

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo a la
arena por relave minero en un 8% y 15%.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

Autor

Rodriguez Grados, Khristina Ivonne

Asesor

Urrutia Vargas Segundo Milquisider

CODIGO ORCID

0000-003-4415-0484

Chimbote – Perú

2021

PALABRAS CLAVE:

Tema	Mortero
Especialidad	Tecnología del Concreto

KEY WORDS:

Theme	Mortar
Speciality	Concrete Technology

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea de Investigación	Construcción y gestión de la construcción
Área	Ingeniería y Tecnología
Subárea	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

TÍTULO:

**Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo a la arena por relave
minero en un 8% y 15%.**

RESUMEN:

El actual proyecto de investigación estuvo enfocado en determinar la resistencia de un mortero partiendo desde su fabricación, utilizando material de relave minero en su elaboración sustituyendo en un 8% y 15%. Este proyecto fue experimental, teniendo en cuenta que el material de relave minero fue extraído de manera sólida, dicho material fue sustituida a la mezcla patrón de un mortero a fabricarse; también se fabricaron morteros patrón sin sustitución, con el fin de llevar a cabo la realización de cuadros comparativos de las resistencias obtenidas de ambas muestras.

Así mismo, se determinaron los componentes químicos del relave minero, se determinaron fluideces para que se puedan tener resultados equivalentemente comparativos. Se elaboraron 27 probetas de mortero (9 patrón, 9 experimental con 8% de sustitución y 9 con 15% de sustitución), y posteriormente se determinaron las resistencias. Obteniendo resistencias a la compresión patrones a los 3, 7 y 28 días, siendo expresadas 268.35 kg/cm^2 , 359.14 kg/cm^2 y 478.96 kg/cm^2 , respectivamente. Así mismo, se determinó que las sustituciones de 8% de relave minero tendieron a aumentar la resistencia a la compresión de morteros a los 3, 7 y 28 días con respecto a un mortero patrón, siendo expresadas 279.61 kg/cm^2 , 371.08 kg/cm^2 y 491.21 kg/cm^2 , respectivamente. Por otro lado; se determinó que las sustituciones de 15% de relave minero tendieron a disminuir la resistencia a la compresión de morteros a los 3, 7 y 28 días con respecto a un mortero patrón, siendo expresadas éstas disminuciones en 224.39 kg/cm^2 , 210.93 kg/cm^2 y 240.24 kg/cm^2 , respectivamente. Las disminuciones se debieron a la presencia de componentes químicos un tanto dañinos del relave minero; por otra parte, el pH de 2.69 (ácido) también fue responsable de esta disminución.

ABSTRACT:

The current research project was focused on determining the strength of a mortar starting from its manufacture, using mining tailings material in its preparation, substituting 8% and 15%. This project was experimental, taking into account that the mining tailings material was extracted in a solid way, such material was substituted to the standard mixture of a mortar to be manufactured; standard mortars were also manufactured without substitution, in order to carry out the comparative tables of the resistances obtained from both samples.

Likewise, the chemical components of the mining tailings were determined, and fluidities were determined so that equivalent comparative results could be obtained. Twenty-seven mortar specimens were prepared (9 standards, 9 experimental with 8% substitution and 9 with 15% substitution), and subsequently the strengths were determined. The standard compressive strengths were obtained at 3, 7 and 28 days, being expressed as 268.35 kg/cm², 359.14 kg/cm² and 478.96 kg/cm², respectively. Likewise, it was determined that the substitutions of 8% of mining tailings tended to increase the compressive strength of mortars at 3, 7 and 28 days with respect to a standard mortar, being expressed 279.61 kg/cm², 371.08 kg/cm² and 491.21 kg/cm², respectively. On the other hand, it was determined that the substitutions of 15% of mine tailings tended to decrease the compressive strength of mortars at 3, 7 and 28 days with respect to a standard mortar, these decreases being expressed as 224.39 kg/cm², 210.93 kg/cm² and 240.24 kg/cm², respectively. The decreases were due to the presence of somewhat harmful chemical components of the mine tailings; on the other hand, the pH of 2.69 (acidic) was also responsible for this decrease.

ÍNDICE

Contenido	
Palabra clave	i
Título	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Índice	v
I. Introducción	1
II. Metodología	22
III. Resultados	26
IV. Análisis y discusión	46
V. Conclusiones	51
VI. Recomendaciones	52
VII. Agradecimiento	53
VIII. Referencias bibliográficas	54
IX. Anexos y apéndices	
Anexo N°01: Ensayos del agregado fino	56
Anexo N°02: Ensayo del relave minero	61
Anexo N°03: Ensayo de alcalinidad (pH)	63
Anexo N°04: Ensayo de fluidez	65
Anexo N°05: Ensayo de fluorescencia de rayos X	69
Anexo N°06: Ensayos de resistencia a la compresión	71
Anexo N°07: Panel fotográfico	75

Índice de Tablas

Tabla N° 01: Componentes químicos principales del cemento portland tipo I	6
Tabla N° 02: Granulometría del agregado fino	7
Tabla N° 03: requisitos para agua de mezcla-ntp 339.088	9
Tabla N° 04: Contenido metálico	18
Tabla N° 05: Caracterización químicas – físicas	18
Tabla N° 06: mineralogía	19
Tabla N° 07: Distribución de probetas de concreto	23
Tabla N° 08: Técnicas de recolección de información	24
Tabla N° 09: Resultado de Fluorescencia de Rayos X del relave minero	26
Tabla N° 10: Ph del relave minero y sus combinaciones	27
Tabla N° 11: Contenido de humedad del agregado fino (ASTM D-2216)	27
Tabla N° 12: Gravedad Específica Y Absorción del Agregado Fino (ASTM C-127)	28
Tabla N° 13. Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino	28
Tabla N° 14. Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino	29
Tabla N° 15. Propuesta de Gradación para elaboración de los Especímenes	29
Tabla N° 16. Análisis granulométrico del relave minero	30
Tabla N° 17. Fluidéz del mortero	30

Tabla N° 18: Medidas de dispersión del mortero patrón	31
Tabla N° 19: Medidas de dispersión del mortero experimental con 8% de sustitución.	31
Tabla N° 20 : Medidas de dispersión del mortero experimental con 15% de sustitución.	32
Tabla N° 21. Ensayo de Compresión de Mortero Patrón de 3 días	33
Tabla N° 22 Ensayo de Compresión de Mortero Patrón de 7 días	33
Tabla N° 23. Ensayo de Compresión de Mortero Patrón de 28 días	33
Tabla N° 24. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 3 días	34
Tabla N° 25. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 7 días	34
Tabla N° 26. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 28 días	34
Tabla N° 27. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 3 días	35
Tabla N° 28. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 7 días	35
Tabla N° 29. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 28 días	35
Tabla N° 30: Resultados Finales de los Ensayos de Compresión	36
Tabla N° 31 Ensayos de Compresión Patrón en Porcentajes	36
Tabla N° 32: Ensayos de Compresión Experimentales en Porcentajes	37
Tabla N° 33: Cuadro Comparativo De Morteros Patrones Y Experimentales	37
Tabla N ^a 34: Resistencias de especímenes según días de curado	43
Tabla N° 35: Calculo de la prueba ANOVA	43
Tabla N° 36: Cálculo de la prueba de Duncan	44

Índice de Figuras

Figura 1. Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad (Días)	38
Figura 2. Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad (Días)	39
Figura 3. Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad (Días)	40
Figura 4. Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad (Días)	41
Figura 5. Resistencia a la Compresión (Kg/cm ²) Vs. Edad (Días)	42

I) INTRODUCCIÓN:

Según (Anicama, 2010), Concluye que, en relación al relave elegido Andaychagua, éste mostró rasgos químicos establecidos en el reglamento NTP 400.037 para sulfatos solubles y sales solubles totales. Las adiciones de relave en dimensiones inferiores a 5% no influirán los rasgos físicos básicos de los hormigones. Adiciones mayores al 15% afectan de manera negativa y reducen los rasgos fuertes de los hormigones.

Según (Milla, 2017): con la tesis titulada “Resistencia a la compresión de una unidad de adobe empleando una prensa manual y sustituyendo el 10%, 20% y 30%, por relave minero de Ticapampa, en la provincia de Huaraz – 2017”. Concluye que, Las propiedades químicas del relave minero según la determinación de PH del relave minero es considerado como ácido (2.82.), la determinación mineralógica del relave minero indica un 87.08% de óxido de silicio, Se realizó el ensayo de la fluorescencia de rayos X del relave minero determinó que el relave minero contiene óxido de silicio (SiO_2), en un 87.08% de masa por la UNMSM. Así mismo; la resistencia a la compresión del adobe patrón a los 28 días es 15.52 kg/cm²; al sustituir un 10% de relave minero a los 28 días aumenta la resistencia a la compresión a 21.87 kg/cm²; al sustituir un 20% de relave minero a los 28 días aumenta la resistencia a la compresión a 24.61 kg/cm²; al sustituir un 30% de relave minero a los 28 días aumenta la resistencia a la compresión a 29.33 kg/cm². La incorporación del relave minero mejora la resistencia a la compresión de una unidad de adobe estabilizado.

Según (Namuche, 2017): con la tesis titulada “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”, Concluye que, la resistencia de las probetas de concreto a los 7 días de curado se obtuvieron 82, 78 y 115 Kg/cm² con reemplazo del cemento de 5, 10 y 15% respectivamente; a los 14 días se determinó la resistencia de las probetas de concreto, obteniéndose 118, 131 y 125 Kg/cm² con reemplazo del cemento de

5, 10 y 15% respectivamente; y a los 28 días se determinó la resistencia de las probetas de concreto, obteniéndose 132, 155 y 169 Kg/cm² con reemplazo del cemento de 5, 10 y 15% respectivamente. Al comparar la resistencia a la compresión de especímenes 5%, 10% y 15 % de sustitución en peso del cemento, por el relave minero a los 7,14 y 28 días de curado, se observó que la sustitución del 15% de cemento en un mortero de edificaciones da mayor resistencia.

Según (Calhua, 2018): con la tesis titulada “ Resistencia de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² con cemento sustituido en 5%, 10% y 15% por relave de la mina Antamina”, concluye que, las resistencias a la compresión obtenidas por el concreto patrón fue de $f'_c=162.21$ Kg/cm² , 190.32 Kg/cm² y 210.79 Kg/cm² , del concreto experimental con cemento sustituido al 5% por relave minero fue $f'_c=164.86$ Kg/cm² , 192.30 Kg/cm² y 230.52 Kg/cm² , del concreto experimental con cemento sustituido al 10% por relave minero fue $f'_c=166.59$ Kg/cm² , 194.36 Kg/cm² y 234.48 Kg/cm² y del concreto experimental con cemento sustituido al 15% por relave minero fue $f'_c=166.25$ Kg/cm² , 193.25 Kg/cm² y 232.30 Kg/cm² a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente, la validez estadística de estas resistencias fue evaluado mediante la prueba ANOVA, determinándose a través de ello que existen diferencias significativas entre las resistencias obtenidas a las 3 edades de curado, implicando ello que efectivamente la sustitución del cemento por relave minero proporciona resistencias superiores. La resistencia a la compresión presenta un mejor comportamiento con sustitución del 10% con los relaves mineros, así como se puede apreciar en las demás investigaciones. Asi mismo; Habiéndose determinado la alcalinidad de los conglomerantes (Cemento, relave minero y sus combinaciones), se ha encontrado que el pH mínimo corresponde al relave minero, alcanzando un valor de 10.49 y el máximo corresponde al cemento con un valor de 12.13, encontrándose todos dentro de los límites de acidez permisibles, por lo que su utilización no compromete la conservación y desenvolvimiento estructural del concreto.

Según (Mejía, 2020): con la tesis titulada “Empleo de Relave Minero para Mejorar la Resistencia a la Compresión en Concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, Ticapampa - Recuay Ancash - 2020”, Concluye que, sustituyendo relave minero en porcentajes de 5% y 10% con relación al valor del cemento, el esfuerzo a la presión es inferior al concreto patrón, en todos los grupos de control; Se ha logrado demostrar que el concreto con sustitución de relave minero no arregla la resistencia del concreto. Se consideró las características físicas de los agregados, se siguió los pasos correspondientes tales como la obtención del $f'_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2$, con un factor de seguridad de 70 kg/cm^2 , se concluye que la capacidad de resistencia a la compresión de las briquetas experimentales; observando así una de la 102 resistencia a los 7 días de curado en un 219.96 kg/cm^2 . A los 14 días un esfuerzo de 273.40 kg . A los 28 días una resistencia de 283.40 kg/cm^2 ; así mismo se concluye que el esfuerzo al aplastamiento del concreto $f'c = 175 \text{ cm}^2$, cumple los parámetros diseño”, fue aceptada por su aumento en un 13.55%. 4. Se determinó el efecto de la sustitución de relave minero en proporción porcentual de 5 % en el concreto normal $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ se asemeja a la resistencia y con sustitución de 10% de ingrediente minero se aleja al esfuerzo de diseño para 175 requerida.

Según (Romero & Salinas, 2020): con la tesis titulada “Estudio experimental del concreto para adoquines tipo II, adicionando relaves mineros”. Concluye que, para un adoquín tipo II de tránsito vehicular liviano, la proporción de relave limite usado en sustitución del árido fino, para obtener una resistencia menor $\bar{x}=3$ muestras ($f'c=380 \text{ Kg/cm}^2$), era de 10% consiguiendo una resistencia $\bar{x}=381.45 \text{ Kg/cm}^2$. La dosificación correcta era de 5% de relave minero (MR-5), que no mejoro la resistencia promedio del patrón cual resistencia compresión era de $\bar{x}=392.81 \text{ Kg/cm}^2$, a pesar de ellos acata la NTP.399.611 obteniendo una resistencia $\bar{x}=384.72 \text{ Kg/cm}^2$.

Conforme lo estudiado en los antecedentes se justifica el presente estudio en el aspecto social y conocimiento.

El relave minero son sustancias residuales que conseguiría tener uso fundamental en la rama de la construcción y simultáneamente disminuir costos en construcción, por lo tanto al utilizar el relave minero se podría usar como un reemplazo en porcentajes al agregado fino en una mezcla de mortero modificado.

Anteriormente mencionado y analizando los rasgos del mortero se hace necesario el análisis de las características fundamentales, cuando se reemplace el relave minero, y de qué modo puede contribuir en la mezcla, con respecto a la resistencia y su utilización en construcción.

En este estudio, se buscó perfeccionar la resistencia del mortero con estas sustituciones parciales de este material. Y por otra parte se espera la protección del medioambiente cuando se busca opciones de recursos naturales que poseen rasgos o antecedente frecuente a la operación puzolánica.

En el ámbito de la construcción de nuestro país se usa principalmente la arena como uno de los materiales primordiales en los trabajos relacionados con obras públicas, por tal motivo se busca plantear el uso de distintas sustituciones en mezclas que consigan ofrecer resultados considerando los precios y el medioambiente.

En el Perú podemos encontrar empresas dedicadas a esta producción, la más cercana podemos encontrar la empresa minera QUIRUVILCA S.A. localizado en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, en el departamento de La Libertad.

De las bibliografías consultadas se consiguió revisar distintos significados que serán favorables para la realización del estudio, así como:

Definición de Mortero

Al igual que el cemento Portland, es una combinación de arena y agua mezclada con un aglutinante.

Los morteros son combinaciones de 1 o más conglomerantes inorgánicos siendo elemental el cemento. De igual forma podría agregar óxido de calcio como un segundo conglomerante para proporcionar trabajabilidad y plasticidad. Otros elementos son agregados silíceos, calizos; los agregados químicos que consiguen ser aireantes, plastificantes, recipientes de agua, impermeabilizantes, retardadores y agua (León, 2014, pág. 2)

Características del mortero

Morteros frescos: cuando se agrega agua al cemento, se produce una masa de cemento, y a través de la primera etapa se lleva a cabo el procedimiento de captación del cemento, mostrando una textura dura. Luego comienza a solidificarse, donde adquiere constantemente propiedades sólidas.

Trabajabilidad: Los morteros se almacenan inmediatamente en plástico, pues determina sus características en esta fase, ya que a la vez retribuye a la de su empleo en construcción. Es una característica que ayuda a prevenir la separación y favorecer el uso anticipado en el momento del uso de la mezcla.

Plasticidad: Es una función para explicar la trabajabilidad del mortero. Se basa en la fuerza de distribución de la dimensión de partícula y cantidad de arena fina. Se consigue perfeccionar con la aplicación de aditivos plastificantes.

Retención de agua: los morteros poseen características para conservar la trabajabilidad, impidiendo que malgaste el agua de manera acelerada, esto también puede dar inconvenientes en el endurecimiento del hormigón.

Segregación: es la descomposición de elementos de mortero. Esto se puede prevenir agregando demasiada agua o usando menos arena.

Adherencia: Se trata de una propiedad que calcula la sencillez o resistencia de un mortero al desplazamiento de la superficie del soporte que se utiliza.

Contenido de aire: Se encuentra principalmente como una cantidad de impurezas gaseosas que depende del volumen máximo de agregado y sus propiedades, es constantemente dañino. Se acostumbra a calcular un 3% la magnitud de aire evidentemente agregados por los morteros.

Exudación: Esto se debe a la tendencia de las sustancias más pesadas a asentarse y a subir las sustancias más ligeras, como el agua.

Fraguado: es la transformación de estado físico que sufre una masa a partir de un estado blando hasta un estado de dureza.

Densidad: Requiere de la proporción en que intervienen los distintos materiales constituyentes del mortero y del peso específico.

Elementos del mortero

Requerido para la preparación de la mezcla de mortero:

CEMENTO: Además de la cal, contiene: óxido de silicio, óxido de aluminio y óxido ferroso y formado por una cantidad suficiente de agua, un agregado que puede endurecerse como en el agua o el aire. (Rivera, pág. 18)

Elementos químicos:

1. C3S, da fuerza original y afecta el calor de hidratación.
2. C2S, responsable de la posterior resistencia de la masa de cemento.
3. C3A, el yeso añadido al cemento portland durante la trituration en el desarrollo de producción se mezcla para regular el periodo de fraguado.
4. C4AF, influye en el calor y velocidad de hidratación.
5. Elementos menores: potasio, sodio, manganeso, magnesia y titanio.

(Abanto,2009, pág. 16)

El cemento portland se elabora con materias primas, que son trituradas y combinadas calentándose (1400– 1450 C°), cuando se combina con agua o mezclas de piedra, arena y otros componentes semejantes, posee la característica de reaccionar muy lento con agua, hasta producir una mezcla dura y es un producto de accesible compra. (Abanto, 2009, pág. 15)

Para (Rivera, pág. 23) Los elementos químicos de los productos básicos en su producción y los porcentajes habituales en las que intervienen son:

TABLA N° 01: COMPONENTES QUÍMICOS PRINCIPALES DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I

OXIDOS	CONTENIDO (%)
(CaO)	60 - 67
(SiO ₂)	17 – 25
(Al ₂ O ₃)	3 – 8
(Fe ₂ O ₃)	0.5 – 6.
MgO	0.1 – 4.0
Álcalis	0.2 – 1.3
(SO ₃)	1 – 3

Tipos de Cementos:

Tipo I, Debido a su utilización, no requiere propiedades específicas para otros tipos y se utilizó en la preparación de este estudio de investigación.

AGREGADO FINO

Se deriva de la descomposición de la roca, pasa dentro de un tamiz de 3/8 de pulgada (9,51 mm) y se mantiene en un tamiz N° 200 (74um). Normas técnicas peruanas 400,011

Propiedades físicas:

Tiene que acatar normas técnicas peruanas y unas mínimas condiciones de calidad.

Granulometría (N.T.P 400.012 / A.S.T.M C-33): La importancia de esta propiedad radica en que sus dimensiones inciden directamente en la conducta del cemento fresco duro, dependiendo de cómo se distribuyan. Esta propiedad define un agregado que soporta la densidad de las proporciones de las partículas que lo componen. La caracterización de esta relación requiere un análisis en siete partes y una selección como "serie estándar" utilizando una malla normalizada. Su apertura se repite siempre según la más restrictiva igual a 0,150 mm. (ASTM N ° 100) y el método de prueba se da según la norma aplicable.

TABLA Nª 02: GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO.

Requisitos granulométricos:		
Malla		% que pasa
3/8''	9.5mm	100
Nº4	4.75mm	95-100
Nº8	2.36mm	80-100
Nº16	1.18mm	50-100
Nº30	600um	25-60
Nº50	300um	10-30
Nº100	150um	0

Fuente: Normas ASTM C-33

Peso unitario: Requiere de algunos requisitos propios de los áridos como, tamaño, forma y granulométrica, como el contenido de humedad; además se basa de factores externos: tamaño máximo de agregado relacionado con el volumen del contenedor, el grado de compresión y el método de consolidación. (N.T.P 400.0172 / A.S.T.M C-29)

Peso específico: este es el vínculo entre el peso del material y su tamaño. La diferencia sobre el peso unitario es que no tiene en cuenta el tamaño que cubren los agujeros en el material. Debe establecer este valor a fin de la distribución de la mezcla, así como asegurarse de que el árido pertenece al material de peso normal. (N.T.P 400.022 / A.S.T.M C- 128)

Capacidad de humedad: El volumen de agua cambia en el concreto, de acuerdo a su monto en porcentaje. (N.T.P. 400.011/ A.S.T.M. C-12)

Absorción: Ésta es la capacidad del árido fino de entrar en contacto con el agua, esta característica incide en el volumen de agua/cemento en el mortero. (N.T.P. 400.011/ A.S.T.M. C-125)

Módulo granulométrico: La arena debe poseer una de finura entre $2.30 \leq mf \leq 3.10$, que es la dimensión de los granos de arena y se usa para controlar la homogeneidad de los áridos. (N.T.P 400.011 / A.S.T.M C-125)

AGUA

El agua tiene una reacción química con el cemento, humedeciéndolo y elaborando el fraguado, a partir del estado plástico original, hasta la creación de resistencias de forma duradera. Además, Después de colocar el mortero en la superficie y comprimirlo, se necesita agua de curado para recuperar el agua desperdiciada por evaporación. El volumen de agua mezclada con mortero fresco suele estar entre el 15% y el 20%.y junto con el cemento, alisan el árido y hacen un producto adecuado, suave y adaptable que se adhiere.

Si la calidad del agua no es segura cuando se usa en la preparación de mezclas de concreto, se deben realizar pruebas químicas para distinguir entre los límites de tolerancia y los resultados de los elementos actuales en el agua utilizada en el preparado de la mezcla.

TABLA N°03: REQUISITOS PARA AGUA DE MEZCLA-NTP

339.088

DESCRIPCIÓN	LIMITE PERMISIBLE
Cloruros	300 ppm.
Sulfatos	300 ppm.
Sales de magnesio	150 ppm.
Sales solubles totales	1500 ppm.
pH	Mayor de 7
Sólidos en suspensión	1500 ppm.
Materia Orgánica	10 pm.

FLUIDEZ:

En el mortero hidráulico el agua que está contenida le otorga fluidez, existen morteros que necesitan cierta fluidez, se calcula aumentando el tamaño de la base máxima del molde del mortero. (MTC E 617-200)

Ensayo de fluidez del Mortero:

OBJETO: Utilizar un medidor de flujo para determinar la fluidez del mortero de cemento hidráulico.

FINALIDAD Y ALCANCE: En el mortero hidráulico el agua que está contenida le otorga fluidez, existen morteros que necesitan cierta fluidez, se calcula aumentando el tamaño de la base máxima del molde que tiene el mortero.

Esta prueba no está destinada a resolver problemas de seguridad relacionados con su uso. Quien lo utilice es responsable de establecer las prácticas adecuadas de seguridad, salud adecuada y correspondiente, y establecer sus obligaciones de uso y explicación

REFERENCIA NORMATIVA

NTP 334.057: CEMENTOS. Modo de prueba con el fin de medir la fluidez del mortero de cemento Portland.

NTP 334.126: CEMENTOS. Mesa de flujo de prueba de cemento portland.

ASTM C 230: “Standard Specification for Table for Use in Test of Hydraulic Cement”.

EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

EQUIPOS

La mesa de flujo, se basa: un soporte, un árbol y una mesa redonda. La mesa o plataforma (Fig. 2a) de estructura redonda, de 254 mm \pm 2,54 mm (10" \pm 0,1") de diámetro y 7,62 mm (0,3") de grosor; de bronce o latón de dureza Rockwell menor de 25 B, la superficie inferior fortalecida por 6 nervios integrales. La parte superior plana, liza y no hay defectos superficiales.

El árbol es un componente conectado verticalmente al medio de la plataforma a través de una rosca, y se ajustará duramente en el soporte, de ese modo se consiga bajar y subir de manera vertical, desde una altitud definida, a través de una leva giratoria. El rango de altura \pm 0,13 mm (\pm 0,005") para nuevas mesas, y \pm 0,38 mm (\pm 0,015") para mesas usadas.

El árbol y la leva deben estar hechos de acero semirrígido; el acero del árbol tiene que ser solidificado por templado. El árbol tiene que estar recto. La tolerabilidad entre el árbol y el diámetro del cilindro del soporte y para mesas nuevas esta entre 0,05 mm y 0,08 mm (0,002" y 0,003"), y para mesas usadas entre 0,05 mm y 0,25 mm (0,002" y 0,010"). La leva tiene que de aspecto de espiral, con un radio que incrementa de 12,7 mm a 31,75 mm (1/2" a 1/4") en 360°. El extremo del árbol no tiene que pegar la leva en el sitio de bajada, tiene que causar conexión menor a 120°. La leva y el árbol tienen que elaborarse de tal modo que la mesa no gire más de 1 vez en 25 caídas. La superficie de la parte más alta del soporte y del lado del árbol, tienen que contactar excelente en el instante de la caída de la mesa; con este fin, tienen que conservarse pulidas, planas y semejantes en la parte superior de la mesa.

El soporte tiene que ser de hierro colado de grano fino de buena calidad, tiene que contar con 3 nervios de refuerzo integral, en toda la altura, separados a 120°. El temple no debe curar a menos de 6,35 mm (1/4 ") de la parte superior del recipiente. La mesa de flujo tiene que conectarse con un motor como mínimo de 0,3 W (1/20 HP), activado al eje de la leva a través de un engranaje helicoidal protegido, que disminuya la velocidad. La velocidad de la leva tiene que ser de 100 rpm. El motor no tiene que sostenerse en la base del soporte, tampoco en el árbol.

Fundido de la mesa de flujo. El soporte de la mesa debe enroscarse con firmeza a una plataforma de acero de 254 mm (10") de costado y un grosor de 25,4 mm (1"), cual

lado superior esta triturada para lograr una superficie lisa y pulida. La placa tiene que sujetarse a un soporte de concreto a través de 4 pernos de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ") de diámetro, impregnados a un soporte mínimo de 152,4 mm (6"). La base del soporte y la parte inferior de la placa tienen que contactarse en sus puntos. El soporte se convertirá en un tronco piramidal monolítico de 635 mm a 762 mm (25" a 30") de altura, con sección cuadrada superior, cual extremo es entre 254 mm y 280 mm (10" y 11") y cual base cuadrada cuyo lado es entre 381 mm y 406 mm (15" y 16").

En el lado inferior de cada esquina del soporte se tiene que poner un paquete cuadrado de corcho de 100 mm (4") de extremo por 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ") de grosor. Se tiene que supervisar con frecuencia el nivel de la pasta, la resistencia del soporte y el ajuste de los roscas de anclaje. Inmediatamente después que fue instalado el árbol en el soporte, la plataforma se tendrá que nivelar en posiciones altas y bajas en todo lo largo de diámetros verticales. El árbol de la mesa de flujo, tiene que conservarse limpio y cuidadosamente aceitado, clase (SAE-10), igual que la leva, para reducir el deterioro. Cuando la mesa no fue utilizada en mucho tiempo, tiene que alzarse y hacerse caer la plataforma como mínimo 12 veces antes de iniciar las pruebas.

Molde. Tiene que ser de dureza Rockwell, de bronce o latón, por lo menos 25 B, su peso no será menor de 907 g, y el grosor mínimo de 5,1 mm (0,2"); su figura será de tronco de cono recto, que supera los $69,8 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ ($2,75 \text{ "} \pm 0,02 \text{ "}$) de diámetro para nuevos moldes y $69,8 \text{ mm} \pm 1,3 \text{ mm}$ ($2,75 \pm 0,05 \text{ "}$) de diámetro cuando se utilizan moldes; el diámetro de la parte inferior es $100 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ ($4 \text{ "} \pm 0,02 \text{ "}$) y altura es $50 \pm 0,5 \text{ mm}$ ($2 \pm 0,02 \text{ "}$). La base más pequeña tiene un collar integrado que se puede quitar en la parte inferior del molde., La corona de material duro debe colocarse contra la acción corrosiva del mortero. Una vez llenado el mortero, se debe colocar un diámetro grande de unos 254 mm y un diámetro pequeño de 100 mm para evitar que caiga en la base.

Calibrador. Se utilizará 1 del tipo enseñado en la Fig. 5 para calcular los diámetros de la base del mortero.

Compactador. Está hecho de material no absorbente, no abrasivo o quebradizo, como caucho moderadamente dura o madera (roble endurecido). Debe tener un diámetro rectangular, 13 mm x 16 mm ($\frac{1}{2}$ "x 0,6") y longitud de 130 mm a 150 mm (5 "6").

MATERIALES

Probeta graduada de 250 mL \pm 1 mL a 20 °C.

Espátula de acero una paleta con una longitud de 100 mm a 150 mm.

Guantes de goma.

INSUMOS

Agua destilada (la temperatura del agua durante la mezcla es 23 °C \pm 1,7 °C, el ambiente de mezcla es de 20 °C a 28 °C, la humedad moderada en el laboratorio no puede exceder el 50%)

MUESTRA

Pesa 650 g \pm 0,1 g de cemento.

Poner toda el agua (desmineralizada, agua pura si no está disponible) en el recipiente de mezclado

Añadir el cemento al agua para permitir que se absorba por 30 segundos.

Prender la mezcladora y mezclar lentamente por 30 segundos (140 rpm \pm 5 rpm).

Frenar la mezcladora por 15 segundos, durante este tiempo la masa que se mantiene a los lados del recipiente se raspa y se agrega lo sobrante de la mezcla.

Reinicie la mezcladora a una velocidad media (285 rpm \pm 10 rpm) y mezclar por 1 minuto para fabricar la mezcla.

Procedimiento

Llenado del molde: Lavar y secar la plataforma de la mesa de flujo, centrar el molde, vaciar una capa de mortero de 25 mm (1 ") de grosor en el molde, distribuir el compactador uniformemente durante 20 golpes y golpear con un martillo. Completar el molde en la segunda capa y realizar lo mismo como en la primera capa. La presión del compactador llena el molde de forma completa y uniforme, separa el excedente de mortero de la capa superior y pule la superficie con una espátula.

Determinación de la fluidez: Llene el molde, lave y seque la plataforma de la mesa y asegúrese que el agua entorno a la base del molde esté seca. Tras 1 minuto del proceso de mezclado, retire el molde, levante el molde y baje la mesa de flujo a una altura de 12,7 mm ($\frac{1}{2}$ ") 25 veces en 15 segundos. Seguidamente calcule el diámetro de la base de mortero al menos en 4 puntos paralelos y mida el diámetro promedio.

CALCULOS E INFORMES

Cálculos

La fluidez, es el incremento del diámetro promedio de la base de la muestra y se muestra como un porcentaje del diámetro original.

Determinar el diámetro promedio y calcular el porcentaje de fluidez, acorde con la fórmula:

$$\% \text{ fluidez} = \frac{\text{Diámetro Promedio} - 101,6\text{mm}}{101,6\text{mm}} \times 100$$

Precisión y Dispersión

PRECISION

Para los operadores de laboratorio, la desviación estándar se estableció en 4%. Después de dos pruebas realizadas por operadores en grupos similares, no debe exceder el 11%. La desviación estándar del multilaboratorio se estableció en 11%. Después de eso, los resultados de la misma cantidad de 2 laboratorios diferentes no deberían cambiar en más del 31%.

VELOCIDAD DE ENDURECIMIENTO

El tiempo de fraguado del mortero es de 2 a 24 horas. Depende de la preparación de la mezcla y las condiciones atmosféricas. (NTP 334.006)

La norma ASTM C-403 “Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance” (Método de ensayo estándar para el tiempo de fraguado de mezclas de concreto por la resistencia a la penetración), proporciona un método de prueba para medir este parámetro.

Tasa de evaporación del agua de la mezcla en función del tiempo. Cambian de la siguiente manera:

Tipos de tratamiento

Humedad de la mezcla

Diseño de la mezcla

Humedad ambiental

RELAVE MINERO

GENERALIDADES:

El relave minero es un compuesto tóxico en el proceso de minería de concentración de minerales, compuesto con una combinación de rocas molidas, agua y minerales de ganga, no obstante además genera bajas concentraciones de metales pesados, al igual que, cobre, plomo, mercurio y semimetales igual que el arsénico.

Los relaves tienen componentes que afectan el medioambiente y elevadas concentraciones de químicos, por eso tienen que ser trasladados y almacenado en depósitos de relaves, los contaminantes se separan al final, se devuelve en su mayoría el agua y el resto desaparece. El material queda establecido como un depósito estratificado de material sólido fino.

UBICACIÓN Y ACCESO:

Se ubica en el departamento de la Libertad, provincia de Santiago de Chuco, distrito de Quiruvilca a 4.008 m.s.n.m y a 3 horas de Trujillo. En este estudio se tomó el relave minero de la Minera Quiruvilca.

TOPOGRAFIA:

Es un territorio liso, esto se debe a que tiene la misma altura que el distrito de Quiruvilca, por eso casi no tiene desnivel. Las tierras altas del Perú son muy diversas según la ubicación de la región.

PRODUCTIVIDAD MINERO:

Apenas en los últimos 10 años, la producción de oro, plata y cobre del Perú ha logrado un incremento asombroso. De esta manera, las industrias de minería ponen de su parte: estudian el mineral, lo encuentran, establecen su potencial y toman la decisión de invertir para producir fortuna, y lo hacen del modo más efectivo, así como en lo financiero, social y ecológico. (Benavides R, 2012).

Las poblaciones de las regiones altoandinas del Perú, donde se ubica la zona minera, debe contribuir al desarrollo de nuevos proyectos. Los gobiernos, por otro lado, deben contribuir a agilizar los procesos administrativos y crear un entorno financiero satisfactorio. Por tanto, la producción minera sigue creciendo.

En la actualidad, la minería en la región de Pasco es la actividad más destacada y rentables del país. Los niveles de producción de plata, cobre, plomo, tungsteno, molibdeno y otros minerales son de buena calidad y gran cantidad.

Figura N° 01: Producción minera



MANEJO DE RELAVES

Cruzado & Bravo (2010), la disponibilidad de los relaves se realizó en ríos o lagos; no obstante, están proponiendo opciones diferentes para la disponibilidad de este material, a través de otros factores, al incremento de la inquietud por el surgimiento del “drenaje ácido de roca” ARD (Acid Rock Drainage) producido en operaciones mineras, particularmente durante períodos de cierre o abandono sino se han asumido las advertencias para impedir su fabricación; acciones que provocan la contaminación de agua y los países que la reciben.

Durante los últimos años, el uso de relaves causa gran inquietud por los problemas ambientales que libra la industria minera del país. En el uso de relaves disponemos 2 etapas: operación y post cierre. En la etapa de operación, por lo general se guarda en presas, cubierto con agua, la que es recirculada a la planta, y el periodo de cierre podría darse diferentes tratamientos, convirtiéndose en la etapa más decisiva a nivel ambiental y costos.

En el Perú el manejo de relaves es más complicado que en otros países, dado las condiciones extremas de topografía, clima y riesgo sísmico, contribuyó al problema de mineralización marcadamente sulfurada y contaminación por aguas residuales ácidas (ARD).

Prácticas innovadoras de hoy para la eliminación de desechos, relleno subterráneo, drenaje concentrado y eliminación de aguas residuales. Estas actividades prueban con claridad que opciones a los almacenes de relaves convencionales podrían ser prácticas y factibles en el Perú. (Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros, 1995).

DEPÓSITOS DE RELAVES

Los depósitos de relaves superficiales suelen ser el procedimiento más versátil y financiero utilizado en muchas industrias mineras. Este procedimiento se basa en la deposición hidráulica de relaves, detrás de la presa, que se pueden fabricar con una variedad de materiales y configuraciones. Las represas cumplen el importante propósito de eliminar la pulpa de relave para reducir los sólidos y hacer circular el agua hacia los concentrados, en contraste con muchas actividades actuales en Perú, donde la circulación es deficiente.

Es posible devolver casi la mitad hasta $2/3$ de los relaves antes de que se utilice el trabajo en la mina subterránea. El relleno, es una parte importante de varias actividades de extracción de minerales subterráneos, como el proceso de "corte y relleno", incluso se utilizaría para aumentar la recuperación y extracción de minerales a tipos de cambio. El pilar de las actividades subterráneas tipo de «cámaras y pilares».

En las actividades de relleno, los relaves se devuelven normalmente al frente de trabajo en forma de pulpa, sin embargo algunos procedimientos, igual que el neumático, además son utilizados en ocasiones. Los rellenos no cementados requieren relaves permeables que fluyan libremente, por lo que se utiliza un nuevo ciclo de concentradores para devolver la arena a la superficie de trabajo y desechar las lamas.

Relaves deshidratados

Quizás se utilice equipos como filtros de vacío, filtros de presión, filtros de tambor, filtros de banda o centrifugadoras para eliminar el agua del fertilizante de relaves en el concentrado. La cantidad de agua en los relaves se puede limitar a una cantidad adecuada para el transporte y la entrega en camión o cinta transportadora. Por lo

general, 20-25% en peso (cuando la densidad mineral es cercana a 2.8). El término de relave "seca" que en ocasiones se utiliza el método no es rigurosamente adecuado.

Los gastos de inversión y operación de equipos son altos y las limitaciones de confiabilidad pueden requerir sistemas de remoción de apoyo, que muestran ventajas únicas para valles estrechos y minas de montaña empinada en Perú.

Descarga espesada

Este proceso se basa en eliminar la mayor parte del agua del lodo de aguas residuales, concentrándola en un concentrador con un contenido de sólidos (% peso) de al menos 50-60%. Tales depósitos de lodo de las tuberías, resultan en una pendiente de 3°-6°. Este método de colocación tiene la capacidad de reducir el alcance de la construcción de presas requerido para los depósitos superficiales tradicionales, ahorrando el costo de construcción de cada presa, que puede ser compensado en cierta forma por el gasto de espesamiento y bombeo.

El aprovechamiento de sedimentos a través de canales de drenaje engrosados requiere espacios amplios y planos, lo que los hace inadecuados en regiones de serranías del Perú.

Construcción del muro método aguas arriba

Se trata de una pared hecha de material prestado comprimido donde comienza el depósito de los relaves, con un clasificador llamado "ciclón". La trituración gruesa o arena se descarga de la corriente abajo del ciclón y se coloca a lo largo de la primera pared, mientras que las piezas más finas o listones que emergen de la corriente superior del ciclón se colocan hacia el centro de la presa. Más lejos de la pared, se forma un tipo de playa al depositar las partículas más fuertes de lamas y buena parte del agua gotea, luego de lo cual la ausencia de partículas en suspensión origina pozos sedimentarios o lagunas sedimentarias. Se vacía mediante un sistema estructural de drenaje que puede ser una torre de drenaje, de lo contrario se utiliza una bomba montada en una cubeta flotante. Cuando el depósito está casi lleno, se mueve hacia el este del muro y mueve el ciclón a una mayor altitud aguas arriba, iniciando una nueva etapa de descarga de arena, y peralta del muro. La construcción continuará de manera correcta. En la práctica, este procedimiento alcanza una altura de hasta 25 m.

Método de construcción de construcción de muros aguas abajo

La construcción comienza con la pared inicial de material de préstamo comprimido. Esto vaciará la arena ciclónica en la pendiente corriente abajo de esta pared y colocará las lamas en la pendiente corriente arriba. Si el muro está correctamente inclinado (generalmente de 2 a 4 m), el muro se levantará, el ciclón se moverá a una altura más alta aguas abajo y comenzará una nueva etapa de drenaje de arena y cerramiento de muros. En algunos casos, se colocará además del segundo muro existente aguas abajo. La arena se puede colocar en capas diagonales, dependiendo de la pendiente de la pared inicial, o en capas horizontales aguas abajo de la pared inicial.

PROPIEDADES QUIMICAS DE LOS RELAVES

TABLA N°04: CONTENIDO METALICO

RESIDUO	As %	Bi%	Cd%	Cu%	Fe%	Mn%	Pb%	Sb%	Zn%
RELAVE MINERO	0.21	0.010	0.003	0.057	29.723	0.491	0.089	0.032	0.456

Fuente: Reporte análisis INGEMMET e INETI.

TABLA N°05: CARACTERIZACION QUIMICAS – FISICAS

RESIDUO	pH	Materia orgánica	Densidad real g/cm ³	Densidad aparente g/cm ³	Permeabilidad	Granulometría	Clasificación del suelo
RELAVE MINERO	5.80	0	3.69	2.25	8.06 cm/h ME	60.4% arena	Arena limosa

Fuente: Reporte análisis INGEMMET e INETI.

TABLA N°06: MINEROLOGIA

N°	MINERAL	FORMULA	RELAVE MINERO %
01	BASSANITA	CaSO ₄ 0.5H ₂ O	-----
02	AMORFO	-----	R-----
03	CUARZO	SiO ₂	43.26
04	AUGITA	Ca(Mg, Fe, Al) (Si, Al) ₂ O ₆	1.01
05	MUSCOVITA	KAl ₂ Si ₃ Al ₁₀ (OH) ₂	4.35
06	PIRITA	FeS ₂	51.38

Conceptuación y Operacionalización de las variables

Variable dependiente: Resistencia a la compresión

Definición conceptual: Esfuerzo máximo que soporta un material bajo una carga aplastante. Por lo general, se muestra kg / cm², megapascales (MPa) o libras por pulgada cuadrada (lb / pulg² o psi) durante 28 días. (Juárez E. 2005).

Definición operacional: se define moviendo a la rotura de especímenes de 50 mm de lado, elaborados con mortero consistente de una parte de cemento y 2,75 de arena dosificados en mezcla. (NTP 334.051). Son de tipo de variables cuantitativas continuas

Dimensiones:

Área: El área de los dados de mortero la cual será sometida a una carga. (Juárez E. 2005).

Fuerza Axial: Es la fuerza que continúa a lo largo del eje vertical del miembro principal utilizado en el centro de la sección transversal la que produce la tensión uniforme. También se llama fuerza axial. (Juárez E. 2005).

Indicador:

Promedio, varianza y desviación estándar

Variable independiente: Dosificación al 8% y 15% de relave minero

Definición conceptual: El relave o cola es un conjunto de residuos tóxicos subatómicos en el proceso de minería, la concentración de minerales que se forman regularmente por la tierra, minerales, agua, rocas.

Los relaves tiene elevadas concentraciones de químicos y componentes que dañan el medioambiente, por ello su traslado y disposición final debe ser permanente tanto físico, hidrológico y químico con el paso del tiempo. (Cárdenas Ticlavilca, Félix José (2019))

Definición operacional: Selección y mezcla de componentes (cemento, agregados y agua), para determinar la dosificación requerida para obtener resultados esperados. Todos los componentes se aplicarán según la norma NTP 339.607 (Especificación normalizada de áridos para mortero de albañilería)

Dimensiones:

Dosificaciones: Establecimiento de proporciones adecuadas de material que compone la mezcla de mortero, con la finalidad de conseguir la resistencia requerida.

a) Dosificación al 8% de relave minero. -Cantidad de relave minero utilizada como sustitución a la arena en la mezcla de mortero. Su dosificación es del 8% del peso de la arena.

b) Dosificación al 15% de relave minero. - Cantidad de relave minero utilizada como sustitución a la arena en la mezcla de mortero. Su dosificación es del 15% del peso de la arena.

Granulometría: Esta es la repartición de los granos de arena. En este estudio, las muestras se dividieron en fracciones del mismo tamaño, dependiendo de las aberturas de tamices utilizadas.

Relación agua-cemento: Representa el elemento básico de la composición del mortero. Posee dominio en la resistencia, la durabilidad y retracción del hormigón.

Curado de mortero: Significa que cuando está húmedo, aumenta con el envejecimiento hasta los 50 años. El valor de 28 días se considera 100% y todos los demás valores de envejecimiento de 28 días. (Salamanca, 2012).

Indicador: 8% y 15% de relave minero.

En la presente investigación se formuló la siguiente hipótesis; Al diseñar un mortero sustituyendo arena por relave minero en un 8% y 15% será posible obtener una buena resistencia a la compresión.

El objetivo general del presente estudio es: Determinar la resistencia a la compresión al sustituir el 8% y 15% a la arena por relave minero a los 3, 7 y 28 días de curado, en comparación a un mortero tradicional.

Y como objetivos específicos, tenemos:

Determinar la composición química del relave minero, a través de ensayo de Fluorescencia de rayos X.

Determinar la relación agua-cemento del mortero patrón y experimental, según Norma Técnica Peruana.

Determinar el grado de alcalinidad (PH) del relave minero.

Ensayar y comparar las resistencias a la compresión de los cubos de mortero de cemento sustituido con los cubos de mortero de diseño convencional, a los 3, 7 y 28 días de curado.

II.- METODOLOGÍA:

Tipo de Investigación

Es aplicada, ya que los resultados conseguidos sirvieron para resolver problemas referentes a la construcción, demostrando el efecto en la resistencia a la compresión al ser reemplazados en 8% y 15%, de relave minero; en la creación de un mortero cemento-arena (mortero patrón).

Así mismo, encontramos las cantidades precisas para su fabricación y la rápida discusión del relave minero, este material fue usado para dar respuesta al problema vinculado a las construcciones de viviendas, proporcionando un nuevo material para la construcción de viviendas que sean más factibles para la población.

Las pruebas para determinar la resistencia de la compresión del mortero fueron desarrollados mediante procedimientos experimentales para obtener el tiempo como factor fundamental en la conclusión de los resultados. La mayor parte de la investigación se realizó en laboratorios de mecánica de suelos, y los resultados obtenidos por expertos en el campo de los materiales de albañilería se investigaron y analizaron correctamente.

Existió un enfoque cuantitativo de la investigación porque las variables y sus indicadores se estudiaron de manera objetiva midiendo y registrando sus valores de respuesta con una herramienta de recopilación de datos (guía de observación).

Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue experimental y el nivel fue cuasi-experimental; en donde se estudiaron los morteros de cemento-arena con el reemplazo de la arena por relave minero, de esta manera diferenciarlo con un mortero patrón.

Por esta razón, se crearon 2 grupos de estudio, un grupo de mortero patrón y otro grupo de mortero experimental constituido de mortero con relave minero. Así se logró conseguir resultados beneficiosos perfeccionando la resistencia a la compresión que consiguió favorecer a la comunidad con la disminución de precios, casas seguras, su contribución a la ingeniería civil.

La población fue constituida por las muestras de mortero patrón y experimental que fueron procesadas en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San

Pedro. Para la fabricación de 18 unidades de estudio se utilizó las siguientes referencias:

Relave minero “Quiruvilca”

Agregado fino de la cantera “Vesique”

Cemento portland tipo I marca “Pacasmayo”

La muestra se consideró la misma cantidad que la población a conveniencia de los investigados. Se trabajó con toda la población, que consta de 27 cubos de mortero: 9 sin sustitución de arena y 18 con sustitución de arena por relave minero al 8% y 15%. La norma NTP 334.051 indico que, como mínimo realicen 2 especímenes por cada edad de ensayo, por lo tanto, se trabajó 3, ya que los moldes fueron estandarizados para ser elaborados de 3 en 3, especificado de la siguiente manera: Patrón (3 especímenes a los 3 días de curado; 3 a los 7 días de curado y 3 a los 28 días de curado). Experimentales al 8% y 15% (6 especímenes a los 3 días de curado; 6 a los 7 días de curado y 6 a los 28 días de curado).

Tabla N° 07: Distribución de probetas de concreto

Días de curado	Resistencia a la compresión del mortero sustituyendo a la arena por relave minero en un 8% y 15%		
	0%	8%	15%
3	P1 	E1 	E10 
	P2 	E2 	E11 
	P3 	E3 	E12 
7	P1 	E4 	E13 
	P2 	E5 	E14 
	P3 	E6 	E15 
28	P1 	E7 	E16 
	P2 	E8 	E17 
	P3 	E9 	E18 

Fuente: Elaboración propia

Las técnicas e instrumentos de investigación se muestran en la siguiente tabla:

Tabla N° 08: Técnicas de Recolección de Información

TÉCNICA	INSTRUMENTO	AMBITO (2 grupos)
Observación Científica	Guía de observación resumen.	Grupo Control (Muestra de diseño de mezcla convencional)
	Fichas técnicas del laboratorio de las pruebas a realizar (granulometría, ensayo a la resistencia a la compresión).	Grupo Experimental (Muestra de diseño de mezcla con sustitución de relave minero)

Fuente: Elaboración propia

Para realizar el análisis de los datos se tendrá presente:

La recolección del relave minero fue extraída de la Compañía Minera Quiruvilca S.A., ubicado en el distrito de Quiruvilca – La Libertad.

Para poder realizar el análisis químico de dicho material, el relave minero, se procedió al previo secado para luego ser molido; y posteriormente ser pasado por la malla N°100 (malla con mayor porcentaje de retenido). Se tomó una muestra de 20 gr. De relave minero para realizar el análisis de composición química en el laboratorio de Universidad Nacional de Ingeniería.

El análisis de Fluorescencia de Rayos X determinará el porcentaje de óxidos para poder evaluar como influencio en la resistencia del mortero.

Ya teniendo el material, se determinó el grado de alcalinidad (PH) del relave minero, relave minero en sustitución al 8%; mientras que el siguiente ensayo fue relave minero en sustitución al 15%, el ensayo se realizó en el Laboratorio COLECBI.

Para el agregado fino se hizo la gradación según lo estipulado en la NTP 339.607-2013 y los ensayos para determinar la calidad del agregado. Se realizó el cálculo de dosificación para el Diseño de Mezcla de los especímenes de mortero.

Teniendo la dosificación de los materiales utilizados se buscó la relación a/c del mortero experimental ya que el ensayo de fluidez del mortero patrón con una relación

a/c de 0.485, es según lo indicado en la NTP 334.051, dicho ensayo se hizo en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro.

La NTP 334.051 muestra los parámetros y procedimientos que sirvieron para elaboración de los especímenes cúbicos de 50mm que se realizaron en la Universidad San Pedro.

El ensayo de compresión de los especímenes cúbicos de mortero a edades de 3, 7 y 28 días se ensayaron en el laboratorio de materiales de la Universidad San Pedro.

III.- RESULTADOS

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Caracterización Química

Tabla N° 09: Resultado de Fluorescencia de Rayos X del relave minero

Composición química	Resultado %	Método utilizado
Cobre (Cu)	0.156	
Plomo (Pb)	0.158	
Magnesio (Mn)	0.232	
Arsénico (As)	0.410	
Plata (Ag)	0.001	
Cadmio (Cd)	0.001	ESPECTROSCOPIA DE ENERGIA DISPERSIVA (EDS)
Magnesio (Mg)	0.045	
Calcio (Ca)	0.051	
Zinc (Zn)	0.134	
Fierro (Fe)	17.391	
Aluminio (Al)	0.131	
Azufre (S)	17.868	
Silicio (Si)	63.421	

Fuente: Laboratorio LABICER – Universidad Nacional de Ingeniería.

La composición química del relave minero tiene como predominante la presencia de Silicio (Si) en un 63.421%, el cual también es encontrado en la arena, material al cual se está sustituyendo.

Potencial de Hidrógeno (pH)

Tabla N° 10: Ph del relave minero y sus combinaciones

Muestra	Ph
Relave Minero	2.69
8% de relave minero + 92% de arena + 100% cemento	11.91
15% de relave minero + 85% de arena + 100% cemento	11.94

Fuente: COLECBI S.A.C.

Características del Agregado

Tabla N°11: Contenido de humedad del agregado fino (ASTM D-2216)

Prueba N°	01	02
Tara + suelo húmedo (gr.)	725.5	546.6
Tara + suelo seco (gr.)	721.3	544.3
Peso del agua (gr.)	4.2	2.3
Peso de la tara (gr.)	167.7	209.7
Peso del suelo seco (gr.)	553.6	334.6
Contenido de humedad (%)	0.76	0.69
Promedio de contenido de humedad (%)	0.72	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°12: Gravedad Específica Y Absorción del Agregado Fino (ASTM C-127)

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.		300.00
B	Peso de picnómetro + agua	gr.	669.20
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (A+B)	cm ³	969.20
D	Peso de picnómetro + agua + material	gr.	859.10
E	Volumen de masa + volumen de vacíos (C-D)	cm ³	110.10
F	Peso de material seco en estufa	gr.	297.80
G	Volumen de masa (E-(A-F))		107.90
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E		2.705
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E		2.725
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E		2.760
K	Absorción (%) $((D-A/A) \times 100)$		0.74

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°13. Peso Unitario Suelto Del Agregado Fino

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	7700	7750	7700
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4374	4424	4374
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario (kg/m ³)	1573	1591	1573
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1579	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1568	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°14. Peso Unitario Compactado Del Agregado Fino

Ensayo N°	01	02	03
Peso de molde + muestra	8300	8350	8300
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4974	5024	4974
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario (kg/m ³)	1789	1807	1789
Peso unitario promedio (kg/m ³)		1795	
CORREGIDO POR HUMEDAD		1782	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Gradación

Después del proceso de gradación de la arena, se tuvo que realizar la correcta distribución de los porcentajes retenidos en las diferentes mallas, teniendo en cuenta lo mencionado por la NTP 339.607.

Tabla N°15. Propuesta de Gradación para elaboración de los Especímenes

N° mallas	Pesos		Arena manufacturada		Arena manufacturada (%)
	retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasa	
N° 4	0.00	0.0	0.0	100.0	100
N° 8	34.40	5.0	5.0	95.0	95 -100
N° 16	137.50	20.0	25.0	75.0	70 – 100
N° 30	192.50	28.0	53.0	47.0	40 – 75
N° 50	116.90	17.0	70.0	30.0	20 – 40
N° 100	130.64	19.0	89.0	11.0	10 – 25
N° 200	55.00	8.0	97.0	3.0	0 – 10
PLATO	20.65	3.0	100.0		-
TOTAL	687.5	100.00			
CONDICIÓN:			Arena Gradada		
Total:			687.5 gr		
Diagnóstico:			Procede		
Módulo de finura			2.42		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°16. Análisis granulométrico del relave minero

N° mallas	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO
N° 4	0.50	0.06%
N° 8	17.00	2.11%
N° 16	21.00	2.60%
N° 30	14.00	1.74%
N° 50	88.00	10.92%
N° 100	410.00	50.90%
N° 200	171.00	21.23%
PLATO	84.00	10.43%
TOTAL	805.50	100.00%
CONDICIÓN: Relave Minero Gradada		
Total:	805.50 gr	
Diagnóstico:	Procede	
Módulo de finura	0.99	

Fuente: Elaboración propia

En lo que se refiere a la elaboración de los especímenes de mortero patrón y experimental se realizaron en tres tandas para obtener las 9 muestras de mortero para ser ensayadas a 3, 7 y 28 días de curado.

Tabla N°17. Fluidez del mortero

<i>Descripción</i>	<i>Relación</i>	<i>Diámetro</i>					<i>Diámetro promedio</i> <i>cm</i>	<i>% Fluidez</i>
		<i>D</i> <i>(cm)</i>	<i>D1</i>	<i>D2</i>	<i>D3</i>	<i>D4</i>		
Patrón	0.485	10.16	12.50	12.50	12.30	12.50	12.45	22.54
Exp. 8%	0.458	10.16	12.20	12.10	12.13	12.00	12.11	19.17
Exp. 15%	0.458	10.16	11.30	10.90	11.10	11.30	11.15	9.74

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Precisión

Tabla N°18: Medidas de dispersión del mortero patrón.

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión				Norma astm c 670		
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación n 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación n 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	PATRÓN 3D-1	266.39							
	PATRÓN 3D-2	268.75	268.35	2.15	1.46	0.54	1.30	3.9	10.9
	PATRÓN 3D-3	269.92							
7	PATRÓN 7D-1	356.51							
	PATRÓN 7D-2	359.24	359.14	4.45	2.11	0.59	1.41	3.9	10.9
	PATRÓN 7D-3	361.68							
28	PATRÓN 28-1	473.63							
	PATRÓN 28-2	476.90	478.96	29.09	5.39	1.12	2.69	3.8	10.6
	PATRÓN 28-3	486.34							
					Promedio	0.75	1.80	3.7	10.4

Fuente: Elaboración propia

Para validar las muestras del mortero patrón se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, pudiendo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la tabla.

Tabla N°19: Medidas de dispersión del mortero experimental con 8% de sustitución.

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión				Norma astm c 670		
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	EXP 3D-1	273.55							
	EXP 3D-2	279.35	279.61	25.62	6.20	2.22	5.32	3.9	10.9
	EXP 3D-3	285.94							
7	EXP 7D-1	366.75							
	EXP 7D-2	372.47	371.08	9.81	3.84	1.03	2.47	3.9	10.9
	EXP 7D-3	374.04							
28	EXP 28D-1	490.68							
	EXP 28D-2	495.23	491.21	9.51	3.78	0.77	1.84	3.8	10.6
	EXP 28D-3	487.73							
					Promedio	1.34	3.21	3.7	10.4

Fuente: Elaboración propia

Para validar las muestras del mortero experimental con 8% en sustitución se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, pudiendo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la tabla18.

Tabla N°20: Medidas de dispersión del mortero experimental con 15% de sustitución.

N° DÍAS	Identificación de muestra	Resistencia compresión (kg/cm ²)	Medidas de dispersión				Norma astm c 670		
			Prom.	Var.	Desv. estándar	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%	Coef. variación 1s%	Rango de aceptación d2s%
3	EXP 3D-1	224.76							
	EXP 3D-2	226.80	224.39	4.56	2.61	1.17	2.80	3.9	10.9
	EXP 3D-3	221.61							
7	EXP 7D-1	207.29							
	EXP 7D-2	217.43	210.93	21.25	5.65	2.68	6.43	3.9	10.9
	EXP 7D-3	208.06							
28	EXP 28D-1	233.66							
	EXP 28D-2	242.37	240.24	22.52	5.81	2.42	5.80	3.8	10.6
	EXP 28D-3	244.68							
					Promedio	2.09	5.01	3.7	10.4

Fuente: Elaboración propia

Para validar las muestras del mortero experimental con 15% en sustitución se considera lo estipulado en la norma ASTM C 670, pudiendo observar que el coeficiente de variación y el rango de aceptación se encuentra dentro de lo permisible como lo muestra la tabla19.

Ensayos de Compresión

PATRON

Tabla N°21. Ensayo de Compresión de Mortero Patrón de 3 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 3D-1	25.50	292.50	6793.00	266.39
PATRÓN 3D-2	25.60	292.30	6880.00	268.75
PATRÓN 3D-3	25.60	292.30	6910.00	269.92
			Promedio	268.35

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°22. Ensayo de Compresión de Mortero Patrón de 7 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 7D-1	25.96	291.80	9255.00	356.51
PATRÓN 7D-2	25.96	292.30	9326.00	359.24
PATRÓN 7D-3	25.81	292.30	9335.00	361.68
			Promedio	359.14

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°23. Ensayo de Compresión de Mortero Patrón de 28 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
PATRÓN 28D-1	25.60	301.50	12125.00	473.63
PATRÓN 28D-2	25.76	301.60	12285.00	476.90
PATRÓN 28D-3	25.55	301.20	12426.00	486.34
			Promedio	478.96

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

EXPERIMENTAL 8%

Tabla N°24. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 3 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXPERIMENTAL 3D-1	25.55	296.20	6990.00	273.55
EXPERIMENTAL 3D-2	25.45	295.10	7110.00	279.35
EXPERIMENTAL 3D-3	25.25	292.40	7220.00	285.94
			Promedio	279.61

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°25. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 7 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXPERIMENTAL 7D-1	25.60	297.10	9390.00	366.75
EXPERIMENTAL 7D-2	25.45	296.30	9480.00	372.47
EXPERIMENTAL 7D-3	25.45	293.50	9520.00	374.04
			Promedio	371.08

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°26. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 28 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXPERIMENTAL 28D-1	25.25	299.70	12390.00	490.68
EXPERIMENTAL 28D-2	25.20	300.20	12480.00	495.23
EXPERIMENTAL 28D-3	25.30	302.50	12340.00	487.73
			Promedio	491.21

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

EXPERIMENTAL 15%

Tabla N°27. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 3 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXPERIMENTAL 3D-1	25.50	275.40	5732.00	224.76
EXPERIMENTAL 3D-2	25.40	275.60	5761.00	226.80
EXPERIMENTAL 3D-3	25.30	276.90	5607.00	221.61
			Promedio	224.39

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°28. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 7 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXPERIMENTAL 7D-1	25.55	278.90	5297.00	207.29
EXPERIMENTAL 7D-2	25.55	289.30	5556.00	217.43
EXPERIMENTAL 7D-3	25.50	276.60	5306.00	208.06
			Promedio	210.93

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Tabla N°29. Ensayo de Compresión de Mortero Experimental de 28 días

Descripción	ÁREA (cm ²)	Peso (g)	Fuerza (kg-f)	FC= (kg/cm ²)
EXPERIMENTAL 28D-1	25.25	278.90	5900.00	233.66
EXPERIMENTAL 28D-2	25.25	289.30	6120.00	242.37
EXPERIMENTAL 28D-3	25.50	276.60	6240.00	244.68
			Promedio	240.24

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos de USP

Resultados Finales

Tabla N°30: Resultados Finales de los Ensayos de Compresión

<i>Resistencia (kg/cm²)</i>			
<i>Días</i>	<i>Patrón</i>	<i>Experimental 8%</i>	<i>Experimental 15%</i>
3	268.35	279.61	224.39
7	359.14	371.08	210.93
28	478.96	491.21	240.24

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos USP.

Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según morteros patrones

Tabla N° 31: Ensayos de Compresión Patrón en Porcentajes

<i>Resistencia (kg/cm²)</i>		
<i>Días</i>		<i>Patrón</i>
3	268.35	56.03%
7	359.14	74.98%
28	478.96	100%

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos USP.

De los resultados obtenidos del Ensayo a la Compresión, se registra que se alcanzó una resistencia promedio que supera un 50% en los primeros 3 días. Así mismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 7 días superaron el promedio del 70% y a los 28 días se obtuvo una resistencia de 511.33 Kg/cm².

Ensayo de resistencia a la compresión (kg/cm²) obtenidas según morteros experimentales

Tabla 32: Ensayos de Compresión Experimentales en Porcentajes

<i>Días</i>	<i>Resistencia (kg/cm²)</i>			
	<i>EXPERIMENTAL 8%</i>		<i>EXPERIMENTAL 15%</i>	
3	279.61	56.04%	224.39	44.97%
7	371.08	77.47%	210.93	42.27%
28	491.21	102%	240.24	48.15%

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos USP.

Según apreciamos con los resultados obtenidos, podemos concluir que con el material sustituido la resistencia inicial al sustituir 8% es superior en porcentaje en comparación al patrón a los 3 y 7 días de edad.

También se puede apreciar que, a partir de los 28 días al sustituir al 8% supera al mortero patrón con un 102%;

Por otro lado, tenemos en sustitución al 15 % no superan al mortero patrón en ninguna de las edades.

Tabla N° 33: Cuadro Comparativo De Morteros Patrones Y Experimentales

<i>Días</i>	<i>Resistencia (kg/cm²)</i>		
	<i>Patrón</i>	<i>Experimental 8%</i>	<i>Experimental 15%</i>
3	268.35	279.61	224.39
7	359.14	371.08	210.93
28	478.96	491.21	240.24

Fuente: Prueba de Compresión. Laboratorio Mecánica de Suelos USP.

En conclusión, se obtuvieron buenos resultados en los ensayos a la compresión de los morteros experimentales, teniendo en cuenta las resistencias, ya que a la edad de 3 días logró superar en un 0.01% y a los 28 días superó en 2% en el experimental con sustitución de 8%. Sin embargo, ningún mortero experimental en sustitución al 15% pudo superar al patrón en ninguna edad.

Ensayo de compresión (kg/cm²) de mortero patrón:



Figura 1. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS USP

INTERPRETACIÓN: Según muestra la gráfica, indica que el mortero patrón de 3 días alcanzó el 56.03% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 74.98% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 478.96 kg/cm² (100%).

Ensayo de compresión (kg/cm²) de mortero experimental con 8% en sustitución:

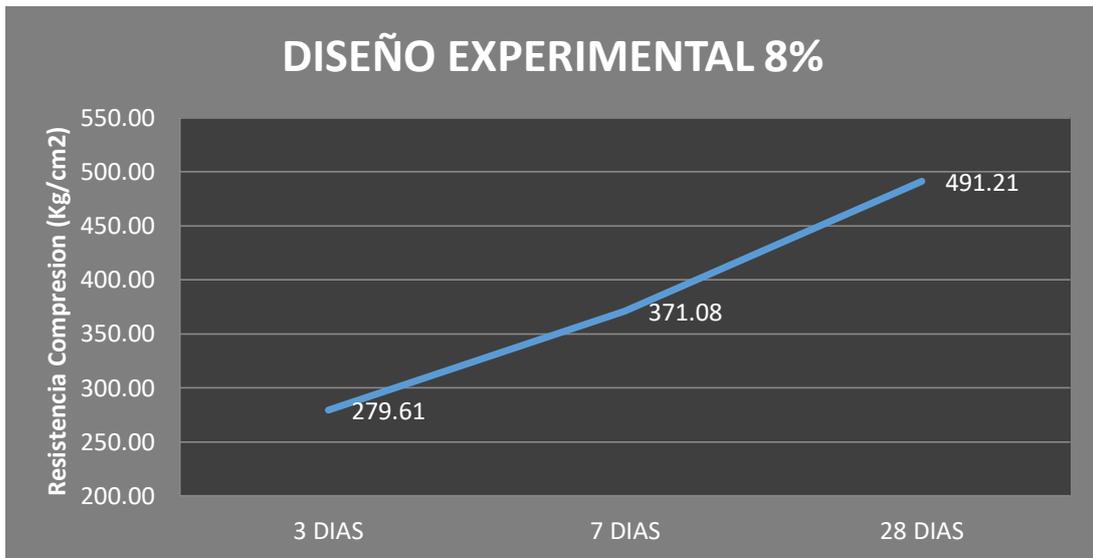


Figura 2. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS USP

INTERPRETACIÓN: Según muestra la gráfica, indica que el mortero exp. 8% de 3 días alcanzó el 56.92% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 75.54% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 491.21kg/cm² (100%).

Ensayo de compresión (kg/cm²) de mortero experimental con 15% en sustitución:

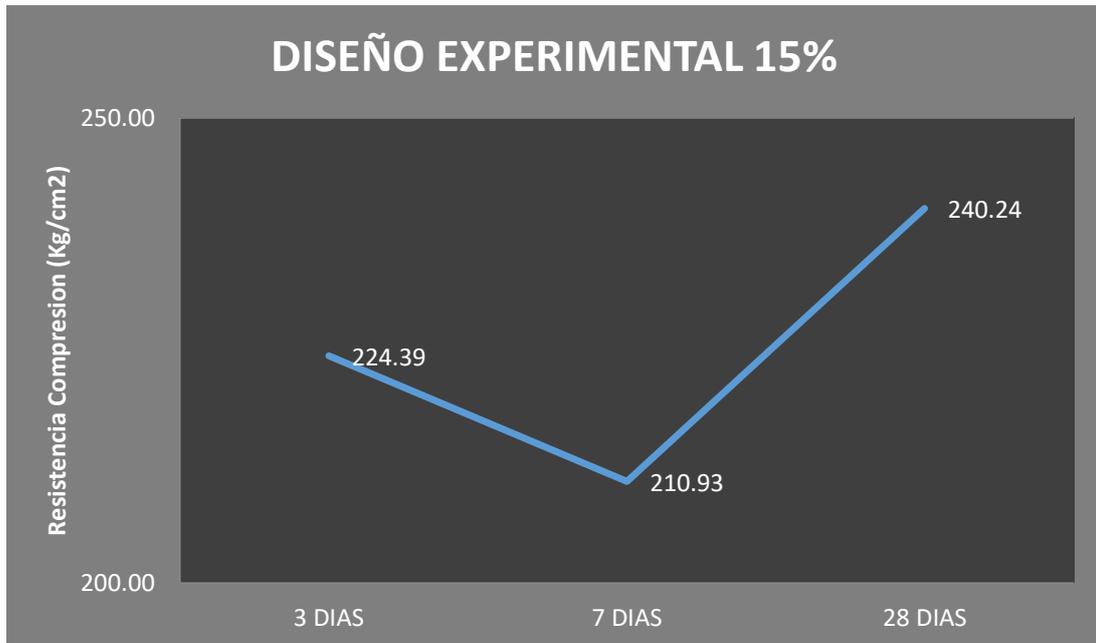


Figura 3. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS USP

INTERPRETACIÓN: Según muestra la gráfica, indica que el mortero exp. 15% de 3 días alcanzó el 93.40% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 87.79% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 240.24kg/cm² (100%).

RESISTENCIA A LA COMPRESION PATRON Y EXPERIMENTALES

RESISTENCIAS VS EDAD



Figura 4. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS USP

INTERPRETACIÓN: Según el gráfico de barras, la resistencia a los 3, 7 y 28 días obtenida en los especímenes de mortero experimentales al 8% aumento su resistencia en 0.01%, 2.49% y 2% respectivamente. También podemos observar que, a la edad de 3,7 y 28 días, los morteros experimentales al 15% de sustitución no logran superar al mortero patrón, teniendo un porcentaje de 44.97%, 42.27% y 48.15% respectivamente.

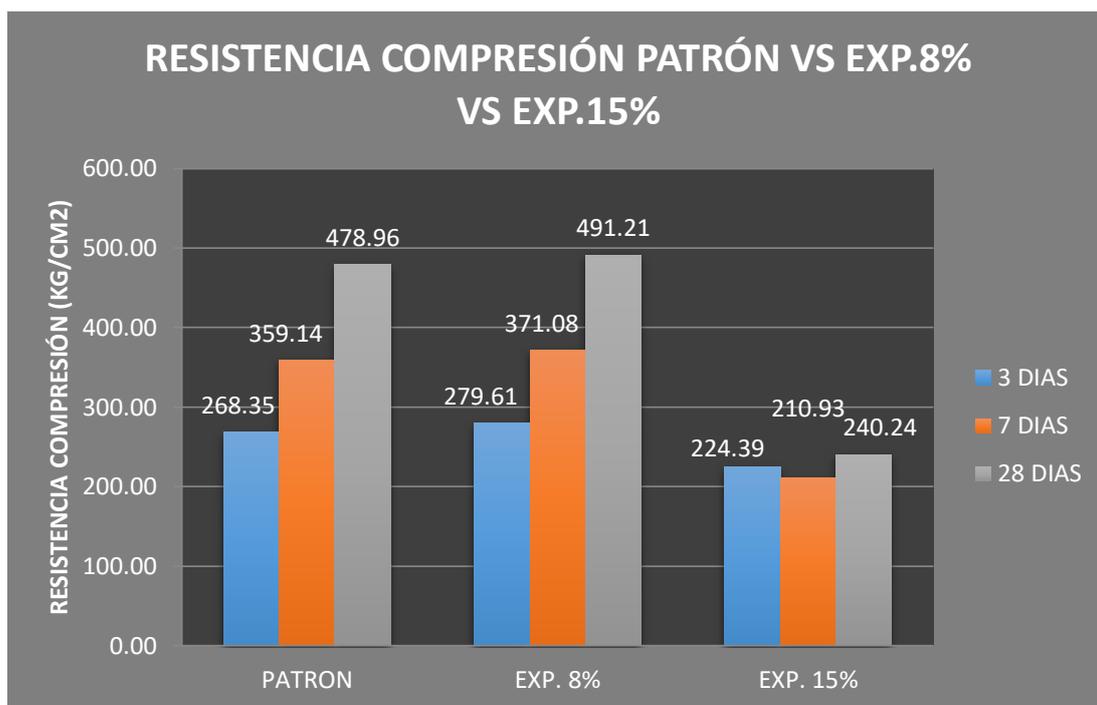


Figura 5. Resistencia a la Compresión (Kg/cm²) Vs. Edad (Días)

Fuente: Prueba de Compresión. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS USP

INTERPRETACIÓN: Según muestra el gráfico de barras, indica que el mortero patrón de 3 días alcanzó el 56.03% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 74.98% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 478.96 kg/cm² (100%). También se puede observar, el mortero exp. 8% de 3 días alcanzó el 56.92% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 75.54% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 491.21kg/cm² (100%). Por último, se puede apreciar que el mortero exp. 15% de 3 días alcanzó el 93.40% de su máxima resistencia; y el mortero de 7 días alcanzó un 87.79% de su máxima resistencia. El mortero de 28 días alcanzó una resistencia de 240.24kg/cm² (100%).

Tabla N° 34:

Resistencias a la compresión de cubos de mortero con una sustitución de un porcentaje de arena por relave minero según días de curado

<i>Días</i>	<i>Patrón</i>	<i>Resistencia (kg/cm²)</i>	
		<i>Experimental 8%</i>	<i>Experimental 15%</i>
3	268.35	279.61	224.39
7	359.14	371.08	210.93
28	478.96	491.21	240.24

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N° 34 se puede apreciar que las resistencias a la compresión de los cubos de mortero son mayores a los 28 días de curado y menores resistencias se presenta a los 3 días de curado.

Después de verificar el cumplimiento de los supuestos de normalidad con Shapiro – Wilk (con un $p > 0.05$ para cada caso) y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene (estadístico= 1.939, $p = 0.224$ y $p > 0.05$) de las resistencias medias obtenidas en los cubos de mortero en cada tratamiento (sustitución de un porcentaje de arena por relave minero) se procedió a realizar la prueba ANOVA

Tabla N° 35:

Cálculo de la prueba ANOVA para verificar las diferencias entre las medias de las resistencias a la compresión de los cubos de mortero.

Origen	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig
Relave minero	44932,877	2	22466,438	7,059	,049
Días de curado	32543,439	2	16271,720	5,113	,079
Error	12729,973	4	3182,493		
Total	90206.289	8			

Fuente: Resultados de los ensayos del laboratorio de la USP

En la tabla N° 34 se puede visualizar que para la sustitución de un porcentaje de arena por relave minero, el $p\text{-value} < \alpha$ ($p=0.049$, $p < 0.05$) entonces podemos decir que los datos muestran suficientes evidencias para rechazar la hipótesis nula (resistencias medias iguales). Por lo que podemos concluir que con nivel de 5% de significancia las resistencias medias en kg/cm^2 logradas en los cubos de mortero, con sustitución de un porcentaje de arena 0%, 8% y 15%, por relave minero, son diferentes. Es decir, existe una diferencia significativa entre las resistencias medias de los cubos de mortero.

También se tienen que para los días de curado $p\text{-value} > \alpha$ ($p=0.079$, $p > 0.05$) entonces podemos decir que las resistencias medias de los cubos de mortero no son diferentes a consecuencia de los días de curado.

Tabla N° 36:

Cálculo de la prueba de Duncan para verificar cuál de las resistencias medias de los cubos de mortero son diferentes.

Sustitución	Subconjunto para alfa = 0,05	
	1	2
Relave 15%	225.1867	
Relave 0% (patrón)		368.8167
Relave 8%		380.6333

Fuente: Laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales

Resistencia con 8% de relave	380.6333	a
Resistencia con 0% de relave (patrón)	368.8167.....	a
Resistencia con 15% de relave	225.1867.....	b

En la tabla N° 36 después de realizar la prueba de Duncan podemos apreciar que los cubos de mortero que tienen mayor resistencia a la compresión es la correspondiente a la sustitución de 8% de arena por relave minero (225.1867 kg/cm^2) y este a la vez es significativamente igual a la resistencia lograda con los cubos de mortero patrón (368.8167 kg/cm^2), y los cubos de mortero que presentan menor resistencia a la compresión corresponden a los que se sustituye el 15% de arena por relave minero (225.1837 kg/cm^2).

IV.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN:

En la relación con antecedentes, lo siguiente:

De la investigación de Milla, 2017 realizó el ensayo de la fluorescencia de rayos X del relave minero el cual determinó que el relave minero contiene óxido de silicio (SiO_2), en un 87.08% de masa por la UNMSM. Así mismo; la resistencia a la compresión del adobe patrón a los 28 días es 15.52 kg/cm^2 ; al sustituir un 10% de relave minero a los 28 días aumenta la resistencia a la compresión a 21.87 kg/cm^2 ; al sustituir un 20% de relave minero a los 28 días aumenta la resistencia a la compresión a 24.61 kg/cm^2 ; al sustituir un 30% de relave minero a los 28 días aumenta la resistencia a la compresión a 29.33 kg/cm^2 .

Según el antecedente de Namuche, 2017, la resistencia de las probetas de concreto a los 7 días de curado se obtuvieron $82, 78$ y 115 Kg/cm^2 con reemplazo del cemento de 5, 10 y 15% respectivamente; a los 14 días se determinó la resistencia de las probetas de concreto, obteniéndose $118, 131$ y 125 Kg/cm^2 con reemplazo del cemento de 5, 10 y 15% respectivamente; y a los 28 días se determinó la resistencia de las probetas de concreto, obteniéndose $132, 155$ y 169 Kg/cm^2 con reemplazo del cemento de 5, 10 y 15% respectivamente. Al comparar la resistencia a la compresión de especímenes 5%, 10% y 15% de sustitución, se observó que la sustitución del 15% de cemento en un mortero de edificaciones da mayor resistencia- Es por ello que se llegan a las principales conclusiones. Asimismo se tiene que en nuestro trabajo de investigación

Según (Calhua, 2018): determino que las resistencias a la compresión obtenidas por el concreto patrón fue de $f'c=162.21 \text{ Kg/cm}^2$, 190.32 Kg/cm^2 y 210.79 Kg/cm^2 , del concreto experimental con cemento sustituido al 5% por relave minero fue $f'c=164.86 \text{ Kg/cm}^2$, 192.30 Kg/cm^2 y 230.52 Kg/cm^2 , del concreto experimental con cemento sustituido al 10% por relave minero fue $f'c=166.59 \text{ Kg/cm}^2$, 194.36 Kg/cm^2 y 234.48 Kg/cm^2 y del concreto experimental con cemento sustituido al 15% por relave minero fue $f'c=166.25 \text{ Kg/cm}^2$, 193.25 Kg/cm^2 y 232.30 Kg/cm^2 a los 7, 14 y 28 días de curado respectivamente, la validez estadística de estas resistencias fue evaluado mediante la prueba ANOVA, determinándose a través de ello que existen diferencias

significativas entre las resistencias obtenidas a las 3 edades de curado, implicando ello que efectivamente la sustitución del cemento por relave minero proporciona resistencias superiores. La resistencia a la compresión presenta un mejor comportamiento con sustitución del 10% con los relaves mineros, así como se puede apreciar en las demás investigaciones. Así mismo; habiéndose determinado la alcalinidad de los conglomerantes (Cemento, relave minero y sus combinaciones), se ha encontrado que el pH mínimo corresponde al relave minero, alcanzando un valor de 10.49 y el máximo corresponde al cemento con un valor de 12.13, encontrándose todos dentro de los límites de acidez permisibles, por lo que su utilización no compromete la conservación y desenvolvimiento estructural del concreto.

De los ensayos realizados, se puede mencionar:

El análisis químico según el análisis de Espectrometría de Energía Dispersiva (Tabla N°09), realizado para la muestra de relave minero nos muestra los contenidos más relevantes mostrados en porcentajes, los cuales son: 63.421% de Silicio, y un 17.868 % de Azufre que junto a la humedad atacan superficies de concreto endurecido según lo mencionamos como fundamento teórico. Lo que coincide con Rivera cuyos los componentes químicos principales coinciden con las del cemento Portland Tipo I. Demostrándose así que el ensayo realizado al relave minero y los resultados obtenidos del ensayo en mención al cemento Tipo I nos permiten el uso de este material para la mezcla de concreto.

Por lo tanto, se nos ha permitido obtener materiales los cuales sean precursores reemplazantes de propiedades del cemento.

De la tabla N° 10 observamos el valor del pH, potencial de hidrogeno, del relave minero nos dio como resultado 2.69. El pH tiene un papel fundamental, ya que, en este caso, al tener un valor un tanto ácido, la reacción tendría que ser no tan favorable, eso explica los resultados de resistencia. En el primer experimental al 8% en sustitución, los morteros experimentales sufren una ascensión de resistencia con respecto al patrón. Pero en el experimental al 15% la resistencia disminuye, dando a entender que el relave minero, debido al valor de acidez que tiene, puede causar desintegración y pérdida de

resistencia, ya que, mientras más alta es la concentración de ácidos, más vigoroso puede ser el ataque. Posteriormente se realizó la mezcla de los materiales puzolánicos con cemento a un 8% de relave minero y 92% de arena con el cemento y se obtuvo un pH de 11.91 de la misma manera un 15% de relave minero y 85% de arena con el cemento y se obtuvo un pH de 11.94. Este resultado aumenta el pH de la muestra volviéndola una mezcla alcalina porque contendrá cierto porcentaje de silicato cálcico hidratado(C-S-H) siendo a partir de ahora un material alcalino que no correrá el riesgo de sufrir ataques por sulfatos lo que deteriora el concreto.

De esta manera podemos demostrar que la sustitución de relave minero a una mezcla tiene la capacidad de aumentar el pH.

En tanto; el ensayo de contenido de humedad es 0.72% y en el ensayo de absorción se obtuvo 0.74%, resultados que se encuentran dentro de los límites permisibles

Según Tabla N°16 la granulometría del agregado fino se encuentra dentro de los límites indicados según Norma ASTM- 33, tal como podemos apreciar en los porcentajes que pasan en comparación a la Tabla N°02 consideran el uso del relave minero cumpliendo el requisito de no retener más del 50% de arena entre dos mallas consecutivas.

De la misma manera el módulo de finura del relave minero es 0.99; sin embargo, como estamos reemplazando la arena una parte del porcentaje total de masa, tendremos un material que presenta un módulo de fineza inferior a 2.30 es considerada demasiado fina e inconveniente si fuese usado sola para el concepto porque suelen requerir mayor consumo de cemento y en cambios volumétricos.

Por consiguiente, en esta investigación, en la figura 01 de barras de variación que se realizó a cubos de mortero de concreto patrón, en el transcurso de 3 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 268.35 kg/cm², en el transcurso del día 7 la resistencia promedio fue 359.14 kg/cm² y en el transcurso de 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 478.96 kg/cm².

En la figura 02 de barras de variación que se realizó a cubos de concreto experimental al 8%, en el transcurso de 3 días de curado se obtuvo una resistencia

promedio de 279.61 kg/cm², en el transcurso del día 7 la resistencia promedio fue 371.08 kg/cm² y en el transcurso de 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 491.21 kg/cm².

En la figura 03 de barras de variación que se realizó a cubos de concreto experimental al 15%, en el transcurso de 3 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 224.39 kg/cm², en el transcurso del día 7 la resistencia promedio fue 210.93 kg/cm² y en el transcurso de 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de 240.24 kg/cm².

En el grafico 04 de barras de variación que se realizó a los ejemplares tanto patrón como experimental en ambos porcentajes en comparación, a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de muestra experimental al 8% de 491.21 kg/cm² en comparación a los 478.96 kg/cm² de la muestra patrón, logrando así superar un 102.56 % al mortero patrón

De la misma manera a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia promedio de muestra experimental al 15% de 240.24 kg/cm² en comparación a los 478.96 kg/cm² de la muestra patrón, obteniendo así un 50.16% de resistencia inferior.

Se coincide entonces totalmente con (Mejía, 2020): con la tesis titulada “Empleo de Relave Minero para Mejorar la Resistencia a la Compresión en Concreto $f'_c=175\text{kg/cm}^2$, Ticapampa - Recuay Ancash - 2020”, Concluye que, sustituyendo relave minero en porcentajes de 5% y 10% con relación al valor del cemento, el esfuerzo a la presión es inferior al concreto patrón, en todos los grupos de control; Se ha logrado demostrar que el concreto con sustitución de relave minero no arregla la resistencia del concreto.

Es así que, en relación a lo establecido, no se puede afirmar que a mayor porcentaje de reemplazo de agregado fino aumentara la resistencia porque tal como se ha visto en los resultados, la resistencia aumenta agregando un 8% de relave minero, sin embargo, al agregar el otro 15% se observa una disminución de la resistencia.

Un antecedente muy importante es el de Anicama (2010), quien buscó, a través de un grupo de 3 muestras de relave minero, verificar a través de ensayos experimentales la factibilidad del uso de los mismos en concreto. Proponer aplicaciones prácticas para el concreto encontrado; que puedan usarse en poblaciones cercanas a las operaciones mineras. Coincidimos con él cuando indica que una de las principales características de los diseños obtenidos fue su simplicidad. Al plantear diseños que no usaron tantos aditivos, ni combinaciones de agregados difíciles de obtener, aseguramos que puedan realizarse y adaptarse en cualquier parte de nuestro país. Efectivamente, en la presente investigación sólo se realizó el reemplazo porcentual del cemento por relave minero.

Lo importante es seleccionar adecuadamente un porcentaje a fin de poder aumentar una resistencia de diseño.

V.- CONCLUSIONES

En la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

El relave minero contiene 63.421% de Silicio, y un 17.868 % de Azufre en cantidades en mayor porcentaje, y entre otros componentes de menor cantidad.

Se obtuvo una fluidez de 0.485 en el mortero patrón, mientras que en los experimentales fueron 0.458 en ambos porcentajes en sustitución, obteniendo una relación a/c menor a la del patrón.

El pH, potencial de hidrogeno, del relave minero nos dio como resultado 2.69 siendo este muy una solución ácido. Posteriormente se realizó la mezcla de los materiales puzolánicos con cemento a un 8% de relave minero y 92% de arena con el cemento y se obtuvo un pH de 11.91 de la misma manera un 15% de relave minero y 85% de arena con el cemento y se obtuvo un pH de 11.94; donde se pudo apreciar que los resultados están dentro del rango alcalino respecto a las combinaciones.

El ensayo de contenido de humedad es 0.72% y en el ensayo de absorción se obtuvo 0.74%, resultados que se encuentran dentro de los límites permisibles

La granulometría del agregado fino se encuentra dentro de los límites indicados según Norma ASTM- 33

La resistencia a la compresión a los 3, 7 y 28 días obtenida en los especímenes de mortero experimentales al 8% aumento su resistencia en 0.01%, 2.49% y 2% respectivamente. También podemos observar que, a la edad de 3,7 y 28 días, los morteros experimentales al 15% de sustitución no logran superar al mortero patrón, teniendo un porcentaje de 44.97%, 42.27% y 48.15% respectivamente. 28 días de los morteros experimentales se ha visto reducida con respecto al mortero patrón, siendo estas disminuciones expresadas debido a los efectos que producen el pH y los elementos químicos determinados del relave minero.

VI.- RECOMENDACIONES:

Se considera las siguientes recomendaciones:

Aumentar el valor del pH determinado del relave minero utilizando un regulador de pH, como por ejemplo el carbonato de sodio.

Se recomienda realizar una investigación más profunda del tema con otras maneras de procesamiento del relave minero, para determinar si los beneficios serían iguales o mejores.

Al momento de la etapa de curado, se recomienda saturar el agua con hidróxido de calcio (cal) para mantener la solución alcalina.

Utilizar otros porcentajes de relave minero, para determinar si existe influencia debido a las cantidades posibles a experimentar, pudiendo ser éstas porcentajes mayores y/o menores, de esta manera, se podrían tener diferentes resultados y sacar un mejor análisis.

Experimentar los especímenes de mortero a 60 y 90 días de edad, para determinar el cambio en la Resistencia a la Compresión

Se recomienda continuar con investigaciones de una naturaleza similar a la presente, ya que se desconoce el comportamiento de otros cementantes.

VII.- AGRADECIMIENTO:

Le agradezco a Dios, por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en momentos y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y salud.

Agradecer a mis padres y hermanos por apoyarme, orientarme y contribuir con el desarrollo personal y profesional; a mi hijo ya que es el motor principal para continuar mejorando día a día.

Agradezco a mis amistades por creer en mí y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.

Le agradezco la confianza, esfuerzo y dedicación a mi Asesor por las aportaciones hechas para la realización y culminación de este proyecto de investigación, y de igual manera a los integrantes de mi Jurado Evaluador.

A todos, mi mayor reconocimiento y gratitud.

VIII.- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:

- Abanto, F. (2009). *Tecnología del concreto*. 2° Edic. Perú: San marcos.
- American Society for Testing and Materials, (ASTM). C150, 2007. *Especificación estándar para el cemento portland*.
- Benavides, R (2012). *Minería responsable y sus aportes al Desarrollo del Perú*. Recuperado de: http://www.mzweb.com.br/bvn/La_Mineria_Responsible_y_sus_Aportes_al_Developmento_del_Peru_Por_Roque_Benavides_Ganoza.pdf
- Calhua, H (2018). *Resistencia de un concreto $f'c=210$ kg/cm² con cemento sustituido en 5%, 10% y 15% por relave de la mina Antamina*. Universidad San Pedro. Recuperado de: https://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/8043/Tesis_59673.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castañeda, S. y Lezama, J. (2015). *Sistema de relleno con mortero de relave para mejorar la confiabilidad del sostenimiento en la minería subterránea*. Escuela de Postgrado de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/433-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1856-2-10-20151204%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/433-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1856-2-10-20151204%20(1).pdf)
- Castro, J. (2010). *Mortero y hormigón*.
- Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros. (1995). Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd27/compendio-manejo.pdf>
- Mejía, J (2020). *Empleo de Relave Minero para Mejorar la Resistencia a la Compresión en Concreto $f'c=175$ kg/cm², Ticapampa - Recuay Ancash - 2020*. Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Mej%ADa_ZJF-SD.pdf
- Milla, D (2017) *Resistencia a la compresión de una unidad de adobe empleando una prensa manual y sustituyendo el 10%, 20% y 30%, por relave minero de Ticapampa, en la provincia de Huaraz – 2017*. Universidad San Pedro. Recuperado de: http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5436/Tesis_57537.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Namuche, F. (2018). *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*. Universidad San Pedro. Recuperado de: https://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/7981/Tesis_58215.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Norma Técnica Peruana (NTP) 334.051, 2013. *Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de mortero de cemento portland, usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado*
- Norma Técnica Peruana, (NTP). 399.607, 2013. *Unidades de albañilería. especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería*
- Norma Técnica Peruana, (NTP). 334.009, 2007. *Cementos portland. Requisitos*
- Portland Cement Association, PCA. (2002). *Diseño y control de mezclas de concreto* (1 ED.). SKOPIE, ILLINOIS, EE. UU.
- Romero, A. y Flores, S (2010). *Rehuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas*. Recuperado de: http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v13_n2/pdf/a10v13n2.pdf
- Romero, M y Salinas, M (2020). *Estudio experimental del concreto para adoquines Tipo II, adicionando relave minero*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado de: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12773/11386/ICsanam%206rohum.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y mortero*
- Sandino, A. (1988) “*Tecnología del concreto*”

IX.- ANEXOS Y APÉNDICES:

ANEXO N° 01:
ENSAYO DE AGREGADO FINO



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO
(ASTM C 136-06)

SOLICITA : BACH.: RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
 POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : ARENA GRUESA
 FECHA : 04/05/2021

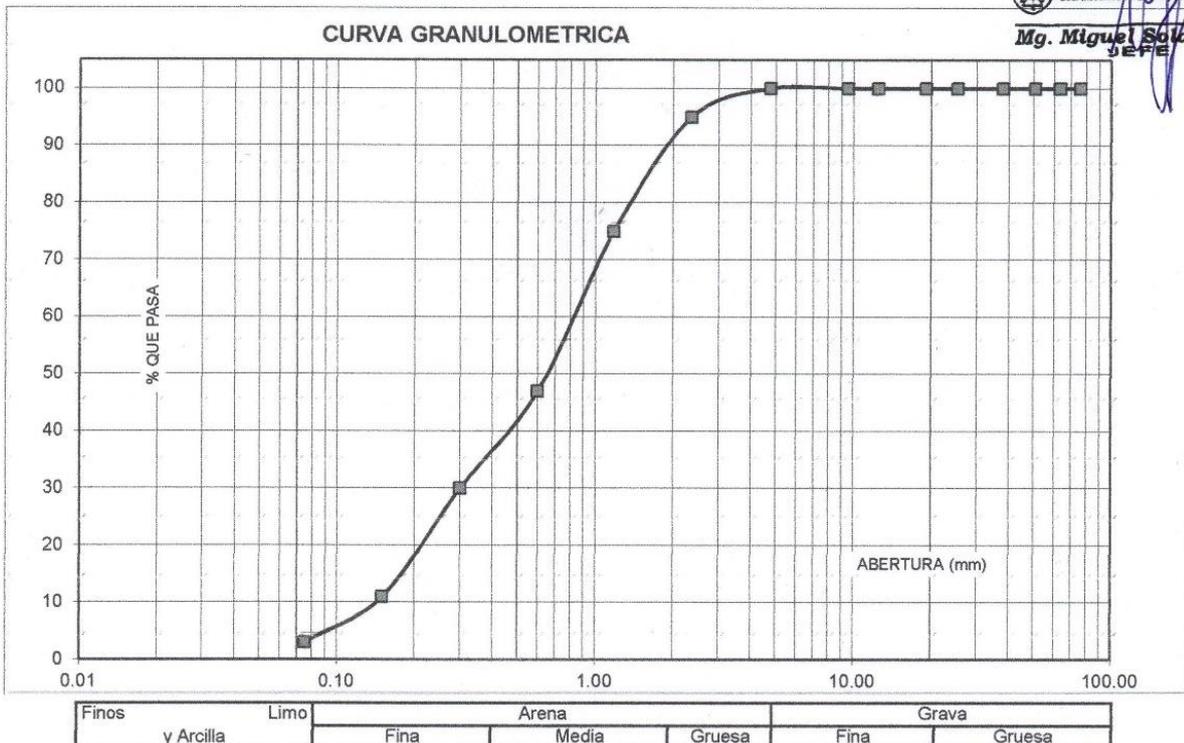
TAMIZ	Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)
3"	76.20	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.0	0.0	100.0
N°8	2.36	34.40	5.0	95.0
N° 16	1.18	137.50	20.0	75.0
N° 30	0.60	192.50	28.0	47.0
N°50	0.30	116.90	17.0	30.0
N° 100	0.15	130.64	19.0	11.0
N° 200	0.08	55.00	8.0	3.0
PLATO	ASTM C-117-04	20.65	3.0	0.0
TOTAL		687.6	100.0	

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	2.42

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE





PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO
(ASTM C29 / C29M - 09)

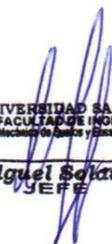
SOLICITA : BACH.: RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 04/05/2021

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7700	7750	7700
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4374	4424	4374
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario (Kg/m ³)	1573	1591	1573
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1579		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1568		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8300	8350	8300
Peso de molde	3326	3326	3326
Peso de muestra	4974	5024	4974
Volumen de molde	2780	2780	2780
Peso unitario (Kg/m ³)	1789	1807	1789
Peso unitario prom. (Kg/m³)	1795		
CORREGIDO POR HUMEDAD	1782		


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
..la. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Salar Jara
JEFE



CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO

(ASTM D-2216)

SOLICITA : BACH.: RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 04/05/2021

PRUEBA N°	01	02
TARA N°		
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	725.5	546.6
TARA + SUELO SECO (gr)	721.3	544.3
PESO DEL AGUA (gr)	4.2	2.3
PESO DE LA TARA (gr)	167.7	209.7
PESO DEL SUELO SECO (gr)	553.6	334.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.76	0.69
PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%)	0.72	


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos / Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Sotir Jara
JEFE



**GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO
(Según norma ASTM C-127)**

SOLICITA : BACH.: RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
CANTERA : VESIQUE
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 04/05/2021

A	Peso de material saturado superficialmente seco (aire) gr.	300.00	300.00
B	Peso de picnometro + agua gr.	669.20	669.20
C	Volumen de masa + volumen de vacios (A+B) cm ³	969.20	969.20
D	Peso de picnometro + agua + material gr.	859.10	859.10
E	Volumen de masa + volumen de vacios (C-D) cm ³	110.10	110.10
F	Peso de material seco en estufa gr.	297.80	297.80
G	Volumen de masa (E-(A-F))	107.90	107.90
H	P.e. Bulk (Base Seca) F/E	2.705	2.705
I	P.e. Bulk (Base Saturada) A/E	2.725	2.725
J	P.e. Aparente (Base Seca) F/E	2.760	2.760
K	Absorción (%) $((D-A)/A) \times 100$	0.74	0.74

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.705
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.725
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.760
Absorción (%) : 0.74


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

ANEXO N° 02:
ENSAYO DEL RELAVE MINERO



ANALISIS GRANULOMETRICO RELAVE MINERO
(ASTM C 136-06)

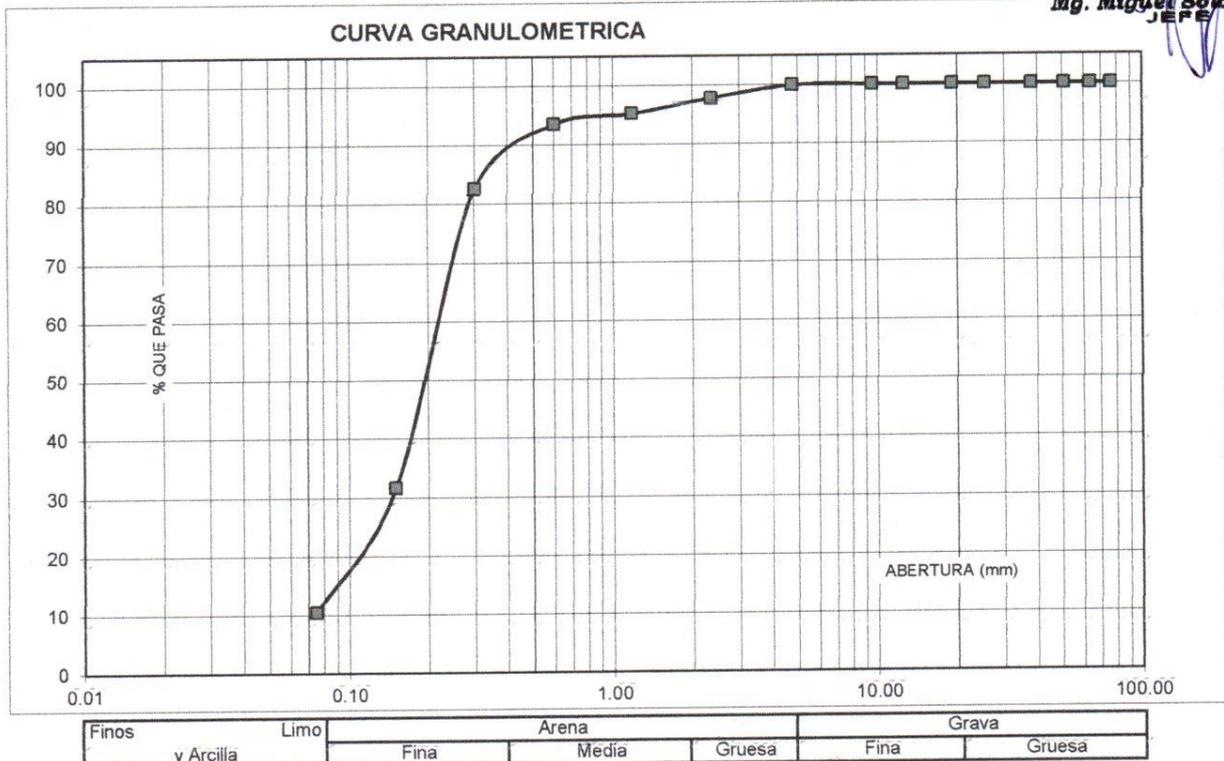
SOLICITA : BACH: RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
 POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
 LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
 CANTERA : VESIQUE
 MATERIAL : RELAVE MINERO
 FECHA : 04/05/2021

TAMIZ		Peso retenido	% ret. Parcial	% ret. Acumu.	% Que pasa
N°	Abert.(mm)	(gr.)	(%)	(%)	(gr.)
3"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.10	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.52	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.76	0.5	0.1	0.1	99.9
N° 8	2.36	17.00	2.1	2.2	97.8
N° 16	1.18	21.00	2.6	4.8	95.2
N° 30	0.60	14.00	1.7	6.5	93.5
N° 50	0.30	88.00	10.9	17.4	82.6
N° 100	0.15	410.00	50.9	68.3	31.7
N° 200	0.08	171.00	21.2	89.6	10.4
PLATO	ASTM C-117-04	84.00	10.4	100.0	0.0
TOTAL		805.5	100.0		

PROPIEDADES FISICAS	
Módulo de Fineza	0.99

OBSERVACIONES
La Muestra tomada identificada por el solicitante.

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LIA. Moción de Rector y Rector de Materias
Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



ANEXO N° 03:
ENSAYO DE ALCALINIDAD (PH)



INFORME DE ENSAYO N° 20210323-018

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : KHRISTINA IVONNE RODRIGUEZ GRADOS.
DIRECCIÓN : Urb. San Rafael Mz 14 Lote 10 Nuevo Chimbote.
NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS
LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
CANTIDAD DE MUESTRA : 03 muestras.
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2021-03-23
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2021-03-23
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2021-03-23
LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : 88 210323-10

RESULTADOS

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 16%

MUESTRAS	ENSAYO
	pH
RELAVE MINERO	2,69
8% RELAVE MINERO + 82% ARENA + 100% CEMENTO	11,91
16% RELAVE MINERO + 86% ARENA + 100% CEMENTO	11,94

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s.
- Estos resultados de ensayos 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.
- No afecta al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : SI () NO (X)
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negra y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 25 del 2021.

GVR/jms

LC-MP-HRIE
Rev. 06
Fecha 2019-07-01

A. Gustavo Vargas Ramos

Gerente de Laboratorio

BIOLOGO MICROBIOLOGO

S. R. P. 328

COLECBI S.A.C. DEL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN
DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752

Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

ANEXO N° 04:
ENSAYO DE FLUIDEZ



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-PATRON
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH.: RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERU EN UN 8% Y 15%.
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 04/05/2021
RELACION A/C : 0.485

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.50	12.45	10.16	22.54
12.50			
12.30			
12.50			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL 8%
(MTC E 616-NTP 334.126)**

SOLICITA : BACH.: RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 10%.
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 04/05/2021
RELACION A/C : 0.458

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
12.20	12.11	10.16	19.17
12.10			
12.13			
12.00			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Sotol Jara
I.E.F.E.



**ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE FLUIDEZ DE LAS PASTAS DE
MORTERO-EXPERIMENTAL 15%**
(MTC E 616-NTP 334.126)

SOLICITA : BACH.: RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
LUGAR : CHIMBOTE – PROVINCIA DEL SANTA – ANCASH
MATERIAL : ARENA GRUESA
FECHA : 04/05/2021
RELACION A/C : 0.458

D(FLUIDEZ)	DIAMETRO PROMEDIO	DIAMETRO INICIAL	FLUIDEZ %
11.30	11.15	10.16	9.74
10.90			
11.10			
11.30			

OBSERVACIÓN La fluidez se debe encontrar dentro del rango 110 +/-5%


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Soler Jara
JEFE

ANEXO N° 05:
ENSAYO DE FLOURESCENCIA DE RAYOS X



INFORME TÉCNICO N° 0655 – 17 – LAB. 12

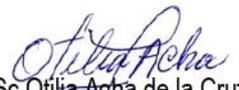
1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 RAZON SOCIAL : TESISISTA KRISTINA IVONNE RODRIGUEZ GRADOS
 - 1.2 R.U.C. : 70141536
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 10 / 05 / 2017
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 19 / 05 / 2017
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 22 / 05 / 2017
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS ELEMENTAL POR EDS
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE RELAVE MINERO
 - 4.2 TESIS : RESISTENCIA DE MORTERO SUSTITUYENDO ARENA POR RELAVE MINERO DE QUIRUVILC A EN UN 10 %
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 25 °C; Humedad relativa: 62%
7. EQUIPO UTILIZADO : Mufla Thermo Scientific. THERMOLINE Microscopio electrónico de barrido con sonda de espectrometría de energía dispersiva SEM-EDS. SEM, Carls Zeiss EVO-10 MA. Sonda EDS, Oxford X-Max
8. RESULTADOS
 - 8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Cobre (Cu)	0,156	ESPECTROSCOPIA DE ENERGÍA DISPERSIVA (EDS)
Plomo (Pb)	0,158	
Manganeso (Mn)	0,232	
Arsénico (As)	0,410	
Plata (Ag)	0,001	
Cadmio (Cd)	0,001	
Magnesio (Mg)	0,045	
Calcio (Ca)	0,051	
Zinc (Zn)	0,134	
Fierro (Fe)	17,391	
Aluminio (Al)	0,131	
Azufre (S)	17,868	
Silicio (Si)	63,421	

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Magaly Beraún Hernández
Analista Químico
LABICER –UNI


MSc Otilia Acha de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefa de laboratorio
CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO N° 06:
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION



ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-PATRON
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH:RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
FECHA : 04/05/2021

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra	Densidad	Longitud (a)	Longitud (b)	Longitud (c)	Area (a*b)	Carga Maxima	Resistencia f'c	
N°	ELEMENTO	(gr)	(gr/cm ³)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	
01	PATRON 3 DIAS	5/03/2021	292.5	2.262	5.05	5.05	5.07	25.50	6793.00	266.39
02	PATRON 3 DIAS	5/03/2021	292.3	2.256	5.07	5.05	5.06	25.60	6880.00	268.75
03	PATRON 3 DIAS	5/03/2021	292.3	2.256	5.07	5.05	5.06	25.60	6910.00	269.92
04	PATRON 7 DIAS	9/03/2021	291.8	2.204	5.09	5.10	5.10	25.96	9255.00	356.51
05	PATRON 7 DIAS	9/03/2021	292.3	2.208	5.09	5.10	5.10	25.96	9326.00	359.24
06	PATRON 7 DIAS	9/03/2021	292.3	2.243	5.08	5.08	5.05	25.81	9335.00	361.68
07	PATRON 28 DIAS	30/03/2021	301.5	2.332	5.06	5.06	5.05	25.60	12125.00	473.63
08	PATRON 28 DIAS	30/03/2021	301.6	2.305	5.07	5.08	5.08	25.76	12285.00	476.90
09	PATRON 28 DIAS	30/03/2021	301.2	2.329	5.06	5.05	5.06	25.55	12426.00	486.34


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Carr. Huancayo de Tarma y Chimbote - Huancayo
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL 8%
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH:RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
FECHA : 27/05/2021

TESTIGO	FECHA DE ROTURA	Peso Muestra	Densidad	Longitud (a)	Longitud (b)	Longitud (c)	Area (a*b)	Carga Maxima	Resistencia f _c	
N°	ELEMENTO	(gr)	(gr/cm ³)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)	
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	29/04/2021	296.2	2.291	5.05	5.06	5.06	25.55	6990.00	273.55
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	29/04/2021	295.1	2.310	5.04	5.05	5.02	25.45	7110.00	279.35
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	29/04/2021	292.4	2.307	5.01	5.04	5.02	25.25	7220.00	285.94
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	3/05/2021	297.1	2.312	5.06	5.06	5.02	25.60	9390.00	366.75
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	3/05/2021	296.3	2.314	5.05	5.04	5.03	25.45	9480.00	372.47
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	3/05/2021	293.5	2.297	5.03	5.06	5.02	25.45	9520.00	374.04
04	EXPERIMENTAL 28 DIAS	24/05/2021	299.7	2.360	5.02	5.03	5.03	25.25	12390.00	490.68
05	EXPERIMENTAL 28 DIAS	24/05/2021	300.2	2.378	5.01	5.03	5.01	25.20	12480.00	495.23
06	EXPERIMENTAL 28 DIAS	24/05/2021	302.5	2.386	5.02	5.04	5.01	25.30	12340.00	487.73


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



ENSAYO A LA COMPRESION DE CUBOS 5.08 cm-EXPERIMENTAL 15%
(ASTM C 109)

SOLICITA : BACH:RODRIGUEZ GRADOS KHRISTINA
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE MORTERO SUSTITUYENDO A LA ARENA
POR RELAVE MINERO EN UN 8% Y 15%.
LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH
FECHA : 27/05/2021

TESTIGO		FECHA DE ROTURA	Peso Muestra	Densidad	Longitud (a)	Longitud (b)	Longitud (c)	Area (a*b)	Carga Maxima	Resistencia f _c
N°	ELEMENTO		(gr)	(gr/cm ³)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kg)	(kg/cm ²)
01	EXPERIMENTAL 3 DIAS	29/04/2021	275.4	2.143	5.06	5.04	5.04	25.50	5732.00	224.76
02	EXPERIMENTAL 3 DIAS	29/04/2021	275.6	2.157	5.05	5.03	5.03	25.40	5761.00	226.80
03	EXPERIMENTAL 3 DIAS	29/04/2021	276.9	2.159	5.03	5.03	5.07	25.30	5607.00	221.61
04	EXPERIMENTAL 7 DIAS	3/05/2021	278.9	2.161	5.06	5.05	5.05	25.55	5297.00	207.29
05	EXPERIMENTAL 7 DIAS	3/05/2021	289.3	2.251	5.04	5.07	5.03	25.55	5556.00	217.43
06	EXPERIMENTAL 7 DIAS	3/05/2021	276.6	2.152	5.07	5.03	5.04	25.50	5306.00	208.06
07	EXPERIMENTAL 28 DIAS	24/05/2021	278.9	2.196	5.01	5.04	5.03	25.25	5900.00	233.66
08	EXPERIMENTAL 28 DIAS	24/05/2021	289.3	2.269	5.03	5.02	5.05	25.25	6120.00	242.37
09	EXPERIMENTAL 28 DIAS	24/05/2021	276.6	2.161	5.06	5.04	5.02	25.50	6240.00	244.68


UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LAB. MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

ANEXO N° 07:
PANEL FOTOGRAFICO

RECOPIACION DE MATERIAL



Foto N° 01: Visita a la Minero Quiruvilca, ubicado en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco - La Libertad.

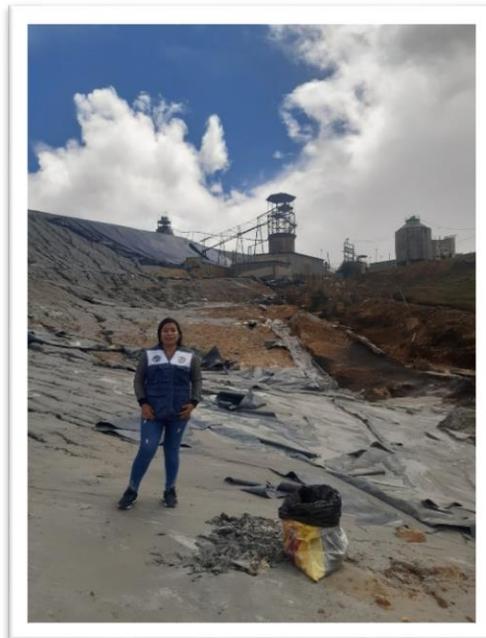


Foto N° 02: Obtención del relave minero.



Foto N° 03: Relave Minero listo para ponerse a secar.



Foto N° 04: Molienda del relave minero.



Foto N° 05: Tamizado del relave minero, para determinar en qué tamiz se encuentra las partículas con mayor porcentaje de retención.

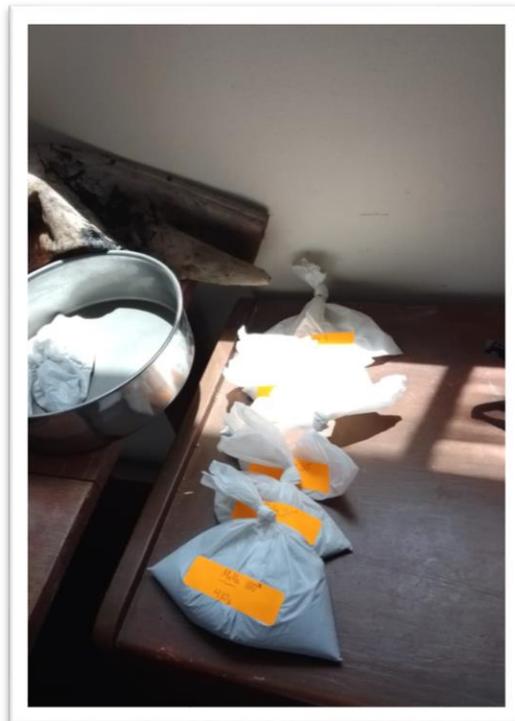


Foto N° 06: Pesos del relave minero según la malla retenida desde la malla N° 4 hasta el plato.

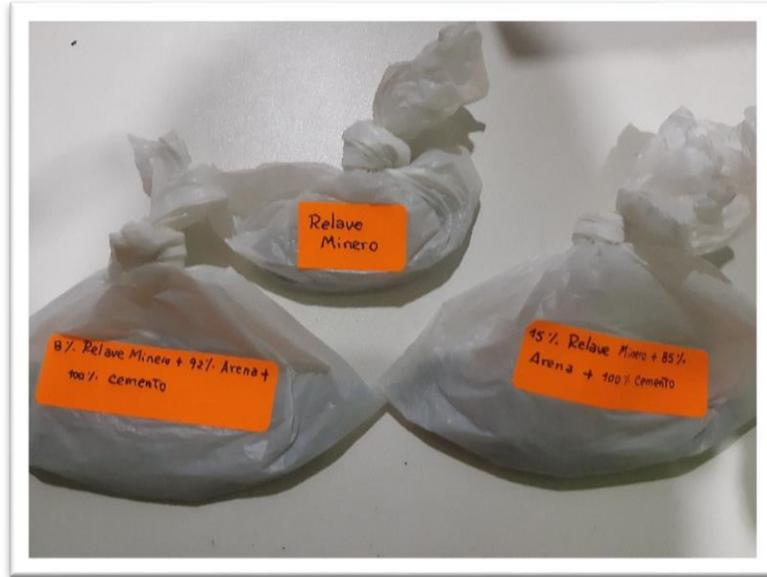


Foto N° 07: Muestras para la realización de los ensayos de alcalinidad (ph) y fluorescencia de rayos x, respectivamente.

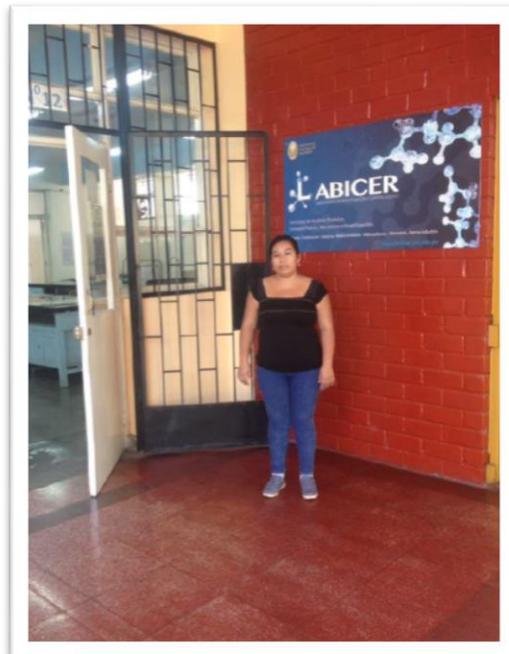


Foto N° 08: Visita al laboratorio Labicer de la Universidad Nacional de Ingeniería UNI

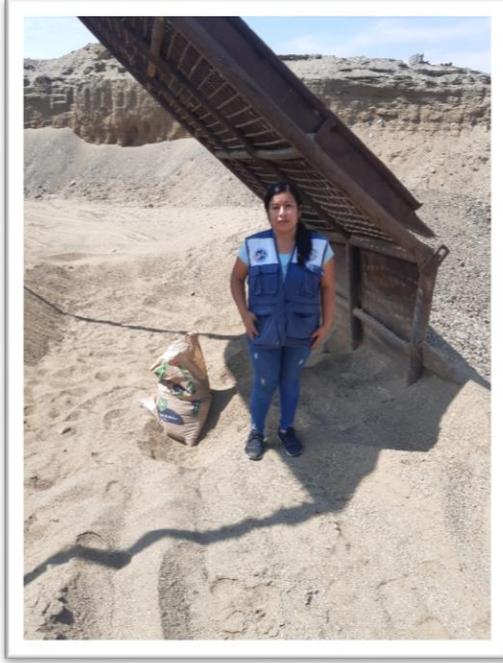


Foto N° 09: Obtención del agregado fino de la cantera Vesique, en la ciudad de Chimbote.



Foto N° 10: Gradación del agregado fino, para su utilización en la mezcla de mortero.

PROCESO DE ELABORACION DE MUESTRA MORTERO PATRON



Foto N° 11: Se pesaron cemento, arena y agua para la elaboración del mortero patrón



Foto N° 12: Se procede a hacer el cuarteo de la arena gradada, para luego mezclarla con el cemento antes de poner en la mezcladora.



Foto N° 13: Una vez obtenida la mezcla de cemento y arena, se procede a ponerla en la mezcladora, durante 2 minutos. Luego de eso se echa el agua para que mezcle durante otros 2 minutos más.



Foto N° 14: se realiza la fluidez del mortero



Foto N° 15: Se procedió a vaciar la mezcla de mortero en el molde, y con el apisonador de madera se compactó 32 veces que se hizo en 4 partes cada una con 8 lados en sentido horizontal y vertical



Foto N° 16: Terminado el anterior proceso, se procedió a enrasar, quedando de esta manera listo para el fraguado, de un tiempo de 24 horas. Luego se procede al curado de acuerdo a los días 3, 7 y 28 respectivamente

PROCESO DE ELABORACION DE MUESTRA MORTERO EXPERIMENTAL

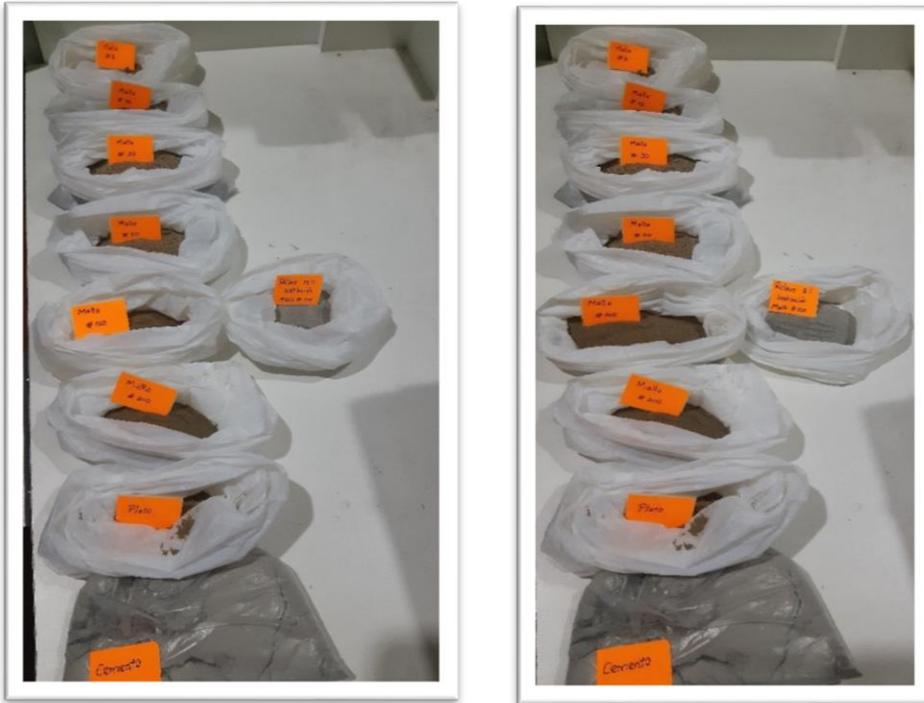


Foto N° 17: Se pesa los materiales y se hace la sustitución de la arena por relave minero; para cada porcentaje.



Foto N° 18: Se hace la mezcla respectiva para cada porcentaje.



Foto N° 19: Prensa donde se realizará la rotura de los especímenes de mortero.
(LABORATORIO DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD SAN PEDRO)



Foto N° 20: Laboratorio Colecbi, donde se realizó el ensayo de pH.