entre las partículas sólidas. En consecuencia, podemos referirnos al porcentaje de sólidos en relación con la totalidad de la mezcla como concentración. El peso específico de los estériles presenta una variabilidad significativa, que varía según la concentración de minerales, la granulometría y otros parámetros relevantes. El peso específico de los relaves secos está sujeto a las circunstancias de compactación de los desechos mineros en

el depósito y de los cambios en el índice de poros que se producen a lo largo del proceso de descargas repetidas, desde la sedimentación inicial hasta el estado final.

✓ **Permeabilidad**

La permeabilidad es una característica que muestra un material cuando se sitúa en presencia de otros materiales que poseen una permeabilidad comparativamente menor. En consecuencia, puede afirmarse que todos los materiales poseen diversos grados de permeabilidad. En este contexto, puede decirse que el agua tiene la capacidad de permeabilizarse a través de muchos materiales, con la única distinción del grado o fuerza de esta permeabilización.

✓ **Plasticidad**

La viscoelasticidad es la característica que permite a un material experimentar una deformación sin recuperación elástica perceptible, rotura o desmoronamiento. El término también puede caracterizarse como la capacidad de algunos materiales para experimentar cambios en su forma cuando se les somete a una carga constante, pero mostrando pocos cambios en la capacidad. La plasticidad de los residuos de plantas de procesamiento de minerales se determina según el tipo específico de residuos o de la proporción de partículas diminutas que contengan. La plasticidad de un suelo se rige por los límites de Atterberg, concretamente el límite líquido y el límite plástico. Estos límites se utilizan para estimar el porcentaje de humedad a partir del cual un suelo cambia de fase del estado líquido al estado plástico y, posteriormente, al estado sólido.

✓ **Forma y dureza**

Los relaves, caracterizados por su composición polimetálica, presentan una variedad de minerales que poseen formas, tamaños y niveles de dureza distintos.

## 2.2.2. Teoría de los pavimentos rígidos

Según Deshmukh (2017), proporciona una definición de pavimento rígido “como una estructura compuesta por muchas capas de materiales transformados colocados sobre la subrasante del suelo” (p. 147). El propósito principal de esta estructura es distribuir uniformemente el peso ejercido sobre la subrasante. Un pavimento rígido está compuesto por una losa de cemento de hormigón que se apoya en una cimentación o subbase granular.

Los pavimentos rígidos, tal como los define Skrzypezak et al. (2018), exhiben un alto nivel de resiliencia a la flexión y tienen menores costos de reparación. Sin embargo, sus costos iniciales de construcción son más altos. La principal ventaja de estos pavimentos es su durabilidad y habilidad para mantener su estructura bajo condiciones de tráfico intenso y factores ambientales desafiantes. Además, tienen una vida útil más larga. Sin embargo, aún pueden sufrir deformaciones y grietas.

La sección de suelos y asfalto del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018), consta de capas estructurales que soportan cargas de vehículos. Estas capas incluyen una capa de hormigón y un aglutinante, junto con aditivos. La subbase puede estabilizarse con asfalto o construirse con material granular.

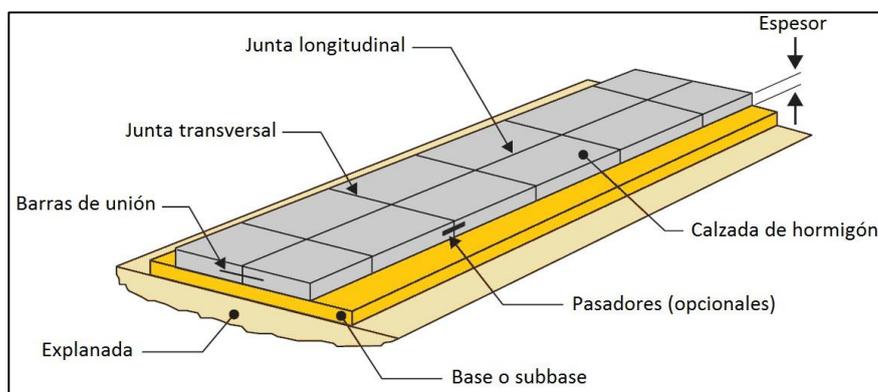


Figura 3. Estructura de pavimento rígido

Fuente: American Concrete Pavement Association (ACPA)

### **2.2.2.1. Estructura del pavimento rígido**

Rondón y Reyes (2015), menciona que la composición consta de distintas capas estructurales, incluido el nivel del suelo y una superficie compactada que está elevada (p. 32). El objetivo principal es evitar la aparición del fenómeno de bombeo. La subbase es una capa situada debajo de las capas de base y subrasante de un tramo de carretera. Sirve como base para la construcción del pavimento y se encarga de transmitir las cargas impuestas por el tránsito de vehículos.

### **2.2.2.2. Características principales del pavimento rígido**

Un pavimento rígido exhibe cambios repentinos de comportamiento a medida que atraviesa su estructura de concreto, principalmente debido a la influencia del agua que actúa sobre su superficie.

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2018), los canales rígidos presentan una durabilidad más extensa comparada con los canales flexibles, lo que significa que requieren un mantenimiento menos frecuente. Los canales rígidos también tienen características diferentes, como una mayor durabilidad, especialmente si se tienen en cuenta las juntas de dilatación. Sin embargo, es importante señalar que los canales rígidos tienen un costo mayor.

### **2.2.2.3. Método de diseño para pavimentos rígidos más comunes**

Hay dos metodologías principales comúnmente utilizadas para diseñar pavimentos: el método PCA y AASHTO 93. El MTC se basa principalmente en AASHTO 93 y debe respetar las condiciones establecidas. Estos requisitos incluyen realizar un estudio de tráfico, encontrar el coeficiente de transmisión de carga y evaluar el módulo de flexibilidad del hormigón, entre otros. Adicionalmente, el MTC también

deberá considerar los requisitos señalados en el manual de carreteras, específicamente la NT 0.10 de pavimentos urbanos.

Según la Norma Técnica E.050 (2018), proporciona pautas para el diseño de un pavimento de hormigón con cemento portland. El proceso de diseño incluye considerar factores como diseño estructural, flexibilidad, resistencia de la subrasante, módulo K, organización de las avenidas, tránsito promedio diario de vehículos pesados, distribución de carga, tiempo de diseño, juntas y estructuras adicionales. El objetivo principal de estos procesos es determinar las capas del pavimento en base a criterios de erosión. Los pavimentos, por su naturaleza, experimentan resistencia a la flexión y fatiga provocada por la flexión. Esto se ve agravado aún más por el pandeo del soporte generado por los ejes de los automóviles. Por lo tanto, al diseñar, es necesario estimar la resistencia a la flexión del pavimento. Los enfoques predominantes utilizados en nuestra nación son AASHTO y el método PCA. Al implementar estas técnicas, los pavimentos rígidos exhibirán una mayor resiliencia estructural a cargas sostenidas, lo que resultará en un mejor reparto de las cargas de los vehículos sobre las losas del pavimento.

## **2.3. Definición de términos**

### **2.3.1. Juntas de pavimentos**

El objetivo de la junta es regular las deformaciones en la losa resultantes de la expansión y contracción del pavimento, asegurando que se mantengan dentro de los límites permisibles para un pavimento hidráulico. Además, la junta sirve para aliviar las tensiones creadas por el agrietamiento debajo de la losa. Desempeñan un papel crucial para garantizar la integridad duradera de la estructura y sirven como un factor clave para determinar la excelencia del pavimento. Alternativamente, se deben rellenar con materiales adecuados mediante métodos de construcción precisos. Por lo tanto,

salvaguardar y abordar rápidamente los problemas de las articulaciones es crucial para la longevidad del pavimento.

### **2.3.2. Pavimentos rígidos**

La construcción consta de losas de hormigón hidráulico de diferentes espesores, compuesto por cemento, agua y materiales como piedra triturada y canto rodado y arena gruesa. Estas losas se colocan sobre una base o superestructura resistente de acuerdo con los requisitos especificados. En las situaciones en que la capacidad de carga excede las limitaciones estipuladas para el concreto simple, a veces se agrega una barra de refuerzo.

### **2.3.3. Agua**

El uso de agua como componente primario en la producción de hormigón debe determinarse en función de su aptitud para el consumo, con referencia a las directrices expuestas en la NTP 334.088.

### **2.3.4. Relave**

Los estériles de mina son el subproducto derivado del procedimiento de concentración de minerales. Estos residuos consisten en lodos que poseen una cantidad significativa de yacimientos minerales adheridos a una proporción muy pequeña de rocas inertes y no reactivas. Los lodos de escombrera se forman por un conjunto de diversos componentes y compuestos químicos que se generan como subproductos durante la explotación minera.

### **2.3.5. Agregado**

El árido es un componente fundamental resultante de la descomposición de sustancias finas y gruesas, que constituye alrededor del 70% al 75% de la masa total de un edificio cuando se combinan estos componentes constructivos.

### **2.3.6. Agregado fino**

Los áridos finos suelen definirse como arena fina o piedras naturales finamente partidas que tienen la capacidad de transcurrir por una abertura de 9,52 mm (3/8 de pulgada), mientras que permanecen en un tamiz del N.º 200 (0,074 mm).

### **2.3.7. Granulometría**

La condición consiste en la cuantificación del volumen de las partículas de arena, lo que implica evaluar la distribución dimensional de las partículas separadas utilizando varias rejillas normalizadas, tal como se indica en la norma ASTM.

### **2.3.8. Modelo de finura**

La distribución granulométrica de la arena se determina en base a la norma ASTM, tal como especifica el Código Nacional de la Construcción. Para ello, se separan las partículas en varias cuadrículas normalizadas.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La utilización del relave minero influye significativamente en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a) Las propiedades físico-químicas del relave minero mejoran el desempeño estructural del pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.
- b) El relave minero afecta significativamente la resistencia a la compresión del concreto con  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.

- c) El relave minero influye significativamente en la resistencia a la tracción indirecta del concreto con  $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.
- d) El relave minero tiene una influencia significativa en la resistencia a la flexión del concreto con  $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.
- e) La dosificación del relave minero tiene una influencia significativa en el desempeño estructural del pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de la variable**

#### **Utilización del relave minero**

Se trata de un conjunto de residuos peligrosos resultantes de las operaciones mineras, concretamente derivados de la acumulación de niveles elevados de sustancias químicas.

#### **Desempeño estructural de pavimento rígido**

Según Carmo y Portella (2008), las cualidades físico-mecánicas del pavimento rígido consolidado son los atributos más importantes. El hormigón consolidado requiere el cálculo de su volumen en función de muchos factores, como la consistencia, la absorción, la compresión y las pruebas de flexión. En última instancia, el pavimento inflexible obtendrá siempre el apoyo de la subrasante subyacente. Apoyado sobre la subrasante.

## 2.5.2. Definición operacional de la variable

### Utilización del relave minero

Uso de relave minero en vez de agregado fino en la fabricación de briqueta a compresión.

### Desempeño estructural de pavimento rígido

Carmo y Portella (2008), sostienen que las propiedades físico-mecánicas del hormigón se reflejan en sus dimensiones y su resistencia, asegurándose de satisfacer los estándares de resistencia necesarios. Asimismo, durante la fase de endurecimiento, se evaluará mediante pruebas de resistencia a la compresión y flexión, asentamiento, absorción.

## 2.5.3. Operacionalización de la variable

**Tabla 1.** Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE VALOR
Utilización del relave minero	Propiedades físico químico del relave minero  Dosificación	pH Conductividad eléctrica Cloruro (Cl <sup>-</sup> ) Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) Sales solubles totales  I1: 1.0% I2: 3.0% I3: 5.0%	Intervalo
Desempeño estructural de pavimento rígido	Resistencia a la compresión	I1: kg/cm <sup>2</sup>	Razón
	Resistencia a la tracción indirecta	I2: kg/cm <sup>2</sup>	
	Resistencia a la Flexión	I3: kg/cm <sup>2</sup>	

Fuente: Elaboración propia

## **CAPITULO III: METODOLOGIA**

### **3.1. Método de investigación**

Se aplicó el método científico de forma general. Fundamentada por Carrasco (2019), quien menciona que implica seleccionar el tema de estudio, plantear una pregunta de investigación, establecer metas, describirlas, definir el objeto de estudio según el contexto y evaluar las hipótesis propuestas (p. 77).

Así mismo la investigación utilizó el método experimental y estadístico. De acuerdo a Hernández, Fernández, Baptista (2014), los métodos específicos, son aquellos que guían una investigación científica (p. 45).

### **3.2. Tipo de investigación**

La investigación que se ejecutó, por su propósito fue de tipo aplicada, ya que se determinó el impacto de la utilización del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024. Asimismo, debido a que la investigación fue aplicada, como lo expone Borja (2016), “busca conocer un problema concreto y tiene interés en aplicarlo de manera inmediata” (p. 10).

### **3.3. Nivel de investigación**

Fue de nivel relacional. Carrasco (2019), sostiene que este nivel es un procedimiento que implica exponer un objeto o un conjunto de personas a ciertas situaciones, incentivos o intervención (variables independientes), con el fin de observar las consecuencias o respuestas que surgen (variables dependientes) (p. 34).

### **3.4. Diseño de investigación**

En cuanto al diseño investigación científica, Hernández, Fernández, Baptista (2014), lo explica como la manera en que se organiza conceptualmente un enfoque metodológico para dirigir y orientar una investigación científica específica (p. 76). Este esquema, lleva a cabo la recopilación de datos y obtención de un conjunto de pruebas.

Por lo tanto, el diseño fue experimental, que según Hernández et al. (2014) en este diseño se modifica deliberadamente una variable independiente para estudiar su impacto en una variable dependiente, con asignación aleatoria y grupos de control para asegurar validez interna (p.141). Esta investigación se alinea a este tipo de diseño porque se puede manipular la inclusión de relave minero (variable independiente) y medir su impacto en el desempeño estructural del pavimento (variable dependiente), comparando con un grupo control que no utiliza relave, asegurando así un control riguroso de variables y la validez de los hallazgos.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población de estudio la conformaron probetas de concreto y vigas con una resistencia característica de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , en el cual se reemplazó el agregado fino con relaves mineros en porcentajes específicos de 1%, 3%, y 5%. Ya que de acuerdo a Carrasco (2019), es la totalidad o conjunto general del cual se selecciona una porción para conformar la muestra, del mismo modo lo considera como el grupo completo al cual va dirigido una investigación (p. 77).

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra estuvo compuesta por la totalidad de la población. Hernández y Mendoza (2018), mencionan que "para recopilar información de un grupo específico dentro de una población más grande, se debe extraer una muestra representativa. se recopilará información; esta información debe ser identificable con precisión o predeterminada; también debe ser representativa de la población actual " (p. 20).

Para ello se empleó un muestreo censal, como lo describe Hernández y Mendoza (2018), menciona que, en este tipo de investigación, la muestra censal, consiste en la

recopilación de la información de todas las unidades del universo del conjunto total en relación a los temas o categorías que son objeto del censo (p. 76).

Por lo tanto, la muestra estuvo conformada por 12 vigas y 74 probetas, distribuida de la siguiente manera:

**Tabla 2. Muestras de Investigación**

<b>% de dosis</b>	<b>Días de vida</b>	<b>Resistencia a la comprensión</b>	<b>Resistencia a la tracción indirecta</b>	<b>Resistencia a la Flexión</b>	<b>Total</b>
<b>0%</b>	<b>7</b>	3	3		6
	<b>14</b>	3	3		6
	<b>28</b>	3	3	3	9
<b>1%</b>	<b>7</b>	3	3		6
	<b>14</b>	3	3		6
	<b>28</b>	3	3	3	9
<b>3%</b>	<b>7</b>	3	3		6
	<b>14</b>	3	3		6
	<b>28</b>	3	3	3	9
<b>5%</b>	<b>7</b>	3	3		6
	<b>14</b>	3	3		6
	<b>28</b>	3	3	3	9
<b>TOTAL</b>					<b>86</b>

Fuente: Elaboración propia

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En base a las particularidades del estudio, las metodologías y herramientas a utilizar en la investigación fueron:

**Tabla 3. Técnica e instrumento de investigación**

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación	Fichas de observación

Fuente: Elaboración propia

### **Procesos de laboratorio**

Se obtuvieron los hallazgos de laboratorio para diversos ensayos de concreto, abarcando distintas proporciones de relave (1%, 3% y 5%) y una muestra de control sin adición de relave. Los ensayos se realizaron conforme a los procedimientos establecidos en las NTP correspondientes. A continuación, se detallan los ensayos realizados:

- **Análisis granulométrico (ASTM C136/C136M-18)**

**Objetivo:**

Determinar la distribución del tamaño de las partículas dentro de un agregado, ya sea fino o grueso, mediante el uso de tamices estandarizados.

**Equipos y Materiales.**

- Juego de tamices: Serie de tamices con aberturas estandarizadas, montados en marcos metálicos. Los tamaños de malla varían según el tipo de agregado:

Agregado fino: Tamices típicos incluyen los números 4, 8, 16, 30, 50, 100, y 200.

Agregado grueso: Tamices típicos incluyen los números 4, 3/8", 1/2", 3/4", 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", y 3".

- Balanza
- Horno
- Charolas o bandejas
- Cepillo o brocha

**Procedimiento:**

Preparación de la muestra: Primero, se debe secar la muestra de agregado en un horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C hasta alcanzar un peso estable. Este proceso asegura que toda la humedad se elimine de la muestra, proporcionando resultados precisos. Luego, se deja enfriar la muestra a temperatura ambiente antes de proceder con el tamizado. Después de enfriarse, se mide el peso total en seco de la muestra.

Tamizado: El siguiente paso es ensamblar los tamices en secuencia descendente según el tamaño de la abertura, comenzando con el tamiz de mayor abertura en la parte superior y terminando con el tamiz de menor abertura en la parte inferior. La muestra seca se vierte en el tamiz superior del conjunto de tamices. Si se utiliza un agitador mecánico, se debe operar según las instrucciones del fabricante para asegurar un tamizado uniforme. En caso de realizar el tamizado manualmente, se deben agitar los tamices de manera que la muestra se esparza de manera homogénea sobre la superficie de cada tamiz durante al menos 10 minutos.

Pesaje del material retenido: Después de agitar, se recoge y pesa la cantidad de material retenido en cada tamiz individualmente. Este paso es crucial para medir cómo están distribuidas las partículas según su tamaño en la muestra. Se registra el peso del material atrapado en cada tamiz y en la bandeja de fondo (tamiz de 200).

Cálculo y análisis de resultados: Se calcula el peso acumulado retenido en cada tamiz sumando el peso retenido en ese tamiz y todos los tamices superiores. Luego, se calcula el porcentaje de material que permanece en cada tamiz en comparación con el peso total de la muestra. A continuación,

se calcula el porcentaje acumulado de material retenido en cada tamiz y el porcentaje de material que pasa a través de cada tamiz restando el porcentaje acumulado retenido del 100%.

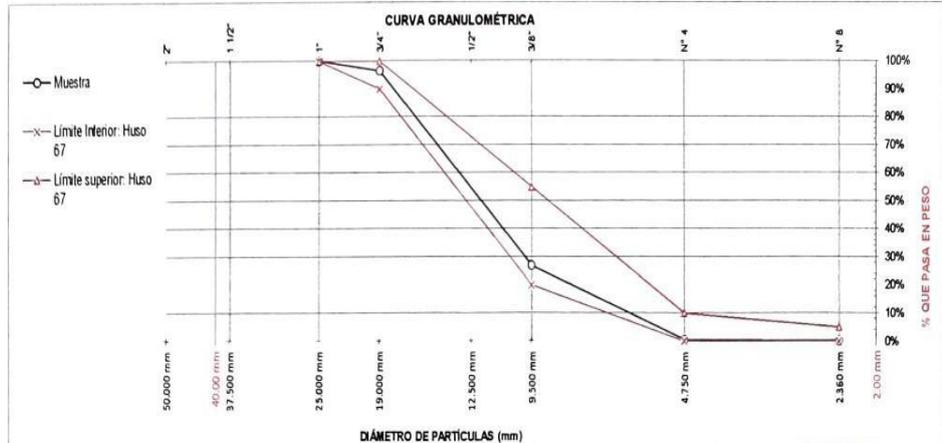


Figura 4. Análisis granulométrico del agregado grueso

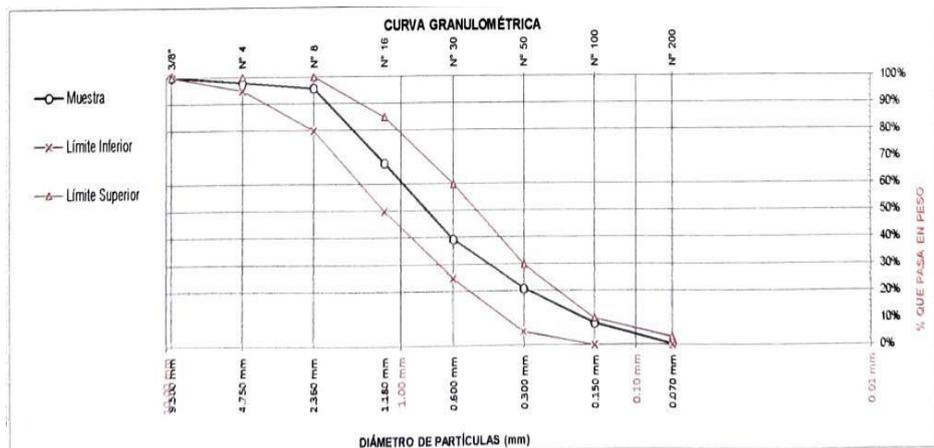


Figura 5. Análisis granulométrico del agregado fino



Figura 6. Tamizado del agregado grueso



Figura 7. Tamizado del agregado fino



Figura 8. Análisis granulométrico agregado fino y grueso

- **Densidad Relativa y absorción del agregado fino (ASTM C128-15)**

**Objetivo:**

Determinar la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado fino.

**Materiales y Equipos:**

- Balanza: Con una precisión de 0.1 g.
- Frascos de ensayo: Recipientes de vidrio o metal con tapa.
- Cono de moldeado: Para compactar el agregado fino.

- Dispositivo de suspensión: Para pesar la muestra sumergida en agua.
- Horno: Capaz de conservar una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Toallas absorbentes: Para secar superficialmente el agregado.
- Termómetro: Capaz de medir hasta 110 °C.

### **Procedimiento**

Preparación de la muestra: Secar la muestra de agregado fino en un horno a  $110 \pm 5$  °C hasta que se consiga un peso estable. Dejar enfriar la muestra hasta alcanzar la temperatura ambiente y luego sumergirla en agua durante  $24 \pm 4$  horas.

Desecado de la muestra: Después de la inmersión, eliminar el exceso de agua superficial con toallas absorbentes hasta que el agregado alcance una condición de saturado superficialmente seco (SSS).

Pesaje en aire: Pesar la muestra de agregado fino en una balanza y registrar este peso (A).

Pesaje en agua: Colocar la muestra en un recipiente con agua y pesar la muestra suspendida en el agua. Registrar este peso (B).

Secado y pesaje final: Secar la muestra nuevamente en el horno a  $110 \pm 5$  °C hasta alcanzar un peso constante y luego pesar la muestra seca (C).

Cálculos: Calcular la densidad relativa y la absorción utilizando las fórmulas apropiadas basadas en los pesos registrados.



Figura 9. Agregado fino

- **Densidad Relativa y absorción del agregado grueso (ASTM C127-15)**

**Objetivo:**

El objetivo de este ensayo es determinar la densidad relativa (peso específico) y la absorción del agregado grueso. Estos parámetros son cruciales para el diseño de mezclas de concreto, ya que afectan la dosificación y las propiedades finales del concreto.

**Materiales y Equipos:**

- Balanza: Con una precisión de 0.1 g.
- Recipientes de inmersión: Capaces de contener el agregado grueso y agua.
- Cesta de alambre: Para pesar la muestra sumergida en agua.
- Horno: Capaz de conservar una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.
- Toallas absorbentes: Para secar superficialmente el agregado.
- Termómetro: Capaz de medir hasta 110 °C.

**Procedimiento**

Preparación de la muestra: Secar la muestra de agregado grueso en un horno a  $110 \pm 5$  °C hasta que se logre un peso estable. Dejar enfriar la



- **Ensayo de asentamiento (ASTM C143/C143M-20)**

**Objetivo:**

Determinar la consistencia del concreto fresco midiendo el asentamiento de una muestra de concreto, lo que indica su capacidad de fluidez y trabajabilidad.

**Equipos y materiales:**

- Cono de Abrams
- Varilla de Compactación
- Base Rígida
- Paleta y Cubeta
- Cinta Métrica o Regla

**Procedimiento**

Preparación del Molde: Colocar el cono de Abrams encima de la base rígida y humedecerlo ligeramente para evitar la adherencia del concreto.

Llenado del Molde: Llenar el cono en tres capas iguales de capacidad.

Compactar cada capa con 25 golpes de la varilla de compactación, dispuestos de manera equitativa en la superficie.

Nivelación y Remoción del Molde: Al completar la última capa, alisar la superficie del concreto con la varilla de compactación o una paleta. Retirar el cono de Abrams verticalmente hacia arriba en un tiempo de 5 a 10 segundos, sin perturbar el concreto.

Medición del Asentamiento: Medir la disparidad en altura entre el molde y el concreto asentado, desde el punto más alto del concreto hasta la parte superior del molde. Registrar esta medida como el valor de asentamiento en centímetros o pulgadas.

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIÉN MEZCLADO</b>				
Muestra	Fecha de Ensayo	Tipo de Muestra	Asentamiento del Concreto	Asentamiento del Concreto
			[pulg.]	[mm.]
M-01	13-05-24	Concreto con Agua Potable	3.25	85
M-02	13-05-24	Concreto sustituyendo el 1% de A.F por Relave Minero	3.75	95
M-03	13-05-24	Concreto sustituyendo el 3% de A.F por Relave Minero	4.00	100
M-04	13-05-24	Concreto sustituyendo el 5% de A.F por Relave Minero	4.00	100

Figura 11. Resultados del ensayo de asentamiento

Los hallazgos del ensayo muestran que el concreto con agua potable (M-01) tiene un asentamiento de 3.25 pulgadas (85 mm), indicando menor fluidez y trabajabilidad. Las muestras con relave minero (M-02, M-03 y M-04) presentan mayores asentamientos: 3.75 pulgadas (95 mm) para el 1% de reemplazo, y 4.00 pulgadas (100 mm) para el 3% y 5% de reemplazo. Esto indica que el relave minero mejora la fluidez y trabajabilidad del concreto sin comprometer su consistencia, sugiriendo que es una alternativa viable para mejorar las características del concreto fresco.



Figura 12. Ensayo de asentamiento

- **Ensayo de propiedades mecánicas**

- **Resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M-20)**

**Objetivo:**

El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto. Este ensayo es fundamental para evaluar la calidad del concreto y su capacidad para soportar cargas de compresión, lo cual es crucial en la mayoría de las estructuras de concreto.

**Equipos y Materiales:**

- Máquina de ensayo de compresión
- Moldes cilíndricos para concreto

**Procedimiento:**

Primero, se procede a la preparación de la muestra de concreto mezclando los materiales según la proporción designada. El concreto se vierte en moldes cilíndricos en tres capas. Cada capa se compacta con 25 golpes de una varilla compactadora o usando una mesa vibradora para asegurar la eliminación de vacíos.

Luego, los especímenes se desmoldan después de 24 horas, una vez que el concreto se ha fraguado. Estos especímenes se curan en agua a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C hasta el momento del ensayo, que generalmente es a los 28 días.

Antes del ensayo, los especímenes se sacan del agua y se secan ligeramente con toallas o papel absorbente. Se miden y registran las dimensiones exactas de los especímenes (diámetro y altura).



- Vigas de concreto
- Cámara de curado

**Procedimiento:**

Las vigas de concreto deben ser fabricadas siguiendo las especificaciones estándar, generalmente con dimensiones de 150 mm x 150 mm x 500 mm (6 in x 6 in x 20 in). Una vez moldeadas, las vigas deben curarse en una cámara de curado bajo condiciones controladas de humedad y temperatura durante un periodo mínimo de 28 días.

Una vez finalizado el periodo de curado, las vigas deben ser acondicionadas para el ensayo. Esto implica retirar las vigas de la cámara de curado y permitir que alcancen la temperatura ambiente.

El siguiente paso es poner la muestra en el equipo de prueba de flexión.

La viga se coloca sobre los rodillos de soporte, asegurándose de que estén correctamente alineados y equidistantes del centro de la viga. Los rodillos de soporte deben estar separados una distancia equivalente a tres veces la profundidad de la viga, asegurando que la carga esté uniformemente distribuida durante la prueba.

La carga se aplica a través de un rodillo central, ubicado a la mitad de la distancia entre los rodillos de soporte. Este rodillo aplica la carga de manera controlada y a una tasa permanente hasta que la viga se fracture. Es fundamental incrementar la carga de forma continua y uniforme para obtener resultados precisos.

Una vez que la viga se fractura, se registra la carga máxima aplicada en el momento de la rotura. Si se utilizó un dispositivo de medición de deformación, también se debe registrar la deflexión observada.

El cálculo de la resistencia a la flexión se desarrolla utilizando una fórmula, el cual proporciona una medida cuantitativa de la capacidad del concreto para soportar fuerzas de tracción indirectas.



Figura 14. Ensayo de resistencia a la flexión

- **Resistencia a tracción (ASTM C496/C496M-17)**

**Objetivo:**

Determinar la resistencia a tracción por división de especímenes cilíndricos de concreto, tales como cilindros moldeados y núcleos perforados. Este método proporciona una medida de la resistencia a tracción del concreto, que es crucial para el diseño y evaluación de la integridad estructural de los elementos de concreto

**Equipo y materiales:**

- Máquina de ensayo
- Barras o placas de apoyo suplementarias
- Tiras de apoyo
- Especímenes cilíndricos de concreto
- Dispositivo de marcado

**Procedimiento:**

**Preparación de los Especímenes:** Para asegurar la precisión del ensayo de resistencia a tracción indirecta, los especímenes deben ser curados de acuerdo con las especificaciones aplicables.

**Marcado de los Especímenes:** Antes de realizar el ensayo, es fundamental marcar líneas diametrales en ambos extremos del espécimen utilizando un instrumento apropiado.

**Medición del Diámetro:** La precisión en la medición del diámetro del espécimen es esencial. Se deben tomar tres medidas a lo largo de diferentes diámetros del espécimen y promediarlas para obtener el diámetro final con una precisión de 0.25 mm.

**Colocación en la Máquina de Ensayo:** Colocar el espécimen correctamente en la máquina de ensayo es un paso crítico. El espécimen debe ser colocado entre las tiras de apoyo y las placas de apoyo de la máquina.

**Aplicación de la Carga:** La carga debe ser aplicada a una velocidad constante para asegurar que el espécimen se rompa en aproximadamente 1 a 2 minutos. Esta tasa de aplicación de carga es importante para obtener resultados consistentes y comparables.

**Cálculo de la Resistencia a Tracción Indirecta:** Para calcular la resistencia a tracción indirecta, se utiliza la carga máxima registrada durante la ruptura del espécimen.



## CAPITULO IV: RESULTADOS

Se presenta el diseño de mezcla para concreto con una resistencia a la compresión de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . Se muestra la cantidad de diferentes materiales utilizados en la mezcla en función de distintos porcentajes de adición de relave minero (0%, 1%, 3%, y 5%).

**Tabla 4.** *Diseño de mezcla con  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$*

<b>Materiales</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>
Cemento ( $\text{kg/m}^3$ )	456	456	456	456
Agua efectiva ( $\text{lt/m}^3$ )	206	206	206	206
Agregado fino húmedo ( $\text{kg/m}^3$ )	657	650	637	624
Agregado grueso húmedo ( $\text{kg/m}^3$ )	1018	1018	1018	1018
Relave minero ( $\text{kg/m}^3$ )	-	6.57	19.71	32.85

### 4.1. Sobre objetivo específico 1

**Tabla 5.** *Características físico químicas del relave.*

<b>Propiedades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidades</b>
Ph	8.15	-
Conductividad eléctrica	243	mS/Cm
Coluro ( $\text{Cl}^-$ )	130	Ppm
Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	1824	Ppm
Sales solubles totales	2045	Ppm

La Tabla 5 proporciona sobre las características para evaluar su impacto en la mezcla de concreto. En cuanto al valor de pH del relave es de 8.15, indicando su naturaleza ligeramente alcalina, lo que puede influir en la reacción del cemento y la durabilidad del concreto. La conductividad eléctrica es de 243 mS/cm, reflejando la alta concentración de iones presentes y su capacidad para conducir electricidad.

En cuanto a los cloruros, el relave contiene 130 ppm, este dato es crucial debido a que los cloruros pueden inducir corrosión en las estructuras metálicas internas del concreto. Los sulfatos, presentes en una concentración de 1824 ppm, también son significativos ya que pueden causar expansión y daños en el concreto al reaccionar con los componentes del cemento.

Finalmente, el relave tiene 2045 ppm de sales solubles totales, lo que puede afectar tanto las propiedades físicas como químicas del concreto, potencialmente reduciendo su vida útil.

#### 4.2. Sobre objetivo específico 2

**Tabla 6.** Resistencia a la compresión de la muestra patrón

% de dosis	Edad	Diámetro promedio (mm)	Área sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Esfuerzo de compresión	Esfuerzo promedio
0	7	150	17671	361	Tipo 5 <sup>a</sup>	208	208.33
	7	150	17671	363	Tipo 2b	210	
	7	150	17671	359	Tipo 2b	207	
	14	150	17671	418	Tipo 5 <sup>a</sup>	241	241.33
	14	150	17671	415	Tipo 2b	240	
	14	150	17671	421	Tipo 6	243	
	28	150	17671	534	Tipo 3	308	310.33
	28	150	17671	544	Tipo 4	314	
	28	150	17671	536	Tipo 3	309	

La Tabla 6 da a conocer los hallazgos de las pruebas de resistencia a la compresión de las muestras patrón sin adición de relave minero. Para las muestras a los 7 días, la carga máxima varía entre 359 kN y 363 kN, resultando en un esfuerzo de compresión promedio de 208.33 kg/cm<sup>2</sup>. Este rango muestra la resistencia inicial del concreto en su primera etapa de curado.

A los 14 días, la carga máxima varía entre 415 kN y 421 kN, con un esfuerzo de compresión promedio de 241.33 kg/cm<sup>2</sup>. Esta etapa muestra un aumento significativo en la resistencia del concreto en comparación con los 7 días, indicando una ganancia de resistencia conforme el concreto cura.

Finalmente, a los 28 días, las muestras alcanzan cargas máximas entre 534 kN y 544 kN, con un esfuerzo de compresión promedio de 310.33 kg/cm<sup>2</sup>. Este dato es crucial, ya que la resistencia a los 28 días es una medida estándar para evaluar la resistencia final del concreto.

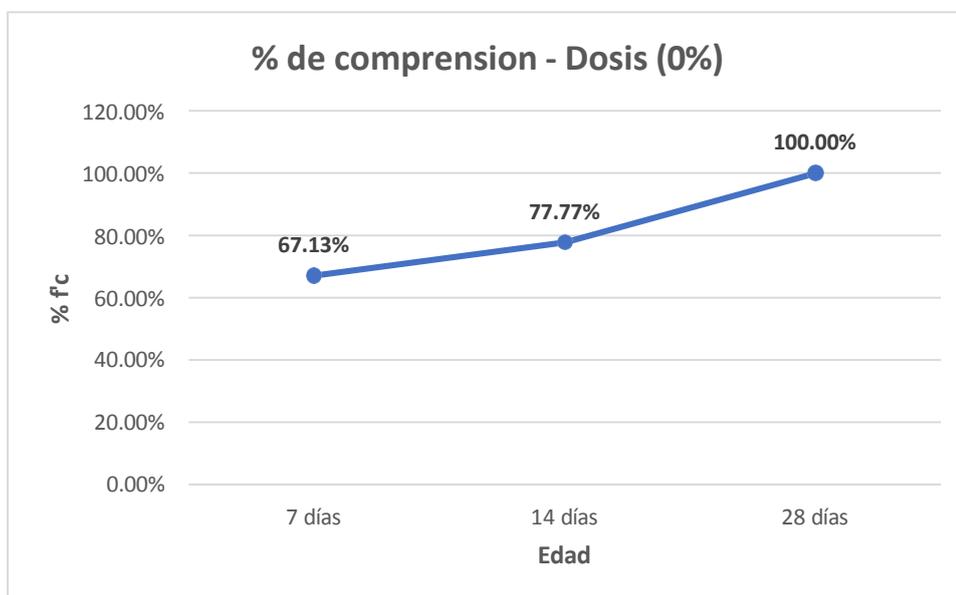


Figura 66. Porcentaje de esfuerzo de la muestra patrón con respecto a los 28 días

La Figura 6 ilustra el que, a los 7 días, el concreto logra el 67.13% de su resistencia final a 28 días. Esto demuestra que, en la primera semana, el concreto ha desarrollado una parte considerable de su resistencia total, lo cual es típico en el proceso de curado inicial. A los 14 días, el concreto muestra una resistencia equivalente al 77.77% de su resistencia final. Este incremento significativo respecto a los 7 días indica que el concreto sigue ganando fuerza rápidamente durante las dos primeras semanas de curado.

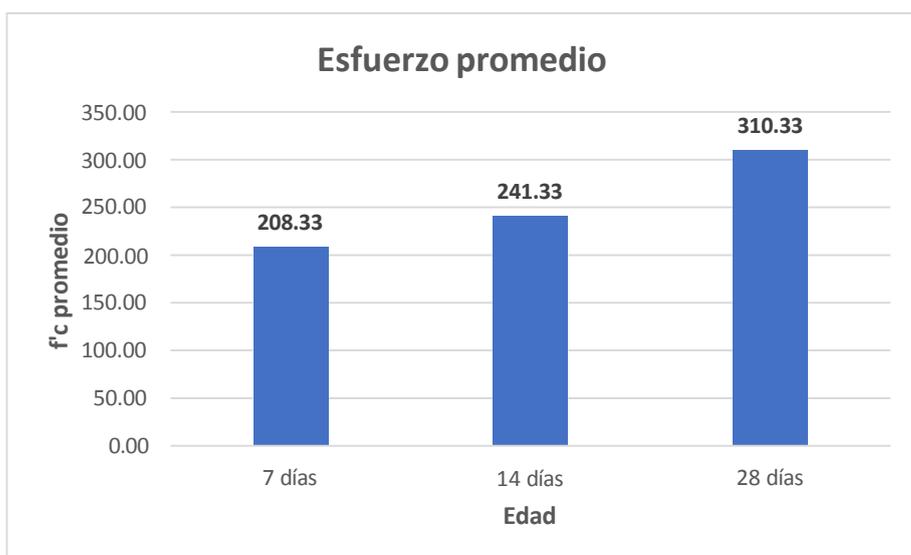


Figura 17. Resistencia a la compresión de la muestra patrón

La Figura 17 muestra la resistencia a la compresión promedio de las muestras patrón de concreto a diferentes edades de curado. A los 7 días, el esfuerzo promedio de las muestras es de 208.33 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días, el esfuerzo promedio aumenta a 241.33 kg/cm<sup>2</sup> y a los 28 días, el esfuerzo promedio alcanza 310.33 kg/cm<sup>2</sup>. Este resultado es fundamental para la evaluación de la calidad del concreto, confirmando que el material cumple con los requisitos de diseño para aplicaciones estructurales.

**Tabla 7.** Resistencia a la compresión con 1% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Diámetro promedio (mm)	Área sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Esfuerzo de compresión	Esfuerzo promedio
1%	7	150	17671	394	Tipo 2b	228	227.67
	7	150	17671	399	Tipo 5b	230	
	7	150	17671	391	Tipo 5a	225	
	14	150	17671	444	Tipo 5a	256	256.33
	14	150	17671	440	Tipo 5a	254	
	14	150	17671	449	Tipo 5b	259	
	28	150	17671	543	Tipo 3	314	314.00
	28	150	17671	538	Tipo 4	311	
	28	150	17671	549	Tipo 5a	317	

La Tabla 7 muestra los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión de las muestras de concreto con un 1% de reemplazo de relave minero, en el cual se encontró que, a los 7 días, las muestras alcanzan una carga máxima que varía entre 391 kN y 399 kN, resultando en un esfuerzo de compresión promedio de 227.67 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, las muestras muestran una carga máxima que varía entre 440 kN y 449 kN, con un esfuerzo de compresión promedio de 256.33 kg/cm<sup>2</sup>.

Finalmente, a los 28 días, las muestras alcanzan cargas máximas entre 538 kN y 549 kN, resultando en un esfuerzo de compresión promedio de 314.00 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor es ligeramente superior al obtenido con las muestras patrón sin relave, demostrando que el 1% de reemplazo de relave no deteriora la resistencia última del concreto y podría incluso contribuir a su mejora.

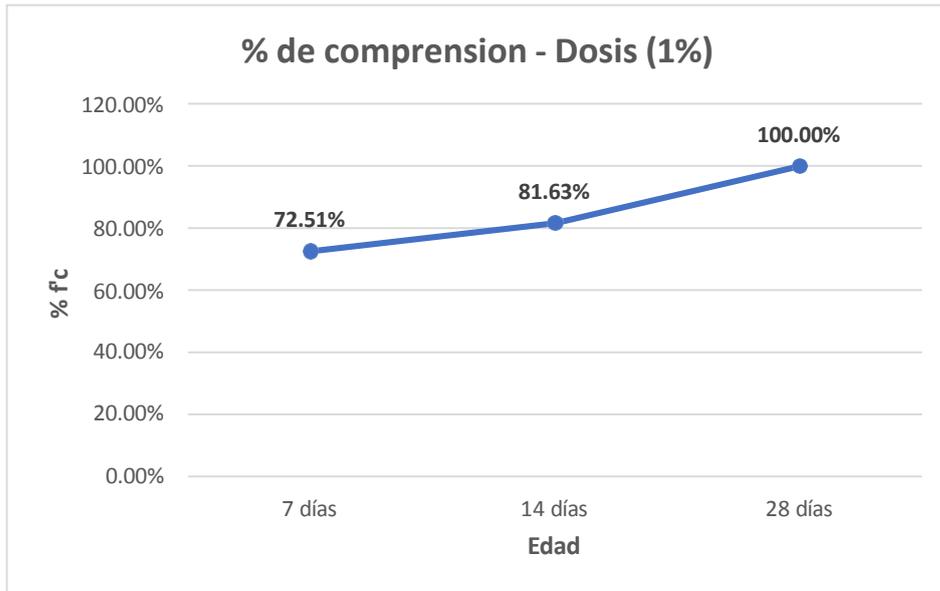


Figura 78. Porcentaje de esfuerzo con 1% de dosis con respecto a los 28 días

La Figura 7 muestra el porcentaje de esfuerzo de compresión del concreto con un 1% de reemplazo de relave minero. A los 7 días, el concreto con 1% de relave alcanza el 72.51% de su resistencia final a 28 días y a los 14 días, el concreto muestra una resistencia equivalente al 81.63% de su resistencia final.

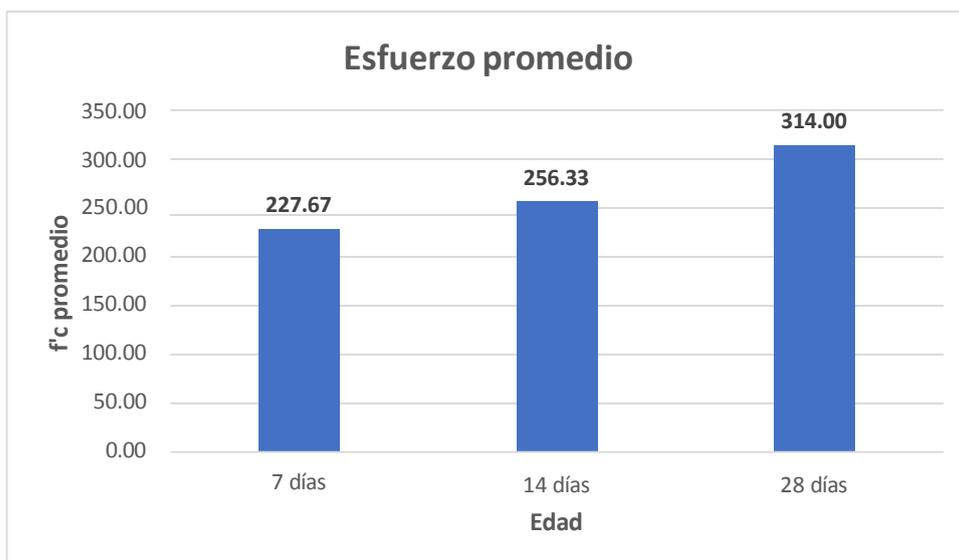


Figura 8. Resistencia a la compresión con 1% de dosis

La Figura 19 presenta la resistencia a la compresión promedio del concreto con un 1% de reemplazo de relave minero a diferentes edades de curado. A los 7 días, el esfuerzo promedio es de 227.67 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días, el esfuerzo promedio aumenta a 256.33 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, el esfuerzo promedio alcanza 314.00 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor es crucial, ya que confirma que el concreto con un 1% de relave ha alcanzado su resistencia máxima esperada.

**Tabla 8.** Resistencia a la compresión con 3% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Diámetro promedio (mm)	Área sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Esfuerzo de compresión	Esfuerzo promedio
3%	7	150	17671	431	Tipo 3	249	249.00
	7	150	17671	428	Tipo 6	247	
	7	150	17671	435	Tipo 2a	251	
	14	150	17671	499	Tipo 2b	288	288.00
	14	150	17671	501	Tipo 3	289	
	14	150	17671	497	Tipo 2b	287	
	28	150	17671	573	Tipo 4	331	330.67
	28	150	17671	576	Tipo 5a	332	
	28	150	17671	570	Tipo 3	329	

La Tabla 8 muestra los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión de las muestras de concreto con un 3% de reemplazo de relave minero, se obtuvo que, a los 7 días, las muestras alcanzan una carga máxima que varía entre 428 kN y 435 kN, resultando en un esfuerzo de compresión promedio de 249.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, las muestras muestran una carga máxima que varía entre 497 kN y 501 kN, con un esfuerzo de compresión promedio de 288.00 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, las muestras alcanzan cargas máximas entre 570 kN y 576 kN, resultando en un esfuerzo de compresión promedio de 330.67 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor es significativamente mayor que los

observados en las mezclas con menores porcentajes de relave, sugiriendo que el 3% de reemplazo de relave no solo no compromete, sino que podría mejorar la resistencia final del concreto.

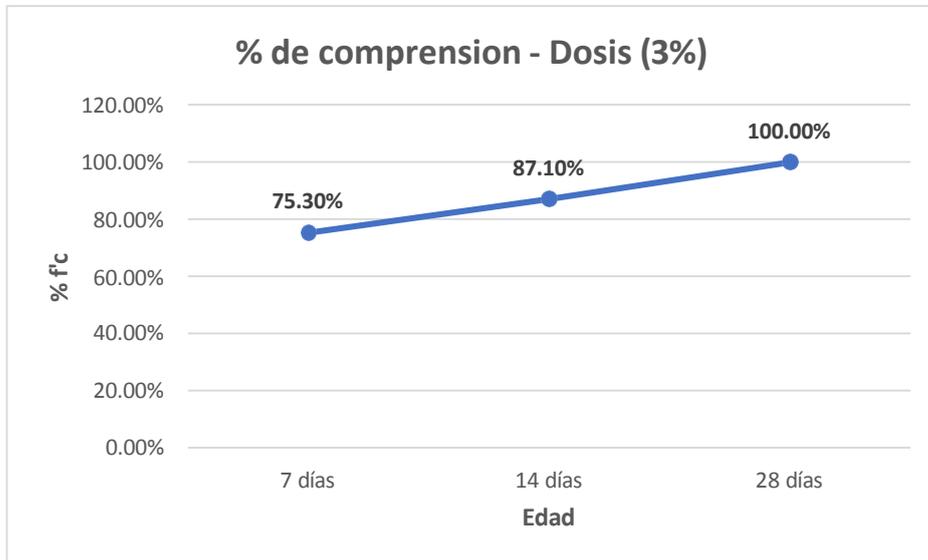


Figura 209. Porcentaje de esfuerzo con 3% de dosis con respecto a los 28 días

La Figura 209 presenta el porcentaje de esfuerzo de compresión del concreto con un 3% de reemplazo de relave minero, A los 7 días, el concreto con 3% de relave alcanza el 75.30% de su resistencia final a 28 días y a los 14 días, el concreto muestra una resistencia equivalente al 87.10% de su resistencia final.

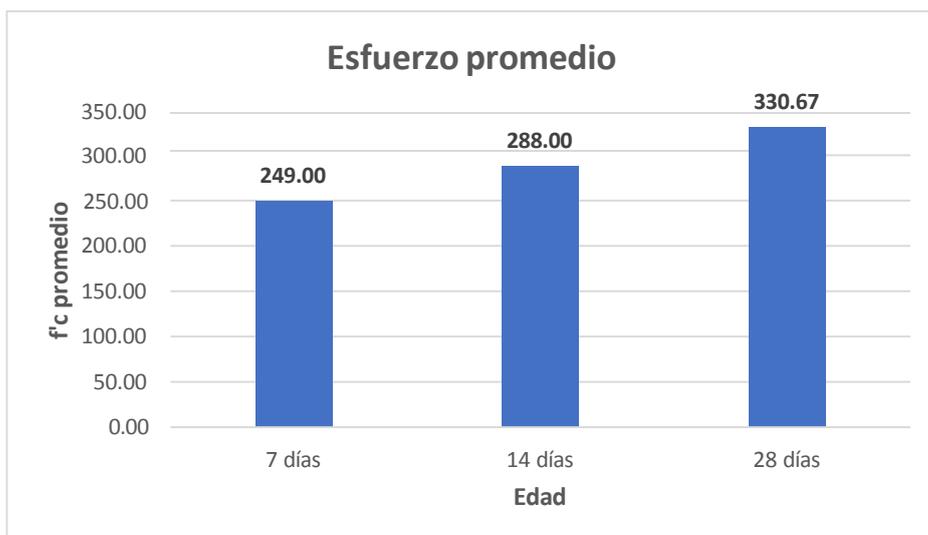


Figura 10. Resistencia a la compresión con 3% de dosis

La Figura 10 presenta la resistencia a la compresión promedio del concreto con un 3% de reemplazo de relave minero a diferentes edades de curado. A los 7 días, el esfuerzo promedio es de 249.00 kg/cm<sup>2</sup>, a los 14 días, el esfuerzo promedio aumenta a 288.00 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, el esfuerzo promedio alcanza 330.67 kg/cm<sup>2</sup>, por lo tanto, la adición de una mayor cantidad de relave no solo es viable, sino que también puede mejorar la resistencia del concreto, alcanzando y superando la capacidad esperada al final del periodo de curado.

**Tabla 9.** Resistencia a la compresión con 5% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Diámetro promedio (mm)	Área sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Esfuerzo de compresión	Esfuerzo promedio
5%	7	150	17671	355	Tipo 3	205	205.33
	7	150	17671	354	Tipo 5a	204	
	7	150	17671	358	Tipo 2a	207	
	14	150	17671	418	Tipo 5a	241	239.33
	14	150	17671	411	Tipo 5b	237	
	14	150	17671	415	Tipo 5a	240	
	28	150	17671	468	Tipo 3	270	270.33
	28	150	17671	464	Tipo 3	268	
	28	150	17671	473	Tipo 5a	273	

La Tabla 9 evidencia los hallazgos de las pruebas de resistencia a la compresión de las muestras de concreto con un 5% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, las muestras alcanzan una carga máxima que varía entre 354 kN y 358 kN, resultando en un esfuerzo de compresión promedio de 205.33 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, las muestras muestran una carga máxima que varía entre 411 kN y 418 kN, con un esfuerzo de compresión promedio de 239.33 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, las muestras alcanzan cargas máximas entre 464 kN y 473 kN, resultando en un esfuerzo de compresión promedio de

270.33 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque este valor muestra un incremento con respecto a las edades anteriores, sigue siendo menor comparado con las muestras con menor porcentaje de relave a los 28 días.

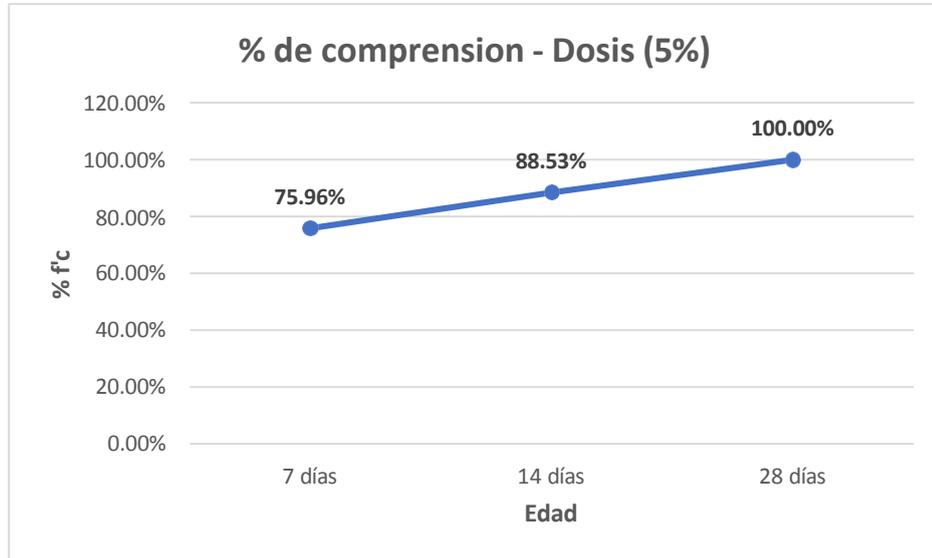


Figura 22. Porcentaje de esfuerzo con 5% de dosis con respecto a los 28 días

La Figura muestra el porcentaje de esfuerzo de compresión del concreto con un 5% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, el concreto con 5% de relave alcanza el 75.96% de su resistencia final a 28 días y a los 14 días, el concreto muestra una resistencia equivalente al 88.53% de su resistencia final.

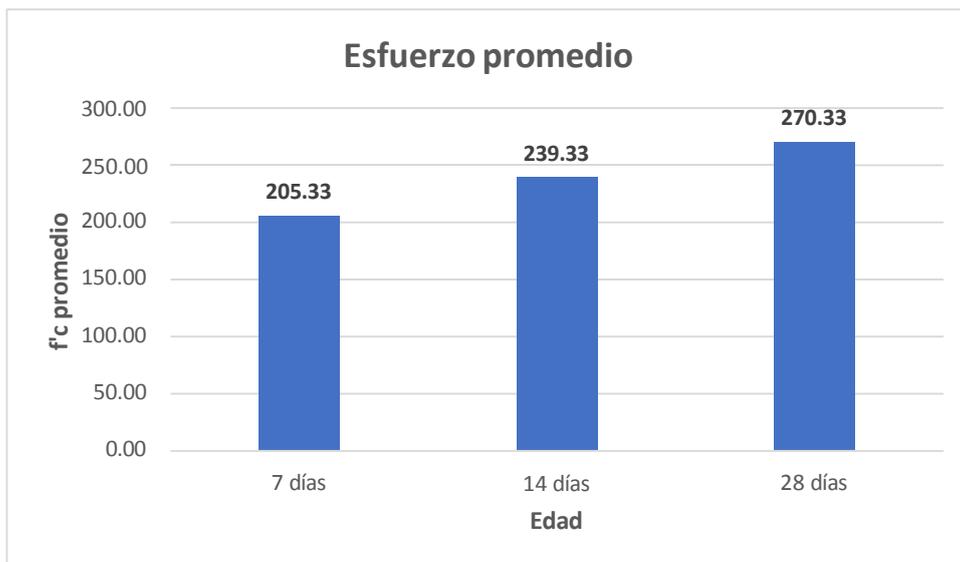
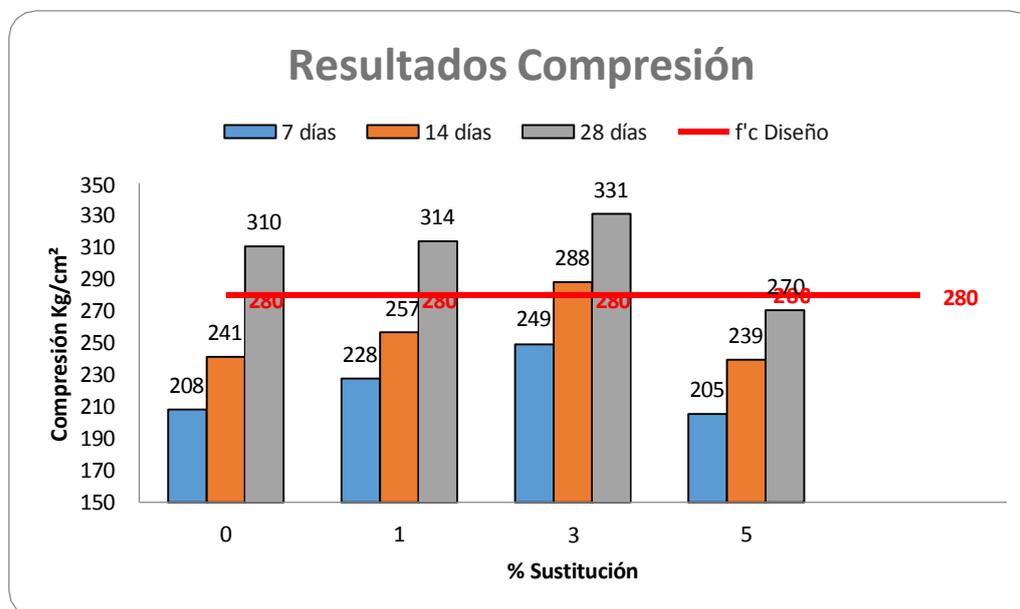


Figura 113. Resistencia a la compresión con 5% de dosis

La Figura 11 presenta la resistencia a la compresión promedio del concreto con un 5% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, el esfuerzo promedio es de 205.33 kg/cm<sup>2</sup> y a los 14 días, el esfuerzo promedio aumenta a 239.33 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, el esfuerzo promedio alcanza 270.33 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor, aunque menor que el observado en mezclas con menores porcentajes de relave, muestra que el concreto con un 5% de relave aún alcanza una resistencia significativa al final del periodo de curado.

**Tabla 10.** Resumen de resultados de resistencia a la compresión

Compresión Kg/cm <sup>2</sup>					
Tipo	%	7 días	14 días	28 días	f'c diseño
Patrón	0	208	241	310	280
Sust. Af x RM	1	228	257	314	280
Sust. Af x RM	3	249	288	331	280
Sust. Af x RM	5	205	239	270	280



*Figura 12.* Resumen de resultados de resistencia a la compresión

Los valores muestran que el porcentaje óptimo para sustituir es en 3% ya que se alcanza una mayor resistencia a los 28 días, también se puede optar por una sustitución al

1% haciendo un análisis de costo de producción se puede determinar que sustitución es la adecuada. Una sustitución del 5% no es favorable ya que no se alcanza la resistencia de diseño el porqué de eso sería materia de una nueva investigación.

### 4.3. Sobre objetivo específico 3

**Tabla 11.** Resistencia a la tracción de la muestra patrón

% de dosis	Edad	Diámetro promedio (mm)	Área sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Esfuerzo de tracción	Esfuerzo promedio
0	7	150	17671	95	Diametral	13.7	13.63
	7	150	17671	93	Diametral	13.3	
	7	150	17671	96	Diametral	13.9	
	14	150	17671	120	Diametral	17.3	17.03
	14	150	17671	115	Diametral	16.7	
	14	150	17671	119	Diametral	17.1	
	28	150	17671	161	Diametral	23.3	23.30
	28	150	17671	160	Diametral	23.0	
	28	150	17671	163	Diametral	23.6	

La Tabla 11 muestra los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción de las muestras patrón de concreto sin adición de relave minero, a los 7 días, las muestras alcanzan una carga máxima que varía entre 93 kN y 96 kN, resultando en un esfuerzo de tracción promedio de 13.63 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, las muestras muestran una carga máxima que varía entre 115 kN y 120 kN, con un esfuerzo de tracción promedio de 17.03 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, las muestras alcanzan cargas máximas entre 160 kN y 163 kN, resultando en un esfuerzo de tracción promedio de 23.30 kg/cm<sup>2</sup>.

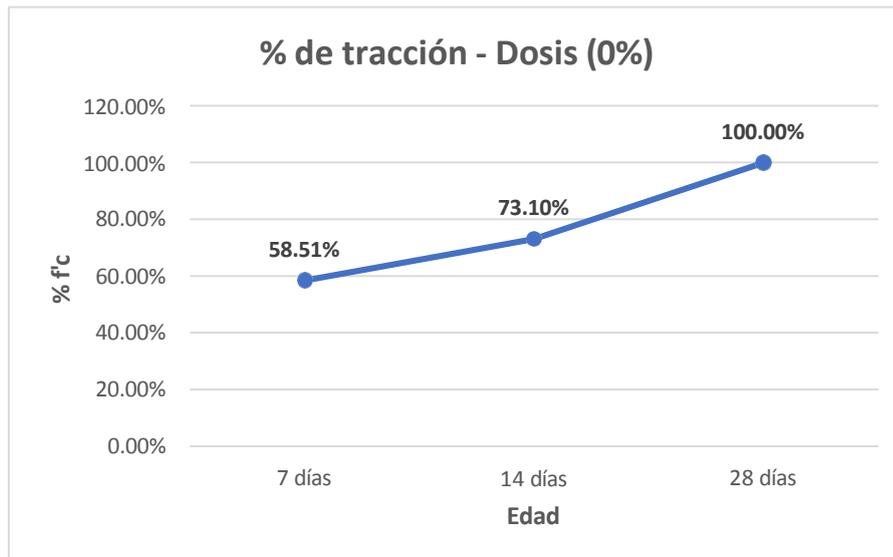


Figura 13. Porcentaje de esfuerzo de la muestra patrón con respecto a los 28 días

La Figura 13 muestra el porcentaje de esfuerzo de tracción del concreto sin adición de relave minero (dosis 0%) a diferentes edades de curado, a los 7 días, el concreto consigue el 58.51% de su resistencia final a 28 días y a los 14 días, el concreto muestra una resistencia equivalente al 73.10% de su resistencia final.

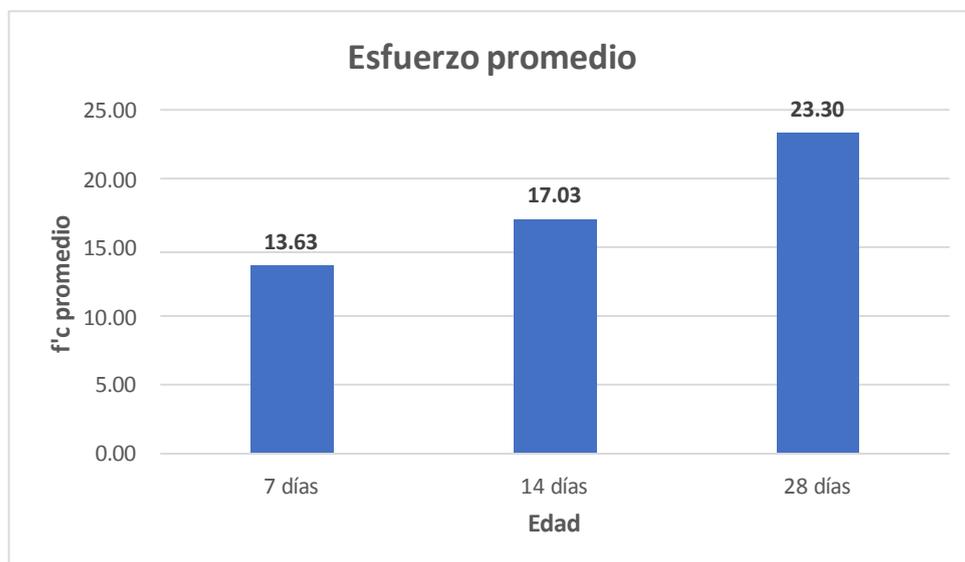


Figura 146. Resistencia a la tracción de la muestra patrón

La Figura 14 presenta la resistencia a la tracción promedio del concreto sin adición de relave minero, a los 7 días, el esfuerzo promedio de tracción es de 13.63 kg/cm². A los 14 días, el esfuerzo promedio de tracción aumenta a 17.03 kg/cm². Por último, a los 28

días, el esfuerzo promedio de tracción alcanza 23.30 kg/cm<sup>2</sup>. Los valores de esfuerzo promedio demuestran que el concreto desarrolla su resistencia de manera significativa durante el periodo de curado, alcanzando su capacidad máxima de resistencia a la tracción al final de los 28 días.

**Tabla 12.** Resistencia a la tracción con 1% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Diámetro promedio (mm)	Área sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Esfuerzo de tracción	Esfuerzo promedio
1%	7	150	17671	109	Diametral	15.7	15.67
	7	150	17671	109	Diametral	15.8	
	7	150	17671	107	Diametral	15.5	
	14	150	17671	129	Diametral	18.6	18.77
	14	150	17671	132	Diametral	19.1	
	14	150	17671	130	Diametral	18.6	
	28	150	17671	183	Diametral	26.4	26.37
	28	150	17671	180	Diametral	26.0	
	28	150	17671	185	Diametral	26.7	

La Tabla 12 muestra los hallazgos de las pruebas de resistencia a la tracción de las muestras de concreto con un 1% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, las muestras alcanzan una carga máxima que varía entre 107 kN y 109 kN, resultando en un esfuerzo de tracción promedio de 15.67 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, las muestras muestran una carga máxima que varía entre 129 kN y 132 kN, con un esfuerzo de tracción promedio de 18.77 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, las muestras alcanzan cargas máximas entre 180 kN y 185 kN, resultando en un esfuerzo de tracción promedio de 26.37 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor es superior al obtenido en las muestras sin relave, demostrando que el 1% de reemplazo de relave mejora la resistencia a la tracción del concreto al final del periodo de curado.

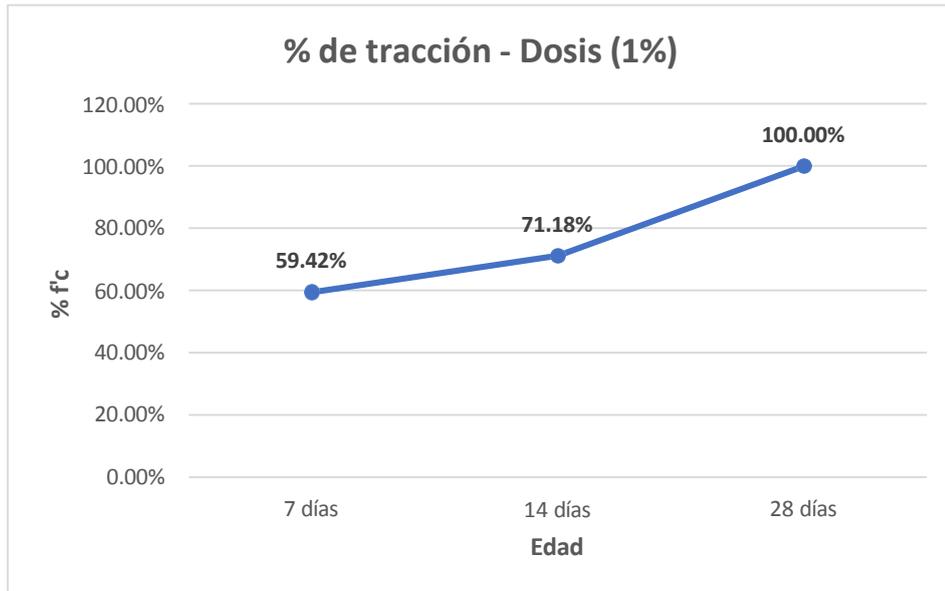


Figura 15. Porcentaje de esfuerzo con 1% de dosis con respecto a los 28 días

La Figura 15 muestra el porcentaje de esfuerzo de tracción del concreto con un 1% de reemplazo de relave minero a diferentes edades de curado, a los 7 días, el concreto con 1% de relave alcanza el 59.42% de su resistencia final a 28 días y a los 14 días, el concreto muestra una resistencia equivalente al 71.18% de su resistencia final. Este incremento refleja una ganancia continua en la resistencia del concreto durante las dos primeras semanas de curado.

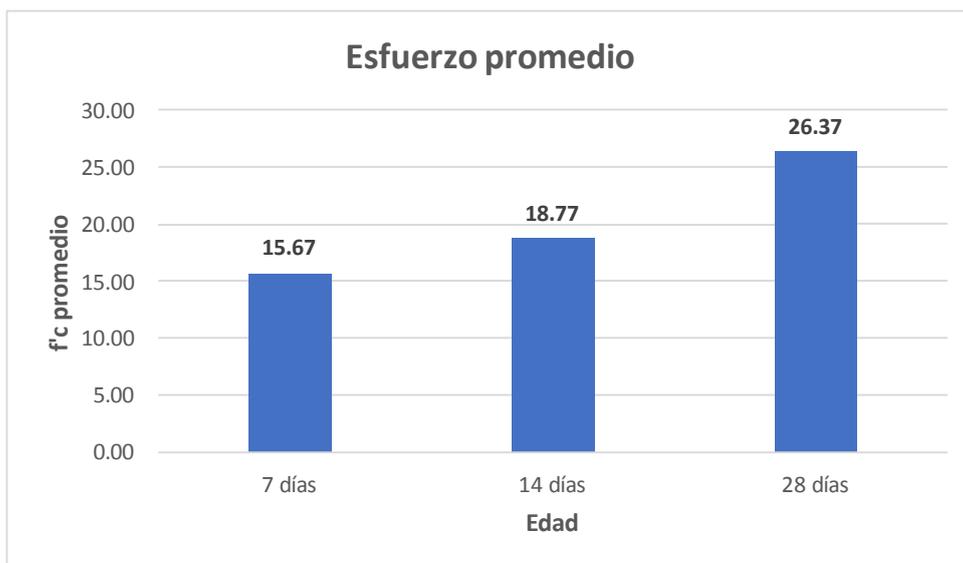


Figura 168. Resistencia a la tracción con 1% de dosis

La Figura 16 presenta la resistencia a la tracción promedio del concreto con un 1% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, el esfuerzo promedio de tracción es de 15.67 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, el esfuerzo promedio de tracción aumenta a 18.77 kg/cm<sup>2</sup>. Por último, a los 28 días, el esfuerzo promedio de tracción alcanza 26.37 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor es superior al obtenido en las muestras sin relave, demostrando que la adición de un 1% de relave ayuda a la resistencia a la tracción del concreto al final del periodo de curado.

**Tabla 13.** Resistencia a la tracción con 3% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Diámetro promedio (mm)	Área sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Esfuerzo de tracción	Esfuerzo promedio
3%	7	150	17671	159	Diametral	23.0	23.00
	7	150	17671	162	Diametral	23.4	
	7	150	17671	157	Diametral	22.6	
	14	150	17671	190	Diametral	27.3	27.30
	14	150	17671	185	Diametral	26.7	
	14	150	17671	194	Diametral	27.9	
	28	150	17671	203	Diametral	29.3	29.37
	28	150	17671	206	Diametral	29.8	
	28	150	17671	201	Diametral	29.0	

La Tabla 13 muestra los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción de las muestras de concreto con un 3% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, las muestras alcanzan una carga máxima que varía entre 157 kN y 162 kN, resultando en un esfuerzo de tracción promedio de 23.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, las muestras muestran una carga máxima que varía entre 185 kN y 194 kN, con un esfuerzo de tracción promedio de 27.30 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, las muestras alcanzan cargas máximas entre 201 kN y 206 kN, resultando en un esfuerzo de tracción promedio de 29.37 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor

es considerablemente mayor que el obtenido en las muestras con menor porcentaje de relave, demostrando que el 3% de reemplazo de relave mejora la resistencia a la tracción del concreto al final del periodo de curado.

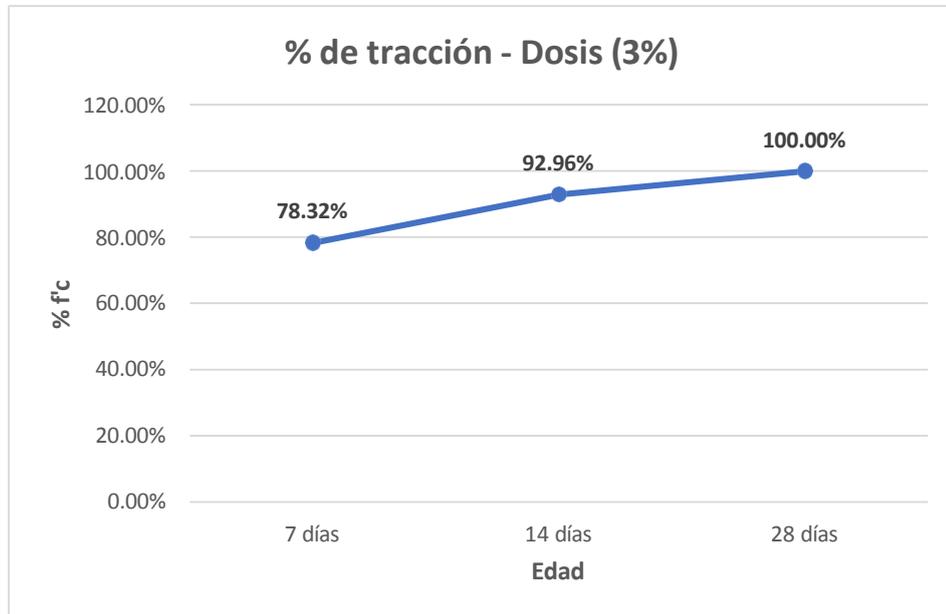


Figura 179. Porcentaje de esfuerzo con 3% de dosis con respecto a los 28 días

La Figura 17 muestra el porcentaje de esfuerzo de tracción del concreto con un 3% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, el concreto con 3% de relave alcanza el 78.32% de su resistencia final a 28 días. A los 14 días, el concreto muestra una resistencia equivalente al 92.96% de su resistencia final.

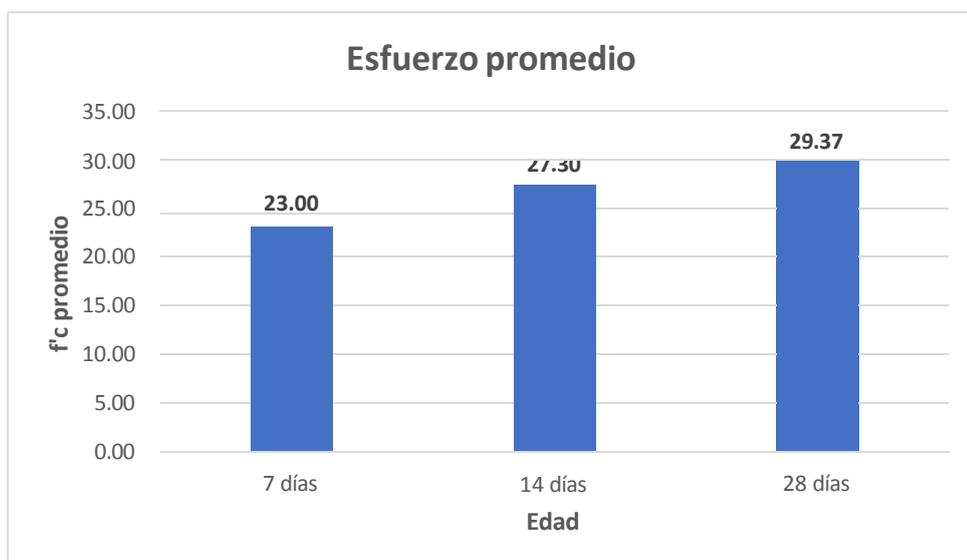


Figura 18. Resistencia a la tracción con 3% de dosis

La Figura 18 presenta la resistencia a la tracción promedio del concreto con un 3% de reemplazo de relave minero a diferentes edades de curado, a los 7 días, el esfuerzo promedio de tracción es de 23.00 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, el esfuerzo promedio de tracción aumenta a 27.30 kg/cm<sup>2</sup>, por último, a los 28 días, el esfuerzo promedio de tracción alcanza 29.37 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 14.** Resistencia a la tracción con 5% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Diámetro promedio (mm)	Área sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Esfuerzo de tracción	Esfuerzo promedio
5%	7	150	17671	109	Diametral	15.7	15.67
	7	150	17671	106	Diametral	15.3	
	7	150	17671	111	Diametral	16.0	
	14	150	17671	151	Diametral	21.8	21.63
	14	150	17671	145	Diametral	21.0	
	14	150	17671	153	Diametral	22.1	
	28	150	17671	171	Diametral	24.7	25.00
	28	150	17671	175	Diametral	25.3	
	28	150	17671	173	Diametral	25.0	

La Tabla 14 muestra los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción de las muestras de concreto con un 5% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, las muestras alcanzan una carga máxima que varía entre 106 kN y 111 kN, resultando en un esfuerzo de tracción promedio de 15.67 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, las muestras muestran una carga máxima que varía entre 145 kN y 153 kN, con un esfuerzo de tracción promedio de 21.63 kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente, a los 28 días, las muestras alcanzan cargas máximas entre 171 kN y 175 kN, resultando en un esfuerzo de tracción promedio de 25.00 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor, aunque considerable, es menor que el obtenido en las muestras con 3% de relave,

indicando que un mayor porcentaje de relave puede tener un efecto negativo en la resistencia final a la tracción del concreto.

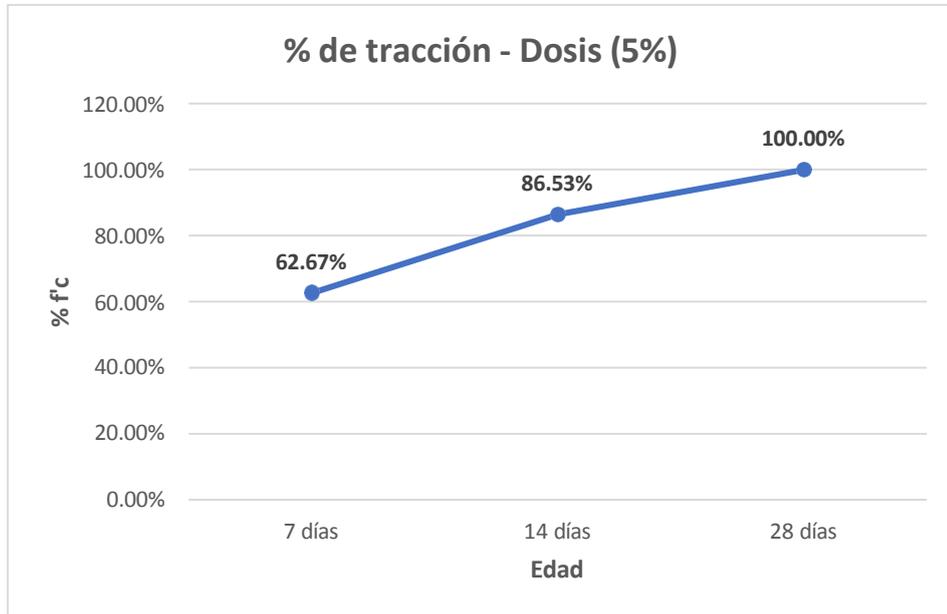


Figura 19. Porcentaje de esfuerzo con 5% de dosis con respecto a los 28 días

La Figura 19 muestra el porcentaje de esfuerzo de tracción del concreto con un 5% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, el concreto con 5% de relave alcanza el 62.67% de su resistencia final a 28 días y a los 14 días, el concreto muestra una resistencia equivalente al 86.53% de su resistencia final.

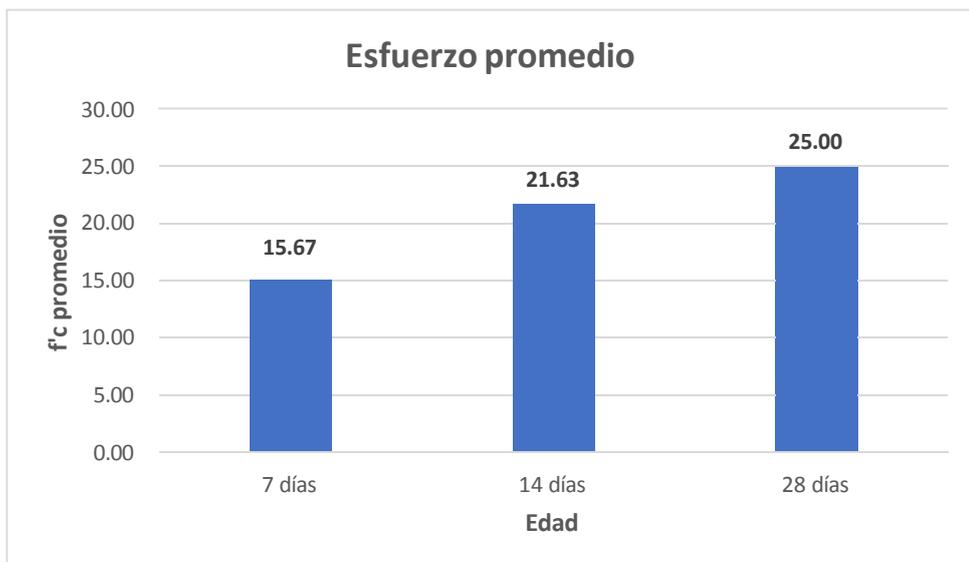
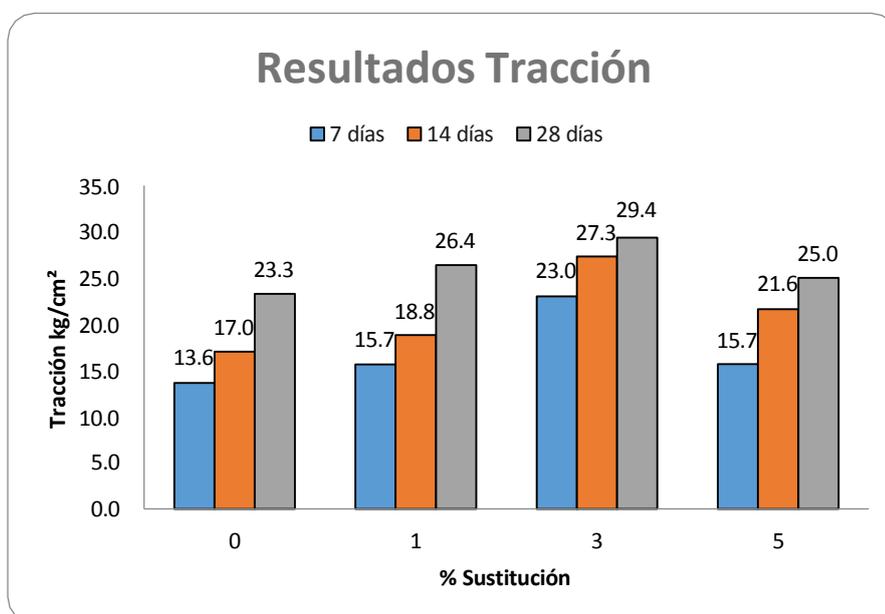


Figura 20. Resistencia a la tracción con 5% de dosis

La Figura 20 presenta la resistencia a la tracción promedio del concreto con un 5% de reemplazo de relave minero, a los 7 días, el esfuerzo promedio de tracción es de 15.67 kg/cm<sup>2</sup>. A los 14 días, el esfuerzo promedio de tracción aumenta a 21.63 kg/cm<sup>2</sup>, finalmente, a los 28 días, el esfuerzo promedio de tracción alcanza 25.00 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor es considerable y demuestra que, aunque la adición de un 5% de relave no mejora tanto como los porcentajes menores, el concreto aún logra desarrollar una resistencia significativa al final del periodo de curado.

**Tabla 15.** Resumen de resultados de resistencia a la tracción

Tracción kg/cm <sup>2</sup>				
Tipo	%	7 días	14 días	28 días
Patrón	0	13.6	17.0	23.3
Sust. Af x RM	1	15.7	18.8	26.4
Sust. Af x RM	3	23.0	27.3	29.4
Sust. Af x RM	5	15.7	21.6	25.0



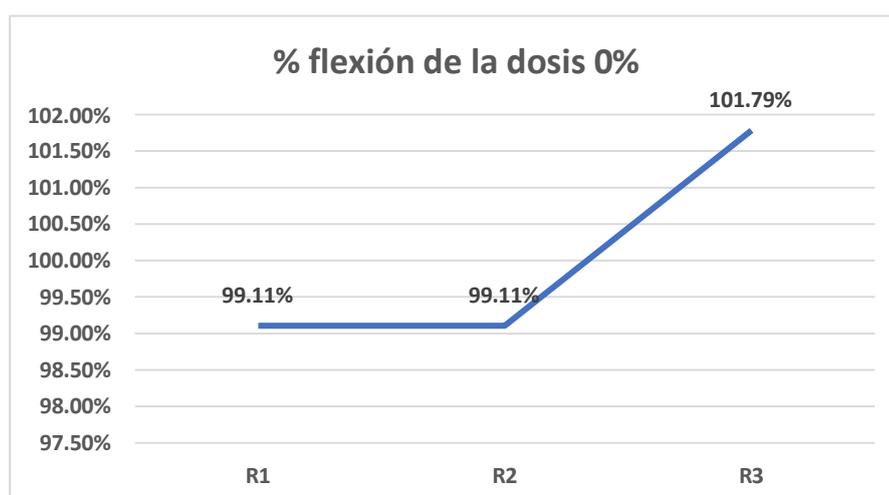
*Figura 213.* Resumen de resultados de resistencia a la tracción

#### 4.4. Sobre objetivo específico 4

**Tabla 16.** Resistencia a la flexión de la muestra patrón

% de dosis	Edad	Ancho y alto promedio (mm)	Longitud promedio (mm)	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Resistencia de Flexión	Esfuerzo promedio
0%	28	150	480	26	Tercio medio	37	37.33
	28	150	480	26	Tercio medio	37	
	28	150	480	26	Tercio medio	38	

La Tabla 16 da a conocer los hallazgos de las pruebas de resistencia a la flexión de las muestras patrón de concreto sin adición de relave minero, evaluadas a los 28 días de curado. Todas las muestras tienen dimensiones promedio de ancho y alto de 150 mm y una longitud promedio de 480 mm. La carga máxima registrada en todas las pruebas es de 26 kN, con el tipo de falla ocurriendo consistentemente en el tercio medio de las muestras. La resistencia a la flexión varía ligeramente entre las muestras, con valores de 37 kg/cm<sup>2</sup> para dos de las muestras y 38 kg/cm<sup>2</sup> para una muestra, resultando en un esfuerzo promedio de flexión de 37.33 kg/cm<sup>2</sup>.



*Figura 224.* Porcentaje de flexión en las repetidas de la muestra patrón con respecto al promedio

La Figura 22 muestra el porcentaje de flexión en las muestras patrón de concreto sin adición de relave minero (dosis 0%) con respecto al esfuerzo promedio de flexión de 37.33 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de curado. La gráfica presenta tres repeticiones (R1, R2, y R3) de las pruebas de flexión. En la primera y segunda repetición (R1 y R2), el porcentaje de flexión es del 99.11% respecto al esfuerzo promedio, indicando una ligera variabilidad por debajo del promedio. En la tercera repetición (R3), el porcentaje de flexión alcanza el 101.79% respecto al esfuerzo promedio, lo que sugiere un ligero incremento por encima del promedio.

**Tabla 17.** Resistencia a la flexión con 1% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Ancho y alto promedio (mm)	Longitud promedio (mm)	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Resistencia de Flexión	Esfuerzo promedio
1%	28	150	480	29	Tercio medio	42	40.33
	28	150	480	28	Tercio medio	40	
	28	150	480	27	Tercio medio	39	

La Tabla 17 evidencia los hallazgos de las pruebas de resistencia a la flexión de las muestras de concreto con un 1% de reemplazo de relave minero, evaluadas a los 28 días de curado. Todas las muestras tienen dimensiones promedio de ancho y alto de 150 mm y una longitud promedio de 480 mm. La carga máxima registrada varía entre 27 kN y 29 kN, con el tipo de falla ocurriendo consistentemente en el tercio medio de las muestras. La resistencia a la flexión muestra variaciones ligeras entre las muestras, con valores de 39 kg/cm<sup>2</sup>, 40 kg/cm<sup>2</sup> y 42 kg/cm<sup>2</sup>, resultando en un esfuerzo promedio de flexión de 40.33 kg/cm<sup>2</sup>.

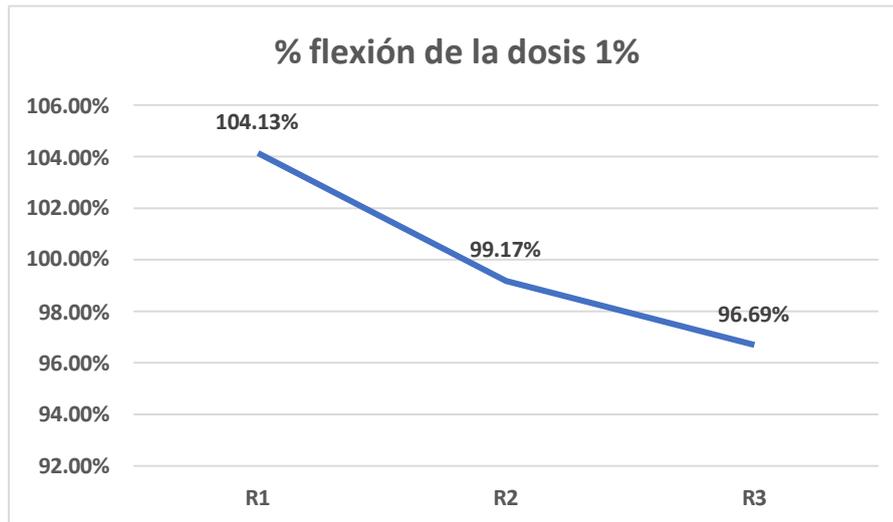


Figura 235. Porcentaje de flexión en las repetidas con 1% de dosis con respecto al promedio

La Figura 23 muestra el porcentaje de flexión en las muestras de concreto con un 1% de reemplazo de relave minero, evaluadas a los 28 días de curado, con respecto al esfuerzo promedio de flexión de 40.33 kg/cm<sup>2</sup>. La gráfica presenta tres repeticiones (R1, R2, y R3) de las pruebas de flexión. En la primera repetición (R1), el porcentaje de flexión es del 104.13% respecto al esfuerzo promedio, indicando un valor superior al promedio, lo que sugiere una muestra con una resistencia ligeramente mayor. En la segunda repetición (R2), el porcentaje de flexión es del 99.17%, lo cual está muy cerca del promedio, indicando una consistencia en la resistencia a la flexión en esta muestra. En la tercera repetición (R3), el porcentaje de flexión disminuye al 96.69% respecto al esfuerzo promedio, mostrando un valor ligeramente inferior al promedio.

**Tabla 18.** Resistencia a la flexión con 3% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Ancho y alto promedio (mm)	Longitud promedio (mm)	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Resistencia de Flexión	Esfuerzo promedio
3%	28	150	480	30	Tercio medio	44	45.00
	28	150	480	31	Tercio medio	45	
	28	150	480	32	Tercio medio	46	

La Tabla 18 evidencia los hallazgos de las pruebas de resistencia a la flexión de las muestras de concreto con un 3% de reemplazo de relave minero, evaluadas a los 28 días de curado. Todas las muestras tienen dimensiones promedio de ancho y alto de 150 mm y una longitud promedio de 480 mm. La carga máxima registrada varía entre 30 kN y 32 kN, con el tipo de falla ocurriendo consistentemente en el tercio medio de las muestras. La resistencia a la flexión varía ligeramente entre las muestras, con valores de 44 kg/cm<sup>2</sup>, 45 kg/cm<sup>2</sup> y 46 kg/cm<sup>2</sup>, resultando en un esfuerzo promedio de flexión de 45.00 kg/cm<sup>2</sup>.

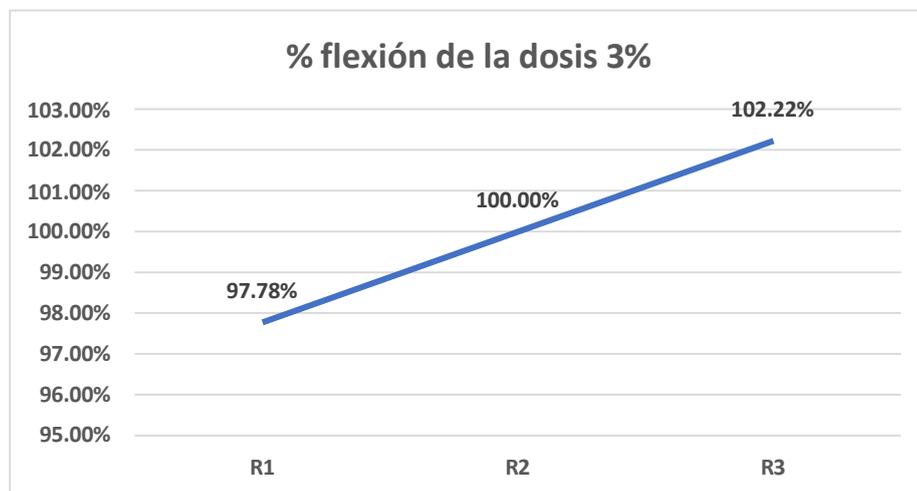


Figura 24. Porcentaje de flexión en las repeticiones con 3% de dosis con respecto al promedio

La Figura 24 muestra el porcentaje de flexión en las muestras de concreto con un 3% de reemplazo de relave minero, evaluadas a los 28 días de curado, con respecto al esfuerzo promedio de flexión de 45.00 kg/cm<sup>2</sup>. La gráfica presenta tres repeticiones (R1, R2, y R3) de las pruebas de flexión. En la primera repetición (R1), el porcentaje de flexión es del 97.78% respecto al esfuerzo promedio, indicando un valor ligeramente por debajo del promedio, lo que sugiere una muestra con una resistencia menor en esta prueba específica. En la segunda repetición (R2), el porcentaje de flexión es del 100.00%, lo cual está exactamente en el promedio, indicando una consistencia en la resistencia a la flexión en esta muestra. En la tercera repetición (R3), el porcentaje de flexión es del 102.22%

respecto al esfuerzo promedio, mostrando un valor superior al promedio, lo que sugiere una muestra con una resistencia ligeramente mayor en esta prueba.

**Tabla 19.** Resistencia a la flexión con 5% de reemplazo del relave

% de dosis	Edad	Ancho y alto promedio (mm)	Longitud promedio (mm)	Carga Máxima (kN)	Tipo de falla	Resistencia de Flexión	Esfuerzo promedio
5%	28	150	480	26	Tercio medio	38	38.33
	28	150	480	27	Tercio medio	39	
	28	150	480	27	Tercio medio	38	

La Tabla 19 da a conocer los hallazgos de las pruebas de resistencia a la flexión de las muestras de concreto con un 5% de reemplazo de relave minero, evaluadas a los 28 días de curado. Todas las muestras tienen dimensiones promedio de ancho y alto de 150 mm y una longitud promedio de 480 mm. La carga máxima registrada varía entre 26 kN y 27 kN, con el tipo de falla ocurriendo consistentemente en el tercio medio de las muestras. La resistencia a la flexión varía ligeramente entre las muestras, con valores de 38 kg/cm<sup>2</sup>, 39 kg/cm<sup>2</sup>, y 38 kg/cm<sup>2</sup>, resultando en un esfuerzo promedio de flexión de 38.33 kg/cm<sup>2</sup>.

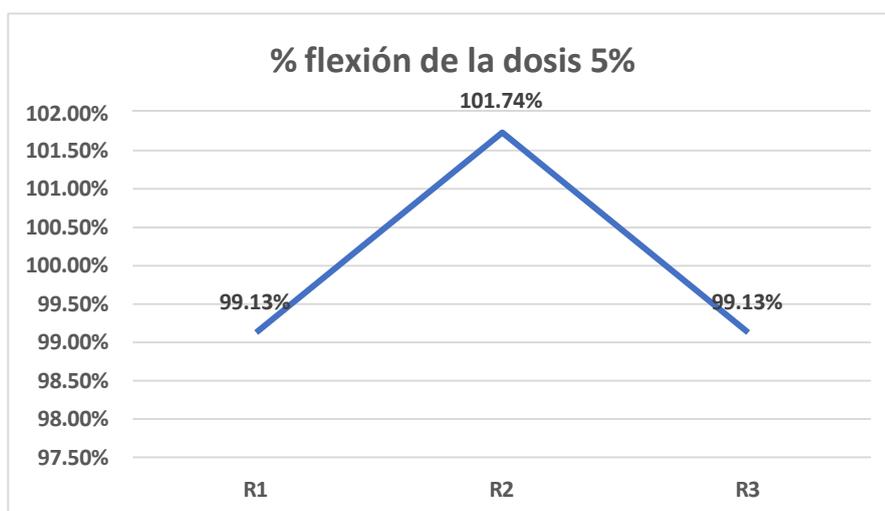


Figura 25. Porcentaje de flexión en las repetidas con 5% de dosis con respecto al promedio

La Figura 25 muestra el porcentaje de flexión en las muestras de concreto con un 5% de reemplazo de relave minero, evaluadas a los 28 días de curado, con respecto al esfuerzo promedio de flexión de 38.33 kg/cm<sup>2</sup>. La gráfica presenta tres repeticiones (R1, R2, y R3) de las pruebas de flexión. En la primera repetición (R1), el porcentaje de flexión es del 99.13% respecto al esfuerzo promedio, indicando un valor muy cercano al promedio, lo que sugiere una consistencia en la resistencia a la flexión en esta prueba específica. En la segunda repetición (R2), el porcentaje de flexión es del 101.74%, lo cual está ligeramente por encima del promedio, indicando una muestra con una resistencia ligeramente mayor en esta prueba. En la tercera repetición (R3), el porcentaje de flexión vuelve a ser del 99.13% respecto al esfuerzo promedio, mostrando un valor muy cercano al promedio, similar a la primera repetición, sugiriendo nuevamente una consistencia en la resistencia.

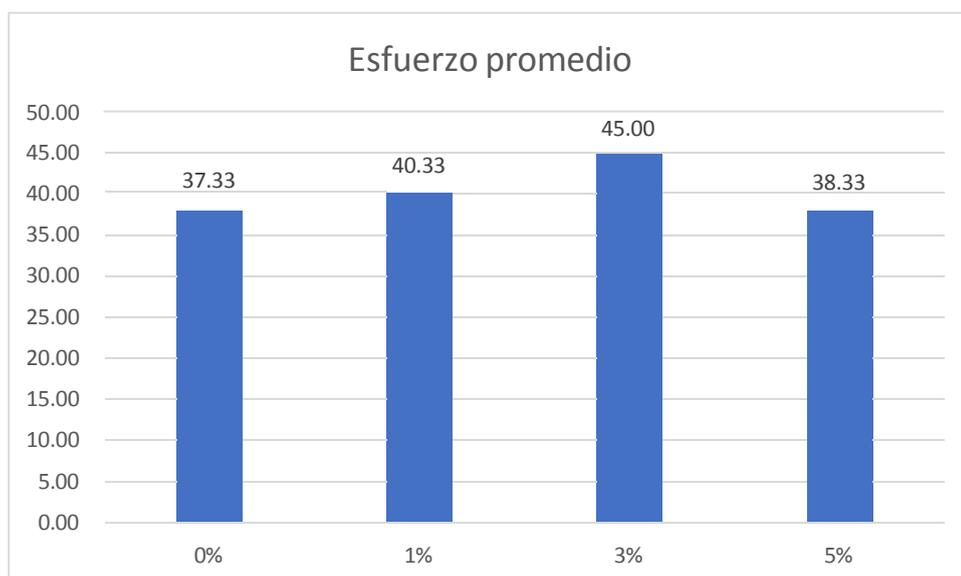


Figura 26. Resistencia a la flexión final

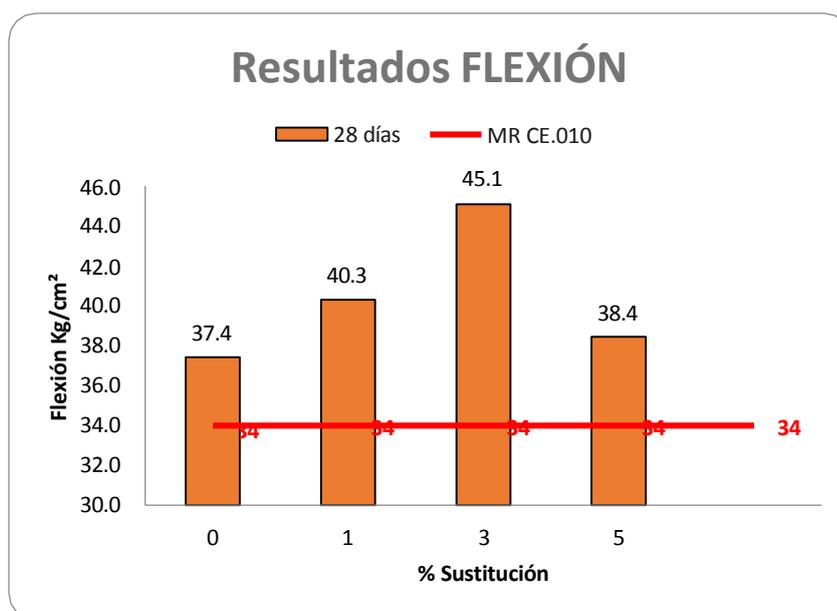
La Figura 268. evidencia la resistencia a la flexión promedio del concreto con diferentes porcentajes de reemplazo de relave minero (0%, 1%, 3% y 5%) a los 28 días de curado. Con un 0% de relave, el esfuerzo promedio de flexión es de 37.33 kg/cm<sup>2</sup>. Este valor representa la resistencia a la flexión del concreto sin ninguna adición de relave,

sirviendo como referencia base. Cuando se añade un 1% de relave, el esfuerzo promedio de flexión aumenta a 40.33 kg/cm<sup>2</sup>. Este incremento indica que la adición de un pequeño porcentaje de relave mejora la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de flexión.

Con un 3% de relave, el esfuerzo promedio de flexión alcanza su máximo valor de 45.00 kg/cm<sup>2</sup>. Este resultado sugiere que el 3% de reemplazo de relave proporciona la mayor mejora en la resistencia a la flexión del concreto, comparado con otros porcentajes evaluados. Finalmente, con un 5% de relave, el esfuerzo promedio de flexión disminuye a 38.33 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque todavía es superior al concreto sin relave, el incremento no es tan significativo como el observado con un 1% o 3% de relave, indicando que una mayor cantidad de relave podría no ser tan beneficiosa para la resistencia a la flexión.

**Tabla 20.** Resumen de resultados de resistencia a la flexión

Tipo	Flexión Kg/cm <sup>2</sup>		
	%	28 días	MR CE.010
Patrón	0	37.4	34
Sust. Af x RM	1	40.3	34
Sust. Af x RM	3	45.1	34
Sust. Af x RM	5	38.4	34



*Figura 279.* Resumen de resultados de resistencia a la flexión

Según la Norma de Pavimentos Urbanos CE.010 nos pide una resistencia a la Flexión de 34 kg/cm<sup>2</sup> se aprecia que todos los valores superan dicho requisito, sería materia de un análisis de costos para determinar qué porcentaje de sustitución es el más adecuado.

#### 4.5. Sobre objetivo específico 5

**Tabla 21.** *Dosificación del relave minero en el desempeño estructural*

% de dosis	Edad	Resistencias		
		Comprensión	Tracción	Flexión
0%	7	208.33	13.63	-
	14	241.33	17.03	-
	28	310.33	23.30	37.33
1%	7	227.67	15.67	-
	14	256.33	18.77	-
	28	314.00	26.37	40.33
3%	7	249.00	23.00	-
	14	288.00	27.30	-
	28	330.67	29.37	45.00
5%	7	205.33	15.67	-
	14	239.33	21.63	-
	28	270.33	25.00	38.33

La Tabla 21 detalla los hallazgos de pruebas de resistencia de concreto con diferentes proporciones de relave minero incorporado. Para la resistencia a la compresión, los valores indican un aumento general con la edad del concreto, lo cual es típico debido al proceso de hidratación y endurecimiento del concreto. Los valores también tienden a con las dosificaciones de relave, sugiriendo una posible influencia positiva del relave en la resistencia a la compresión.

El concreto sin relave (0%) muestra un incremento gradual en la capacidad de resistencia a la compresión, logrando 310.33 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Al incorporar un 1% de relave, se observa una mejora continua, alcanzando 314.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Esto sugiere que una pequeña adición de relave puede ayudar en la mejora ligera de la resistencia a la compresión del concreto.

El efecto es aún más notable con un 3% de relave, donde la resistencia a la compresión alcanza 330.67 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Este porcentaje parece ser óptimo, proporcionando la mayor mejora en resistencia. Sin embargo, al aumentar el relave al 5%, la resistencia disminuye a 270.33 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Este resultado indica que un exceso de relave puede ser contraproducente, reduciendo la capacidad de compresión del concreto.

La resistencia a la tracción muestra una tendencia similar a la de la compresión, el concreto sin relave alcanza 23.30 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Con un 1% de relave, la resistencia aumenta a 26.37 kg/cm<sup>2</sup>, sugiriendo nuevamente que una pequeña cantidad de relave mejora la resistencia a la tracción.

La mayor mejora se observa con un 3% de relave, donde la resistencia a la tracción es de 29.37 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Este incremento significativo reafirma que el 3% de relave es la cantidad necesaria para mejorar las propiedades tensiles del concreto. Sin embargo, al aumentar al 5%, la resistencia a la tracción disminuye ligeramente a 25.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, señalando que una mayor cantidad de relave no continúa mejorando la resistencia y puede incluso reducirla.

La resistencia a la flexión se registra únicamente para los especímenes de 28 días. Sin relave, la resistencia a la flexión es de 37.33 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. Con un 1% de relave, la resistencia aumenta a 40.33 kg/cm<sup>2</sup>, y alcanza un máximo de 45.00 kg/cm<sup>2</sup> con

un 3% de relave. Este resultado indica que el 3% de relave proporciona la mayor mejora en la resistencia a la flexión.

No obstante, al incrementar el relave al 5%, la resistencia a la flexión disminuye a 38.33 kg/cm<sup>2</sup>. Este patrón sugiere que, similar a la compresión y tracción, un exceso de relave puede ser perjudicial para la resistencia a la flexión.

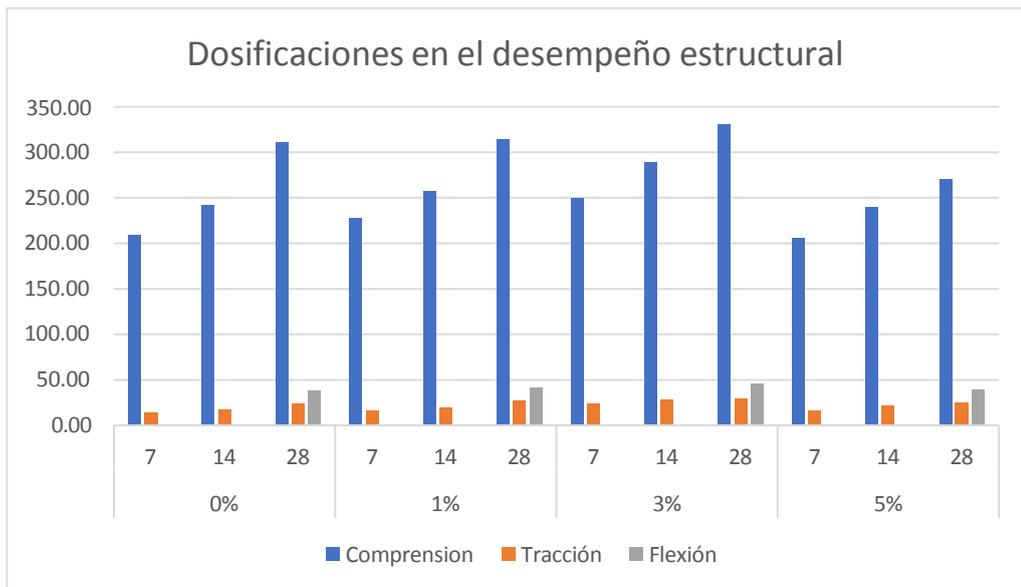


Figura 280. Dosificación del relave minero en el desempeño estructural

La Figura 28 muestra que el mayor valor de resistencia a la compresión se observa en el concreto con un 3% de relave a los 28 días, alcanzando 330.67 kg/cm<sup>2</sup>. En la resistencia a la tracción más alta también se logra con un 3% de relave a los 28 días, con un valor de 29.37 kg/cm<sup>2</sup>. En términos de resistencia a la flexión, el concreto con un 3% de relave a los 28 días nuevamente muestra el mejor desempeño, con una resistencia de 45.00 kg/cm<sup>2</sup>.

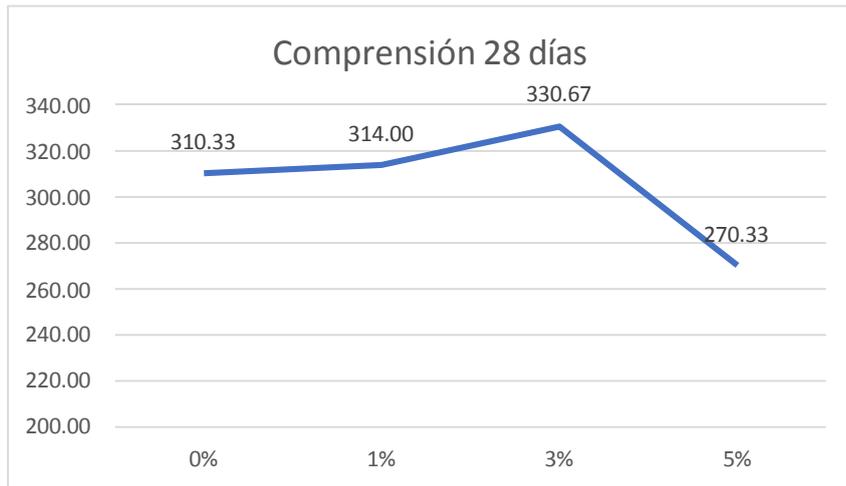


Figura 29. Resistencia a la compresión de las diferentes dosis de relave

La Figura 29 muestra que la resistencia a la compresión del concreto aumenta con la adición de relave minero hasta un 3%, logrando un máximo de 330.67 kg/cm<sup>2</sup>. Al incrementar el relave al 5%, la resistencia disminuye significativamente a 270.33 kg/cm<sup>2</sup>.

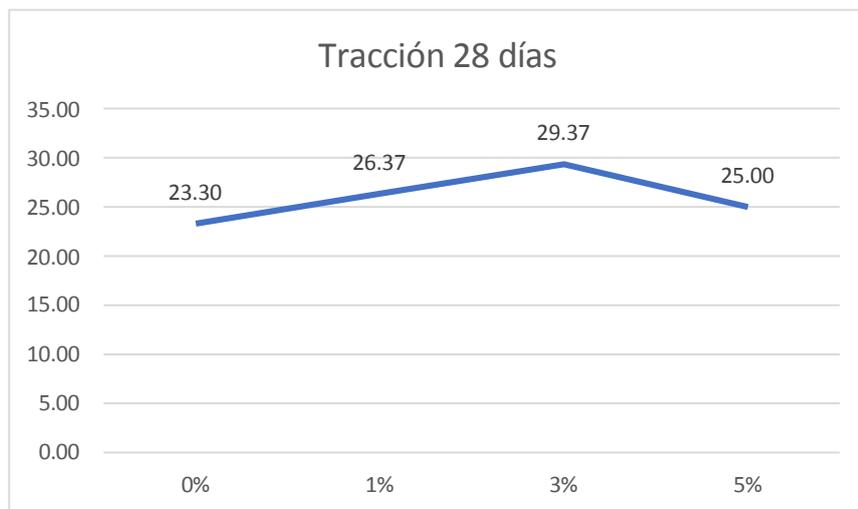


Figura 30. Resistencia a la tracción de las diferentes dosis de relave

La Figura 30 indica que la resistencia a la tracción también mejora con la adición de relave minero, alcanzando un máximo de 29.37 kg/cm<sup>2</sup> con un 3% de relave. Con un 5% de relave, la resistencia disminuye a 25.00 kg/cm<sup>2</sup>, lo que sugiere una cantidad óptima de 3%.

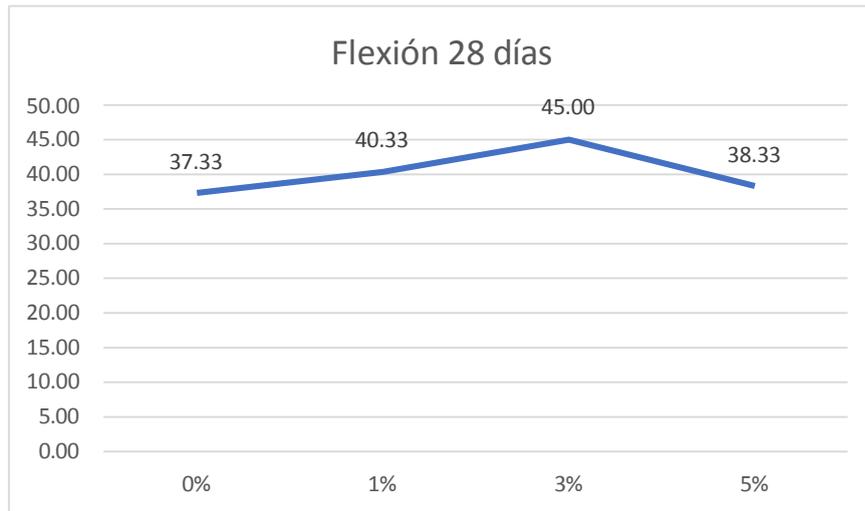


Figura 31. Resistencia a la flexión de las diferentes dosis de relave

La Figura 31 evidencia que la resistencia a la flexión del concreto, mejora con la adición de relave hasta un 3%, alcanzando 45.00 kg/cm<sup>2</sup>. A un 5% de relave, la resistencia disminuye a 38.33 kg/cm<sup>2</sup>, indicando nuevamente que el 3% es la dosificación adecuada para incrementar la flexión.

#### 4.6. Prueba de hipótesis

##### 4.6.1. Hipótesis específica 2

Ha: La influencia del relave minero en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024 es significativa.

Ho: La influencia del relave minero en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024 no es significativa.

Tabla 22. Prueba normalidad mediante Shapiro Wilk

Días		Dosificaciones	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
7,0	Resistencia	,0	,964	3	,637
		1,0	,987	3	,780

		3,0	1,000	3	1,000
		5,0	,964	3	,637
14,0	Resistencia	,0	,964	3	,637
		1,0	,987	3	,780
		3,0	1,000	3	1,000
		5,0	,923	3	,463
28,0	Resistencia	,0	,871	3	,298
		1,0	1,000	3	1,000
		3,0	,964	3	,637
		5,0	,987	3	,780

El p-valor para todos los casos es mayor a 0,05, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal.

**Tabla 23.** Prueba de homogeneidad de varianzas

Días		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
7,0	Se basa en la media	,305	3	8	,821
	Se basa en la mediana	,216	3	8	,883
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,216	3	6,964	,882
	Se basa en la media recortada	,299	3	8	,825
14,0	Se basa en la media	,937	3	8	,467
	Se basa en la mediana	,370	3	8	,777
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,370	3	6,000	,778
	Se basa en la media recortada	,890	3	8	,487
28,0	Se basa en la media	,575	3	8	,648
	Se basa en la mediana	,200	3	8	,894
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,200	3	5,517	,892

	Se basa en la media recortada	,542	3	8	,667
--	-------------------------------	------	---	---	------

Para todos los tiempos y métodos, los valores p son mayores a 0.05, señalando que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas son iguales entre los grupos. Esto sugiere que las varianzas son homogéneas.

**Tabla 24. Prueba ANOVA**

Días		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
7,0	Entre grupos	3672,917	3	1224,306	326,481	,000
	Dentro de grupos	30,000	8	3,750		
	Total	3702,917	11			
14,0	Entre grupos	4550,250	3	1516,750	433,357	,000
	Dentro de grupos	28,000	8	3,500		
	Total	4578,250	11			
28,0	Entre grupos	5888,667	3	1962,889	280,413	,000
	Dentro de grupos	56,000	8	7,000		
	Total	5944,667	11			

Se obtuvo un p-valor menor a 0,05 con un análisis segmentado en las diferentes edades, por ende, se acepta la hipótesis alterna.

#### **4.6.2. Hipótesis específica 3**

Ha: La influencia del relave minero en la resistencia a la tracción indirecta del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024 es significativa.

Ho: La influencia del relave minero en la resistencia a la tracción indirecta del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024 no es significativa.

**Tabla 25. Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk**

Edad (días)		Dosificaciones	Shapiro-Wilk		
			Estadístico	gl	Sig.
7,00	Resistencia a la tracción	,00	,964	3	,637
		1,00	,964	3	,637
		3,00	1,000	3	1,000
		5,00	,993	3	,843
14,00	Resistencia a la tracción	,00	,964	3	,637
		1,00	,750	3	,000
		3,00	1,000	3	1,000
		5,00	,936	3	,510
28,00	Resistencia a la tracción	,00	1,000	3	1,000
		1,00	,993	3	,843
		3,00	,980	3	,726
		5,00	1,000	3	1,000

El p-valor para casi todos los casos es mayor a 0,05, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal.

**Tabla 26. Prueba de homogeneidad de varianzas**

Edad (días)		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
7,00	Se basa en la media	,516	3	8	,683
	Se basa en la mediana	,424	3	8	,741
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,424	3	6,699	,742
	Se basa en la media recortada	,511	3	8	,686
14,00	Se basa en la media	,703	3	8	,576
	Se basa en la mediana	,404	3	8	,754
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,404	3	6,665	,755

	Se basa en la media recortada	,683	3	8	,587
28,00	Se basa en la media	,165	3	8	,917
	Se basa en la mediana	,073	3	8	,973
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,073	3	7,225	,972
	Se basa en la media recortada	,158	3	8	,921

Para todos los tiempos y métodos, los valores p son mayores a 0.05, señalando que no hay evidencia necesaria para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas son iguales entre los grupos. Esto sugiere que las varianzas son homogéneas.

**Tabla 27. Prueba ANOVA**

Edad (días)		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
7,00	Entre grupos	152,669	3	50,890	508,897	,000
	Dentro de grupos	,800	8	,100		
	Total	153,469	11			
14,00	Entre grupos	182,037	3	60,679	282,227	,000
	Dentro de grupos	1,720	8	,215		
	Total	183,757	11			
28,00	Entre grupos	59,276	3	19,759	169,360	,000
	Dentro de grupos	,933	8	,117		
	Total	60,209	11			

Se obtuvo un p-valor menor a 0,05 con un análisis segmentado en las diferentes edades, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

#### 4.6.3. Hipótesis específica 4

Ha: La influencia del relave minero en la resistencia a la Flexión del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024 es significativa.

Ho: La influencia del relave minero en la resistencia a la Flexión del concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024 no es significativa.

**Tabla 28.** Prueba de normalidad mediante Shapiro Wilk

Edad	Dosificaciones	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
28 días				
Resistencia a la flexión	,00	,750	3	,000
	1,00	,964	3	,637
	3,00	1,000	3	1,000
	5,00	,750	3	,000

El p-valor se encuentra que en dos casos es mayor a 0,05, por lo tanto, los datos presentan una distribución normal.

**Tabla 29.** Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Resistencia a la flexión	Se basa en la media	1,333	3	8	,330
	Se basa en la mediana	,611	3	8	,627
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	,611	3	6,000	,632
	Se basa en la media recortada	1,278	3	8	,346

Para todos los métodos, los valores p son mayores a 0.05, mostrando que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que las varianzas son iguales entre los grupos. Esto sugiere que las varianzas son homogéneas.

**Tabla 30. Prueba ANOVA**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	104,250	3	34,750	34,750	,000
Dentro de grupos	8,000	8	1,000		
Total	112,250	11			

Se obtuvo un p-valor menor a 0,05 con un análisis segmentado en las diferentes edades, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

#### 4.6.4. Hipótesis específica 5

Ha: Existe influencia significativa de la dosificación del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.

Ho: No existe influencia significativa de la dosificación del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.

**Tabla 31. Prueba Tukey para resistencia a la compresión a los 28 días**

Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
5,0	3	270,333		
,0	3		310,333	
1,0	3		314,000	
3,0	3			330,667
Sig.		1,000	,384	1,000

El primer subconjunto, que incluye la dosificación del 5% con una resistencia promedio de 270.333 kg/cm<sup>2</sup>, es significativamente menor que los otros subconjuntos. El segundo subconjunto agrupa las dosificaciones del 0% y 1%, con resistencias de 310.333 kg/cm<sup>2</sup> y 314.000 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas. El

tercer subconjunto, que incluye únicamente la dosificación del 3%, muestra la mayor resistencia con 330.667 kg/cm<sup>2</sup>, significativamente superior a las demás dosificaciones, por lo tanto, las diferentes dosificaciones de relave minero tienen una influencia significativa en la resistencia a la compresión del concreto, con el 3% de relave siendo la dosificación óptima.

**Tabla 32.** Prueba Tukey para resistencia a la tracción a los 28 días

Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
,00	3	23,3000			
5,00	3		25,0000		
1,00	3			26,3667	
3,00	3				29,3667
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

El primer subconjunto incluye la dosificación del 0% con una resistencia promedio de 23.3000 kg/cm<sup>2</sup>, el segundo subconjunto agrupa la dosificación del 5% con una resistencia de 25.0000 kg/cm<sup>2</sup>, el tercer subconjunto incluye la dosificación del 1% con una resistencia de 26.3667 kg/cm<sup>2</sup>, y el cuarto subconjunto incluye la dosificación del 3% con una resistencia de 29.3667 kg/cm<sup>2</sup>. Cada uno de estos subconjuntos es significativamente diferente de los demás ( $p < 0.05$ ), lo que indica que cada incremento en la dosificación de relave tiene un efecto positivo en la resistencia a la tracción hasta un 3%, después de lo cual una mayor dosificación no sigue aumentando significativamente la resistencia.

**Tabla 33.** Prueba Tukey para resistencia a la flexión a los 28 días

Dosificaciones	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
,00	3	37,3333		

5,00	3	38,3333	38,3333	
1,00	3		40,3333	
3,00	3			45,0000
Sig.		,630	,144	1,000

El primer subconjunto incluye la dosificación del 0% con una resistencia promedio de 37.3333 kg/cm<sup>2</sup> y la dosificación del 5% con una resistencia de 38.3333 kg/cm<sup>2</sup>, mostrando que no hay una diferencia significativa entre estas dos dosificaciones (p = 0.630). El segundo subconjunto incluye la dosificación del 1%, con una resistencia promedio de 40.3333 kg/cm<sup>2</sup>, que es significativamente mayor que las dosificaciones del 0% y 5% (p = 0.144). El tercer subconjunto, con la mayor resistencia promedio de 45.0000 kg/cm<sup>2</sup>, corresponde a la dosificación del 3%, mostrando una diferencia significativa con todas las otras dosificaciones (p = 1.000).

Entonces, las diferentes dosificaciones de relave minero influyen significativamente en la resistencia a la compresión, tracción y flexión del concreto, siendo 3% de relave el mejor en el desempeño estructural.

## CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS

**Objetivo General: Determinar la influencia de la utilización del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.**

Los resultados del estudio indican que la adición de relave minero al concreto para pavimento rígido mejora significativamente las propiedades mecánicas del material. La dosificación óptima de relave minero fue del 3%, mostrando mejoras notables en la resistencia a la compresión, tracción y flexión del concreto. A los 28 días, los valores de resistencia alcanzaron 330.67 kg/cm<sup>2</sup> en compresión, 29.37 kg/cm<sup>2</sup> en tracción y 45.00 kg/cm<sup>2</sup> en flexión. Similar al estudio, Huaicane (2023) encontró que la dosificación de relave entre 10% y 40% influye en las propiedades del concreto, aunque sus hallazgos iniciales mostraron una variabilidad en las resistencias. Esto coincide con la observación de que una dosificación óptima (en el estudio, 3%) es crucial para mejorar la resistencia.

Por otro lado, López (2023) se centró en la planificación y mejora de vías terciarias en Colombia, su enfoque en el control y la inspección de la calidad del pavimento rígido resalta la importancia de una gestión técnica rigurosa para lograr resultados óptimos. Los hallazgos de este autor complementan con los resultados del estudio al subrayar la necesidad de una implementación cuidadosa y controlada del relave minero en pavimentos rígidos.

Además, Araujo et al. (2022), encontró que el uso de relaves de cobre y hierro puede mejorar la resistencia del concreto, ahorrando hasta un 20% en costos. Estos hallazgos respaldan la viabilidad del uso de relaves en la construcción, similar a los resultados obtenidos en este estudio.

Finalmente, Arévalo y Rincón (2021), en su estudio sobre la implementación de planes de gestión en proyectos de pavimentos rígidos, subrayaron la importancia de la

formación y seguridad en proyectos de construcción. Aunque su enfoque fue diferente, sus conclusiones sobre la necesidad de una gestión integral y bien informada se alinean con los hallazgos de este estudio sobre la importancia de una dosificación y control adecuados del relave minero.

**Objetivo Específico 1: Caracterizar las propiedades físico-químicas del relave minero empleado en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.**

El relave minero utilizado tiene un pH de 8.15, conductividad eléctrica de 243 mS/cm, cloruros de 130 ppm, sulfatos de 1824 ppm y sales solubles totales de 2045 ppm. Estos valores son importantes para evaluar cómo el relave puede afectar la mezcla de concreto y su durabilidad. El pH ligeramente alcalino puede influir en la reacción del cemento y la durabilidad del concreto. La alta conductividad eléctrica indica una alta concentración de iones, lo que puede afectar la resistencia del concreto. Los niveles de cloruros y sulfatos son significativos ya que pueden causar corrosión en las estructuras metálicas internas y expansión en el concreto, respectivamente.

Con respecto a ello, Condori (2019) encontró un pH de 8.15 y una concentración de Cl<sup>-</sup> de 126.48 ppm, valores comparables a los obtenidos en esta investigación, confirmando la consistencia en las características físico-químicas del relave.

**Objetivo Específico 2: Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la compresión del concreto  $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.**

Los resultados del estudio muestran que la adición de relave minero tiene un efecto significativo en la resistencia a la compresión del concreto ( $p=0,000$ ). Las mezclas con diferentes porcentajes de relave (0%, 1%, 3% y 5%) revelaron que la dosificación

óptima para la resistencia a la compresión es del 3%, alcanzando un esfuerzo promedio de 330.67 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. En comparación, las mezclas con 0%, 1% y 5% de relave alcanzaron esfuerzos promedio de 310.33 kg/cm<sup>2</sup>, 314.00 kg/cm<sup>2</sup> y 270.33 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Este hallazgo es consistente con estudios anteriores que también han observado mejoras en la resistencia del concreto con la adición de relave minero. Sin embargo, es importante destacar que las proporciones óptimas pueden variar según el tipo de concreto y las condiciones específicas de cada estudio.

Aguilar y Lama (2020) observaron mejoras en la resistencia a la compresión con una dosificación similar, aunque su estudio se centró en un concreto con una resistencia especificada menor ( $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>). Esto sugiere que el efecto beneficioso del relave puede ser consistente a través de diferentes resistencias especificadas del concreto, siempre que la dosificación sea adecuada.

Mercado y Reyna (2020) encontraron que las proporciones más altas de relave (10% y 20%) también podían mejorar la resistencia a la compresión, pero en nuestro estudio, una dosificación del 5% no produjo los mejores resultados. Esto podría deberse a las diferencias en las propiedades físico-químicas del relave utilizado, el diseño de mezcla del concreto o las condiciones de curado.

**Objetivo Específico 3: Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la tracción indirecta del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.**

Los resultados del estudio muestran que la adición de relave minero presenta una significancia positiva en la resistencia a la tracción indirecta del concreto. Las mezclas con diferentes porcentajes de relave (0%, 1%, 3% y 5%) revelaron que la dosificación óptima para la resistencia a la tracción es del 3%, alcanzando un esfuerzo promedio de 29.37 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. En comparación, las mezclas con 0%, 1% y 5% de relave

alcanzaron esfuerzos promedio de 23.30 kg/cm<sup>2</sup>, 26.37 kg/cm<sup>2</sup> y 25.00 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente

A lo cual, Alva (2021) observó mejoras en la resistencia a la compresión en un 103.2% al sustituir el cemento con un 10% de relave, lo cual sugiere que el relave puede actuar como un mejorador general de las propiedades mecánicas del concreto. Aunque su estudio no se centró específicamente en la resistencia a la tracción, los principios de mejora observados son aplicables a nuestros hallazgos, donde una dosificación del 3% de relave evidenció una mejora significativa en la resistencia a la tracción.

Además, Aguilar y Lama (2020) encontraron que la adición de relave mejoró la resistencia a la compresión del concreto, lo cual es coherente con nuestros hallazgos de mejora en la resistencia a la tracción. Esto sugiere que el relave puede contribuir a una mejor cohesión y distribución de cargas dentro del concreto, mejorando así sus propiedades tensiles.

**Objetivo Específico 4: Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la flexión del concreto  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.**

Los resultados del estudio muestran que la adición de relave minero tiene un impacto significativo en la resistencia a la flexión del concreto. Las mezclas con diferentes porcentajes de relave (0%, 1%, 3% y 5%) revelaron que la dosificación óptima para la resistencia a la flexión es del 3%, alcanzando un esfuerzo promedio de 45.00 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días. En comparación, las mezclas con 0%, 1% y 5% de relave alcanzaron esfuerzos promedio de 37.33 kg/cm<sup>2</sup>, 40.33 kg/cm<sup>2</sup> y 38.33 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

Además, Monte de Oca et. al. (2021) observó que las dimensiones y proporciones de las losas afectan su resistencia, lo que sugiere que la configuración y la dosificación

adecuada de materiales son cruciales para mejorar las propiedades estructurales del concreto. Esta investigación refuerza esta idea al demostrar que una dosificación del 3% de relave minero proporciona la mayor mejora en la resistencia a la flexión.

Condori (2019) encontró mejoras en la resistencia a la flexión con una mayor proporción de relave (25%). Aunque la proporción óptima identificada en nuestro estudio es menor, ambos estudios resaltan el potencial del relave minero para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. La diferencia en las proporciones óptimas puede atribuirse a las variaciones en las propiedades del relave y las condiciones específicas del concreto utilizado.

**Objetivo Específico 5: Establecer la influencia de la dosificación del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.**

Los resultados muestran que la dosificación del relave minero tiene una influencia significativa en el desempeño estructural del concreto. En particular, la dosificación óptima fue del 3%, mostrando las mayores mejoras en resistencia a la compresión (330.67 kg/cm<sup>2</sup>), resistencia a la tracción (29.37 kg/cm<sup>2</sup>) y resistencia a la flexión (45.00 kg/cm<sup>2</sup>). En comparación, las dosificaciones de 0%, 1% y 5% mostraron variaciones en las resistencias, con la dosificación del 5% mostrando una disminución en la resistencia en comparación con las otras dosificaciones.

Por otro lado, Suarez (2022) encontró que la adición de relave en porcentajes más altos (hasta 25%) también puede ser beneficiosa. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que una dosificación del 5% no es óptima y puede incluso reducir las propiedades mecánicas del concreto. Esto destaca la importancia de encontrar una proporción adecuada que maximice los beneficios del relave sin comprometer la integridad del concreto.

Además, López (2023) enfatiza la necesidad de una planificación y control riguroso en la implementación de materiales nuevos. Los resultados del estudio refuerzan esta perspectiva, mostrando que la dosificación precisa y controlada del relave es crucial para obtener los mejores resultados en términos de desempeño estructural.

## CONCLUSIONES

- La utilización del relave minero en el concreto para pavimento rígido muestra una influencia positiva en el desempeño estructural. La dosificación óptima identificada es del 3%, la cual mejora significativamente las resistencias a la compresión, tracción y flexión.
- El relave minero utilizado tiene un pH de 8.15, una conductividad eléctrica de 243 mS/cm, cloruros en 130 ppm, sulfatos en 1824 ppm y sales solubles totales de 2045 ppm.
- La adición de relave minero mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto. La dosificación óptima del 3% resultó en un esfuerzo promedio de 330.67 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, comparado con los 310.33 kg/cm<sup>2</sup> del concreto sin relave.
- La adición de relave minero también mejora la resistencia a la tracción indirecta del concreto. La dosificación del 3% mostró un esfuerzo promedio de 29.37 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, significativamente mayor que los 23.30 kg/cm<sup>2</sup> del concreto sin relave.
- La resistencia a la flexión del concreto también se beneficia con la adición de relave minero, alcanzando un esfuerzo promedio de 45.00 kg/cm<sup>2</sup> con una dosificación del 3%, en comparación con los 37.33 kg/cm<sup>2</sup> del concreto sin relave.
- La dosificación del relave minero tiene una influencia significativa en el desempeño estructural del concreto. La dosificación óptima es del 3%, la cual mejora todas las resistencias evaluadas (compresión, tracción y flexión). Una dosificación mayor al 3% no continúa mejorando las propiedades y puede incluso reducirlas, como se observó con la dosificación del 5%.

## RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones, se recomienda realizar estudios de largo plazo sobre la durabilidad del concreto con adición de relave minero, evaluando su comportamiento frente a ciclos de congelación y descongelación, así como su resistencia a la penetración de cloruros y sulfatos en diferentes condiciones ambientales.
- Es aconsejable realizar un análisis detallado de la variabilidad en las propiedades físico-químicas del relave minero provenientes de diferentes fuentes y minas, para entender mejor cómo estas variaciones pueden influir en las propiedades del concreto.
- Se sugiere explorar la combinación de relave minero con otros componentes de reemplazo o materiales de desecho, para identificar posibles sinergias que puedan mejorar aún más la resistencia a la compresión del concreto.
- Para ampliar el conocimiento sobre las propiedades tensiles del concreto con relave minero, se recomienda realizar ensayos de resistencia a la tracción indirecta en diferentes condiciones de carga y a lo largo de períodos de tiempo extendidos.
- Investigar el impacto del relave minero en la resistencia a la flexión bajo condiciones de carga cíclica, lo que simularía mejor las condiciones reales de servicio de las estructuras de pavimento.
- Se recomienda realizar estudios adicionales con dosificaciones intermedias entre el 3% y el 5% para identificar con mayor precisión el rango óptimo de adición de relave minero, y considerar la evaluación de propiedades mecánicas adicionales como el módulo de elasticidad y la resistencia al desgaste.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGUILAR, Jhosep y LAMA, Jorge. Influencia de sustitución del agregado fino por relave, Mina Santa Luisa, sobre la resistencia a compresión del concreto - 2020. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, 2020. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58168>

Al-Atrush, M. Structural behavior of the geothermo-electrical asphalt pavement: A critical review concerning climate change. *Heliyon* [en línea]. 8, n.º 12, 06-diciembre-2022. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12107>

ALVA, Antony. Resistencia a la compresión de bloquetas de concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ , al sustituir el cemento con relave minero en 10 y 20 % - Ancash. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2021. Disponible en <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20491>

APLICACIÓN de nuevas tecnologías a la conservación de la red vial de Arequipa caso corredor vial: Cañón del Colca – Valle de los volcanes por Deza Velarde Segundo Raúl [et al]. Tesis (Magister en Dirección de la Construcción). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2017. Disponible en [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622095/Deza\\_vs.pdf?sequence=5](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/622095/Deza_vs.pdf?sequence=5)

AREVALO, Iveth y RINCON, Jeison. Implementación del plan de gestión integral de obra – PGIO en proyectos de pavimentos rígidos. Tesis (Título en Interventoría de Obras Civiles). Ocaña: Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, 2021. Disponible en <https://repositorioinstitucional.ufpso.edu.co/xmlui/handle/20.500.14167/934>

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros [en línea]. Chiclayo, Perú, [s.n.], 2016 [fecha de consulta: 22 de noviembre de 2023]. Disponible en: [https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Cient%C3%ADfica\\_para\\_ingenier%C3%ADa\\_Civil](https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil)

CARMO, J y PORTELLA, K. Comparative study of mechanical performance of silica fume and metakaolin mineral admixtures in concrete structures. *Cerámica* [en línea]. 54, n.º 331. [Fecha de consulta: 27 de diciembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0366-69132008000300007>

CARRASCO, Sergio. Metodología de La Investigación Científica. Editorial San Marcos EIRLTDA, 2019. 476 pp. ISBN: 9789972383441.

CONDORI, Oliver. Evaluación de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto con el uso de Material de Desechos de Procesos Mineros, Procedentes de la Mina la Rinconada en Reemplazo del Agregado Fino. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2019. Disponible en <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2975>

DESHMUKH, Ashlesha, RABBANI, Ahsan y DHAPEKAR, N. Study of rigid pavements – Review. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)* [en línea]. 8, n.º 6, junio de 2017. [Fecha de consulta: 27 de diciembre de 2023]. Disponible en [https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal\\_uploads/IJCIET/VOLUME\\_8\\_ISSUE\\_6/IJCIET\\_08\\_06\\_016.pdf](https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_8_ISSUE_6/IJCIET_08_06_016.pdf)

ENRIQUEZ, Kewin y JURADO, Jheyson. Influencia del uso de relave minero en largueros de concreto para muros de contención tipo criba. Tesis (Título en Ingeniería

Civil). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2023. Disponible en <https://repositorio.unh.edu.pe/items/77799a06-aece-494a-a9d1-f9a9f6e11e48>

GAYANA, B y CHANDAR, Karra. Sustainable use of mine waste and tailings with suitable admixture as aggregates in concrete pavements-A review. *Advances in Concrete Construction* [en línea]. 6, n.º 3. [Fecha de consulta: 28 de diciembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.12989/acc.2018.6.3.221>

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta [en línea]. México: Mc Graw Hill Education, 2018 [fecha de consulta: 11 de enero de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación [en línea]. 6.ª ed. México: Mc Graw Hill Education, 2014 [fecha de consulta: 11 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

HUAICANE, Sergio. Reciclaje del relave en la optimización del concreto lanzado en minera Cuzcatlan Oaxaca de Juárez-México. Tesis (Magister en Geología). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2023. Disponible en <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/20751>

Instituto de la Construcción y Gerencia (Perú). Norma Técnica 0.50 Suelos y Cimentaciones 2018. Perú: 2018. 46 pp.

MONTES DE OCA, María. Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica. Artículo Científico (Magister en Infraestructura vial). Costa Rica:

Universidad de Costa Rica, 2021. Disponible en <http://dx.doi.org/10.15517/iv.v23i42.46947>

LÓPEZ, Jasson. Apoyo técnico en el control e inspección para el mejoramiento de vías terciarias mediante pavimento rígido en los municipios de Argelia y Nariño del departamento de Antioquía, Colombia. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Medellín: Universidad de Antioquía, 2023. Disponible en <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/36689>

MELGAREJO, Yaneth. Resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad San Pedro, 2018. Disponible en <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5397>

MERCADO, Paola y REYNA, Kenyi. Influencia de los porcentajes de los relaves mineros en la resistencia a la compresión en bloques de concreto ensamblables, Trujillo 2019. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2020. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24416>

MINISTERIO de Energía y Minas [en línea]. Perú: Dirección General de Eficiencia Energética, [2020] [fecha de consulta: 27 de diciembre de 2023]. Disponible en [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/1\\_%20guia%20mineria%20metalica%20DGEE-1.pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/1_%20guia%20mineria%20metalica%20DGEE-1.pdf)

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones [en línea]. Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, 2018 [fecha de consulta: 28 de diciembre de 2023]. Disponible en [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)

MONTOYA, Marco. Propuesta de planificación del mantenimiento de carreteras en países en desarrollo basado en sistemas de gestión de pavimentos: estudio de caso en Baja California, México. Tesis (Doctor en Ciencias). Baja California: Universidad Autónoma de Baja California, 2020. Disponible en <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/entities/publication/61d201a3-73a1-4e2f-85fb-e485f274e2b0>

NAMUCHE, Franklin. Resistencia de la sustitución del 5%, 10% y 15% de cemento, por la combinación de relave minero en la elaboración de morteros de edificaciones de albañilería en Huaraz, 2017. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2018. Disponible en <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/7981>

RECYCLING and reuse of mine tailings: A review of advancements and their implications por Araujo Francisco [et al]. *Geosciences* [en línea]. 2022, n.o9. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2023]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2076-3263/12/9/319>

ROJAS, Lisset y VENTURA, Liz. Utilización del relave minero para la elaboración de bloques de concreto tipo ensamblable. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica, 2017. Disponible en <https://repositorio.unh.edu.pe/items/18a27665-9088-4a26-8e37-4ee8047ad629>

RONDÓN, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos Materiales, construcción y diseño [en línea]. ECOE Ediciones, 2015 [fecha de consulta: 28 de diciembre de 2023]. Disponible en <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2015/08/pavimentos.pdf>

SAAVEDRA, Roal y BEINGOLEA, Rafael. 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 kg/cm<sup>2</sup>. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2019. Disponible en <https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/17ef13f3-b3af-48a1-8a49-ae20d8769eee>

SERVICIO Nacional de Geología y Minería. [s.n.]. 26 de julio de 2023. Disponible en: <https://www.sernageomin.cl/preguntas-frecuentes-sobre-relaves/>

SKRZYPEZAK, Izabela, RADWANSKI, Wojciech y Pytlowany, Tomasz. Durability vs technical – the usage properties of road pavements. *E3S Web of Conferences* [en línea]. n.º 45. [Fecha de consulta: 27 de diciembre de 2023]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/326688353\\_Durability\\_vs\\_technical\\_-\\_the\\_usage\\_properties\\_of\\_road\\_pavements/citations](https://www.researchgate.net/publication/326688353_Durability_vs_technical_-_the_usage_properties_of_road_pavements/citations)

SUAREZ, Adderly. El relave minero como agregado del concreto en el diseño de mezcla en f'c=350 kg/cm<sup>2</sup> al 5%, 15%, 25% en el centro poblado de Chicrin-2021. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Huánuco: Universidad de Huánuco, 2022. Disponible en <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3432;jsessionid=3233045DCCBF3B96A433529C020558EB>

## **ANEXOS**

**Anexo 01: Matriz de consistencia**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOESIS GENERAL</b>	<b>INDEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIONES X</b>	<b>TIPO:</b> Aplicada
¿De qué manera la utilización del relave minero influye en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?	Determinar la influencia de la utilización del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.	La utilización del relave minero influye significativamente en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.	Utilización del relave minero	Propiedades físico-químico del relave minero.  Dosificación.	<b>NIVEL:</b> Relacional  <b>MÉTODO:</b> Científico - Experimental y estadístico  <b>DISEÑO:</b> Experimental
<b>PROBLEMAS ESPECIFOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>	<b>DEPENDIENTE</b>	<b>DIMENSIONES Y</b>	<b>POBLACIÓN:</b> Probetas de concreto y vigas con una resistencia característica de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup>
a) ¿Cuáles son las propiedades físico-químicas del relave minero empleado en el desempeño estructural del pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024? b) ¿Qué influencia tiene el relave minero en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> empleado en pavimento rígido en la	a) Caracterizar las propiedades físico-químicos del relave minero empleado en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024. b) Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> para pavimento rígido en la	a) Las propiedades físico-químicas del relave minero mejoran el desempeño estructural del pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024. b) El relave minero afecta significativamente la resistencia a la compresión del concreto con $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.	Desempeño estructural de pavimento rígido	Resistencia a la compresión  Resistencia a la tracción indirecta  Resistencia a la flexión.	<b>MUESTRA:</b> Muestreo no probabilístico por cuotas estará compuesta por 12 vigas y 74 probetas.

<p>provincia de Tarma - Junín, 2024?</p> <p>c) ¿Cómo afecta el relave minero a la resistencia a la tracción indirecta del concreto <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?</p> <p>d) ¿Cuál es la influencia del relave minero en la resistencia a la flexión del concreto <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> utilizado en pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?</p> <p>e) ¿Qué impacto tiene la dosificación del relave minero en el desempeño estructural del pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024?</p>	<p>provincia de Tarma - Junín, 2024.</p> <p>c) Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la tracción indirecta del concreto <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.</p> <p>d) Determinar la influencia del relave minero en la resistencia a la flexión del concreto <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.</p> <p>e) Establecer la influencia de la dosificación del relave minero en el desempeño estructural de pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.</p>	<p>c) El relave minero influye significativamente en la resistencia a la tracción indirecta del concreto con <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.</p> <p>d) El relave minero tiene una influencia significativa en la resistencia a la flexión del concreto con <math>f'c=280</math> kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.</p> <p>e) La dosificación del relave minero tiene una influencia significativa en el desempeño estructural del pavimento rígido en la provincia de Tarma - Junín, 2024.</p>			
---	---	--	--	--	--

**Anexo 02: Operacionalización de variables**

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE VALOR</b>
Utilización del relave minero	Se trata de un conjunto de residuos peligrosos resultantes de las operaciones mineras, concretamente derivados de la acumulación de niveles elevados de sustancias químicas.	Empleo del relave minero en reemplazo del agregado fino para el diseño de briqueta a compresión.	Propiedades físico químico del relave minero  Dosificación	pH Conductividad eléctrica Cloruro (Cl <sup>-</sup> ) Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) Sales solubles totales  I1: 1.0% I2: 3.0% I3: 5.0%	Intervalo
Desempeño estructural de pavimento rígido	Según Carmo y Portella (2008), las cualidades físico-mecánicas del pavimento rígido consolidado son los atributos más importantes. El hormigón consolidado requiere el cálculo de su volumen en función de muchos factores, como la consistencia, la absorción, la compresión y las pruebas de flexión. En última instancia, el pavimento inflexible obtendrá siempre el apoyo de la subrasante subyacente. Apoyado sobre la subrasante.	Carmo y Portella (2008), sostienen que las características físico - mecánico del concreto se ven representadas mediante sus dimensiones y resistencia para esto, si obtiene la resistencia requerida. En la etapa de endurecido se sujetará de elementos que son: ensayos de resistencia a la compresión y flexión, asentamiento, absorción.	Resistencia a la compresión	I1: kg/cm <sup>2</sup>	Razón
			Resistencia a la tracción indirecta	I2: kg/cm <sup>2</sup>	
			Resistencia a la Flexión	I3: kg/cm <sup>2</sup>	

### Anexo 03: Ensayos de laboratorio



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima  
Psje. Nuñez N° 122-152 Chilea, Huancayo  
Celular: 964046688 / 955505584  
Teléfono Fijo: 064-212021  
Correo: silvergeotec@gmail.com

RESLT'D' DEE S 'LN'  
TECNOLOGIA OEL CONCRETO PA:RA  
TESIS

TESIS:

"UTILIZAOON DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO  
LSTRUCTURAL DE PAVMENTO RGDO EN LA PROVNTA DE  
TAAMA- JUMN2024"

LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
CONTROL DE CALIDAD, ASISTENCIA  
TÉCNICA EN OBRAS CIVILES,  
GEOTECNIA, GEOFISICA, MECANICA  
DE ROCAS, EXPEDIENTES TÉCNICOS  
SUPERVISIÓN DE OBRAS

LOCALIDAD : HUANCAYO  
DISTRTO : HUANCAYO  
PROVINCIA : HOANCAYD  
DEPA TgfyjENTO : JJNIN

Huancayo, Junio del 2024

SOLICITANTE:

INF6RMf SG. N°88/2024

Bart. RONALD BEHfiÂROl#õ 90YIS Â8R0Y6

## RESULTADOS DE ENSAYOS EN TECNOLOGIA DEL CONCRETO PARA TESIS

### PROYECTO:

"UTILIZACION DEL RELAVEMENTO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL  
DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma JUNIO 2024"

## CALIDAD DE AGREGADOS Y CARACTERIZACION DEL RECIPIENTE

LOCALIDAD : HUANCAYO

DISTRITO : HUANCAYO

PROVINCIA : HUANCAYO

DEPARTAMENTO : JUNIN

### SOLICITANTE:

B t RONALD BERNARDINO POVSARRO

Huancayo, Junio del 2024



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío  
Lima  
Pape. N° 122-152 Chifca. Huancayo  
Tel: 05414686 / 955505584  
Correo: silvergeotec@gmail.com

Informe de Resultados de Ensayo

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
06-04-24	06-04-24	M-01	SG N°088/2024

ANTE:

TESIS:

BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

"UTILIZACIÓN DEL LAVADO MUY FINE EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS EN EL CANTÓN DE Tarma - N.º 4"

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS SEGÚN ASTM C136/C136M-19
- HUMEDAD EVAPORABLE SEGÚN ASTM C566-13

DEPARTAMENTO : JUNÍN

Modalidad : Muestreo por el Cliente

Lugar de Muestreo : Depósito de Agregados

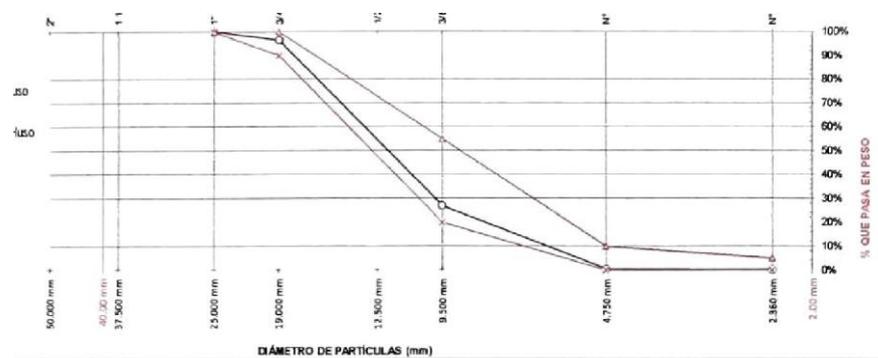
Muestra : Agregado Grueso

Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación Según ASTM D7...

Análisis Granulométrico agregado grueso ASTM C136/C136M-18						Humedad evaporable según ASTM C566-13			
Tamaño	Abertura	Retenido	%	% Acumulado	% Pasado	Var.	Unidad	Muestra	
1 1/2"	37.50 mm	0.0 g	0.0%	0.0%	100.0%	M <sub>w</sub>	(g)		
1"	25.00 mm	0.0 g	0.0%	0.0%	100.0%	M <sub>sec</sub>	(g)		
3/4"	19.00 mm	175.0 g	3.5%	3.5%	96.5%	M <sub>sec</sub>	(g)		
1/2"	12.50 mm	715.0 g	14.3%	17.8%	82.2%	M <sub>w</sub>	(g)	4275	
3/8"	9.50 mm	2763.0 g	55.3%	73.1%	26.9%	M <sub>w</sub>	(g)		
Nº 4	4.75 mm	2800 g	56.0%	73.1%	26.9%	M <sub>w</sub>	(g)		
FONDO						5.0	0.1%	100.0%	0.0%

Límites Granulométricos en agregado grueso según ASTM C33/C33M-18

Huso	Tamaño máximo nominal	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8
4	37.5 mm a 19 mm	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	0 a 5	0 a 5	---
467	37.5 mm a 4.75 mm	100	90 a 100	---	35 a 70	---	10 a 30	0 a 5
5	25 mm a 12.5 mm	---	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	---
56	25 mm a 9.5 mm	---	100	90 a 100	40 a 85	0 a 10	0 a 15	0 a 5
57	25 mm a 4.75 mm	---	---	95 a 100	---	25 a 60	---	0 a 10
6	19 mm a 9.5 mm	---	---	---	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5
6	19 mm a 4 mm	---	---	---	90	---	---	---
7	12.5 mm a 4.75 mm	---	---	---	100	60 a 100	60 a 70	0 a 5



- Los agregados han sido producidos y seleccionados en laboratorio de tal manera que cumplan con un Huso granulométrico y Franja granulométrica que establece el diseño de mezclas del ACI PRC-211.1-22
- El código de Muestra o Actividad M-01 hace referencia a la calidad de Agregados de solo 01 muestra que agrupa al Agregado Grueso y Agregado Fino que se empleó en el Diseño de Mezcla.





INFORME DE RESULTADO DE ENSAYO

Correo: info@geotec.com

06-04-24

08-04-24

M-01

SG: N°088/2024

BAH. / DNALD BERHARDIFIO POVIS ARROYO

"UTILIZACIÓN DEL REMOLQUE MINERO EN EL OESTE DEL PERÚ ESTRUCTURAS PAVIMENTOS ROLLO EN LA ENOVACIÓN DE LAS CARRETERAS, ZONA 4-

PROYECTO : HTJANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-18
- ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS SEGUN ASTM C136/C136M-19
- HUMEDAD EVAPORABLE SEGUN ASTM C566-13

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Lm de QUE

"Ala ampa"

Altitud (Cota) : 3.244,00 m s.n.m.

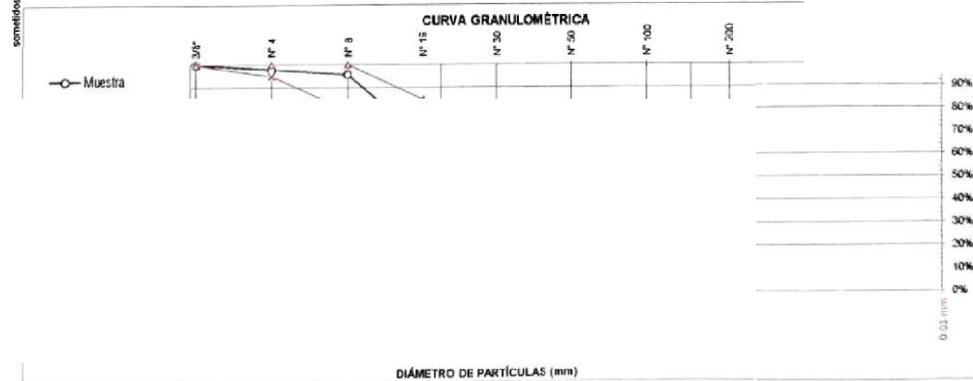
Coordenadas UTM : E 479370 N 8662194

un, -ao-clo 6 creto Muestreo aleje - Aimagen p o unidades de Jiansqu\*ta«on

seaún / ru U7S-03

Agregado fino ASTM C136/C136M-18						Humedad evaporable		
		Peso Retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado	Variable	Nro	Muestra
							Var.	Unidad
Nº 4	4.75 mm	20.5 g	2.0%	2.0%	98.0%	(A) Peso de Tara Vacío	M <sub>t</sub>	(g)
Nº 8	2.36 mm	150	1.25	43a	CTA	(B) Peso de Tara & Muestra Húmeda	M <sub>hms</sub>	(g)
Nº 16	1.18 mm	10.0g	0.75	12.0	SE.ec	(C) Peso de Tara & Muestra Seca	M <sub>ms</sub>	(g)
Nº 30	0.6 mm	2.0g	0.15	6.0	39.Xc	(D) Peso de la Muestra Seca (C-A)	M <sub>s</sub>	(g)
Nº 50	0.3 mm	0.5g	0.04	1.5	20.es	Peso de Agua (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)
Nº 100	0.15 mm	0.1g	0.008	0.08	0.7B	(F) Contenido Humedad (100% E/D)	w	(%)
Nº 200	0.075 mm	0.02g	0.0015	0.015	0.015			

Nº	Medida en mm	Medida en pulg.	Apertura
1	9.5 mm	[3/8]	100%
2	4.75 mm	[3/16]	95% a 100%
3	2.36 mm	[3/32]	90% a 100%
5	BDpm		
6	40 gm		2 e 10
7	100 gm		
8	75 m		



OBSERVACIONES: Los agregados han sido producidos y seleccionados en laboratorio de tal manera que cumplan con un Huso granulométrico y Franja granulométrica que establece el diseño de mezclas del ACI PRC-211.1-22. El código de Muestra o Actividad M-01 hace referencia a la calidad de Agregados de solo 01 muestra que agrupa el Agregado Grueso y Agregado Fino que se

Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

Ing. Civil J. J. OLIVERA  
RUC: 20601688524  
[Firmado]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/D80



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2009 Int. 104 Urb. Ello, Lima  
 Peje Nules N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 084040886 / 955905584  
 www.silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
02-03-2017	02-03-2017	Bo1	9G NT8S202

Bach. ROYALD BERNARDO POVI8 ARROYO

UTIGZAOITSK GJGJ. REMVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESZLTCIC7IJRAL  
 OE PAVIMENTQ RIQIOO SN I-A PaOVLaCIA DE TAR... - Jul x "

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNIN

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C33/C33M-18
- PRUEBA ESTÁNDAR PARA MATERIALES MÁS FINOS QUE 75 MM (NO 200)

MCmooge u teo uu,si,eoasdesl \*ImaenNeo umose deTan\*pona6n 0eg\*# ASTM D' "-\*^

BOTOBY RBBULTABDB BEL A@NKGABO FIN•

por escrito del LABORATORIO

sin año

depo y no debeta rétridu: 88

ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	M-01	M-02	M-03
02	fesoBaxteja	gr	180.0	181.0	172.0
03	PgamieslaSecagdaj•gzx#p	gr	14500	UO	1350.0
04	eo»o»+)+t*s•en•i+s•a•l•	em	dos.0	USO	(*AAA
05	P mçstzStelçladsinLa,a	gi	1z/o.o	Jz790	120&0
06	Puor«wtz3eOFualLayala	gr	126S.0	12/X0	1*0*0
08	gsmAmdegmmapmcsnemo	B	03L	O*Z	028
09	Cantidad de Material Fino Promedio	%		0.3%	

yu#oSv ResuLTaos BBC AaneeAoo 6BuBb•

TEM	DESCRIPCIÓN	UND	U-01	M-02	M-03
01	N° Bandeja	N°	N° 70	N° 71	N° 72
02	Peso Bandeja	g	1pl.0	197.0	195.0
	Peso muestra Seca Inicial + Bandeja				
g5	/#ço mútua \$#e G gg sin çala	gi	\$122.0	5128.0	SIM.0

Actividad M-01 hace referencia a la calidad de Agregados de solo 01 muestra que agrupa al Agregado Grueso y Agregado Fino que se empleó en el Diseño de Mezcla



Ing. Cesar J. M. BUSTAMANTE OLIVERA  
 C.I.E.S. 10000000000000000000

Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
 Revisado: Ina. Johnny H. O.

RUC: 26601685524 [Pág. 03]

LatoMoie ae Ena•Yo• d• uairalee, inea4to mel Resl«e ae P=pad!R !^ da! \* ' ^''' Ae.M'soad



152 Chilca, Huancayo  
4040008 | 05550554  
silvergeotec@gmail.com

laFoa DE REEULY4ogs oE E8aAYo

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
06-04-24	09-04-24	M-01	5

SOLICITANTE:

BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

TESIS:

"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma - JUNÍN, 2024"

UBICACIÓN : LABORATORIOS Y SERVICIOS S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
CÓDIGO : JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- MÉTODO NORMALIZADO PARA TERRONES DE ARCILLA Y PARTICULAS DESMENUZABLES EN LOS AGREGADOS SEGÚN ASTM C142

P = 0.1%

$$\text{Fórmula: } P = \left( \frac{M - R}{M} \right) \cdot 100$$

del día

del año

del ensayo

del ensayo

del ensayo

del ensayo

¿Er000 NOgMAuixDO rAgATEaRosrs /r ARtIM Y PA CUT s DEsUENMs)zs En tL Bsl\EsAD06ButS0 aE6Glt kT9 t00.01t

Muestra de Tamiz designado para partículas Retenidas retenidas en el Tamiz

Muestra entre Tamices

Tamiz (1)	Tamiz (2)	[ M ]	Tamiz (1)	Abertura	[ M ]
3/4"	3/8"	2000 gr	Nº4	4.75 mm	3 gr

Tamiz (1)	Tamiz (2)	[ M ]	Tamiz (1)	Abertura	[ M ]
3/8"	Nº4	1000 gr	Nº4	4.75 mm	2 gr

P =

$$\text{Fórmula: } P = \left( \frac{M - R}{M} \right) \cdot 100$$

P: Porcentaje de partículas desmenuzables y terrones de arcilla

M: Masa de la muestra de ensayo para el agregado fino la masa de las partículas retenidas en el tamiz normalizado Nº 4

R: Masa de las partículas retenidas sobre el tamiz designado.

Diseño de Mezcla

Revisado: Bach. Gilmar R.O.  
Revisado: Ing. Johnny R.O.  
Laboratorio de Ensayos de Materiales, Insc



Ing. Cris J. R. O.  
ESPECIALISTA TECNICO

01/IC, 2016/169/E024



Jr. Angel Hernandez Luján N° 2809 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Paje Nules N° 125-152 Chica, Huancayo  
 Telef: 964046688 / 965505594  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
06-04-24	08-04-24	M-01	SG: N°088/2024

**TESIS:**

**"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"**

excFl. norlauD aE NxBOImo oavis wRovo

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C  
 DISTRITO : CHILCA  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN : EGADOS SEGÚN ASTM C33
- DETERMINACIÓN : LA INALTERABILIDAD DE AGREGADOS POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO SEGÚN NTP NTP 400 016

Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacén de unidades de Transportación  
 Depósito de Agregados "Azapampa" Altitud (Cota) : 3,244.00 m s n.m.  
 Coordenadas UTM : E 479370 N 866219  
 Según ASTM D73-03

DETERMINACIÓN DE LA ALTERABILIDAD DEL AGREGADO POR MEDIO DE SULFATO DE MAGNESIO SEGÚN NTP NTP 400.016

Pasa el Tamiz Normalizado	Retiene el Tamiz Normalizado	Masa Inicial [ g ]	Masa Final [ gr ]	Masa perdida por Sulfato de Magnesio	% de pérdida por Sulfato de Magnesio
W" 9.50mm	N4 4.75mm	0	0	0	0%
NW 4.75mm	N0 2.00mm	400	399	2	2R
N8 2.36 mm	N# 6 1.18 mm	100	98.50	1.5	2%
Notó 0.60 mm	n°S0 0.30 mm	100	99.50	0.5	1%

producción por escrito al LABORATORIO

DETERMINACIÓN DE LA ALTERABILIDAD DEL AGREGADO POR MEDIO DE SULFATO DE SODIO SEGÚN NTP NTP 400.016

Pasa el Tamiz	Retiene el Tamiz	Masa Inicial [ g ]	Masa Final [ g ]	Sulfato de Magnesio	por Sulfato de Magnesio
1 1/2" 37.50 mm	V4" 19.00 mm	1500	1490.0	10	1%
3/4" 19.00 mm	1/2" 12.50 mm	60	663.0	7	1%
1/2" 12.50 mm	3/8" 9.50 mm			40	
Muy Total Entay la		2470			

si o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse la

**OBSERVACIONES:** La solución de Sulfato de Magnesio empleada fue fresca.

Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.



Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004688-2018/DSO

RUC: 20601685524  
 [Pag. 06]



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

Código: silve\_email.com 06-04-24 07-04-24 M-01 SG N°088/2024

BACH. nolyALD BERNARDINO POVIS ARROYO

"UTILIZACIÓ DEL RELAVE MIMERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL de Pavimento elemento en v Provincia de Arequipa - Junín, zona 4"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

ENSAYOS REALIZADOS:

DEGRADACIÓN EN AGREGADO GRUESO DE TAMAÑOS M POR ABRASIÓN E IMPACTO EN MÁQUINA DE LOS ÁNGEL SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

Método de Muestreo : Muestreo desde el Almacén de unidades

Coordenadas L'TV

Degradación en Agregados gruesos de 4.75 mm o más por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles según norma ISO 5424:2010

b

aliméntala con la velocidad

elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total

afecta

Resultados

Muestra	Variable	Resultados	Godación	Número de Esferas	Masa de la Carga (g)
Procedencia			A	12	5000 ± 25
Tipo de Muestra			B	11	4584 ± 25
Nro de esferas		11	D	6	2500 ± 15
Nro de revoluciones		500			
Peso muestra inicial	C	5000 g			
Peso muestra final	Y	320 g			
Porcentaje de Desgaste		3.5%			

Tabla N° 1 - Carga de Esferas

Donde  
 $C = \text{es la masa original de la muestra en gramos}$   
 $Y = \text{es la masa final de la muestra en gramos}$   
 Fórmula de pérdida =  $\left[ \frac{C - Y}{C} \right] \times 100$

Tabla N° 2 - Gradación de las muestras de ensayo

Tamiz mm (apertura cuadrada)				Masa de tamaño indicada, g			
Que Pasa		Retenido Sobre		Gradación			
				B	C	D	
37.50 mm	[1 1/2 pulg]	25.00 mm	[1 pulg]	1250 ± 25	-----	-----	-----
19.00 mm	[3/4 pulg]	12.50 mm	[1/2 pulg]	1250 ± 10	200 ± 10	-----	-----
12.50 mm	[1/2 pulg]	9.50 mm	[3/8 pulg]	1250 ± 10	2500 ± 10	-----	-----
9.50 mm	[3/8 pulg]	6.30 mm	[1/4 pulg]	-----	-----	2500 ± 10	-----
6.30 mm	[1/4 pulg]	4.75 mm	[No. 4]	-----	-----	2500 ± 10	-----
4.75 mm	[No. 4]	2.36 mm	[No. 8]	-----	-----	-----	2500 ± 10
Total				5000 ± 25	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
 Revisado: Ing. Johnny R.O.



RUC: 20601

[Página 06]



Av. Angel Fernández Quiroz N° 2839 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 P.O. Box N° 129-152 Chilca, Huancayo  
 Telf: 964046988 / 955502584  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
08-04-24	10-04-24	M-01	SG N° 088/2024

DASH gailgE 'f4ARDibio POVIS ARROYO

"UTILIZACIÓN DEL RELAVE PIONERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGID EN LA PROVINCIA DE Tarma- JUNIN, 2024"

ccoi vxRmOP0SV cEO1CS^C

PROVINCIA HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO JUNIN

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Lugar de Muestreo

Coordenadas UTM

consultar y actualizar en la aplicación por correo del LABORATORIO

ccoÜNmrmc\*i«\* nEToeoenvw#T'uco

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UND	N° ESPÉCIMEN	
Masa del Pícnometro		gr	162.96	162.96
Volumen del Pícnometro		cm <sup>3</sup>	500	500
Temperatura del Agua		°C	23.0 °C	23.0 °C
Numero de Bandeja		N°	N° 26	N° 34
Masa de la Bandeja		gr	388.45	389.15
Masa de la Bandeja + Muestra seca al Horno		gr	882.46	885.14
Masa de la Muestra Secada al Horno	[A]	gr	494.01	495.59
Masa del Pícnometro con Agua hasta la marca de Calibración	[B]	gr	861.27	863.19
Masa del Pícnometro con Agua + Muestra SSS	[C]	gr	968.76	970.18
Masa Saturada con Superficie Seca (SSS)	[S]	gr	500.00	500.00
Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD)	[A] / [B - S - C]		2.56	2.57
Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD)	[S] / [B - S - C]		2.59	2.59
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)	[A] / [B - A - C]		2.64	2.62
% Absorción	(100) x [(S - A) / A]		1.2	0.8

RESULTADO PROMEDIO DEL AGREGADO FINO

Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD) 2.56  
 Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD) 2.59  
 Densidad Relativa aparente (Gravedad específica) 2.62  
 % Absorción 1.2

Método de Preparación de la Muestra



Pícnometro

Forma de Resultado

RAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GUESO SEGÚN ASTM C127-15

DESCRIPCIÓN	VARIABLE	UND	N° ESPÉCIMEN	
Temperatura del Agua		°C	23.0 °C	23.0 °C
Numero de Bandeja				
Masa de la Bandeja		gr		
Masa de la Muestra Seca al aire SSD		gr		
Masa de la Canastilla Sumergida		gr	430.0	430.0
Masa de la Canastilla + Masa de la Muestra Sumergida		gr	1684.0	1687.0
Densidad Relativa aparente (Gravedad específica)	[A] / [A - C]		2.69	2.69
% Absorción	[1]			

RESULTADO PROMEDIO DEL AGREGADO GUESO

Densidad Relativa (Gravedad específica) (OD) 2.62  
 Densidad Relativa (Gravedad específica) (SSD) 2.69  
 Densidad Relativa aparente (Gravedad específica) 2.69

Método de Preparación de la Muestra

Secado al Horno



Muestra Seca al Horno



Can SSD

OBSERVACIONES: - El código de Muestra o Actividad M-01 hace referencia a la calidad de Agregados de solo 01 muestra que agrupa al Agregado Gueso y Agregado Fino que se empleó en el Diseño de Mezcla.



Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

RUC: 20801685  
 [P] [Q]

Laboratorio de Ensayos de Materiales inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004586-2018/DSD



Bach. ROMEO eERMfIDIA R0vIE A+uz0VO

-uTluzActôzi oeL RELsvE minuto en em oEsEstPERo  
esrRuczu Ôe exvusBrio Rioloçl Eu LA PRowincix oe7xnua -  
uuulu, aza4-

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS  
EL AGREGADO FINO PARA CONCRETO SEGÚN NTP 400.024

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS IMPUREZAS ORGÁNICAS EN EL  
AGREGADO FINO PARA CONCRETO SEGÚN NTP 400.024**

11	3 (Estándar)
14	4
16	5

robustez

antes de ensayo y no cubra

elementos

evaluados

**OBSERVACIONES:** El color del líquido sobrenadante no es más oscuro que el del color de referencia de la solución estándar o del vidrio pat.

Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.



Ing. CAROLINA R. OLIVERA  
C.I. 20052  
ESPECIALISTA GEOTECNICO

RUC: 206

[Pág. 00]

Lab+who 4+ Erus) s ac u+\*alN, mc la en el 9egMfo ea eopkdsa Indveael d+IINO660rr a'n 9\*+\*lv6^ N°00\*z#alAc0D



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2609 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Paje Muñes N° 122-152 Chilca, Huaracayo  
 Telef. 081040006 / 081000064  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

Informe de Resultado de Ensayo

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
06-04-24	08-04-24	M-01	SG N°0882024

g q RÖttntDgrmtRDlWOfTh0SARR070

\*Vizluzactóri OgL RELUE MeIERO En EL DE0EM-ERO  
**ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma**  
**- JUNIN, 2024\***

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PARTÍCULAS LÍQUIDAS EN LOS

OeemQ, AuEuTo Juwn

RAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por Laboratorio  
 Muestra : Agregado Grueso y Fino  
 Ubicación : Muestreo desde el Almacén o unidades

Lugar de Muestreo : Depósito de Agregados  
 Altitud (Cota) : 3,244.00 m s  
 Coordenadas UTM : E 479370 N 8562194

DPTO

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PARTÍCULAS LÍQUIDAS EN EL AGREGADO FINO SEGÚN NTP 400.023**

$$W_2 = 496.90 \text{ gr}$$

mass de qo+u/cubs fi@nes.  
 las @rócyfos que/Tofan  
 )a/ro dn de/e imen más groeso gzze el tamiz mm /N°50J.

$$L = 2$$

no deber

**MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LAS PARTÍCULAS LÍQUIDAS EN EL AGREGADO GRUESO SEGÚN NTP 200.023**

$$W_1 = 4.20 \text{ gr}$$

MUE

Fórmula :  $L = (W_1/W_2) \times 100$

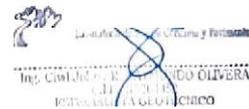
MUE

Masa seca de la fracción del espécimen más grueso que el tamiz: 300-mm (N950).

$$L = 0.1\%$$

El tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 3/4"  
 El líquido empleado fue una solución de cloruro de zinc en agua (para un peso específico hasta casi a 2.0)

Revisado: Ing. Johnny R. D.



[Pág. 00]



Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elia, Lima  
 Pje. N° 122-152 Chica, Huancayo  
 Telef. 04349608 / 05505604  
 I.T.W. - L.X.O. - V. - <<

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
0# . 0Mú\$	7tQ424	¡Ñ04	SG N°88e024

Bach. Rofialo BERM PINO POVIS xROYO

"UTILIZACIÓN DEL REMOLQUE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS RÍOLOS EN CONDICIONES DE TRABAJO DE ALTA VELOCIDAD"

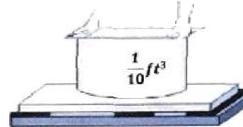
Ubicación: Huancayo, Río Sirén, Geotecnia  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA DENSIDAD APARENTE ("PESO UNITARIO") Y HUECOS EN EL AGREGADO SEGÚN ASTM C29/C29M-17a

Muestra: Agregado Grueso y Fino Lugar de Muestreo: "Azapampa" Coordenadas UTM: 17-370 21rea  
 Método de Muestreo: desde el almacenamiento en unidades no transportadas según Isis nos-00

CALIBRACIÓN DEL MOLDE DE PRUEBA

Descripción	Und	Datos
Temperatura del Agua	°C	23 °C
Densidad del Agua	Kg/m <sup>3</sup>	997.54
Peso del Agua en el Molde	Kg	2.831
Volumen del Molde	m <sup>3</sup>	0.002838



DENSIDAD APARENTE DEL ABO PINO

Molde	E - 01	Fino Suelto			Agregado Fino Compacto	
		E - az	E - 09	E - 01	E - 02	E - 03
Masa del Molde	1636	1636	1636	1636	1666	1666

Masa de la Muestra	gr	4234	4294	4103	4688	4727	4649
Densidad Aparente		1392	1513	1446	1652	1666	1698
Densidad Aparente Promedio			1484			1652	

Sde Vacíos - muestra Suelta	42.0%		
Sde Vacíos - muestra Consolidada	35.5%		HUDDING (VARILLADO)

DENSIDAD APARENTE DEL ABO PINO

Molde	m <sup>3</sup>	E - 01	E - 02	E - 03	E - 01	E - 02	E - 03
		6	1636	1636	1636	1636	1636
Volumen del Molde		0.002838	0.002838	0.002838	0.002838	0.002838	0.002838
Masa del Molde + Muestra	Kg	4	5634	5489	4002.838	4002.838	4002.838
Masa de la Muestra	Kg	8	3998	3853			
Densidad Aparente	Kg	5	1409	1358			
Densidad Aparente Promedio	Kg						

Densidad Relat. (Gravedad específica) OD	2.62
% de Vacíos - muestra Suelta	46.9%
% de Vacíos - muestra Consolidada	38.7%

SERVACIONES - Se determinó el volumen en frecuencias

Revisado: Ing. Johnny R. O.



RUC: 20601665524

Informe de Resultados de Ensayo de Densidad y Huecos en Agregado de Pavimento de Alta Velocidad en el Río Sirén, Huancayo, Junín, Perú. N° 00159616/DgO



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2600 Int. 104 Urb. Elin, Lima  
 Paje. Puno N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 964046683 / 955905584  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
05-04-24	08-08-24	M-01	SG N°008/2024

SOLICITANTE:

aAcH. RoNarD BERNARDINO POVR9 ARROYO

EsTeuc unaL DE PavuE« o Rloioo Eu i.x Peovixcix oe >nux - JUNIN, 2024"

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DQTP70: CHcCA  
 PROMNCIA: HUANCAYO

ENSAYOS REALIZADOS:

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18
- MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR PARTÍCULAS PLANAS, PARTÍCULAS ALARGADAS O PARTÍCULAS PLANAS Y ALARGADAS EN AGREGADO GRUESO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Muestra: Agregado Grueso  
 Método de Muestreo: Muestreo desde el Almacenaje o unidades de Transportación  
 Depósito de Agregados: "Azapampa"  
 Alitud (Cota): 3.244,00 m s.n.m.  
 Coordenadas UTM: E: 479370 N: 8662194  
 Según ASTM D75-03

LABOR

uET000 OE EKSAYO PZA DEJTIMINAFI PAFI CUMS PLMAS. PAIS ULXS ALAFiiiAOAS 0 PAGT CIJMS P u S Y xuu«iA0AS Eff Gs&EiiA00 6RUEs0 sE6Ux YP

+H-iaci8n almensiolu| 5 : 1

reproducir total (C) para almento sin la aprobación por

Diámetro (mm)	Porcentaje	Gravimétrico (%)	Gravimétrico (g)	Gravimétrico (g)	Gravimétrico (%)	Gravimétrico (g)	Gravimétrico (%)	Gravimétrico (g)	Gravimétrico (%)
1 1/2" 37.5 mm	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0
1" 25.0 mm	30.0%	158	10.5%	120	8.0%	1222	81.5%		
3/4" 19.0 mm	50.0%	331	13.2%	341	13.65%	1828	73.1%		
1/2" 12.5 mm	20.0%	98	9.8%	145	14.55%	757	75.7%		
TOTAL		5000							

Porcentaje de partículas chatas: 11%

eminentes

ϕw\*oóns: El qeagaJo grva» gs 4s Tam&o mAlm0 rgminal de J/4"  
 E//ofoerale de pd'ticula chde y olagaoo fue deiaimraó por tresa

Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.



RUC: 2060168524  
 [Pág. 11]

Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004888-2018/DSI



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2009 Int. 104 Urb. Elba, Lima  
 Paje N° 122-152 Chica, Huancaayo  
 Telef. 964040000 / 965505284  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE EK4AYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
06-04-24	06-04-24	M-01	SG: N° 089/2024

BAGH. ROMLO BERNARDINO iOvi6 ARROYO

"UTILIZACIÓN DEL REMOLQUE EN EL DESEMPEÑO  
 ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍO EN LA PROVINCIA DE TARM  
 - JUNIN, 2024"

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18

PROVINCIA : HUANCAYO

CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN AGUA PARA AGREGADOS EN

DEPARTAMENTO : JUNIN

CONCRETO SEGÚN NTP 400 042

Lugar de Muestreo : Depósito de Agregados "Azapampa" Altitud (Cota) : 3,244 m s n m  
 Coordenadas UTM : E 479370 N 8662194  
 Método de Muestreo : Según ASTM D75-03

LABORATORIO  
 Aprobación por  
 total y/o parcialmente  
 deberá  
 materiales eliminados  
 resultados

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CLORUROS Y SULFATOS SOLUBLES EN AGUA PARA

Muestra : Agregado Fino

Muestra : Agregado Grueso 19 mm [74 %]

Resultados	
% Sulfatos	0.039

Resultados	
% Sulfatos	0.15

Realizado: Bach. Gilmar P.  
 Revisado: Ing. Johnny P. O.

SLOT OFF ( At | 1  
 Ing. GWILHERMO RAMÍREZ OLIVERA

RUC: 2B01685U4

Leureola #e rmay4t M Meleneles, lrtofm m r l ne4lewi 4# l'roytlud Indy! != ^-l iN8\* °i °e^8\*°i°° N' 88e's7g1a geD

ancho de la red de drenaje y el tipo de suelo

"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE  
LOS SISTEMAS DE DRENAJE EN LA ZONA DE LA CANTONALIDAD DE JIJUELA, ZONA 4"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS SILVER GEOTECH S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA

**ENSAYOS REALIZADOS:**

- MÉTODO DE ENSAYO NORMALIZADO PARA LA DETERMINACIÓN DE VALOR PH EN SUELOS Y AGUA SUBTERRÁNEA SEGÚN NTP 339.176

Modalidad Muestreo : Por el Cliente

Identificación de muestra : Relave mineral

**RESULTADO DE LA DETERMINACIÓN DE VALOR PH DEL RELAVE  
MINERO SEGÚN NTP 339.176**

pH : 8.15

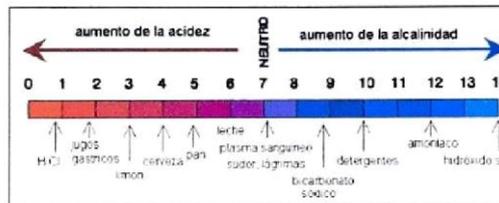


Imagen: Escala pH

o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

matrículas

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Glimar R.O.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004688-2018/O9D

**SILVER GEOTECH S.A.C.**  
Ingeniería Geotécnica  
Laboratorio de Ensayos de Geotecnia y Perforación

Ing. Civil Juan Carlos MAYA OLIVERA  
C.O.P. N° 20182  
ESPECIALISTA TECNICO

RUC: 20601685524  
[Pág. 13]



INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
06-04-24	06-04-24	M-01	SG N°

eMH. RoNALo BERNafidINO POvIs ARROYO

"UTILIZACIÓN DEL RELAYE MINERO EN EL DESARROLLO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL PAVIMENTO RIGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma - JUNIN, 2024"

UBICACIÓN: LAMBAYEQUE, DISTRITO: CHILCA

DEPARTAMENTO: JUNIN

ACTIVIDAD: MUESTREO

Modalidad Muestreo: Cliente

Identificación de muestra: Relación

TÍTULO

RESULTADOS DE LA MEDICIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DEL RELAYE MINERO

temas científicos

Informe

SSCWZ00URS)

Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento, inscrita en el Registro de Instituciones de Investigación Científica y Tecnológica del Perú, inscrita en el Registro de Instituciones de Investigación Científica y Tecnológica del Perú, inscrita en el Registro de Instituciones de Investigación Científica y Tecnológica del Perú.



Correo: silvergeotec@gmail.com

06-04-24

08-04-Cd

M-01

SG N°088/2024

INFORME DE RESULTADOS DE ENsayo

BACH RONALD BERNARDO ROVINO ARROYO

"MUESTRA DE RELAVE DE LA PROYECTO DE PAVIMENTO RÍO EN LA PROVINCIA DE Tarma • JUNÍN, 2024"

UBICACIÓN LABORATORIO: EL OILVEP GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO: CHILCA  
DEPARTAMENTO: JUNÍN

- MÉTODO DE ENsayo PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELOS ELÉCTRICOS MINERO, NTP 339.152
- MÉTODO DE ENsayo PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELOS ELÉCTRICOS MINERO, NTP 339.177
- MÉTODO DE ENsayo PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELOS ELÉCTRICOS MINERO, NTP 339.152

Identificación de muestra: Reave mae

LABORATORIO

RESULTADOS DEL ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELOS ELÉCTRICOS MINERO.

Realizado y/o parcialmente en el

RESULTADOS DEL ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELOS ELÉCTRICOS MINERO.

Realizado y/o parcialmente en el

RESULTADOS DEL ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE SUELOS ELÉCTRICOS MINERO.

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Gisela R. O.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.



RUC: 20801685524  
(Pág. 15)

El presente informe es propiedad de Silver Geotec S.A.C. y no debe ser utilizado sin el consentimiento expreso de la empresa.

## RESULTADOS DE ENSAYOS EN TECNOLOGIA DEL CONCRETO PARA TESIS

### PROYECTO:

“UTILIZACION DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL  
DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNIN 2024”

### DISEÑO DE MEZCLA

LOCALIDAD : HUANCAYO  
DISTRITO : HUANCAYO  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNIN

### SOLICITANTE:

Bach. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

Huancayo, Junio del 2024

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA DE DISEÑO	DISEÑO DE MEZCLA	NÚMERO DE INFORME
06-04-24	12-04-24	M-01	SG. N°088/2024

SOLICITANTE:

TESIS:

**BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO**

**"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"**

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
 - ACI PRC-211.1. PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino  
 Cemento en Uso : Tipo V - RNE-E D60 Tabla 4.4  
 Aditivos en Uso : Sin Aditivo  
 Agua en Estudio : Agua Potable

Este informe de resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI PCR - 211.1			
MUESTRA: DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO PATRÓN			
<b>CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO</b>			
Resistencia a la Compresión especificada del Concreto.	f'c =	280 Kg/cm <sup>2</sup>	3/4"
Resistencia promedio a la compresión del Concreto.	f'cr =	367 Kg/cm <sup>2</sup>	según RNE E.060 TABLA 5.3 sumar 8.5 Mpa (86.7 kg/cm <sup>2</sup> )
<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES</b>			
<b>Agregado Fino</b>		<b>Agregado Grueso</b>	
Peso Específico (SSD)	2.59	Tamaño Máximo Nominal	3/4"
Absorción	1.0 %	Peso Seco Compactado	1605 Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Humedad	1.2 %	Peso Específico (SSD)	2.65
Módulo de Finura	2.7	Absorción	1.0 %
<b>Cemento</b>		<b>Aditivo</b>	
Tipo de Cemento a Usar	Andino Tipo V	Tipo de Aditivo	---
Peso Específico	3.19	Marca del Aditivo	---
<b>Procedencia del Agua</b>		Densidad	---
Potable		Dosificación	---
<b>DISEÑO DE MEZCLA</b>			
Selección del Asentamiento (Slump)		Tipo de Consistencia Asentamiento	
		Plástica 3" a 4"	
Contenido de Aire a Considerar		Concreto Sin Aire Incorporado	
		2.00 %	
Volumen Unitario de Agua		205 Lt/m <sup>3</sup>	
Relación Agua / Cemento		0.45 RNE-E.060 Tabla 4.4	
Factor Cemento		Factor Cemento	456 Kg/m <sup>3</sup>
		Factor Cemento	10.7 Bolsas
Estimación del Contenido de Agregado Grueso		Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto :	
		0.63	
		Peso del Agregado Grueso :	
		1011 Kg/m <sup>3</sup>	
Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Materiales		Cemento	0.143 m <sup>3</sup>
		Agua	0.205 m <sup>3</sup>
		Aire	0.020 m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso	0.382 m <sup>3</sup>
		Suma de Volúmenes	0.749 m <sup>3</sup>
Estimación del Contenido de Agregado Fino		Volumen Absoluto del Agregado Fino	
		0.251 m <sup>3</sup>	
		Peso Seco del Agregado Fino	
		649 Kg/m <sup>3</sup>	
Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m <sup>3</sup>		Cemento	456 Kg/m <sup>3</sup>
		Agua	205 Lt/m <sup>3</sup>
		Agregado Fino Seco	649 Kg/m <sup>3</sup>
		Agregado Grueso Seco	1011 Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento:		Cemento	42.5 Kg/bolsa
		Agua	19.1 Lt/bolsa
		Agregado Fino Seco	60.6 Kg/bolsa
		Agregado Grueso Seco	94.3 Kg/bolsa

OBSERVACIONES:

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 Ing. CIVIL JORLY R. OLIVERA  
 N° 304133  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Realizado: Bach. Gilmar P.O.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

RUC: 20601665624  
 [Pág. 16]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/DSD



Ángel Fernández Quiroz N° 2609 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Pje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef: 051049988 / 055505584  
 Correo: silvergeotec@i@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA DE DISEÑO	DISEÑO DE MEZCLA	NÚMERO DE INFORME
06-04-24	12-04-24	M-01	SG N°088/2024

eACH. ROJALD BERMARIMO POIS ARROYD

-uniuzAcióu oEc Reuxve iaiueRo eu EL ocsEuPEüo Es RucTuRAL  
 DO PAVIMTo 4IGIO0 cn os PROVINCIA DE TARIFA - JUNIN, 2o24"

msaÑas vEscutasq

DEPARTAMENTO : JUNIN

En por está:

Los o elementos sometidos a ensayo y sus aspectos representativos

Descripción	Unidad	Cantidad	Material
Cemento	Bolsa	1	
Aggregado Grueso	Libra	1.42	
Aggregado Fino	Libra	19.18	
Agua	Litros	1.42	
Coeficiente de Humedad de los Agregados			
Peso Húmedo de los Agregados	Kg/m <sup>3</sup>	957	
Humedad Superficial de los Agregados	%	0.2	
Aporte de Humedad de los Agregados	L/m <sup>3</sup>	-2.7	

Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados		m <sup>3</sup> .	
Relación Agua / Cemento Efectiva		0.45	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.	Cemento	42.5	Kg/bolsa
	Agua Efectiva	19.2	L/bolsa
	Agregado Fino Húmedo	61.3	Kg/bolsa
	Agregado Grueso Húmedo	95.0	Kn/bolsa
Proporción de los materiales por ft <sup>3</sup> (bolsa de cemento)		1	
Proporción:		C / AGUA / AF / AG /	
		1 / 19.2 Lt / 1.44 / 2.24 /	

Elaborado por: **Ing. Glimar R.O.**  
 Revisado por: **Ing. Johnny R. O.**

Ing. César Julio R. BARRERA OLIVERA  
 C.I.P. 10870  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 034568-2018/DSD

**BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO**

"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO ALAIDO EN LA PROVINCIA DE AREQUIBA - JUNIN, azc-

UN DERATO:

u8icAciari u•eooA çsio scvcr oEoTzca°c  
OGIPPTO CMLM

DWAR\AMEI\*\O JUNIN

**ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C33M-18  
- ACI PRO-211.1: PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA

Cemento en Uso : Tipo V - RNE-E.060 Tabla 4.4 Agua en Estudio : Agua Potable

**DISEÑO DE MEZCLAS USANDO EL MÉTODO ACI PCR - 211.1**

**MUESTRA: DISEÑO DE MEZCLA PARA LA SUSTITUCIÓN DEL 1% DE AGR. FINO POR RELAVE MINERO**

Resistencia a la Compresión especificada del Concreto.  $f'_c = 280$  Kg/cm<sup>2</sup>  
Resistencia promedio a la compresión del Concreto.  $f'_{cr} = 367$  Kg/cm<sup>2</sup> según RNE E.060 TABLA 5.3 sumar 8.5 Mpa (86.7 kg/cm<sup>2</sup>)

W Espn\in (g/GD) 2.59 Tamaño Máximo Nominal 3/4"  
Contenido de Humedad 1.2 % Peso Específico (SSD) 2.65  
Módulo de Finura 1.0  
4ditno S

Peso Específico	3.19	Marca del Agua
Procedencia del Agua		Densidad
Potable		Dosificación

DISEÑO DE MEZCLA	
Selección del Asentamiento (Slump)	Tipo de Consistencia Asentamiento
Contenido de Aire a Considerar	Concreto Sin Aire Incorporado
Volumen Unitario de Agua	
Relación Agua / Cemento	0.45 RNE-E.060 Tabla 4.4
Factor Cemento	Factor Cemento
Estimación del Contenido de Agregado Grueso	Agregado Grueso Seco Compactado por Unidad de Volumen del Concreto : Peso del Agregado Grueso ; cenena 0.143 m <sup>3</sup>

Estimación del Contenido de Agregado Fino | Volumen Absoluto del Agregado Fino  
0.21 m<sup>3</sup>

Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m <sup>3</sup>	c8mNo 456 Kg/m <sup>3</sup> Agua 225 U/• <sup>3</sup> Agregado Fino Seco Agregado Grueso Seco Cemento Agua
Cantidad de Materiales en Peso que se emplea en una Tanda de una Bolsa de Cemento	

LABORATORIO

Los resultados de los ensayos y no deberá reproducirse tal y como se muestra en este informe.

Informe de Resultados: tal y como a los materiales



Lima  
 Paje: N° 122-152 Oficina: Huancayo  
 Telf: 081440000 / 455900084  
 Correo: silvergeotec@silvergeotec.com

FECHA TOMA DE MUESTRA	FECHA DE DISEÑO	DISEÑO DE MEZCLA	NÚMERO DE INFORME
06-04-24	12-04-24	M-01	SG. N°088/2024

iNreGu8 O8nCsulYAooS OFEKaYo

a, sH. Ro#wuma#MNAR# | #oPovl#Asmoto

**"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL**  
 € PAviueuto nloioo €fiLA movnGld 0e 7AnMA - JuNIN, aWg-

**ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGUN ASTM C39/C33M-18
- ACI PRC-211.1 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES

DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNIN

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino

BOYATONDI

Prgoxcdndz lts «derides un of umg%o\$ px Humedal éi/ge\$alo

Agua 19.13 tt/bbz  
 Agregado Fino Seco 1.42

an

Contenido de Humedad de los Agregados

Agregado Fino 1.2 \$

perchameta a la

Peso Húmedo de los Agregados

Agregado Fino 657 Kg/m<sup>3</sup>

ensayo y no. de el informe

Sustituyendo el 1% del Agregado Fino por Relave Minero

o Grueso Húmedo 1018  
 Relave Minero 1.0% 6.57 Kg/m<sup>3</sup>  
 Kn/m<sup>3</sup>

Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.		Agua Electiva	42.5 Kg/bolsa
Proporción de los materiales por ft <sup>3</sup> (bolsa de cemento)		Agregado Fino Húmedo	1g2 u/bolsa
Proporción :		Agregado Grueso Húmedo	---
C	AGUA	Relave Minero 1.0%	---
1	19.2 Lt	Cemento	1
	1.43	Agua Electiva	19.2 Lt/bolsa
	2.24	Agregado Fino Húmedo	---
	0.01	Agregado Grueso Húmedo	---
		Relave Minero 1.0%	---

SERVACIONES:







Av. El Fermindez Ochoz N° 2000 Int. 104 Urb. Elto. Lima  
 Paje Mañes N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 043440008 / 055559556  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA DE DISEÑO	DISEÑO DE MEZCLA	NÚMERO DE INFORME
06-04-24	12-04-24	M-01	SG- N 088/2024

enCHRWNLD8GRwANDWOPDWSNRROYO

"UTILIZACION DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESFRUCTURAL DE OVIUSWONIOO ELV LX PROVICIX OZ ZAAUX - JUNIN, 2024"

**UBICACION DEL PROYECTO:**

UBICACION : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNIN

**ENSAYOS Y CÁLCULOS REALIZADOS:**

- ESPECIFICACIÓN PARA AGREGADOS SEGÚN ASTM C33/C39M-18
- ACI PRC-211.1 PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA SELECCIONAR PROPORCIONES PARA CONCRETO NORMAL, PESADO Y MASIVO

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Agregados en Uso : Agregado Grueso y Agregado Fino  
 Cemento en Uso : Tipo V - RNE-E 060 Tabla 4.4  
 Aditivos en Uso : Sin Aditivo  
 Agua en Estudio : Agua Potable

ción por escrito de LA LABORATORIO

Proporción de los materiales sin ser corregidos por Humedad del Agregado	Cemento	1	Bolsa
	Agua	19.13	L/bolsa
	Agregado Fino Seco	1.42	
	Agregado Grueso Seco	2.22	
<b>Corrección por Humedad de los Agregados</b>			
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino	1.2	%
	Agregado Grueso	0.707	%
Peso Húmedo de los Agregados	Agregado Fino	657	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso	1010	Kg/m <sup>3</sup>

a los materiales o el mismo y someterlos a ensayo y no deberá reproducirse total y

Relación Agua / Cemento de Diseño		Agua Electiva	206	L/m <sup>3</sup>
Peso de los materiales corregidos por humedad a ser empleados en las mezclas de prueba por m <sup>3</sup> .		Cemento		
Sustituyendo el 3% del Agregado Fino por Relave Minero		Agua Electiva		
		Agregado Fino Húmedo		
		Agregado Grueso Húmedo		
		Agregado Fino Corregido		
	Relave Minero	3.0%		
<b>Relación Agua / Cemento Efectiva</b>			0.45	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.		Cemento	42.5	Kg/bolsa
		Agua Electiva	19.2	L/bolsa
		Agregado Fino Húmedo	59.5	Kg/bolsa
		Agregado Grueso Húmedo	95.0	Kg/bolsa
		Relave Minero	3.0%	
Proporción de los materiales par' Salsa de carrerllo)			1	
Proporción :	C / AGUA / AF / AG / R.M.	3.0%	19.2	L/bolsa
	1 / 19.7 L / 1.40 / 2.24 / 0.04		1.40	
		Agregado Grueso Húmedo	2.24	
		Relave Minero	3.0%	0.04

Realizado: *Bosch Gilmar R.O.*  
 Revisado: *Ing. Johnny R. D.*

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/D60

Ing. Civil *Johnny R. RAMÍREZ OLIVERA*  
 C.I.P. 2001  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

HUO 20241685924  
 [Pag. 21]



1 M 104 urto Elio,  
Lima  
Paje N° 120-150 Chica, Huancayo  
Telf: 094440880 / 095060584  
Correo: silvergeotec@gmail.com

FORME DE RESULTADOS de ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA DE DISEÑO	DIABERO DE MEZCLA	NUMERO DE INFORME
05-04-24	12-04-24	M-01	SG-11-0082074

BnCH eONaLOBERnARoNDsDEsAseOrO

"LITILMACIÓN DEL RELAVE MINERO Eñ EL OscueEño Est8uc7uRAL DE PAVTnzENTO Richi=n LA PDOVnCA De yARu.g - Juuu, 20zd,"

UBICACION DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : LABORATORIO  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNIN

mentos x cherr i o R'wcr ms

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Agregados en Uso : Agregado  
Cemento en Uso : Tipo V  
Aditivos en Uso : Sin Aditi

\*c\* \*\* czcLAS usAnoD EL uEtooo Acl Pca . z1x.1

^1u\*s+^a' DisE'ao 88 ^888L\* PARA L\* scMY;TUclION ocl se DE Acp. chao PoP Pat Ay ñxiano

BONAFIORI

CARACTERISTICAS DEL CONCRETO	
Resistencia a la Compresión especificada del Concreto.	f'c = 280 Kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia promedio a la compresión del Concreto.	f'cr = 367 Kg/cm <sup>2</sup> según RNE E.060 TABLA 5.3.5a

barbaro

	C		Agregado Grueso	
	Agregado Fino		Tamaño Máximo Nominal	
Peso Especifico (SSD)	2.59		3.4"	
Absorción	1.0 %		Peso Seco Compactado	1605 Kg/m <sup>3</sup>

sea reproduce tone yoo p area

Peso Especifico	3.19	Marca del Ativo	
Procedencia del Agua		Densidad	---
Potable		Dosificación	---

DISEÑO DE MEZCLA

Selección del Asentamiento (Slump)	Tipo de Consistencia	Plástica
Contenido de Aire a Considerar	Concreto Sin Aire Incorporado	

0.45	RNE-E.060 Tabla 4
456	Kg/m <sup>3</sup>
10.7	Bolsas
0.63	
1011	Kg/m <sup>3</sup>
0.143	m <sup>3</sup>
0.205	m <sup>3</sup>
0.020	m <sup>3</sup>

0\*\*No)'lo'V'ne'BB'boitc d lo Maa,,

Aire  
,mk l, Votame,,  
Oj g p.

Result de todo afñca a los

Estimación del Contenido de Agregado Fino	Volumen Absoluto del Agregado Fino	649	Kg/m <sup>3</sup>
	Peso Seco del Agregado Fino	456	Kg/m <sup>3</sup>
Cantidad de Materiales a ser empleados como Valores de Diseño por m <sup>3</sup>	Agua	205	L/m <sup>3</sup>
	Agregado Fino Seco	649	Kg/m <sup>3</sup>
	Agregado Grueso Seco	1011	Kg/m <sup>3</sup>
	Cemento		
Cantidad de Materiales en Peso que se emplean en una Tarea de una Bolsa de Cemento:	Agua		
	Agregado Grueso Seco	94.3	Kg/bolsa

OBSERVACIONES:

Revisado: Bach. Gilmar R. D.  
Revisado: Ing. Johnny H. U.

SILVER GEOTEC S.A.C.  
Laboratorio de Suelos, Cimentación y Pavimentos  
Ing. Civil Johnny H. RAYMUNDO OLIVERA  
C.I. N° 204452  
ESPECIALISTA GEOTECNICO

RUC: 2060168552-  
[P]

Laboratorio de Ensayos de Materiales. Inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2016/08D



Av. El Fernández Quiroz N° 2600 Int. 104 Urb. Elito, Lima  
 Paje N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 904043909 / 95559564  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA DE DISEÑO	DISEÑO DE MEZCLA	NÚMERO DE INFORME
06-04-24	12-04-24	M-01	SG N°088/2024

acch. Fe3+ALD BERMARDINO RDVIG ARROYO

-u1luzAcióc oEuRELxvE uirieno cuEL oseaseE9o EszRucTurzAL  
 De Pxviyzn7o RisToo en w PRovil clx DE tAFtfaA - Jul+IN, 2024"

seaoyezra-

oanno : uñ@g\$Oge&# GED#EC GCC.  
 : CHILCA

- ESPECIFICACIÓN  
 - ACI 309.2R-10E C, C\* EsawoAP o e° sec=ccou^P eeoecet:'owEse^o^  
 CONCRETO NOR

en la información por escrito de LA BORDA

Corrección por Humedad de los A			
Contenido de Humedad de los Agregados	Agregado Fino		
Peso Húmedo de los Agregados	* cmgaonm ado Grueso	M7 1018	Kom Kg/m³
Humedad Superficial de los Agregados	Agregado Fino	02	A
	Agregado Fino	1.4	Lt/m³

a los materiales o elementos e medidos e

Bekd6li Ayn / Oonanto Etadl#c		g.IS	
Cantidad de materiales corregidos por humedad que se necesitan en una tanda de una bolsa de Cemento.		42.5	Kg/bolsa
		19.2	Lt/bolsa
		58.2	Kg/bolsa
		95.0	Xg/boba
		5.0%	3.1
Proporción de los materiales por ft³ (bolsa de cemento)			
Proporción:	C / AGUA / AF / AG / R.M 5.0%	Agregado Fino Húmedo	1.37
	1 / 19.2 Lt / 1.37 / 2.24 / 0.07	Agregado Grueso Húmedo	2.24
		Relave Minero 5.0%	0.07

Realizado: Bach. Gilmar A.Q.

Ing. Civil ~~JOHNNY RAYMUNDO OLIVERA~~  
 C.P. N° 294362  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2509 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Paje, N° 122-152 Chica, Huancayo  
 Telef. 064040888 / 05505564  
 Correo: silyggeotec@gmail.com

INFO UsE DE RE8UL7A0os Dk ENIAYO

FECHA INICIAL DE ENSAYOS	FECHA FINAL DE ENSAYOS	HOJA DE RESUMEN	NÚMERO DE INFORME
24	1 Q524	N° D4	50 M' 0B*2B4

BACH. RONAL8 BERMRDINO PDVTS A#fioYO

"UT#JZAGI6M DEL RELAVE D#JERO EN EL QEGEIKPEAO  
 E6TRuCMRAL OEPAVIMefffOidOIODEN LA PRBVNCIA DE  
 TABMA - JUNEI, Z0Z4"

ggg \p : Lsx)RATonio aLvee czoTsc s.a.c.  
 OI6TRITD : OHKM  
 MOONQA : HOANmyO  
 DEPARTAMENTO : JUNIN

- PRÁCTICA NORMALIZADA PARA MUESTREO DE CONCRETO RECIENTE  
 MEZCLADO SEGÚN ASTM C172-08  
 - MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA EL ASENTAMIENTO DEL HORMIGÓN  
 DE CEMENTO HIDRAULICO SEGÚN ASTM C143 / C143M - 20

RESULTADOS DEL ENSAYO DE MEDICIÓN DEL ASENTAMIENTO DEL CONCRETO RECIENTE				
Nº	FECHA	DESCRIPCIÓN	RESULTADO	NOTAS
M-02	13-05-24	coovlotatlufier#oel1's 4eAF gor net+e Mnso	3.75	95
Jd-03	13-4S-2+	Onaetosuttr/erdoel 3'á dt Algcr fitas li/eo	4.0	100
M-04	13-05-24	Oxoatosurtif#mrdboel 53'dc €S gor fletalcf#reio	1.00	100

por escrit del LAB

reproduc

entendidos



Ing. Civil Johnny R. D. ANDO OLIVERA  
 C.O.P. 12013

Revisado: Ing. Johnny R. D.

RUC: 20661685524  
 (Pag. 24)

## RESULTADOS DE ENSAYOS EN TECNOLOGIA DEL CONCRETO PARA TESIS

### PROYECTO:

“UTILIZACION DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL  
DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNIN 2024”

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

LOCALIDAD : HUANCAYO

DISTRITO : HUANCAYO

PROVINCIA : HUANCAYO

DEPARTAMENTO : JUNIN

### SOLICITANTE:

Bach. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

Huancayo, Junio del 2024

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	20/05/2024	CM-01	SG N°088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TESIS:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm Ø x 300 mm de longitud a los 7 días  
 Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Método de Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	CM-01_01	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	361 kN	20.4	208	Tipo 5a	Concreto Patrón f <sub>c</sub> =280 Kg/cm²
2	CM-01_02	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	363 kN	20.6	210	Tipo 2b	Concreto Patrón f <sub>c</sub> =280 Kg/cm²
3	CM-01_03	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	359 kN	20.3	207	Tipo 2b	Concreto Patrón f <sub>c</sub> =280 Kg/cm²
							<b>361 kN</b>	<b>20.4</b>	<b>208</b>		

Este informe de resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente en la aprobación por escrito de LABORATORIO

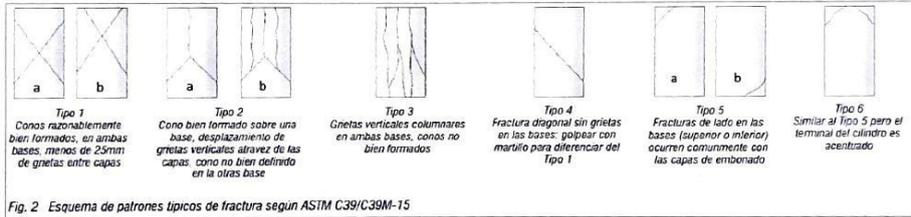


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido medidos en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PG-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Ulmar T.O.  
 Revisado: Ing. Johnny H. O.

**ING. ULMAR R. B. C. OLIVERA**  
 C.I.P. 203192  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO



Jr. Angel Fernández Durazn N° 2809 Int. 104 Lib. Edo. Lima  
Pasaje Flores N° 122-152 Chica, Huancayo  
Tel: 094212021 / 94104699 / 959905584  
Correo: inform@laboratorio@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	27/05/2024	CM-02	001

UBICACION

B° 01. RON\* LDBERNAR\* OP° "EA" R° "°"

"UTILIZACION OEL ReLAVe MINERO sNML DESPMPE90 EstRucTURAL DE AvvmTo

UBICACION tAsoRA, QmQS, VErsfLOTBcSAC

**Metodo de Muestreo**

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falta	TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	CM-02_01	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	418 kN	23.7	241	Tipo 5a	Concreto Patón fc=280 Kg/cm²
2	CM-02_02	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	415 kN	23.5	240	Tipo 7b	Concreto Patón fc=280 Kg/cm²
3	CM-02_03	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	421 kN	23.8	243	Tipo 6	Concreto Patón fc=280 Kg/cm²
							<b>418 kN</b>	<b>23.7</b>	<b>241</b>		

Este Informe de Resultados solo aplica a los materiales e afirmaciones suministradas en el ensayo y no cubre, necesariamente, la aprobación por escrito del LABORATORIO

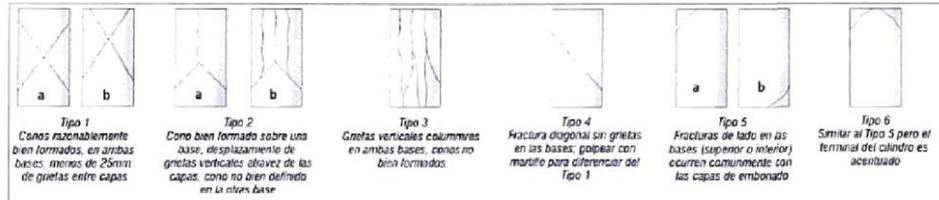
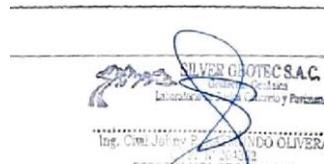


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**

- Los testigos han sido medidos en conformidad con la Norma ASTM C190/C192M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se realizaron en una norma hasta el laboratorio PNTURITTA, modelo PT-4D, serie 457 con carga máxima de 1000 kN Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/s según lo establecido en la Norma ASTM C190/C192M-15



FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	10/06/2024	CM-03	SG N°088/2024

<b>SOLICITANTE:</b>  <b>BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO</b>	<b>TEMA:</b> <b>"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"</b>
<b>UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:</b> UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN	<b>REFERENCIAS NORMATIVAS:</b> ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio) ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Dímetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARÁCTERÍSTICA DEL DISEÑO
1	CM-03_01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	534 kN	30.2	308	Tipo3	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
2	CM-03_02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	544 kN	30.8	314	Tipo 4	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
3	CM-03_03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	536 kN	30.3	309	Tipo3	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
							<b>538 kN</b>	<b>30.4</b>	<b>310</b>		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO.

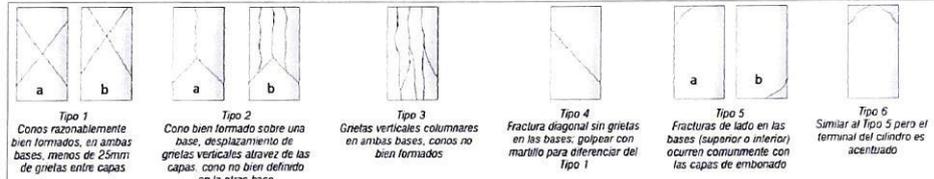


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PANUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Laboratorio de Ensayos de Materiales y Pavimento  
 Ing. Civil Jhonatan E. RAYMONDO OLIVERA  
 D.P. N° 30473  
 ESPECIALISTA GEO TÉCNICO

Realizado: *Dach Gilman H O*  
 Revisado: *Ing. Johnny P. O*

RUC: 20001085524  
[Pág. 2/1]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004698-2018/DJD

Sfl.VFRÚFOTRÚSAC % \*,, • g

sounds  
emcn.ex >s, uos, eNÑæoao00 smssoTo

**"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"**

PROVINCIA HUANCAYO

ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con alm

sayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 7 días  
 idad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 streo : ASTM C192/C192M-15 Fráctura normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

Nº	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	CM-04-01	13/05/2024	20/05/2024	7 días	160 mm Ø	17671 mm²	394 kN	22.3	228	Tipo 2b	Sust. 1% AF x R M Fc=280 Kg/cm²
2	CM-04-02	13/05/2024	20/05/2024	7 días	160 mm Ø	17671 mm²	399 kN	22.6	230	Tipo 5b	Sust. 1% AF x R M Fc=280 Kg/cm²
3	CM-04-03	13/05/2024	20/05/2024	7 días	160 mm Ø	17671 mm²	391 kN	22.1	225	Tipo 5a	Sust. 1% AF x R M Fc=280 Kg/cm²
							<b>394 kN</b>	<b>22.3</b>	<b>228</b>		

No debe reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del

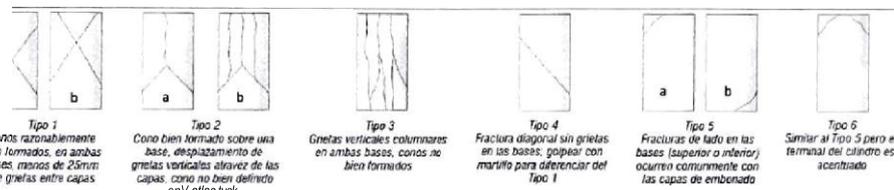


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRAZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457, con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

OBSERVACIONES:

Realizado: *Daniel Olivares R. O.*  
 Revisado: *Ing. Johnny R. O.*

**SINER GEOVIC S.A.C.**  
 Laboratorio de Ensayos de Materiales y Pavimentos  
 Ing.曹 Daniel Olivares R. O.  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO

RUC 206016560  
(Pag. 2)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004898-2018/D80



Jr. Ángel Fernández: Quiroz N° 2009 Int. 104 Urb. Elio, Lima  
 Pasaje Nuevos N° 123-152 Chilca Huancayo  
 Telef: 064212021 / 994046688 / 955005094  
 Correo: administrador@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	27/05/2024	CM-05	SG. N°088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TEMA:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm Ø x 300 mm de longitud a los 14 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Método de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO
1	CM-05_01	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	444 kN	25.1	256	Tipo 5a	Sist. 1% AF x R.M.Fc=280 Kg/cm²
2	CM-05_02	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	440 kN	24.9	254	Tipo 5a	Sist. 1% AF x R.M.Fc=280 Kg/cm²
3	CM-05_03	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	449 kN	25.4	259	Tipo 5b	Sist. 1% AF x R.M.Fc=280 Kg/cm²
							<b>445 kN</b>	<b>25.2</b>	<b>257</b>		

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente en la publicación por escrito en LABORATORIO

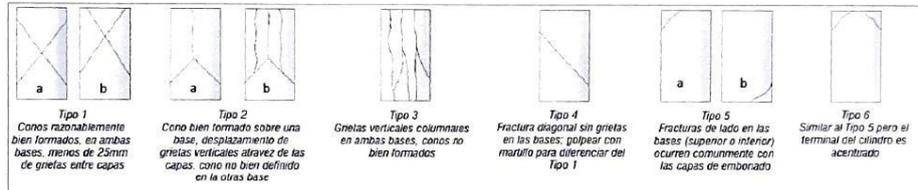


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/s en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

  
 SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Laboratorio de Soportes y Pavimentos  
 Ing. Guillermo OLIVERA  
 INGENIERO CIVIL EN GEOTECNICO

Analizado: Bach. Gilvan H O  
 Revisado: Ing. Johnny H O

RUC: 20601609674  
[Pág. 20]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004598-2018/DBD



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2009 Int. 104 Urb. Elba  
 Lima  
 Paseo Huáscar N° 122-152 Chillos, Huancayo  
 Telef: 064212021 / 061046688 / 85500584  
 Correo: administracion@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	10/06/2024	CM-06	SG N°088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TEMA:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C 192/C 192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C 39/C 39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C 1231/C 1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm Ø x 300 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Método de Muestreo: ASTM C 192/C 192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	CM-06-01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	543 kN	30.7	314	Tipo 3	Sust. 1% AF x R.M. f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
2	CM-06-02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	638 kN	30.5	311	Tipo 4	Sust. 1% AF x R.M. f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
3	CM-06-03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	549 kN	31.1	317	Tipo 5a	Sust. 1% AF x R.M. f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
							<b>544 kN</b>	<b>30.8</b>	<b>314</b>		

Este informe de Resultados de Ensayos solo aplica a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

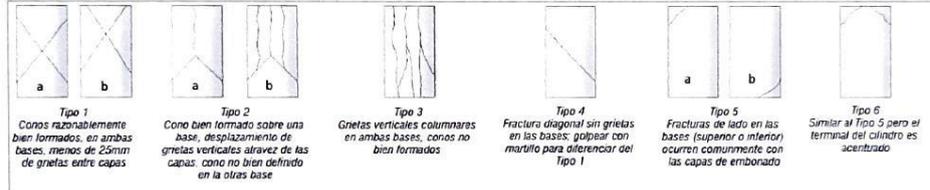


Fig. 2. Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido medidos en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**CONCLUSIONES:**

Realizado: Bach. Gilmar H. D.  
 Revisado: Ing. Johnny H. D.

Ing. Gilmar H. D.  
 GERENTE TÉCNICO

RUC: 2060165574  
[Pag. 39]





Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elia  
Lima  
Pasaje Naves N° 122-152 Chilca, Huancayo  
Telef: 054212021 / 96046888 / 955505594  
Correo: info@silvergeotec.com / info@geotec.com

INFORME DE RESULTADOS DE ENsayo

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	27/05/2024	CM-08	SG N°089/2024

CLIENTE:

BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

Urb. Elia, Chilca, Huancayo - Provincia de Huancayo - Junín

UBICACION: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DEPARTAMENTO: JUNIN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C190/C190M-15 Elaboración y curado / especímenes de concreto (Laboratorio)  
ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm Ø x 300 mm de longitud a los 14 días

Norma: ASTM C190/C190M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20

ID	N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Es Co	Resistencia a la Compresión (MPa)		
										Co	Co	Co
1	CM-08	01	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	499 kN	28.1	28.2	28.4	

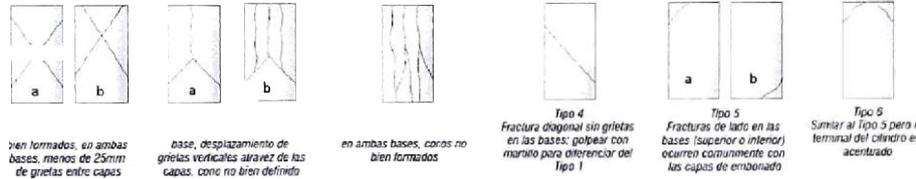


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

Este informe de resultados solo afecta a los materiales e ítems especificados e incluye los dibujos reproducidos

NOTAS:

- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C190/C190M-15 por personal capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Gilmar R.D.  
Revisado: Ing. Jeffrey A. O.



RUC: 20601686524  
(Pág. 32)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004688-2016/DBD

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	10/06/2024	CM-09	SG N°088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TESIS:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo : Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO
1	CM-09-01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	573 kN	32.4	331	Tipo 4	Sust: 3% AF x R.M Fc=280 kg/cm²
2	CM-09-02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	576 kN	32.6	332	Tipo 5a	Sust: 3% AF x R.M Fc=280 kg/cm²
3	CM-09-03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	570 kN	32.3	329	Tipo 3	Sust: 3% AF x R.M Fc=280 kg/cm²
							<b>573 kN</b>	<b>32.4</b>	<b>331</b>		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales e elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

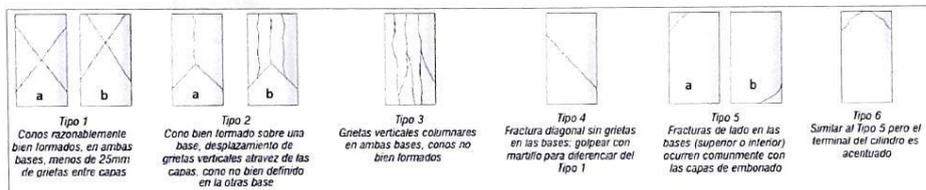


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Omar R O  
 Revisado: Ing. Johnny R O

**SILVER GEOTECH S.A.C.**  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
 Ing. Civil Johnny R. RAMÍREZ OLIVERA  
 C.I.P. N° 20136  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 2060165594  
(Pág. 33)

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	20/05/2024	CM-10	SG N° 068/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TESIS:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:** LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de 150 mm Ø x 300 mm de longitud a los 7 días  
 Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	CM-10_01	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	355 kN	20.1	205	Tipo 3	Sust. 5% AF x R.M.Fc = 280 Kg/cm²
2	CM-10_02	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	354 kN	20.0	204	Tipo 5a	Sust. 5% AF x R.M.Fc = 280 Kg/cm²
3	CM-10_03	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	358 kN	20.3	207	Tipo 2a	Sust. 5% AF x R.M.Fc = 280 Kg/cm²
							<b>356 kN</b>	<b>20.1</b>	<b>205</b>		

Este informe de resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

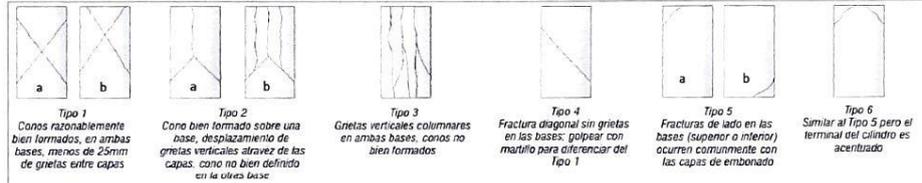


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado  
 2) Los ensayos se ejecutaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 20 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Olimar R O  
 Revisado: Ing. Johnny R O

  
 Laboratorio de Sábila, Cusco y Píscos  
 Ing. Civil Johnny E. RAMÍREZ OLIVERA  
 C.I.U.T.B. N° 0100003  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20601685624 (Pág. 34)

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	27/05/2024	CM-11	SG N°088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TEMA:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:** LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO: CHILCA  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C39/C39M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
ASTM C1231/C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno.

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
Tipo de Ensayo: Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 14 días  
Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C39/C39M-20**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo en Compresión (Mpa)	Esfuerzo en Compresión (kg/cm²)	Tipo de Falla	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	CM-11_01	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	418 kN	23.7	241	Tipo 5a	Sust. 5% AF x RM f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
2	CM-11_02	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	411 kN	23.2	237	Tipo 5b	Sust. 5% AF x RM f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
3	CM-11_03	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	415 kN	23.5	240	Tipo 5a	Sust. 5% AF x RM f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm²
							<b>415 kN</b>	<b>23.5</b>	<b>239</b>		

Este Informe de Resultados sólo aplica a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

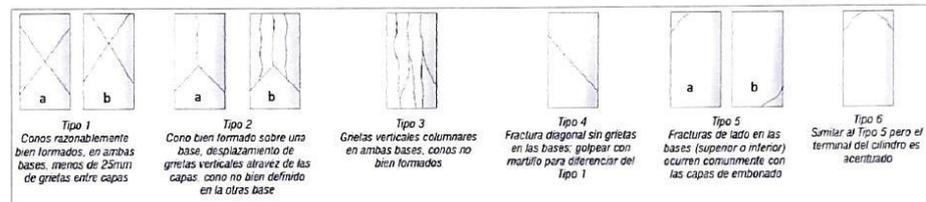


Fig. 2 Esquema de patrones típicos de fractura según ASTM C39/C39M-15

**NOTAS:**  
1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal Mésico capacitado  
2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZLAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN Aplicando una velocidad de carga de 2.0 N/sseg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: *Bach. Johnny R. O.*  
Revisado: *Ing. Johnny R. O.*

  
**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Laboratorio de Pruebas, Control y Percepción  
 Ing. Claudio J. RAYMONDO OLIVERA  
 INGENIERO CIVIL  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20601666624  
(Pág. 39)

**BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO**

uTiqlzAciox oBt.nsxvxs uixãno eu L oaYfaeaRo ae7xwTuxx as r'v iEu7o

UBICACION LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C  
 PROVINCIA HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO JUNIN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (laboratorio)  
 ASTM C307C307M-20 Resistencia a compresión de muestras cilíndricas de concreto  
 ASTM C1231C1231M-15 Utilización de cabezales con almohadillas de neopreno

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

**Tipo de Ensayo:** Compresión de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
**Modalidad:** Muestreo, curado, molde y custodia en Laboratorio  
**Método de Muestreo:** ASTM C192C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

Nº	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	150 mm Ø	17671 mm²	466 kN				
1	CM-12-01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	466 kN				
2	CM-12-02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	466 kN	26.3	268	Tipo3	Suel. 5% AF ± R M f <sub>c</sub> = 780 kg/cm²
3	CM-12-03	13/05/2024	10/06/2024	28 días				469 kN	26.5	270	

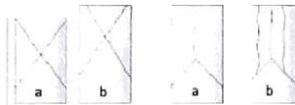
de LABORATORIO

de LABORATORIO

de LABORATORIO

de LABORATORIO

de LABORATORIO

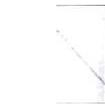


**Tipo 1**  
 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25mm

**Tipo 2**  
 Cono bien formado, en la base superior, diámetro de grietas ver



**Tipo 3**  
 Grietas verticales, en ambas bases, como no los



**Tipo 4**  
 Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del Tipo 1



**Tipo 5**  
 Fracturas de lado en las bases (superior e inferior) ocurren comúnmente con las capas de embanado

**Tipo 6**  
 Similar al Tipo 5 pero el terminal del cilindro es acortado

capacitado

con carga máxima de 1000 kN Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/s en conformidad con la Norma ASTM C1361-30A-1

OBSERVACIONES:

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 LABORATORIO DE ENSAYOS  
 LABORATORIO DE PAVIMENTOS, CONCRETO, PIEDRA  
 Ing. Chel Jahuar P. GARCIA SUO OLIVERA  
 ESPECIALISTA EN CONCRETO

## RESULTADO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO PARA TESIS

### PROYECTO:

"EVALUACIÓN DEL RELATIVO DE FIBRAS EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma JUNIO 2024"

### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

LOCALIDAD : HUANCAYO  
DISTRITO : HUANCAYO  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNIN

### SOLICITANTE:

Bach. RONALDO BERNARDO PÓVEDA SARRUYO

Lima, 08 de Julio del 2024



Jr. Angel Fernandez Quiroz N° 2009 Int. 104 Urb. Elina  
 Lima  
 Pasaje Muñoz N° 122-150 Chilca, Huancayo  
 Telef. 06421 2021 / 68-6348396 / 626655564  
 Correo: administracion@silvergeotec.com

inronzse oe nssvL7A0os oe enaaxo

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	10/09/2024	FE-01	SG N°098/2024

BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma - JUNÍN, 2024"

UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN

UBICACIÓN : >epe^mmowtvzRozomcs\*  
 OGTAFD : CHILCA

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C76/C76M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

Tipo de Ensayo : Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

o+zsavo p\* nusisygucla a c\* r£zxlza oE vza\*a ron canoas ela zxecios eav znauo see0rl Asxu cza/c7eMe

N°	Código de la Viga	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Ancho y Alto Promedio (mm)	Longitud Promedio (mm)	Carga Máxima (kN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (kg/cm²)	Zona de Fractura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 318.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	FE-01-01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	26 kN	3.6	37	Tercio medio	Concreto Patrón f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup>
2	FE-01-02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	26 kN	3.6	37	Tercio medio	Concreto Patrón f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup>
3	FE-01-03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	26 kN	3.7	38	Tercio medio	Concreto Patrón f <sub>c</sub> =280 kg/cm <sup>2</sup>
							26 kN	3.7	37		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de SILVER GEOTEC

NOTAS:

- Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-16 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRIZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 467 con carga axial 15

Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M.

OBSERVACIONES:



r\*uai» (\*c\*\*r- v\*U\*\*i\*U\*, l)w e» <Regw<+ e,oxude ird«a»+i ¥iuiioxoeiui^ n+ak+w n'ooxw1e1c'oeo



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2009 Int. 104 Urb. Elío, Lima  
 Pasaje Hurler N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef. 09421 2021 / 954049588 / 955503564  
 Correo: silver@ladot.com.pe / silver@geotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	10/09/2024	FE-02	SG. N°088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TESIS:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVÉ MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo : Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18**

N°	Código de la Viga	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Ancho y Alto Promedio (mm)	Longitud Promedio (mm)	Carga Máxima (kN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Módulo de Rotura (kg/cm²)	Zona de Fractura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	FE-02_01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	29 kN	4.1	42	Tercio medio	Sust. 1% AF x R.Mfc=280 Kg/cm²
2	FE-02_02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	28 kN	3.9	40	Tercio medio	Sust. 1% AF x R.Mfc=280 Kg/cm²
3	FE-02_03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	27 kN	3.9	39	Tercio medio	Sust. 1% AF x R.Mfc=280 Kg/cm²
							28 kN	4.0	40		

Este informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la autorización por escrito del Laboratorio.

**NOTAS:**  
 1) Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

  
 Ing. Gerardo Olvera  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO

Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
 Revisado: Ing. Johnny H. O.

RUG: 20601686524  
(Pág. 36)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004888-2018/DSD



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2800 H. 104 Urb. Elba Lima  
 Pasaje N°101 N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Telef: 041213001 / 054340988 / 050505564  
 Correo: administracion@silvergeotec.com

+HtONWEDrRF6ULTdD00D6ENNA70

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	06/06/2024	y.	SP M SO0w

Bsch. ROIALO BERN4fiDINO POVI\* A\*°°

"u»rízxióiu oEL nec ve uixrao Eu Er or\* reno EsY•u rue^••  
 PaviuEu7o Rloioo En c^PnowNci\* De J^RiRi^ -^M^A."

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C78/C78M-18 Resistencia a flexión en vigas con cargas en tercios del tramo

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

de Ensayo: Flexión de vigas de 150 mm x 150 mm x 480 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 e Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARGAS EN TERCIOS DEL TRAMO SEGÚN ASTM C78/C78M-18**

Especimen	N°	Código de la	Fecha de	Fecha de	Edad Ensayo (días)	Ancho y Alto Promedio	Longitud Promedio	Carga Límite (kN)	Módulo de Rotura (Mpa)	Rotura	Zona de Fractura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 318.1-22	
												- CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:	
2	FE-03	01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	30 kN	4.3	44	Tercio medio	Sust. 3% AF x R.M f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm <sup>2</sup>	
	FE-03	02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	31 kN	4.4	45	Tercio medio	Sust. 3% AF x R.M f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm <sup>2</sup>	
	FE-03	03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	32 kN	4.5	46	Tercio medio	Sust. 3% AF x R.M f <sub>c</sub> = 280 Kg/cm <sup>2</sup>	
								31 kN	4.4	45			

vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado  
 ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PHIZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. A)

Realizado: Dcto. Gilman D.O.  
 Verificado: Ing. Johnny D. O.



Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/D00



17704  
Pasaje N°166 N° 120-150 Oficina, Chiclayo  
Teléfono: 051 71 2021 / 051 71 2022 / 051 71 2023

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	10/06/2024	FE-04	99 N° 088/2024

Bxce. nanjpo aEnr/cnoiuo davis aano0

"UTIL/zACI6M DEL RELAvE /dINERO Eri GL 0GSeMPe40 EgrPUCTUP#L DE p8vlgEnTo nicioo Ex uo PProvincia oE rAPuJ - duran, Goza

Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado c

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE VIGAS CON CARG.

No autorizado para ser usado sin el consentimiento escrito del

N°	Código de la Viga	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Ancho y Alto Promedio (mm)	Longitud Promedio (mm)	Carga Máxima (kN)	M Rot
1	FE-04_01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	26 kN	
2	FE-04_02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	27 kN	3.8
3	FE-04_03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm	480 mm	27 kN	3.8
							27 kN	3.8

Sust. 5% AF x R.M.f.c.=280 Kg/cm<sup>2</sup>  
Sust. 5% AF x R.M.f.c.=280 Kg/cm<sup>2</sup>  
Sust. 5% AF x R.M.f.c.=280 Kg/cm<sup>2</sup>

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no a otros.

NOTAS:

- Las vigas han sido moldeadas en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PHIZUAR LTDA, modelo PC 42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

DECLARACIONES:

Elaborado: *Barth Gilman H. O.*  
Revisado: *Ing. Johnny H. O.*



AUC: 20601685624

## RESULTADOS DE ENSAYOS EN TECNOLOGIA DEL CONCRETO PARA TESIS

### PROYECTO:

"UTILIZACION DEL RETAVO EN EL DESEMPENO ESTRUCTURAL  
DE PAVIMENTOS EN LA PROWINCA DE Tarma JUNIO 2024"

ESTADO DE LA OBRERA: RESISTENCIA A  
TRACCION

LOCALIDAD : HUANCAYO  
DISTRITO : HUANCAJO  
PROVINCIA HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNIO

### SOLICITANTE:

Bach. RONALD BERNARDINO POLO ARROYO

Huancayo, Junio del 2024



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elío  
Lima  
Pasaje N° 125-152 Chilca, Huancayo  
Telf: 054217021 / 89404688 / 85550504  
Correo: adm@laboratorio@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	20/05/2024	TA-01	SG. N° 088/2024

**SOLICITANTE:**

**BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO**

**TESIS:**

**"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma - JUNÍN, 2024"**

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mm $\phi$  x 300 mm de longitud a los 7 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO.
1	TA-01-01	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	95 kN	1.3	13.7	Diametral	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup>
2	TA-01-02	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	93 kN	1.3	13.3	Diametral	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup>
3	TA-01-03	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	96 kN	1.4	13.9	Diametral	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup>
							<b>95 kN</b>	<b>1.3</b>	<b>13.6</b>		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales e elementos sometidos a ensayo y no debe reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.

**NOTAS:**

- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Revisado: BACH. OLIVERA O.  
Revisado: ING. JOHNY R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayos de Materiales y Pavimento  
Ing. Cyril Jhonny OLIVERA O.  
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20601685524  
[Fig. 41]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004688-2018/DBD



Fernández Ovarol N° 2009 Int. 104 Urb. Elío  
Lima  
Pasaje Matías N° 120-132 Chiflo, Huancayo  
Teléfono: 064212021 / 064214029 / 055500381  
Correo: administracion@silvergeotec.com

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	27/05/2024	TA-02	SG N° 085/2024

BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

•UTILIZACIÓ DEL nEwvc uifiERe •u EL oEsEurEúo Es7ßucruRAc a\* Λ\*\*ΛΛΛΛΛ  
RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE Tarma - JUNIN, 2024"

UBICACIÓH LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C. | AST

Localidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Est T (i)	Diámetro	Concreto Patón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm²
1	TA-02_01	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	120 kN	1.7	17.3		Concreto Patón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm²
2	TA-02_02	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	115 kN	1.6			Concreto Patón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm²
3	TA-02_03	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	119 kN	1.7			
							<b>118 kN</b>	<b>1.7</b>			

Lima participando en la grabación por escrito del LABORATORIO

- NOTAS:**
- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
  - Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

OBSERVACIONES:





Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Lito. Elito  
Lima  
Pasaje Huancayo N° 122-152 Chilca, Huancayo  
Telf: 064212021 / 994048689 / 955505384  
Correo: administracion@silvergeotec.com

Informe de Resultados de Ensayo

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	10/06/2024	TA-03	SG N° 085/2024

SOLICITANTE

BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

TESIS

Elaboración de un informe de resultados de ensayo de resistencia a la tracción de concreto en la provincia de Huancayo, departamento de Junín.

UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO: CHILCA  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DEPARTAMENTO: JUNÍN

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Resumen de Estadísticas de la Resistencia a la Tracción de Concreto

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	Referencia
1	TA-03-01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	161 kN	2.3	23.3	Diametral	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm²
2	TA-03-02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²			23.0	Diametral	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm²
3	TA-03-03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²			23.6	Diametral	Concreto Patrón f <sub>c</sub> = 280 kg/cm²
									23.3		

Observaciones

Observaciones

Observaciones

NOTAS:

- Los ensayos han sido realizados en conformidad con la Norma ASTM C150/C150M-15 por personal MIO
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINQUAR LTDA, modelo PC-42, serie 4

300 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 MN/seg en conformidad con la Norma ASTM C69/C69M-11

OBSERVACIONES:

SILVER GEOTEC S.A.C.  
Laboratorio de Ensayos y Materiales  
VIRGO OLIVERA

Realizado por: Ronald Povis Arroyo



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elio Lima  
 Pasaje Naves N° 122-152 Chica, Huancayo  
 Telef: 064212021 / 894846886 / 955005584  
 Correo: administracion@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	20/05/2024	TA-04	SG N°088/2024

**SOLICITANTE:**  
**BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO**

**TEBIS:**  
**"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"**

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C406/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 7 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C406/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Díámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARÁCTERÍSTICA DEL DISEÑO
1	TA-04 01	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	109 kN	1.5	15.7	Diametral	Sust. 1% AF x R.M Fc=280 Kg/cm²
2	TA-04 02	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	109 kN	1.5	15.8	Diametral	Sust. 1% AF x R.M Fc=280 Kg/cm²
3	TA-04 03	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	107 kN	1.5	15.6	Diametral	Sust. 1% AF x R.M Fc=280 Kg/cm²
							<b>109 kN</b>	<b>1.5</b>	<b>15.7</b>		

Este informe de resultados sólo afecta a los materiales o afirmaciones sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C29/C29M-15

**OBSERVACIONES:**

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Inge. Civil  
 Laboratorio de Ensayos y Participación  
 Ing. Civil Johnny RAYMUNDO OLIVERA  
 C.O.P. N° 204492  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

Analizado: Bache, Gilmar R. Q.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

RUC: 20801665924  
 (Pág. 44)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, Inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2016/08D



Jr. Angel Fernández Gutiérrez N° 2809 Int. 104 Urb. Elco  
Lima  
Pasaje N° 122-132 Chica, Huancayo  
Telef. 064212021 / 964046088 / 955055584  
Correo: info@silvergeotec.com

INFORME DE RESULTADOS A EASAXO

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024			

\*\*\*\*\*

RESUMEN DE RESULTADOS DE LA PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE MUESTRAS CILÍNDRICAS DE CONCRETO EN LA PROVINCIA DE Tarma - JUNÍN, 2024

UBICACIÓN

UBICACIÓN: CHILCA  
DISTRITO: CHILCA

ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado de especímenes de concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

ACTIVIDAD:

- yo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mm Ø x 300 mm de longitud a los 14 días
- xd : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio
- eo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEG

C496/C496M-17

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo (días)	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción	Tipo de Rotura	TIPO DE DISEÑO: ACI 318.1-22 CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	TA-05-01	15/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	129 kN	1.8	18.6	Diametral	Sust. 1% AF + R.M.Fc = 280 Kg/cm²
2	TA-05-02	15/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	132 kN	1.9	19.1	Diametral	Sust. 1% AF + R.M.Fc = 280 Kg/cm²
3	TA-05-03	15/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	130 kN	1.8	18.8	Diametral	Sust. 1% AF + R.M.Fc = 280 Kg/cm²
							131 kN	1.8	18.8		

Este informe de resultados solo afecta a los muestreos o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

NOTAS:

- Los testigos han sido ensayados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante FINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C496/C496M-17

OBSERVACIONES:

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Laboratorio de Ensayos de Materiales y Pavimentos  
Ing. Civil Johnny P. ANDRÉS OLIVERA  
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

HRD  
T.O

RUC: 20601885524  
(Pág. 46)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004658-2018/D6D



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elba  
Lima  
Pasaje Nules N° 122-152 Chica, Huancayo  
Teléfono 084212021 / 954046888 / 955503584  
Correo: administr@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	10/06/2024	TA-06	SG. N° 088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TESIS:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	TA-06 01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	183 kN	2.6	26.4	Diametral	Sust. 1½ AF x R M f <sub>c</sub> =280 Kg/cm²
2	TA-06 02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	180 kN	2.6	26.0	Diametral	Sust. 1½ AF x R M f <sub>c</sub> =280 Kg/cm²
3	TA-06 03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	185 kN	2.6	26.7	Diametral	Sust. 1½ AF x R M f <sub>c</sub> =280 Kg/cm²
							183 kN	2.6	26.4		

Este Informe de Resultados solo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C309/C309M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Gilmar R O  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Consultoría Geotécnica  
 Laboratorios de Suelos, Rocas y Pavimentos  
 Ing. Civil Jhonny R. OLIVERA  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO

RUC 20601669924  
 (Pág. 46)

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/D9D



Introducción de Especificaciones de Ensayo

Lima  
 Oficina: Huancayo  
 394 / 055005344  
 huangeo@silvergeotec.com

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE REGISTRO	CODIGO DE ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	20/05/2024	TA-07	SG- N 088/2024

Acción de Revisión y Aprobación

TESIS

"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO  
 R101DOPpUAPROV/MCADB'A9NA.3UWNMON-

UBICACION LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C

Metodo de Muestreo: ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C498M-17**

Nº	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	TA-07-01	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	11671 mm²	159 kN	2.3	23.0	Diametral	Sust. 3% AF + R.M fc=280 Kg/cm²
2	TA-07-02	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	11671 mm²	162 kN	2.3	23.4	Diametral	Sust. 3% AF + R.M fc=280 Kg/cm²
3	TA-07-03	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	11671 mm²	157 kN	2.2	22.6	Diametral	Sust. 3% AF + R.M fc=280 Kg/cm²
							<b>159 kN</b>	<b>2.3</b>	<b>23.0</b>		

Este informe de resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no debe reproducirse parcialmente en la impresión por parte del LABORATORIO

**NOTAS:**

- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PRUZLAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 10000 kN Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C83/C83M-15

DESIGNACIONES:

Fecha: 13/05/2024

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Oficina: Huancayo  
 Laboratorio de Ensayos y Pavimento  
 Ing. Coste J. J. ARMANDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 2016  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elto  
Lima  
Pasaje N° 05 N° 122-152 Chilca, Huancaayo  
Teléfono: 011 212021 / 994046080 / 955503584  
Correo: administradora@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	27/05/2024	TA-08	SG N° 088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TESIS:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

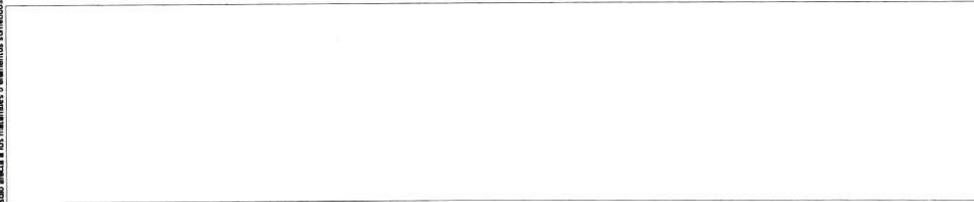
**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDADES:**  
 Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mm $\phi$  x 300 mm de longitud a los 14 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Dímetro Promedio (mm)	Área Sección (mm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	TA-08 01	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	190 kN	2.7	27.3	Diametral	Sust. 3% AF x R.M Fc=280 Kg/cm <sup>2</sup>
2	TA-08 02	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	185 kN	2.6	26.7	Diametral	Sust. 3% AF x R.M Fc=280 Kg/cm <sup>2</sup>
3	TA-08 03	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm $\phi$	17671 mm <sup>2</sup>	194 kN	2.7	27.9	Diametral	Sust. 3% AF x R.M Fc=280 Kg/cm <sup>2</sup>
							<b>189 kN</b>	<b>2.7</b>	<b>27.3</b>		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no abarcará productos parcialmente en la aprobación por escrito del LABORATORIO



**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Gilmar R O  
 Revisado: Ing. Johnny R O

Ing. Cesar Augusto OLIVERA  
 C.O.P. N° 20341  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO

RUC 20601688924  
[Pag. 48]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2018/D80



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elba,  
 Lima  
 Pasaje N° 123-132 Chica, Huancayo  
 Telef. 0452 1202 1 / 054045886 / 05550594  
 Correo: administrador@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
13/05/2024	10/06/2024	TA-09	BG N° 058/2024

**SOLICITANTE:** BACH, RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO  
**TESTIS:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C192/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mm Ø x 300 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	TA-09 01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	203 kN	2.9	29.3	Diametral	Sust. 3% AF x R.M Fc = 280 Kg/cm²
2	TA-09 02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	206 kN	2.9	29.8	Diametral	Sust. 3% AF x R.M Fc = 280 Kg/cm²
3	TA-09 03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	201 kN	2.8	29.0	Diametral	Sust. 3% AF x R.M Fc = 280 Kg/cm²
							203 kN	2.9	29.4		

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZUAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 20 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Gilmar R.O.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

  
**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Laboratorio de Ensayos de Concreto y Pavimento  
 Ing. C. Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 C.I.P. N° 30343  
 ESPECIALISTA TÉCNICO

RUC: 20601685624  
[Pág. 49]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004898-2018/DBD



Jr. Angel Fernandez Ochoa N° 2899 Int. 104 Urb. Ello  
Lima  
Prasa y Nudes N° 122-183 Chillon Huancaayo  
Telef. 061212021 / 061049282 / 355500594  
Correo: administrador@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	20/05/2024	TA-10	SG. N° 088/2024

SOLICITANTE:

**BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO**

TESIS:

**"UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"**

UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

REFERENCIAS NORMATIVAS:

ASTM C152/C192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
ASTM C496/C496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Tipo de Ensayo : Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 7 días  
Modalidad : Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
Metodo de Muestreo : ASTM C192/C192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C496/C496M-17**

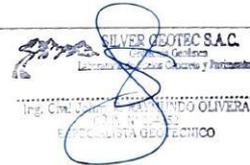
N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	TA-10-01	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	109 kN	1.5	15.7	Diametral	Sust. 5% AF x R.M fc=280 kg/cm²
2	TA-10-02	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	106 kN	1.5	15.3	Diametral	Sust. 5% AF x R.M fc=280 kg/cm²
3	TA-10-03	13/05/2024	20/05/2024	7 días	150 mm Ø	17671 mm²	111 kN	1.6	16.0	Diametral	Sust. 5% AF x R.M fc=280 kg/cm²
							<b>109 kN</b>	<b>1.5</b>	<b>15.7</b>		

Este informe de Resultado está afecto a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO.

NOTAS:

- Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.
- Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PINZAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 Mtsseg en conformidad con la Norma ASTM C293/C293M-15.

DESEÑACIONES:



Realizado: BACH. Gilmar R.O.  
Revisado: Ing. Johnny R. O.

RUC: 20601685624  
[Pg. 50]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004688-2018/DSD



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elio, Lima  
 Pasaje Norte N° 123-155 Chilca, Huancaayo  
 Telf: 084212821 / 084046889 / 085505584  
 Correo: administracion@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	27/05/2024	TA-11	SG N° 088/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TÍTULO:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C 192/C 192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C 496/C 496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo: Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 14 días.  
 Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio.  
 Método de Muestreo: ASTM C 192/C 192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio.

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C 496/C 496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	Esfuerzo de Tracción (Mpa)	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	TA-11_01	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	151 kN	2.1	21.6	Diametral	Sust. 5% AF x R.M fc= 280 Kg/cm²
2	TA-11_02	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	145 kN	2.1	21.0	Diametral	Sust. 5% AF x R.M fc= 280 Kg/cm²
3	TA-11_03	13/05/2024	27/05/2024	14 días	150 mm Ø	17671 mm²	153 kN	2.2	22.1	Diametral	Sust. 5% AF x R.M fc= 280 Kg/cm²
							<b>150 kN</b>	<b>2.1</b>	<b>21.6</b>		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse parcialmente en la aprobación por escrito del LABORATORIO

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C 192/C 192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PANZAR L.TDA, modelo PC-42, serie 457, con carga máxima de 1000 kN, aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/seg en conformidad con la Norma ASTM C 88/C 88M-15

**OBSERVACIONES:**

Analizado: Bach. César R. O.  
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

Ing. César Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA  
 N° 33315  
 ESP. INGENIERÍA GEOTÉCNICA

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004598-2018/DBD

RUC: 20001685574  
 [Pág. 6/1]



Jr. Angel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 Urb. Elio  
Lima  
Pasaje Naves N° 122-193 Chirca, Huancayo  
Telfax: 064212021 / 980446886 / 853555384  
Correo: administrador@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA DE ELABORACION	FECHA DE ROTURA	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
13/05/2024	10/06/2024	TA-12	SG N° 083/2024

**SOLICITANTE:** BACH. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

**TESIS:** "UTILIZACIÓN DEL RELAVE MINERO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTO RIGIDO EN LA PROVINCIA DE TARMA - JUNÍN, 2024"

**UBICACIÓN DE LA EJECUCIÓN DE ENSAYOS:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**REFERENCIAS NORMATIVAS:**  
 ASTM C 192/C 192M-15 Elaboración y curado / especímenes concreto (Laboratorio)  
 ASTM C 496/C 496M-17 Resistencia a tracción de muestras cilíndricas de concreto

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Tipo de Ensayo: Tracción de muestras cilíndricas de 150 mmØ x 300 mm de longitud a los 28 días  
 Modalidad: Muestreo, curado, moldeo y custodia en Laboratorio  
 Metodo de Muestreo: ASTM C 192/C 192M-15 Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en laboratorio

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO SEGÚN ASTM C 496/C 496M-17**

N°	Código del Testigo	Fecha de Muestreo	Fecha de Ensayo	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (mm)	Área Sección (mm²)	Carga Máxima (kN)	[Área de Tracción (Mpa)]	Esfuerzo de Tracción (kg/cm²)	Tipo de Rotura	- TIPO DE DISEÑO: ACI 211.1-22 - CARACTERÍSTICA DEL DISEÑO:
1	TA-12_01	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	171 kN	2.4	24.7	Diametral	Sust. 5% AF x R.M Fc = 290 Kg/cm²
2	TA-12_02	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	175 kN	2.5	25.3	Diametral	Sust. 5% AF x R.M Fc = 280 Kg/cm²
3	TA-12_03	13/05/2024	10/06/2024	28 días	150 mm Ø	17671 mm²	173 kN	2.5	25.0	Diametral	Sust. 5% AF x R.M Fc = 280 Kg/cm²
							173 kN	2.5	25.0		

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no debe reproducirse parcialmente en la aprobación por escrito del LABORATORIO.

**NOTAS:**  
 1) Los testigos han sido moldeados en conformidad con la Norma ASTM C192/C192M-15 por personal técnico capacitado.  
 2) Los ensayos se efectuaron en una prensa hidráulica del fabricante PAULIAR LTDA, modelo PC-42, serie 457 con carga máxima de 1000 kN. Aplicando una velocidad de carga de 2.0 kN/m seg en conformidad con la Norma ASTM C39/C39M-15.

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Johnny H. O.  
 Revisado: Ing. Johnny H. O.

**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
 Laboratorio de Ensayos de Materiales y Pavimentos  
 Ing. Civil Johnny H. O. OLIVERA  
 I.P. N° 34135  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO

## Anexo 04: Certificados de calibración



Jr. Ángel Pernúndcr. Quéoz N° 2800 Int. 104 urb. Elio, Lime  
Psje. Nuflez N° 122-142 Chilca, Huancayo  
Celular 964(H6688 / 955505584  
Teléfono Fijo: 064-212021

### RESULTADOS DE ENSAYO E8IEC8 LOGA DEL CONCRETO PARATESIS

#### PROYECTO:

"UTILIZACIÓN DEL RELAVEMIENTO EN EL DESEMPEÑO ESTRUCTURAL  
DE PAVIMENTOS EN LA PROVINCIA DE TARVA - JUNIO 2024"

### CERTIFICADOS DE CALIBRACION DE EQUIPOS

LOCALIDAD : HUANCAYO  
DISTRITO : HUANCAYO  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNIO

#### SOLICITANTE:

Bach. RONALD BERNARDINO POVIS ARROYO

Huancayo, Junio del 2024

**Certificado de calibración**

TC - 00028 • 2024

-en 4e gAT.  
 Pro. 122 JLefín

<b>Tipo</b>	Electrónico
<b>Marca</b>	
<b>Modelo</b>	R21P30
<b>n° de Serie</b>	338130194
<b>Capacidad Máxima</b>	30000 g

Certificación de equipos de  
 medición basado a la Norma  
 Técnica Peruana ISO/IEC 17025

TEST & CONTROL S.A.C. brinda

Sistema Internacional de Unidades

có el m de eso </aria ceádad de

Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

al usuario recalibrar sus  
 mtvnmes a k#ewaos

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueden ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.






Ísc. N uftw'. N° 122-112 thjcc, lJcmuoyu  
 e>silu» \*rmu<>ts />555lsssf  
 lcfali « l'jic.: uoa-2l2o2l



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO DERUMO DE ACRCREDITAC'N



TEST & CONTROL | Ego de Pesas 2 kg | TC-08242-2022  
 Clase | | Abril 2022

Ajuste de Cero	Tiene	Escalín	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	16,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	57 %	58 %

3 15 000 | 5 0 3 80 000 8 -3  
 15000 | 15 000 | 6  
 | 15 000 | 5

E<sub>max</sub> - E<sub>min</sub> | ( g ) 2 | E<sub>max</sub> - E<sub>min</sub> | ( g ) 1

PGC-19-r09/Diciembre 2022/Rev 05

Página : 2 de 3



📍 Jr. Condor de Teros Nº117  
 San Miguel, Lima

☎ (01) 262-9536  
 📠 (51) 988 901 065

🌐 inform@testcontrol.com.pe  
 🌐 www.testcontrol.com.pe

SILVER GEOTEC  
 GEOTECNIA, GEOFISICA  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
 Ing. Chel Jeline P. OLIVERA  
 (C.I. N.º 20110)  
 gerente - SILVER GEOTEC

BUC. 2060168224 SILVER GEOTEC S.A.C

Indecopi - Resolución N° 004588-2018/DSD

2	5
1	
3	4

**Ensayo de excentricidad**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

N°	Determinación de Eo				Determinación del Error Corregido Ec				e.m.p. ± (g)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		Ec (g)
1	100	100	6	-1	10000	10 000	7	-2	-1	20
2		100	4	1		10 000	5	0	-1	
3		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
4		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
5		100	5	0		10 000	5	0	0	
6		100	5	0		10 000	5	0	0	

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	57 %

2 000

5 0

ΔL : Carga incrementada  
 E : Error encontrado

**Lectura corregida e Incertidumbre de la balanza**

Lectura Corregida	=	$R + 3,60 \times 10^{-5} \times R$
Incertidumbre Expandida	=	$2 \times \sqrt{7,63 \times 10^{-6} \text{ g}^2 + 3,55 \times 10^{-5} \times R^2}$

R : Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

**Observaciones**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta adhesiva con el número de certificado.  
 La indicación de la balanza fue de 29 960 g para una carga de valor nominal 30000 g

**Incertidumbre**

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%

Fin del documento





Jr. Aupl'una1ñduñ \1liimx N° 2HrJ Int 1frt urh. I 1io, i imu  
 t'ju NHññ N° 122-152 ù»lcu. I liançuyo  
 Cclirñr. 'Jü4H4+nXH / 'M5505 5fi4  
 i iern» i tj« iyø-212)2t  
 Oumx« ùlvcryixi ð« r i IT ñnj ð.tñl



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 018



**Certificado de Calibración**  
**TC - 00029 - 20224**

<b>Instrumento de medición</b>	<b>Balanza</b>	TEST & CONTROL S.A.C. es un
Capacidad Máxima	2200 g	TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.
Capacidad Mínima	0,5 g	
<b>Lugar de calibración</b>	Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.	al usuario recibir sus

eOç >1amu06<msn20g1Tnv.e

**Lic. Nicolás Ramos**  
 Gerente Técnico  
 CPP: 0318

Página : 1 de 3

📍 Av. Condessa de Benito, Nº 117  
 San Marcos, Lima

☎ (01) 262 9536  
 📞 (51) 988 931 065

✉ informes@test-control.com.pe  
 🌐 www.test-control.com.pe



Ing. Civil **Jorge RAMIRO OLIVERA**  
 N° 204 82





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
 TC-00021-2024

PROFORMA : 00031A Fecha de emisión : 2024-01-05 Página : 1 de 2

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA DE CONCRETO TEST & CONTROL S.A.C. es un

Modelo de Inducción : 1000 KN  
 Resolución : 0,01 MN a  
 TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los

Instalaciones de SILVER GEOTEC

**METODO DE CALIBRACIÓN**  
 La calibración se efectúa por comparación.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD		
TEMPERATURA	16,5 C	16,4 C

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



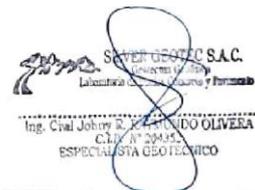
Lic. Nicolás Ramos Paucar

Certificado : TC-00021-2024

	Patrón de Trabajo	Certifica
Balanza de Presión	Celda de Carga 3MN	12821C

100.13	98.21	Lez	D.01
0001 03	588.46	11.62	D.0

FIN DEL DOCUMENTO



**SILVER GEOTEC S.A.C.**  
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento  
Ing. Civil **FERNANDO OLIVERA**  
C.I. 17000000000000000000  
ESPECIALISTA GEOTECNICO

 J. Condado de Temuco - 117 San Miguel - Linao  (01) 2629545  990069589  n@nices@gestcontrol.com.pe  
Empresa con **responsabilidad social**, acercando la ciencia a los que comparten nuestra **pasión por la metrología.**



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
 NTP ISO / IEC 17025:2017



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
 TC -00022 - 2024

Profoma

**SOLICITANTE** slaEe ceoTec s.xc.  
 greco6 n P.J. NUÑEZ NRO. 122 JUNIN-HUANCAYO-CHILCA

**Marca** A8Aú07RUVENTs

Certificación de aqu@a de medición

**Número de Serie** 18635  
**Identificación** NO INDICA  
**Procedencia** NO INDICA

ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los

Termómetro	Alcance	R
DIGITAL	0 C a 300 °C	0.1 °C
Selectzs DIGITAL	0 Ce000°C	0.1 °C

daumenü la @zabjidat a Tos  
 patrones nacionales o internacionales.

**LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**

Instalaciones da SILVER CEOTEC S.A.C.

Internacional de Unidades (SI).

de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM  
 INDECOPI.

nnzf	15 °C	51 %hr	221 V

TEST 4 CONTROL 5 A.C. no aa reaonnaabhz de loe pequos que pqedan ooumr  
 mWo mampMaóón da tinte ksNmW. n1 de una inmiecat NpreMcmn de los  
 Con el fin de asegurar la calidad de  
 desphas de su calibración del día a  
 día, se debe calibrar los instrumentos a  
 intervalos apropiados.

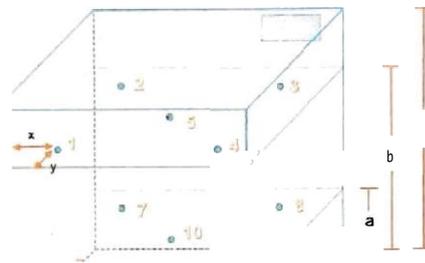
*(Handwritten Signature)*  
**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
 Gerente Técnico  
 CFP: 0316

is solamente  
 ibración, no  
 como una  
 midad con  
 vo certificado  
 e la entidad

PGC-16-r11/Octubre 2022/Rev.02

Página : 1 de 6

Trazabilidad	Patrones de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,15°C hasta 0,18 °C.	LT-0849-2022



Ancho

Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivos niveles.



Jr. N. B. d. FzmdndtrQuüocM'2BD91uK Ud u, b. ENo, Eüru,  
 Eje. Nudzhr32Tú82Chila. tumnayo  
 Celilnr: 964i46688 f953505s&  
 Teléfono fijo: 064-212J2  
 TORO



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD **ISO**  
 NTP ISO / IEC 17025:2017

17035:2017

catigcado ic -0Q02 •2024

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador/ Selector	Tiempo de Calentamiento/ Estabilización	Porcentaje de carga	Descripción de la carga
116 °C ± 5 °C	115 °C	240 min	30%	MUESTRAS DE PIEDRA

00:00	115.0	114.1	114.3	115.7	112.5	114.8	116.7	117.0	116.5	118.3	117.2	115.7	5.8
00:01	115.0	114.1	114.7	115.7	112.3	114.8	116.7	117.9	116.7	118.4	116.9	115.8	5.1
00:02	115.0	114.1	115.1	115.7	112.5	114.8	116.7	118.0	116.5	118.4	117.4	115.9	5.9
00:03	115.0	114.1	114.5	115.7	112.4	114.8	116.7	118.7	116.7	118.4	117.2	115.9	6.2
00:04	115.0	114.1	114.7	115.7	112.2	115.0	116.7	118.9	116.7	118.4	117.6	116.0	6.6
00:05	115.0	114.1	114.4	115.7	112.5	115.0	116.7	118.5	117.0	118.4	117.3	116.0	5.9
00:06	115.0	114.1	114.4	115.7	112.4	115.2	116.7	118.0	117.0	118.4	117.3	115.9	6.0
00:08	115.0	114.1	114.5	115.9	112.5	115.2	116.8	117.2	117.0	118.4	117.6	115.9	5.9
00:09	115.0	114.1	114.5	115.9	112.6	115.2	117.0	118.0	117.2	118.4	117.3	116.0	5.8
00:10	115.0	114.1	114.1	115.9	112.4	115.2	117.0	118.1	117.2	118.4	117.3	116.0	6.0
00:11	115.0	114.1	113.9	115.9	112.6	115.3	117.1	117.0	117.2	118.4	116.9	115.9	5.8
00:12	115.0	114.1	114.1	116.0	112.6	115.2	117.1	118.0	117.5	118.4	117.3	116.0	5.8
00:13	115.0	114.1	114.3	116.0	112.6	115.3	117.1	117.2	117.6	118.4	117.7	116.0	5.8
00:14	115.0	114.1	114.5	116.0	112.6	115.3	117.1	117.2	117.3	118.4	117.5	116.0	5.8
00:15	115.0	114.1	114.1	116.0	112.6	115.3	117.1	117.4	117.4	118.4	117.6	116.0	5.8
00:16	115.0	114.1	114.3	116.0	112.4	115.2	117.2	117.3	117.4	118.5	117.5	116.0	6.1
00:17	115.0	114.1	114.5	116.0	112.4	115.2	117.4	116.8	117.0	118.5	118.0	116.0	6.1
00:18	115.0	114.1	114.3	116.0	112.5	115.0	117.4	116.8	117.1	118.5	117.9	116.0	6.0
00:20	115.0	114.2	113.1	115.9	112.4	114.9	117.2	116.2	117.1	118.5	116.7	115.8	6.1
00:21	115.0	114.2	112.7	115.9	112.1	114.7	117.1	116.3	116.9	118.5	116.9	115.5	6.4
00:22	115.0	114.2	112.8	115.9	112.1	114.6	117.1	116.2	116.9	118.5	117.7	115.6	6.3
00:23	115.0	114.2	112.7	115.7	112.1	114.6	117.1	116.5	116.8	118.5	117.2	115.5	6.6
00:24	115.0	114.2	113.0	115.7	112.1	114.6	117.1	117.1	116.6	118.5	116.8	115.6	6.4
00:25	115.0	114.2	113.1	115.7	112.1	114.3	117.1	117.0	116.8	118.4	116.8	115.6	6.3
00:26	115.0	114.2	113.0	115.7	111.9	114.3	117.1	117.1	116.8	118.4	117.1	115.8	6.5

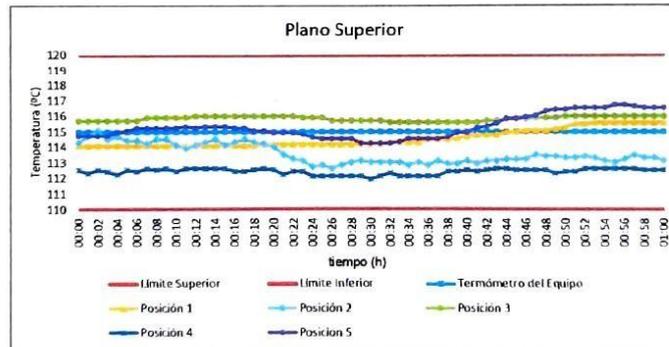
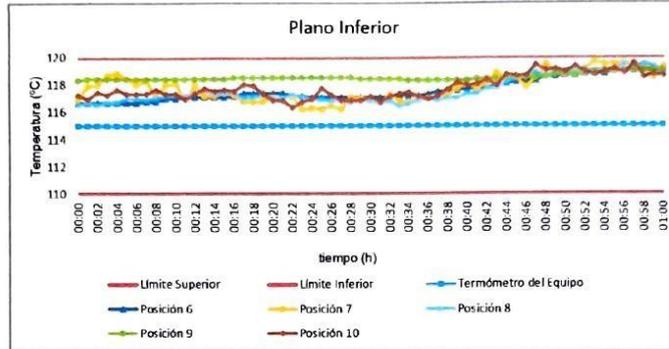


0031	115.0	115.6	113.1	116.0	112.6	116.5	118.8	119.4	119.1	118.9	118.9	118.9	6.8
0032	115.0	115.6	113.0	116.0	112.6	116.7	119.0	119.4	119.1	118.9	119.1	116.9	6.8
0033	115.0	115.6	113.2	116.0	112.6	116.7	119.0	119.5	119.5	119.0	118.8	117.0	6.9
009S	115.0	115.6	113.5	116.0	112.6	116.6	119.0	119.4	119.3	119.0	119.5	117.1	6.9
0027	115.0	115.6	113.3	116.0	112.5	116.5	119.1	119.1	119.5	119.0	118.5	116.9	6.9
0099	115.0	115.6	113.3	116.0	112.5	116.5	119.1	118.5	119.3	119.0	118.7	116.8	6.7
00+A	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
0041	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
004Z	115.0	115.6	113.4	116.0	112.4	116.3	117.6	117.8	117.5	118.5	117.8	116.1	
00+3	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
00+4	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
oaks	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
o2s	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
0047	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
00az	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
004e	115.0	115.6	113.4	116.0	112.4	116.4	117.6	117.8	117.5	118.5	117.8	116.1	
00so	115.0	115.6	113.1	116.0	112.4	116.1	117.7	117.8	117.5	118.5	117.8	116.1	
0051	115.0	115.6	113.3	116.0	112.4	116.5	119.7	118.8	118.9	118.7	119.3	116.8	6.9

0054	115.0	115.6	113.1	116.0	112.6	116.5	118.8	119.4	119.1	118.9	118.9	118.9	6.8
0055	115.0	115.6	113.0	116.0	112.6	116.7	119.0	119.4	119.1	118.9	119.1	116.9	6.8
0056	115.0	115.6	113.2	116.0	112.6	116.7	119.0	119.5	119.5	119.0	118.8	117.0	6.9
0057	115.0	115.6	113.5	116.0	112.6	116.6	119.0	119.4	119.3	119.0	119.5	117.1	6.9
0058	115.0	115.6	113.3	116.0	112.5	116.5	119.1	119.1	119.5	119.0	118.5	116.9	6.9
0059	115.0	115.6	113.3	116.0	112.5	116.5	119.1	118.5	119.3	119.0	118.7	116.8	6.7
0100	115.0	115.6	113.1	116.0	112.5	116.5	119.1	119.2	119.0	119.0	118.8	116.9	6.7
PRON	115.0	114.6	113.6	115.8	112.4	115.3	117.6	117.8	117.5	118.5	117.8	116.1	
FMAX	115.0	115.6	115.1	116.0	112.8	116.7	119.1	119.6	119.5	119.0	119.5		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Temperatura Máxima Medida	119.6	0.8
Temperatura Mínima Medida	111.9	0.3
Desviación de Temperatura en el Espacio	6.1	0.2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3.5	0.1
Estabilidad Medida (s)	1.7	0.05
Uniformidad Medida	7.0	0.7

GRÁFICA PARA LA TEMPERATURA DE TRABAJO DE 115°C ± 5 °C



**DECLARACION DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LIMITES ESPECIFICADOS DE TEMPERATURA**

Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isotermo:

- Cumple con los límites especificados de temperatura

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

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

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

La incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es 0,03 °C.  
 La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

Fotografía del medio isotermo:



**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%

Fin del Documento

PGC-16-r11/Octubre 2022/Rev.02

Página : 6 de 6

## Anexo 05: Panel fotográfico

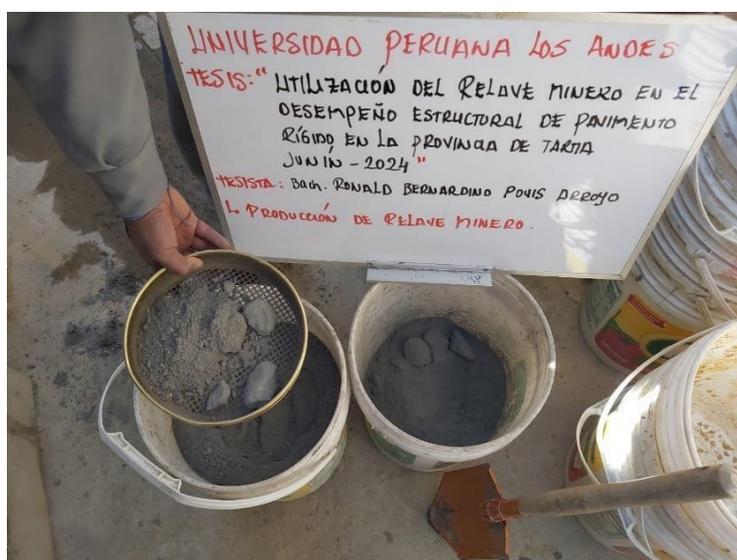
### diseño de mezcla



Cemento andino tipo I



Relave minero



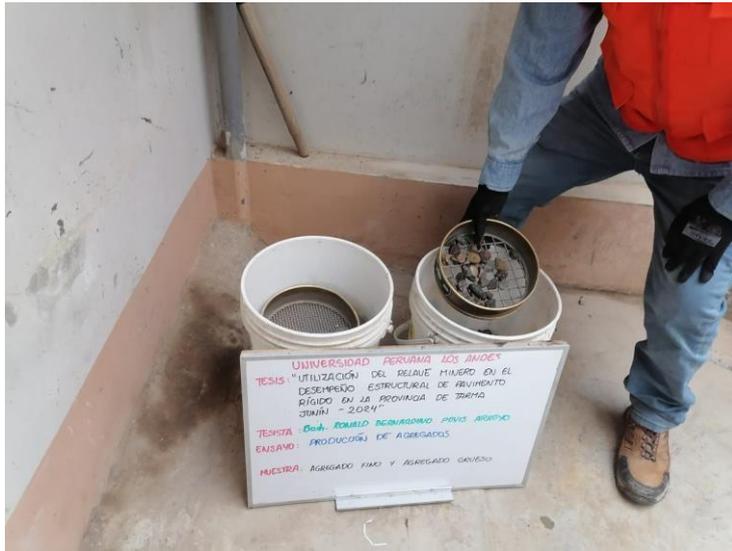
Relave minero



Producción de relave minero



Producción de agregado fino



Producción de agregado grueso



Cuarteo del agregado fino



Cuarteo del agregado grueso



Agregado fino



Agregado grueso compactado seco



Lavado de agregado fino



Lavado de agregado grueso



Tamizado de agregado fino



Tamizado de agregado grueso



Contenido de humedad agregado fino (húmedo)



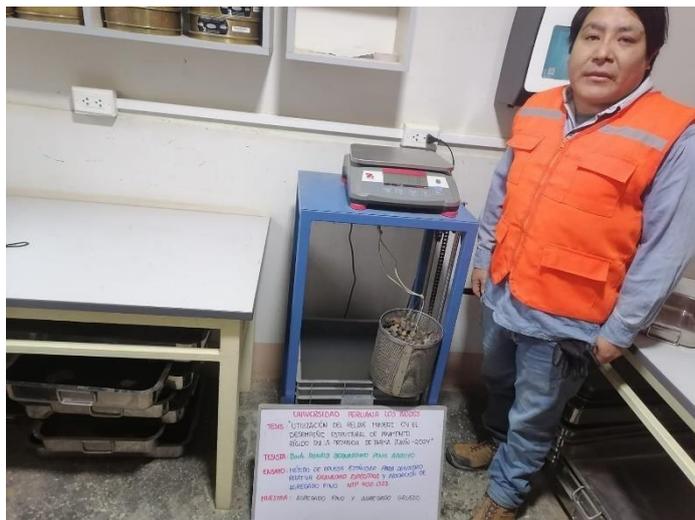
Contenido de humedad agregado fino



Contenido de humedad agregado grueso (húmedo)



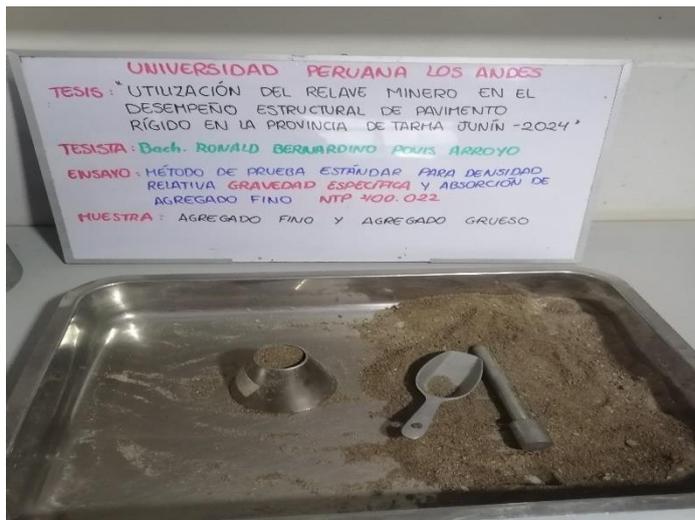
Contenido de humedad agregado grueso



Peso de agregado



Peso de agregado



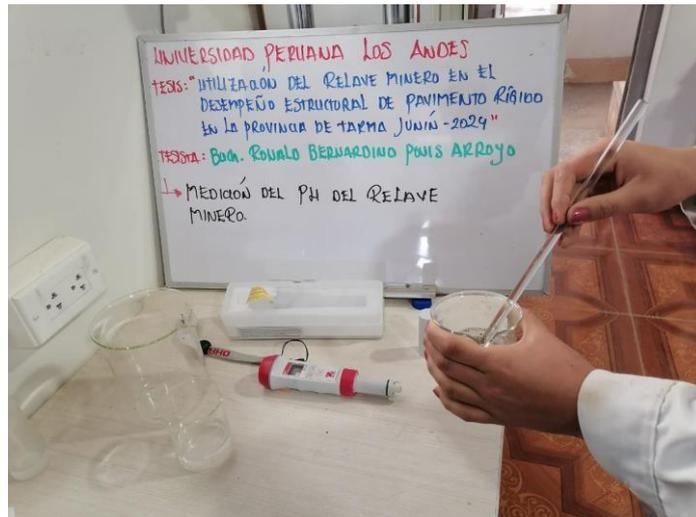




Eliminación de aire en el matraz



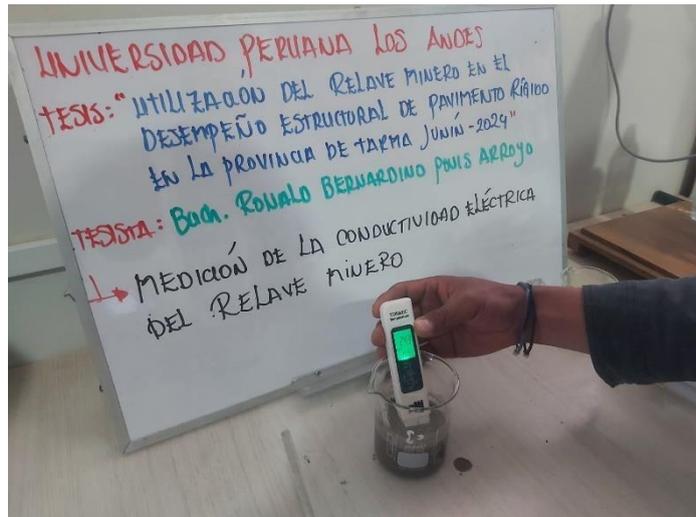
Relave minero



Preparación para la medición del PH del relave minero



Medición de PH del relave minero



Medición de la conectividad eléctrica del relave minero



Relave y cemento a la mezcladora



Adición de relave minero





Hallando el slump



Asentamiento



Llenado las probetas





Probetas terminadas



Vigas terminadas



Curado de probetas



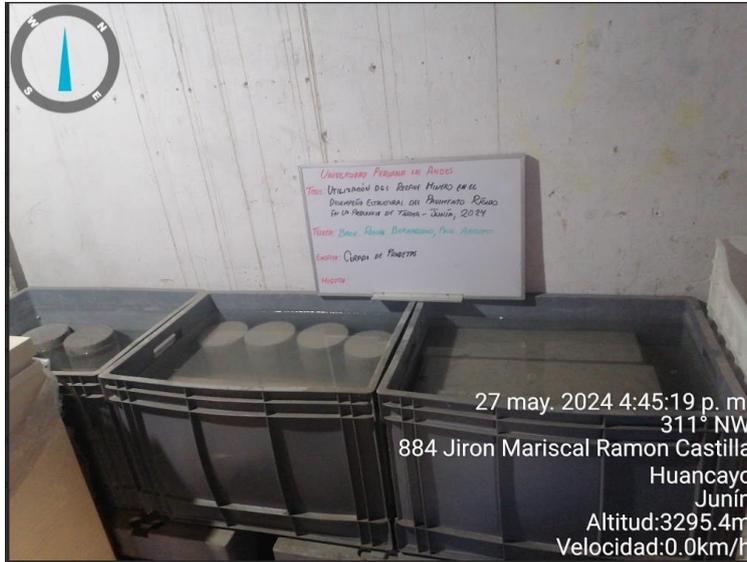
Probetas desencofradas

## Pruebas de propiedades mecánicas a los 7 días





## Pruebas de propiedades mecánicas a los 14 días







## Pruebas de propiedades mecánicas a los 28 días





