

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$,
con sustitución al 20% y 35% del cemento por relave
minero, distrito de Jangas, Huaraz - Ancash**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Lesly Wendy Rodríguez Romero

Asesor

Rogelio Fermín Castañeda Gamboa

Código ORCID: 0000-0002-6961-7418

Chimbote-Perú

2021

Título

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 175$ kg/cm², con sustitución al 20% y 35% del cemento por relave minero, distrito de Jangas, Huaraz - Ancash.

Palabras Claves:

Tema	Resistencia a la Compresión del Concreto
Especialidad	Tecnología del Concreto

Key Words:

Theme	Resistance to Concrete Compression
Specialty	Concrete technology

Línea de Investigación:

Línea: **Construcción y Gestión de la Construcción**

Area: Ingeniería y Tecnología

Sub Area: Ingeniería Civil

Disciplina: Ingeniería de la construcción

Resumen

En la industria minera el principal problema es la generación de abundantes residuos que se han acumulado en inmensas áreas denominadas canchas relaveras, las cuales generan alteraciones al medio ambiente, así mismo el manejo de estos materiales genera grandes impactos económicos y sociales, debido a que ese material no es reaprovechado en ningún sector.

Siendo así la propuesta de reciclar y reutilizar el relave minero disminuyendo la contaminación al ambiente, incrementa el tiempo de servicio de las canchas relaveras generando bajos costos para el manejo de estos residuos.

Una de las alternativas de reutilización de los relaves, consisten en incorporar en las estructuras de la construcción para que puedan resistir frentes a los efectos climáticos, como ejemplo tenemos muros de contención, losas, cimientos, presas, , entre otros, siendo parte importante para realizar estas estructuras el concreto.

Teniendo en consideración, el presente estudio propone reemplazar el cemento por relave en diferentes proporciones de mezclas de concreto, con el objeto de llegar a la Resistencia a la Compresión del Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, y así reciclar el relave minero y encontrar sus usos sostenibles dentro de la zona de influencia planta concentradora en estudio.

Los resultados que se obtuvieron respecto a la resistencia a la compresión axial del concreto que se acercaron más fueron los diseños al 20% con el curado en un máximo de 28 días es de 139.30 kg/cm^2 . Este valor es el más cercano al concreto patrón, se puede decir que se llegó al 85.77% de la resistencia con referencia al concreto Patrón.

Gracias a los resultados obtenidos se propone utilizar concretos con porcentaje de 20 % de relave minero incorporado para construir pavimentos de bajo tránsito, veredas y concreto ciclópeo. Además, se propone realizar investigaciones referidas con la aplicabilidad de los relaves mineros dentro de las mezclas de concreto que serán utilizados para bloques de concreto vibrado, falsas zapatas, asentado de muros de albañilería y cimientos corridos y; para así obtener un campo más amplio de aplicación y reutilización de estos materiales de desecho.

Abstrac

In the mining industry the main problem is the generation of abundant residues that have accumulated in huge areas called tailings fields, which generate alterations to the environment, likewise the handling of these materials generates great economic and social impacts, because that material is not reused in any sector.

Thus, the proposal to recycle and reuse the mining tailings, reducing pollution to the environment, increases the service time of the tailings fields, generating low costs for handling these wastes.

One of the alternatives for the reuse of tailings consists of incorporating it into the construction structures so that they can resist fronts to climatic effects, as an example we have retaining walls, slabs, foundations, dams, among others, being an important part for make these structures concrete.

Taking into consideration, the present study proposes to replace cement with tailings in different proportions of concrete mixtures, in order to reach the Compressive Strength of Concrete $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$, and thus recycle the mining tailings and find its sustainable uses within the zone of influence of the concentrator plant under study.

The results that were obtained regarding the resistance to axial compression of the concrete that were the closest were the designs at 20% with curing in a maximum of 28 days is 139.30 kg / cm^2 . This value is the closest to the standard concrete, it can be said that 85.77% of the resistance was reached with reference to the Standard concrete.

Thanks to the results obtained, it is proposed to use concretes with a 20% percentage of mining tailings incorporated to build low-traffic pavements, sidewalks and cyclopean concrete. In addition, it is proposed to carry out investigations related to the applicability of mining tailings within the concrete mixes that will be used for vibrated concrete blocks, false footings, laying of masonry walls and continuous foundations and; in order to obtain a broader field of application and reuse of these waste materials.

Índice General

Título	i
Palabras Claves:	ii
Resumen	iii
Abstrac	iv
I. INTRODUCCION	1
II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	23
III. RESULTADOS	27
IV. ANALISIS Y DISCUSION	33
V. CONCLUSIONES	40
VI. RECOMENDACIONES	42
VII. AGRADECIMIENTO	43
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	44
IX. ANEXOS	46

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Serie de Tamices IRAM y ASTM.....	7
Tabla N° 2: Requisitos de Calidad de Agua	10
Tabla N° 3: Asentamiento	13
Tabla N° 4: Variable Dependiente.....	21
Tabla N° 5: Variable Independiente	21
Tabla N° 6: Diseño de Bloque Completo al azar.....	23
Tabla N° 7: Composición Mineralógica del Relave Minero	27

I. INTRODUCCION

En nuestro país uno de los sectores que genera mayores ingresos económicos es el sector de la minería, al igual que a nivel mundial y latinoamericano, así mismo nos ubicamos entre los primeros países productores de minerales, que tienen gran demanda en el mercado, y al mismo tiempo este sector es uno de los que generan mayor cantidad de residuos peligrosos los cuales son fuente generadora de problemas que afectan al ambiente. Los diferentes países, buscan transformar estos desechos mineros como activos industriales.

En nuestro país, se viene trabajando en la fabricación de diferentes elementos para la construcción, así como son los ladrillos, utilizando como materia prima los desechos mineros generados por procesos industriales, de los pasivos ambientales mineros, así como de las canchas relaveras que están activas.

Por tal motivo trataron una serie de antecedentes descritos a continuación:

En Cajamarca, Leiva & Benites (2015), realizaron el Proyecto nombrado “Medición de las propiedades mecánicas y geoquímicas del relave mina Paredones para proponerlo como la reutilización del relleno en mezcla de concreto para las labores mineras subterráneas”, donde el objeto principal fue realizar la medición de las propiedades mecánicas y geoquímicas del relave de la Mina Paredones y así verificar la viabilidad en su uso como parte del relleno en mezclas de concreto para las minas subterráneas, teniendo la siguiente conclusión, con los resultados que obtuvieron, concluyeron que estas propiedades mecánicas y geoquímicas del relave minero de Paredones cumplen con las características para elaborar relleno en la mezcla de concreto.

En Huancavelica, Curo & Rashuamán (2015), realizaron el Proyecto denominado “Diseño de mezcla $f'c=175\text{kg/cm}^2$ de concreto con adición de desecho minero de la relavera No 09-A~Chilla-CCOCHACCASA, mediante método ACI para uso de tránsito ligero, para el distrito de Urca de la provincia de Angaraes en el departamento de Huancavelica”, cuyo objeto general es usar el desecho minero en un diseño de mezcla $f'c=175\text{kg/cm}^2$ de concreto, para tránsito ligero sin afectar al ambiente, minimizando la contaminación y generando así de costos menores en la elaboración de la mezcla de

concreto, para el distrito de Urcay, teniendo la siguiente conclusión, se optimiza el uso del cemento de acuerdo al tipo de diseño de mezcla adicionando el relave minero.

En Arequipa, Cueva, Aguilar & Barreda (2012), denominaron el Proyecto “Prototipo desarrollado para la fabricación de elementos de construcción (ladrillos) mediante el uso de desechos mineros generados por el proceso de cianuración de las plantas minero-artesanales”; cuyo objeto principal era construir el prototipo de fabricación de elementos de construcción (ladrillos) usando relave minero, donde concluyeron, que el desarrollo de este proyecto difunde conocimientos y guías para la aplicación de técnicas que se utilizan en otros países actualmente, permitiendo así la disminuir los desechos de relaves con la fabricación elementos de construcción (ladrillos).

En Lima, Flores & Romero (2011), publicaron un artículo en la revista de la Universidad Mayor de San Marcos – Facultad de Ingeniería Industrial, el cual tenía como título “Re-uso de desechos mineros como insumo para la generación de agregados de construcción para la fabricación de ladrillos y baldosas”, el objeto era implementar una metodología donde se describa un procedimiento experimental para elaborar agregados de construcción, para lo cual la materia prima será el relave minero para la fabricación de ladrillos y baldosas, aplicando las metodologías 3111 – EPA, 3113 – EPA y 3114 – EPA referidas a la calidad del agregado y concluyendo mediante diversas pruebas de toxicología al relave, se estableció que el agregado de construcción obtenido del relave minero polimetálico, no genera contaminación.

En Lima, Anicama (2010), elaboró su Tesis nominada “Estudio experimental del empleo de materiales como el relave minero para aplicaciones prácticas de productos cementicios”; el objeto principal es incorporar el desecho minero a mezclas de concreto, donde concluye que se debe utilizar concretos incorporado con desecho minero para elaborar veredas y/o losas con poco tránsito, utilizando un concreto de resistencia de 210Kg/cm² y con un asentamiento de aproximado de 5”; las características físicas principales de los concretos convencionales no serán afectados en proporciones menores al 5% de relave, pero estas características resistentes de los concretos convencionales se reducen e influyen negativamente adiciones cuando son mayores al 15%.

De acuerdo a los antecedentes revisado en los antecedentes, la presente investigación se justifica en los aspectos de conocimiento, ambiental y social:

En la ciudad de Jangas, específicamente en la Planta Concentradora ubicada en esta jurisdicción, los desechos de relave minero están ocupando un gran espacio y causan problemas impactos en el ambiente y en la salud de las personas, y la gran cantidad de estos relaves son de origen mineral; debido a que el procesamiento de extracción de las mineras es diario ocasionando así diversos problemas.

El propósito de esta investigación es implementar una metodología para el procedimiento experimental de la elaboración de un concreto utilizando como materia prima este desecho llamado relave minero, el cual será empleado en diversas obras de construcción, dentro como fuera del área de influencia de esta Planta.

En nuestra región así como en el medio nacional e internacional no se cuenta con variada información referida a este tema, es por ello que la investigación en cuestión será de gran utilidad como base para las investigaciones futuras realizadas en el medio nacional como internacional.

La problemática de esta presente investigación se manifiesta en las siguientes líneas:

Existe una gran variedad de depósitos de relaves (canchas relaveras) los cuales están ubicados a lo largo del territorio nacional, algunas están abandonadas y otras en constante actividad las cuales crecen en volumen, la inadecuada manejo, tratamiento y disposición final de los relaves y los desmontes; han coaccionado casos graves como las filtraciones de drenajes ácidos y contaminación de cuerpos de agua subterráneos, así como otros efectos negativos al ambiente.

Según el tipo de extracción los minerales y en que zonas están ubicadas, estas actividades comprenden una serie de etapas y/o procesos, siendo una de ellas la que da origen a los relaves, encontrando en el departamento de Ancash muchos pasivos ambientales de desechos mineros entre ellos podemos mencionar algunos como: Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, Toma la Mano, Planta Concentradora Minerales de Mesapata , Santo Toribio 2, Ticapampa, Shansha, y otros.

En la Planta Concentradora del estudio, la mayor fuente que genera contaminación se debe al procesamiento de los minerales, ya que presenta una alta concentración de elementos y elementos químicos que son los que van a alterar el ambiente, además son transportados y almacenados en determinadas áreas denominadas como canchas relaveras, siendo en éstas donde se realiza el decantando el agua de forma lenta y a su vez estas aguas son tratadas en una pequeña planta para darle el tratamiento adecuado y luego ser liberadas al Río Santa.

La legislación nacional se centra en el tratamiento de los residuos líquidos generados por estas actividades, más no en cómo tratar los residuos sólidos generados por los relaves, manteniéndolos solo en depósitos para finalmente ser encapsulados lo cual no se realiza debido al alto costo que significa hacerlo, por lo que los encontramos expuestos al ambiente y sin un adecuado control, es por ello que no reaprovechados ni reutilizados, quedando solo como pasivos mineros. Es por ello que se necesita buscar una alternativa de reusar estos desechos para poder así disminuir la contaminación ambiental, la reducción de costos de mantenimiento y que las canchas de relave tengan un mayor tiempo de servicio.

Por antes expuesto se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Cómo afecta la sustitución de un 20% y 35% del cemento por relave minero en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, Distrito de Jangas, Huaraz – Ancash?

Contando con una serie de fundamentos científicos y definiciones que complementan esta investigación:

Origen y producción de relaves mineros:

El procedimiento inicia con el chancado de la materia prima en este caso del mineral que proviene de la extracción directa de las minas, el rango de los tamaños de partículas está entre centímetros o milímetros. Este mineral chancado se reduce a tamaños menores de un milímetro, cuando pasan por grandes tambores rotatorios clasificados como molinos semi-autógenos, molinos de varillas (SAG) y/o molinos de bolas. Posteriormente se

agrega agua en el proceso y permaneciendo el material en forma de lodo conocido también como pulpa.

Luego se pasa al proceso de flotación; este proceso tiene el principio en que partículas individuales que contienen el mineral que se va a extraer son hechas selectivamente receptivas, estas partículas se adhieren a pequeñas burbujas de aire, las cuales se van a elevar hacia la superficie de un tanque en un proceso de agitado. Las partículas de mineral estarán contenidas en las espumas de la superficie que serán retiradas, procesadas, y secadas para posteriormente se transformadas en un concentrado, siendo así este producto embarcado para el proceso de fundición para su posterior refinación. Entre tanto, las partículas de desecho que quedan en la parte inferior de los tanques son los relaves. Después de recuperar agua del proceso de flotación, en tanques apropiados denominados espesadores, los desechos son bombeados a un lugar destinado para el almacenamiento.

Las características químicas de los desechos mineros pueden variar enormemente entre un yacimiento y otro, y viene a ser el subproducto o suspensión acuosa del sólido de tamaño entre limo y arena, que se generan como residuos del procesamiento de los minerales, así mismo por concentración o lixiviados en tanque o canchas de relave, una vez extraído el producto de interés. Estos sólidos (arenas y arcillas), sedimentan y a medida que se van oxidando van acidificándose, generando generalmente lixiviados ácidos.

Y también esta guía menciona que sobre características físicas de los desechos son: (Guía Ambiental para el manejo de residuos sólidos).

- Contenido de sólidos.
- Granulometría.
- Densidad sólida.
- Permeabilidad.
- Contenido de agua retenida.
- Drenaje.
- Permeabilidad y otros más.

Relave Minero:

Son sub productos de procesos los mineros y concentración de minerales definidos como desechos tóxicos, usualmente una mezcla de tierra, arena, limo, agua y minerales, los cuales se producen, transportan y depositan en forma de lodos. (Guía Ambiental para el manejo de residuos sólidos).

Propiedades Físicas de Relaves Mineros:

Las características físicas de los relaves mineros son diversos por ello que generalizarlos es difícil. Esta situación se pone más difícil cuando los desechos de cualquier tipo de mineral extraído pueden diferenciarse sustancialmente, y esto se debe a la naturaleza de la roca mineralizada y al tipo de proceso que se realiza en una planta, sin embargo, se trata de efectuar algunas generalidades para presentar un resumen útil. (Rojas, 2007)

Y estos depende del contenido de sólidos que presentan antes del proceso de decantación, la granulometría, la densidad de los sólidos, la densidad aparente o consolidación, la permeabilidad y el contenido de agua retenida.

En concerniente con la granulometría podemos especificar que los tamices de marca Tyler están conforme a las normas nacionales y a las ASTM E11-09, ISO 3310-1 e ISO 565. Es decir que cada tamiz trabaja con su propio número de serie y así mismo están suministrados con su certificado de conformidad.

Los tamices son mallas con aberturas formadas por alambres que cruzan, y las distancias entre los alambres son las dimensiones que se manifiestan. Actualmente existe una serie de tamices, una de ellas es la IRAM quien se basa en la serie USA (americana Standard Tyler), esta serie de tamices son empleadas para hormigones y corresponde a la norma ASTM, que se detalla en la Tabla N° 1. La ASTM denomina los tamices para los agregados gruesos ya que las aberturas de las mallas están en pulgadas, y para los que corresponden a las arenas, el número de aberturas esta denominada por pulgada cuadrada; mientras que la IRAM lo denomina en milímetros y para aberturas menores a 1 mm de los tamices son en micrones.

Tabla N° 1: Cuadro comparativo de Tamices IRAM & ASTM

Abertura	
IRAM	ASTM
75.0 mm	3"
63.0 mm	2 ½" (*)
50.0 mm	2"
37.5 mm	1 ½"
26.5 mm	1" (*)
19.0 mm	¾"
13.2 mm	½" (*)
9.5 mm	3/8"
4.75 mm	N° 4
2.36 mm	N° 8
1.18 mm	N° 16
600 µm	N° 30
300 µm	N° 50
150 µm	N° 100
75 µm	N° 200

Nota: Los tamices indicados con (*) no forman la serie Abrams o del módulo de finura.

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia

Propiedades Químicas del Relave Minero:

De acuerdo a su composición química, las cuales varían ampliamente entre un yacimiento y otro. De acuerdo a este aspecto, es importante aclarar que existen varios depósitos con diferentes características, teniendo éstas diferente geoquímica, y pudiendo ser explotados a lo largo de la vida útil de una mina, ocasionando así la variación respecto a la composición química de los relaves mineros producidos. (Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros, 1995)

Agregado Fino:

Consiste en arena natural o manufacturada, o la combinación de estas; y se define como aquel material que proviene de la desintegración natural y/o artificial de rocas, cuyas partículas pasan por tamiz de 3/8", así como también deben cumplir con los límites establecidos en la Norma NTP 400.037 o ASTM C 33. (Rivva, 2004).

Está constituido por partículas limpias, con perfil preferentemente angular, resistente, compactado y duro; y libre de cantidades dañinas de materia orgánica, partículas escamosas o blandas, polvo, sales, terrones u otro tipo de sustancias dañinas. (Rivva, 2004).

Agregado Grueso:

Se define como partículas de roca triturada, partida, grava natural, agregados metálicos naturales o artificiales. La cual está conformada por fragmentos con perfil principal angular limpio, duros, semi angular, de textura preferentemente rugosa, compactos, resistentes, y materia orgánica, humus, partículas blandas, incrustaciones superficiales, libres de material escamoso, tierra, sales, polvo, limo, u otro tipo sustancias dañinas. La cual son retenidos por el tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y así cumplan con los límites establecidos en las Normas 400.0378 o ASTM C 33. (Rivva, 2004).

Cemento:

Son denominado como cualquier material que tiene propiedades cohesivas, además se definen como material pulverizado que tiene la propiedad que, por añadidura de una cantidad adecuada de agua, logra formar una pasta conglomerante la cual es capaz de endurecerse bajo el agua, en el aire y conformar compuestos estables. (Abanto, 2007).

Para preparar del concreto el cemento empleado debe cumplir los siguientes requisitos físicos y químicos: (Rivva, 2004)

- Las especificaciones de cemento Portland según la Norma NTP o ASTM C 150, para el caso de cemento de Tipo I (NTP 334.009), Tipo II (NTP 334.038), Tipo V (NTP334.040); o
- Las especificaciones para los cementos hidráulicos combinados según la Norma NTP 334.044 o ASTM C 595 para el caso de cementos de tipo IP o IP (M); o
- Las especificaciones NTP y/o ASTM correspondientes para otros tipos de Cemento si es que los hubiera.

Agua para Concreto:

El agua empleada para concreto debe ser limpia, estar libre de materias orgánicas, aceites, álcalis, sales y ácidos; por lo regular, el agua más adecuada es la potable. Cuya función principal es el de hidratar al cemento, y a su vez se utiliza para mejorar la propiedad de trabajabilidad. (Mayorca y Harmsen, 1997)

Para la mezcla de concreto, el agua incorporada va a reaccionar químicamente con el material cementante para así lograr la formación de un gel. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2012):

Permite que el conjunto del gel adquiera propiedades que:

- Faciliten la manipulación y colocación, en su estado no endurecido, y
- Convertir en un producto en estado endurecido con las características y propiedades deseadas.

Se debe conocer que, no todos los tipos de aguas que se pueden beber son adecuados para usarlos en la mezcla y que, no todos los tipos de aguas que no se pueden beber no son perjudiciales para preparar mezcla de concreto.

Adicionalmente, el agua que se usa no debe incluir sustancias que produzcan efectos negativos con las propiedades de durabilidad o resistencia, el fraguado, apariencia del concreto o sobre los elementos metálicos incorporados en este.

Se entiende por agua potable, aquella agua que es incolora, fresca, inodora e insípida, y que no incluyan sustancias mayores a los siguientes límites:

Requisitos de la Calidad del Agua para Concreto:

El tipo de agua que debe ser empleado para la elaboración del concreto, debe cumplir con los requisitos de la norma NTP 330.088 y a su vez debe ser de preferencia agua potable. (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2012)

Valores aceptables como máximo para el agua utilizada en el concreto:

Tabla N° 2: Requisitos para la Calidad de Agua

COMPUESTO	PARÁMETROS
Cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	500 ppm
Ph	mayor de 7
Sólidos en suspensión	1,500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia

La NTP 339.088 conceptualiza que las aguas aptas para la elaboración y el proceso de curado de concreto, a aquellas aguas que tienen contenidos de sustancias y propiedades que están comprendidos en los siguientes límites:

- El máximo contenido de material orgánico, expresado como oxígeno consumido, debe ser de 3 mg/l o 3ppm.
- El contenido de residuos insolubles no debe ser mayor de 5 gr/l o 5000ppm.
- El pH debe estar comprendido entre 5.5 y 8.0.

Aguas Prohibidas para Concreto:

Para la preparación del concreto está prohibido emplear: (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2012):

- Las Aguas ácidas
- Las Aguas minerales, naturales, carbonatadas o calcáreas.
- Las Aguas que provienen de relaves o minas.
- Las Aguas que tengan residuos industriales en su composición.

- Las Aguas que contengan cloruro de sodio mayor al 3%, o contengan sulfato mayor al 1%.
- Las Aguas con contenido de humus, materia orgánica, turba, algas, partículas de carbón; azufre, o cualquier descarga de desagüe.
- Las Aguas con contenido de ácidos orgánicos y/o ácido húmico.
- Las Aguas que contienen azúcares o cualquiera de sus derivados.
- Las Aguas que contienen porcentajes significativos de potasio disueltos o sales de sólidos, especialmente en aquellos casos en los que es posible que se genera una reacción álcali-agregado.

Proporcionamiento de mezclas:

La proporción en las mezclas de concreto, también conocido como diseño de mezclas es el proceso mediante el cual se consideran los siguientes pasos independientes entre sí:

- La selección de los ingredientes adecuados (agregados, cemento, agua y/o aditivos).
- La determinación de las cantidades es decir el proporcionamiento, para elaborar un concreto, económicamente accesible, trabajable, resistente a compresión axial y que tenga una durabilidad apropiada.

Esta proporcionalidad va a depender de los ingredientes en particular, dependiendo estos a su vez la aplicación del concreto en particular. Asu vez se pueden considerar otros criterios, como son la de minimizar el asentamiento, la contracción, y los ambientes químicos especiales.

Aunque se han hecho una serie de trabajos relacionados a los aspectos teóricos del diseño de mezcla, una buena parte se encuentran como procedimiento empírico. Pese a que existen muchas propiedades del concreto importantes, la mayoría están basados generalmente en lograr la resistencia a compresión axial a cierta edad, así como también debe tener una apropiada trabajabilidad. Además, es admitido que si se logran las dos propiedades principales del concreto entonces las demás propiedades también serán aceptables (excepto la resistencia al deshielo y/o congelamiento, y los otros problemas de durabilidad como es la resistencia al ataque químico). Sin embargo, se debe de revisar a

más detalle las consideraciones básicas del diseño de mezcla, antes de revisar los métodos de diseño de mezcla de uso común. (Laura, 2006)

Información necesaria para el diseño de mezcla:

- El análisis granulométrico para los agregados (fino y grueso)
- El peso unitario compactado para los agregados (fino y grueso)
- El peso específico para los agregados (fino y grueso)
- El Contenido de humedad y el % de absorción para los agregados (fino y grueso)
- Características del perfil y textura de los agregados (fino y grueso)
- La marca y el tipo de cemento
- El peso específico del cemento,
- La relación entre la resistencia, y la relación a/c.

Concreto:

El concreto es una pasta generada por materiales heterogéneos endurecidos, que está determinada a la acción de diversas variables, dependientes de los materiales que lo componen y de los métodos utilizados durante los procedimientos del diseño de mezcla: la dosificación, el mezclado, el transporte, la colocación, la compactación, el acabado, y el curado. (Abanto, 2007).

Trabajabilidad del Concreto:

Es la propiedad del concreto en estado fresco para ser mezclado con mucha facilidad, luego colocado, compactado y finalmente acabado, generándose el proceso de segregación y exudación durante estas operaciones. Para definir el grado de trabajabilidad aun no existe prueba alguna.

Consistencia del Concreto:

Esta propiedad va a depender principalmente de la cantidad de agua que va a ser usada, es decir se define por el grado de humedecimiento de la mezcla.

Ensayo de la consistencia del Concreto:

Este ensayo es conocido también como asentamiento, revenimiento o Slump Test, se usa para calificar el comportamiento del concreto en estado fresco. Este ensayo, lo desarrollo Duft Abrams, fue adoptada en 1921 por la ASTM y finalmente revisada en 1978.

Esta prueba consiste en llenar una muestra del concreto en estado fresco en un molde trococónico, posteriormente medir el asiento de la mezcla una vez retirado el molde.

Este molde es un cono de medidas: 10 cm el diámetro menor, 20 cm el diámetro mayor y 30 cm la altura; este molde se humedece y es colocada en una superficie rígida, plana y húmeda (que no sea absorbente), donde la abertura más ancha debe estar pegada a la superficie.

El comportamiento del concreto en esta prueba nos indicará la consistencia o la capacidad que tiene para adaptarse al encofrado o molde fácilmente, manteniéndose la homogeneidad con un mínimo porcentaje de vacíos.

Esta consistencia se va a modificar fundamentalmente cuando existe variación del contenido del agua en la mezcla. (Abanto, 2007)

Según su asentamiento, podemos encontrar las siguientes clases de mezclas:

Tabla N° 3: Tipos de Asentamiento

	SECA	PLASTICA	FLUIDA
Slump	0" a 2"	3" a 4"	> 5"
Trabajabilidad	Poco Trabajable	Trabajable	Muy Trabajable
Compactación	Vibrado normal	Vibrado ligero / chuseado	Chuseado

Fuente: Tecnología del Concreto

Segregación del Concreto:

En esta propiedad del concreto en estado fresco se verifica su descomposición en sus partes constituyentes, es decir, la separación del agregado grueso en la mezcla.

Para el concreto es un fenómeno que perjudica negativamente, ya que genera cangrejas, capas arenosas, bosones de piedra, etc. en el proceso llenado.

De acuerdo a esta propiedad, el mayor riesgo se da cuanto más húmeda sea la mezcla y el menor riesgo cuando más seca lo sea.

En el procedimiento del diseño de mezcla, se debe tener en cuenta siempre el riesgo de segregación, pudiendo disminuirlo, con el incremento de los finos (como son el cemento y/o agregado fino) y así mismo la consistencia de la mezcla.

Generalmente el fenómeno de la segregación es causado por el inadecuado proceso de manipulación y colocación de las mezclas. Este fenómeno se da cuando una parte del concreto se mueve mucho más rápido que el adyacente, ejemplo, el movimiento de las carretillas con ruedas metálicas produce la precipitación del agregado grueso al fondo de ésta mientras que la lechada asciende hacia la superficie.

De igual manera cuando el concreto es soltada de más de medio metro de altura se produce semejante efecto a las características de la segregación. Así mismo, se produce la segregación cuando el concreto es transportado por canaletas, y mucho más si estas presentan algunos cambios de dirección. Y el uso excesivo del vibrador también va a producir segregación. (Abanto, 2007)

Resistencia del Concreto:

Esta propiedad del concreto se comprueba en estado endurecido, es por ello que el procedimiento acostumbrado es el de tomar muestras durante el proceso de mezclado, las cuales van a ser curadas para su posterior sometimiento a las pruebas de compresión axial.

Se realiza este ensayo por la facilidad de su realización y, es definitivo que la mayor parte

de propiedades del concreto van a mejorar al incrementar su resistencia. Esta ensayo al concreto es realizada por la incorporación de una carga máxima aplicada en una unidad de área por cada muestra, y retirada antes de fallar por la compresión axial (agrietamiento, rotura).

Esta prueba de compresión axial (f'_c) se debe realizar una vez alcanzado los 28 días de edad, después de vaciado y llevado a cabo el curado del concreto. (Abanto, 2007)

Exudación del Concreto:

Esta propiedad se produce a través de la sedimentación de los sólidos, en donde el ascenso del agua de la mezcla asciende hacia la superficie.

Este fenómeno se presenta después de que el concreto ha sido colocado cualquier tipo de encofrado.

Este fenómeno puede ser el producto de una inadecuada dosificación en una mezcla de concreto, exceso de agua utilizada, del uso de aditivos, y de la temperatura ($a > T^\circ$ mayor será la velocidad de la exudación).

Para el concreto la exudación es perjudicial, pues la consecuencia en la que la superficie de contacto del concreto durante la colocación de varias capas puede provocar la disminución de la resistencia debido al aumento de la relación a/c en esta zona.

Se puede obtener un concreto poroso y poco durable, debido al ascenso de una parte del agua de la mezcla de concreto. (Abanto, 2007)

Durabilidad del Concreto:

Es la propiedad en que resiste el concreto a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales será sometido en los diferentes usos. Los daños generalmente generados por intemperie pueden ser atribuidos a diversos ciclos de congelación y descongelación. Estos daños pueden minimizarse cuando aumentamos la impermeabilidad al incluir del 2 a 6% de aire (con un inclusor de aire) o también al aplicar

un revestimiento a la superficie como protector.

Los agentes químicos, así como los ácidos inorgánicos, ácido carbónico y acético, y los sulfatos de sodio, calcio, magnesio, hierro, potasio, y aluminio que son los que desintegran y/o dañan el concreto. Se debe proteger el concreto con un revestimiento resistente al saber que ocurrirá contacto entre los agentes químicos y el concreto; como ejemplo debe usar cemento Portland tipo V para lograr resistencia a los sulfatos. Para lograr la resistencia al desgaste, el concreto debe estar hecho con agregados duros, de alta resistencia debe ser denso. (Abanto, 2007)

Impermeabilidad del Concreto:

Frecuentemente esta propiedad se mejora al reducir la cantidad del agua en la mezcla del concreto. La característica es que cuando hay exceso de agua, esto va a hacer que existan vacíos y/o cavidades después de que se evapore el agua y, en caso estén interconectadas, el agua puede atravesar o penetrar el concreto. La inclusión de aire va a generar burbujas diminutas, de la misma manera cuando el curado se realiza por un tiempo prolongado, aumenta la impermeabilidad. (Abanto, 2007)

Ensayos de laboratorio para agregados:

Contenido de Humedad:

Es la cantidad total del agua que contiene los agregados al momento de efectuar la determinación de la pasta, para dosificar una revuelta, puede estar constituida por la suma del agua superficial y la absorbida.

El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de la humedad total para asegurarse la uniformidad y calidad de los agregados. (ASTM D – 2216-71)

Análisis Granulométrico de los Agregados:

Se refiere a la granulometría del agregado así como también el tamaño máximo, módulo de fineza, etc; este proceso se da mediante la tamización del material que se requiere

analizar, utilizando una serie de tamices especificados según el tipo de agregado.

La tamización consiste en colocar el material en una serie de tamices para posteriormente ser sometido a una vibración horizontal, de manera que, una parte del agregado pase sin esfuerzo por las aberturas de la serie de tamices.

La serie de tamices especificados para los agregados son:

Agregado grueso son los siguientes: $\frac{3}{4}$ " , $\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{8}$ " y # 4.

Agregado fino son los siguientes: # 8, # 16, # 30, # 50, # 100, # 200.

Luego del proceso de tamizado se pesa el agregado retenido en cada tamiz utilizada, estos datos nos servirán posteriormente para realizar los cálculos necesarios. (ASTM C136 / NTP 400.12)

Gravedad Específica y Absorción de los Agregados:

Gravedad específica es la relación que existe entre la masa en el aire de un volumen unitario de material, y la masa del mismo volumen de agua a temperaturas indicadas a una temperatura estable. Mientras que la absorción es la cantidad de agua que es absorbida por una muestra de agregado después de que es sumergido por 24 horas en agua.

Este ensayo es elaborado con la finalidad de determinar el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico seco, el peso específico aparente y absorción de los agregados. (ASTM D – 854)

Peso Unitario de los Agregados:

Determinar el peso Unitario tiene como objeto, determinar la masa unitaria compactada de acuerdo a las NTP; esto resulta de la diferencia de una muestra de agregado con un recipiente de volumen conocido y de la masa del recipiente.

La masa unitaria apisonada se realiza llenando el agregado a un recipiente, en tres diferentes capas, cada una de éstas a un tercio de altura del recipiente; y cada capa es

golpeada 25 veces en forma helicoidal. Para mayor precisión repetir el proceso mínimo 3 veces. (ASTM C138)

Ensayos del Concreto en estado fresco

Estos ensayos se realizan tras obtener muestras representativas de concreto en estado fresco, así como las condiciones en la que son entregadas en obra o donde se llevarán a cabo los ensayos, estos ensayos sirven para determinar si cumplen con los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales se va a suministrar dicho concreto. (ASTM C172 – 04).

Los ensayos que se van a realizar son las siguientes:

El Asentamiento:

Consiste en colocar una muestra de concreto en estado fresco recién mezclado dentro de un molde en forma de cono y se compacta por varillado. Este molde al ser levantado se deja que el concreto descienda. Por ultimo se mide la distancia en forma vertical hacia el centro desplazado y registrar el valor del asentamiento o slump. (ASTM C143)

Temperatura:

Consiste en medir la temperatura de las pastas de concreto en estado fresco recién mezcladas, con la dosificación de cemento Portland. Además, se puede verificar si es que el concreto satisface los requisitos de la temperatura. Además se puede realizar la medición de la temperatura en el equipo de transporte o después de ser vaciado el concreto, en caso no pudo ser medido, se debe preparar otra muestra humedeciéndolo según la Norma ASTM C172. (ASTM C1064)

Peso Unitario o Densidad:

Consiste en señalar las fórmulas para calcular el rendimiento para así determinar la densidad del concreto fresco y, el contenido del cemento y el contenido de aire del concreto en estado fresco. (ASTM C138)

Es muy útil este control con el cual podemos comprobar la uniformidad del concreto y con ello cotejar el peso unitario del diseño de mezcla con la mezcla real de la obra. La obtención de esta es un proceso fácil en el cual se va a pesar el concreto en estado fresco siendo compactado en un recipiente, con masa y volumen conocidos, expresado en Kg/m³ posterior a esto se calculará multiplicando el factor de calibración del recipiente por el peso neto del concreto. (N.T.P. 339.046)

Contenido de aire:

Con la finalidad de llevar un control de calidad, se realizará la medición de la cantidad de aire que existe dentro de una mezcla la cual será expresado en porcentaje (%), debido a que este aire va a generar grandes burbujas a lo largo del proceso de mezcla, de transporte y de la colocación de éste, así mismo cabe recalcar que es de importancia que este compactado el concreto. (N.T.P. 339.046)

Ensayos del concreto en estado endurecido

La tercera etapa de la vida del concreto corresponde a las mezclas endurecidas, la misma que comienza en el momento en la que ha alcanzado cierto grado de hidratación en la mezcla de cemento contenido, es decir que es capaz de mantener unidos entre sí a las partículas de los agregados de manera permanente. Todo esto es verificado mediante la resistencia que tiene una pieza de concreto, es decir, cambio de la forma del testigo por acción de una aplicación de fuerza mecánica como es el caso del ensayo de compresión axial. (Barreda, 2009)

La propiedad de la mezcla endurecida más conocida es la de la resistencia mecánica. El concreto una vez finalizado el periodo de fraguado, inicia con su etapa de endurecimiento llegando por completo a una excelente resistencia a los 28 días.

Estos ensayos son los siguientes:

El Curado:

Los testigos y/o probetas deben permanecer en los moldes durante el periodo de 24 hr

como mínimo.

Durante ese lapso de tiempo no deberán sufrir sacudidas, vibraciones, así como tampoco golpes, es por ellos que se debe proteger la cara superior con una tapa mecánica, una lámina de polietileno o una arpillera húmeda, y de la misma manera se mantendrá en ambiente protegido de cambios bruscos de las condiciones climáticas (frio, calor, viento, lluvia).

Una vez pasadas las 24 hr iniciales, continua el proceso de desmoldado e inmediatamente se acondicionará un lugar apropiado para su mantenimiento hasta que sea la fecha de ensayo. Durante este periodo que puede ser de 7 días, 14 días ó 28 días, se deben mantener las condiciones de humedad y temperatura, según las normas IRAM 1524 y 1534, esta probeta deberá mantenerse en un ambiente con no menos a los 21 °C de temperatura; con una permisividad de más o menos de 3 °C para obra, y el de 1 °C para laboratorio (o también, en obra la temperatura puede variar entre 18 °C y 24 °C, y en cuanto a la humedad relativa no menos del 95%. (Barreda, 2009)

Resistencia a la Compresión:

Este ensayo es utilizado para determinar el esfuerzo a la compresión axial de testigos o probetas cilíndricas, ya sean que estos especímenes estén moldeados o sean núcleos obtenidos por extracción. El cálculo del esfuerzo a la compresión axial de un espécimen se efectúa dividiendo una carga máxima obtenida por el área de la cara axial donde se aplica la carga en el testigo. Estos resultados obtenidos pueden depender del tamaño o la forma de la muestra, la masa del concreto, métodos de muestreo, los procedimientos de mezcla, la fabricación, la edad, y así como también las condiciones de humedad en la etapa del curado. (ASTM C39)

Realización del ensayo de compresión axial:

Las prensas utilizadas tienen capacidad de carga entre 100 a 150 toneladas. Al aplicársele cargas cada vez mayores y se mide la deformación de la probeta. Existen otras prensas hidráulicas que deben trabajar con una tabla de conversión, la cual va a permitir calcular la carga aplicada en los testigos. Siendo la velocidad con que se aplique la carga sobre la

probeta va a ser influenciada en gran medida en el resultado de los ensayos; es decir si las cargas son demasiado rápidas, van a generar una rotura artificialmente elevada, ya que no dan tiempo a la deformación de todas sus partículas del testigo; cosa contraria pasa si la carga es demasiado lenta. Entonces debe mantenerse entre 250 y 600 kg/seg para probetas de 15 cm de diámetro el ritmo de la velocidad, a partir del 50 % de la carga de rotura. Para que las lecturas de la prensa sean más exactas, estas deben ser verificadas con una continuidad de 6 meses a 1 año según el uso que se le dé, debiendo mantenerse por debajo del 1% el error de lectura. (Barreda, 2009).

Operacionalización de variables

Tabla N° 4: Variable Dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la Compresión	Medida utilizada para diseñar el concreto usado en para diferentes elementos estructurales.	Medida utilizada para diseñar concreto y están definidas en unidades de kg-f / pulg ² (PSI), o mega pascales (Mpa)	175 kg/cm ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 5: Variable Independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Relave Minero	Es el desecho producto de un proceso industrial, generalmente la mezcla de minerales, tierra limos, arenas y agua, que son transportados y depositados en canchas de secado en forma de lodos.	Desecho mineral en estado sólido (partículas) que será utilizado como sustituyente del cemento en una mezcla de concreto.	0 % 20 % 35 %

Fuente: Elaboración Propia

La hipótesis de esta investigación es: Con la sustitución de un 20% y 35% del cemento por relave minero se podrá lograr obtener la resistencia a la compresión axial del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

El objetivo general de esta investigación es: Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución al 20% y 35% del cemento por relave minero. Y los objetivos específicos son:

Realizar el análisis físico, químico y mineralógico del relave minero de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas a través del método de la difracción de rayos X.

Determinar la relación agua/cemento de la mezcla patrón y del concreto experimental con sustitución del 20% y 35% de relave minero para la resistencia de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Determinar el pH de la mezcla patrón y del concreto experimental con sustitución del 20% y 35% de relave minero para la resistencia de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Determinar la variación estadística a través del programa de SPSS.

II. METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación

Es una investigación de tipo experimental porque se prepararon mezclas de concreto reemplazando el cemento con relave minero en diferentes porcentajes y posteriormente se compararon los resultados obtenidos con los resultados de un concreto patrón. Así mismo se realizó el ensayo para determinar la conformación de óxidos por el método de difracción de rayos X al relave minero.

Es una investigación del tipo aplicada, porque nos permite realizar la comprobación de la veracidad de los conocimientos con la ayuda de la ciencia.

Esta investigación está enfocada cuantitativamente porque se apoya con la medición de los datos desde la recolección de los datos, el proceso y finalmente el análisis de estos.

Diseño de Investigación

El diseño es experimental y pertenece al diseño en bloque completo al azar.

Tabla N° 6: Modelo de diseño de bloque completo al azar

MUESTRAS DE CONCRETO	DÍAS DE CURADO									
	7			14			28			
Patrón										
Con Sustitución (20%)										
Con Sustitución (35%)										

Fuente: Elaboración Propia

Población y Muestra

Población:

Está conformada por las probetas con un diseño de mezcla de 175 kg/cm² elaborados con diferentes porcentajes de relave minero.

El relave minero será tomado de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, Distrito de Jangas, Huaraz - Ancash.

Muestra:

En la presente investigación se trabajarán 27 probetas, de estas: 9 con 0% de relave minero, 9 con 20% de sustitución de relave minero y 9 con 35% de sustitución de relave minero.

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Técnicas:

A través de los ensayos realizados en el laboratorio, se observa el comportamiento del concreto en sus estados fresco y endurecido, así mismo las propiedades alcanzadas de acuerdo a los diferentes ensayos.

Instrumentos:

Fichas de laboratorio.

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

Pre Campo:

- Revisión bibliográfica y recolección de datos.
- Identificación de los puntos de muestreo en las Canchas de Relave Minero de la

Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas.

- Diseño de la toma de muestras, de 10 calicatas de 2m x 1m x 0.50 m se tomará 30 kg de la Cancha de Relave.
- Identificación de la cantera de agregados a usar.
- Identificación del Tipo de Cemento.
- Calculo de la relación agua/cemento para la mezcla patrón y la relación a/c de la sustitución del 20% y 35% de relave minero para el ensayo de resistencia a compresión de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Campo:

- Toma de las muestras de relave minero de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas Ubicada en el Distrito de Jangas, Huaraz - Ancash.
- Toma de muestra de los agregados, con ubicación en la zona de Tacllan, Huaraz - Ancash.

Laboratorio:

- Recolección de datos de laboratorios en las diferentes fichas, para la elaboración de una guía de observación.
- Estas guías serán rellenas con respecto a los siguientes ensayos:

Relave minero

- Análisis de los componentes físico, químico y mineralógico a través del método Difracción de Rayos X.
- Tamizado con malla N° 200.

Agregado (Fino y Grueso)

- Contenido de Humedad
- Ensayos Granulométricos
- Ensayos de Peso Específico y Absorción

- Ensayos de Peso Unitario

Concreto

- Diseño de Mezcla (Ver Anexo 3)
- Ensayos de consistencia (Slump o cono de Abrams)
- Ensayo de pH
- Preparation de Probetas
- Ensayos de Compresión Axial (Rotura de Probetas)
- Ensayos de control de calidad del concreto en estado fresco y endurecido.

Post Campo - Gabinete

- Procesamiento y análisis de los resultados obtenidos.
- Elaboración del proyecto de Tesis.

III. RESULTADOS

1. Relave Minero

Se ha realizado el análisis por el método de difracción de rayos X, de la muestra del relave mineros, determinándose la siguiente mineralogía:

Tabla N° 7: Composición Mineralógica del Relave Minero

MINERAL	FÓRMULA	%
Cuarzo	SiO ₂	50.03
Calcita	CaCO ₃	0.4
Microlina Intermedio	KAlSi ₃ O ₈	8.6
Phlogopite-2M1 (Tipo de Mica)	KMg ₃ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₂	0.4
Pirita	FeS ₂	1.8
Brushita	CaPO ₃ (OH)·2H ₂ O	0.9
Caldecahydrite	CaAl ₂ O ₄ ·10H ₂ O	2.0
Fase no Identificada	-	25.6

Fuente: Elaboración Propia

El análisis del método de difracción de rayos X, realizada a la muestra de relave llevada al laboratorio, indica un alto contenido de Cuarzo (SiO₂) cuyo valor se encuentra en el rango de 50.03%, así como presencia de la Microlina Intermedio y la Phlogopite-2M1; todos éstos minerales encontrados en la muestra, facilitan el proceso de encapsulamiento de metales pesados.

2. Agregados

De los ensayos realizados la caracterización de agregado Grueso y Agregado Fino, se obtuvo lo siguiente:

a) Contenido de Humedad

MUESTRA	C.H.
Agregado Fino	3.3 %
Agregado Grueso	0.9 %

b) Análisis Granulométrico

MUESTRA	MF
Agregado Fino	3.10
Agregado Grueso	7.26

c) Gravedad Específica y Absorción

MUESTRA	Pe	% Abs
Agregado Fino	2606.43 kg/m ³	1.28
Agregado Grueso	2655.49 kg/m ³	0.88

d) Peso Unitario

MUESTRA	P.U. Suelto	P.U. Compactado
Agregado Fino	1603	1765
Agregado Grueso	1641	1664

3. Diseño de mezclas

a) Muestra Patrón

<i>Muestra</i>	<i>Agua</i>	<i>Cemento</i>	<i>Piedra</i>	<i>Arena</i>	Σ
M1	0.7671	2.2849	8.1968	4.5419	15.7907
M2	0.7671	2.2849	8.1968	4.5419	15.7907
M3	0.7671	2.2849	8.1968	4.5419	15.7907

b) Muestra con 20% de sustitución de Relave Mineros

<i>Al 20%</i>	<i>Agua</i>	<i>Cemento</i>	<i>Relave Minero</i>	<i>Piedra</i>	<i>Arena</i>	Σ
M1	0.7671	1.8279	0.457	8.1968	4.5419	15.7907
M2	0.7671	1.8279	0.457	8.1968	4.5419	15.7907
M3	0.7671	1.8279	0.457	8.1968	4.5419	15.7907

c) Muestra con 35% de sustitución Relave Mineros

<i>Al 35%</i>	<i>Agua</i>	<i>Cemento</i>	<i>Relave Minero</i>	<i>Piedra</i>	<i>Arena</i>	Σ
M1	0.7671	1.8279	0.457	8.1968	4.5419	15.7907
M2	0.7671	1.8279	0.457	8.1968	4.5419	15.7907
M3	0.7671	1.8279	0.457	8.1968	4.5419	15.7907

4. Ph de las Muestras

El pH de las muestras patrón y experimentales se realizaron mediante prueba de laboratorio, teniendo los siguientes resultados:

MUESTRA	pH
Cemento	12.10
Relave Minero	10.05
Cemento + 20% Relave Minero	11.96
Cemento + 35% Relave Minero	11.87

5. Ensayo de Compresión:

Los datos obtenidos de este ensayo fueron los siguientes:

a) Resistencia a los 7 días de curado:

% RM	MUESTRA	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
RM 0%	M1	31420	15.5	188.75	166.47
	M2	32160	15.5	188.75	170.39
	M3	31740	15.3	183.91	172.59
RM 20%	M1	19140	15.3	183.91	104.07
	M2	20680	15.5	188.75	109.57
	M3	18410	15.3	183.91	100.11
RM 35%	M1	15700	15.4	186.32	84.26
	M2	16070	15.5	188.75	85.14
	M3	14780	15.3	183.91	80.37

b) Resistencia a los 14 días de curado:

% RM	MUESTRA	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
RM 0%	M1	30460	15.4	186.32	163.48
	M2	30420	15.3	183.91	165.41
	M3	33380	15.5	188.75	176.85
RM 20%	M1	23440	15.4	186.32	125.81
	M2	24683	15.4	186.32	132.48
	M3	22130	15.3	183.91	120.33
RM 35%	M1	17790	15.3	183.91	96.73
	M2	16960	15.3	183.91	92.22
	M3	16870	15.4	186.32	90.54

c) Resistencia a los 21 días de curado:

% RM	MUESTRA	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)
RM 0%	M1	31050	15.3	183.91	168.84
	M2	31190	15.3	183.91	169.60
	M3	32160	15.5	188.75	170.39
RM 20%	M1	25490	15.3	183.91	138.60
	M2	24840	15.3	183.91	135.07
	M3	26500	15.3	183.91	144.10
RM 35%	M1	19070	15.3	183.91	103.69
	M2	19890	15.5	188.75	105.38
	M3	19780	15.3	183.91	107.55

6. Variación Estadística:

De la variación estadística realizada a través del programa SPSS, encontramos los siguientes graficos los cuales indican que tiene un comportamiento constante y se encuentra dentro de los datos indicados por la muestra patrón.

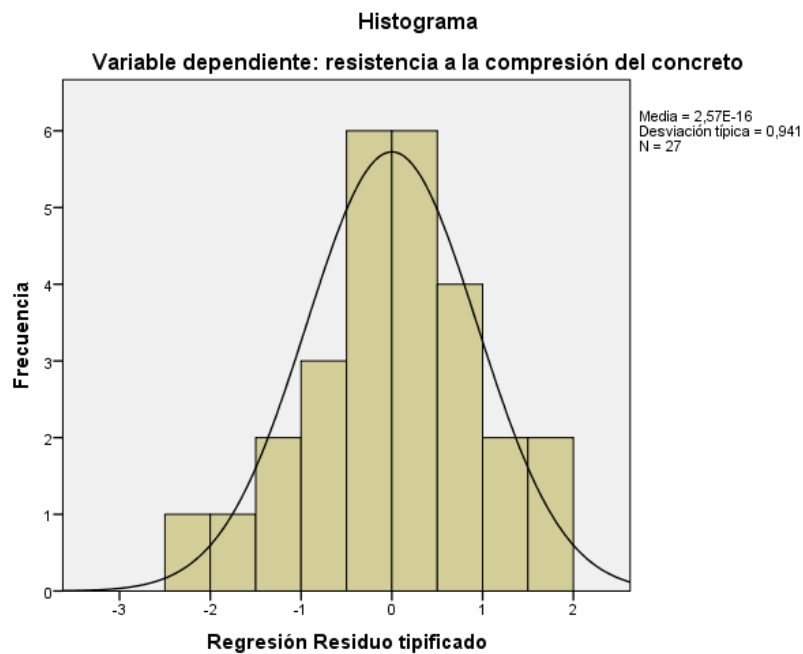
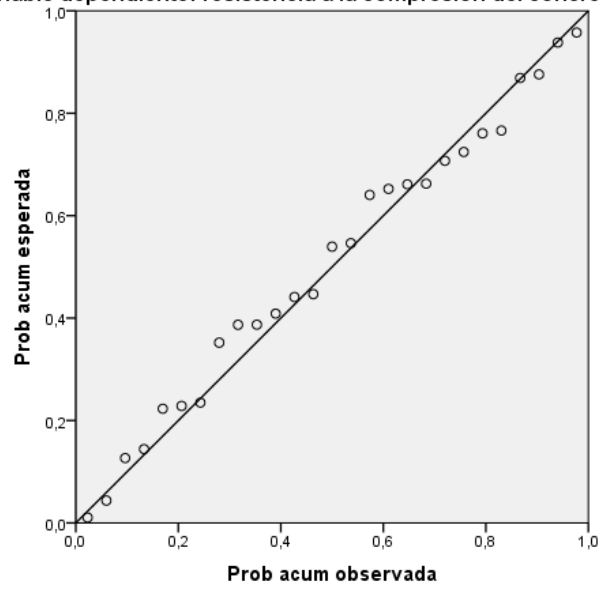


Gráfico P-P normal de regresión Residuo tipificado
Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto



IV. ANALISIS Y DISCUSION

Análisis de los Componentes Físico, Químico y Mineralógico del Relave

Los componentes químicos y mineralógicos de este relave analizados de acuerdo a método de la difracción de Rayos X, nos dieron a conocer que de acuerdo a su composición no producen ninguna reacción desfavorable en el procedimiento de elaboración y constitución del concreto, cabe recalcar que cuando esta mezcla se encuentra en estado endurecido va a ser utilizada en las diversas obras de concreto que van a estar expuestas y en contacto con las personas, éstas no van a producir ningún efecto negativo ni contaminante hacia las personas.

Uno de los componentes en mayor cantidad es el cuarzo (50.3%) el cual va a permitir que el concreto no disminuya su propiedad de durabilidad, el componente que le sigue es la Fase no identificada (25.6) lo cual nos indica de que no es un componente que va a generar algún tipo de daño a las personas o al concreto, siendo así que esta fase será encapsulada sin presentar mayores problemas, así también de acuerdo al ensayo de pH realizado nos indica que es alcalino o cual va a permitir que el concreto este en buen estado.

El relave empleado de esta planta concentradora es un material muy fino ya que contiene altos porcentajes de material que pasa por la malla #200, y no hubo la necesidad de utilizar algún método físico o mecánico para obtener esta característica física necesaria como es la finura, por lo que, podemos afirmar que el módulo de fineza de este elemento es similar al del cemento. Gracias a esta característica podemos concluir que el relave proveniente de la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas cumple con las condiciones idóneas para elaborar el concreto, permitiendo tener una mezcla trabajable.

De acuerdo con los antecedentes presentados, podemos apreciar que se utilizó el cemento como un elemento adicional para la mezcla de concreto más no como sustituyente del cemento, analizando así el posible uso de las mezclas en diferentes tipos de estructuras. Sin embargo estos relaves mineros utilizados al igual que el presentado en este estudio no contienen porcentajes de componentes químicos que puedan generar daño al ser humano que este en contacto con este concreto debido a que en el proceso de endurecimiento las diferentes trazas de componentes químicos son encapsulados dentro de la mezcla.

Relación Agua / Cemento de las Muestras

La relación de agua / cemento de la muestra patrón se determinó de acuerdo a la resistencia de 175 kg/cm² y de las fórmulas ya establecidas en el presente estudio, con la finalidad de no afectar los factores de durabilidad y acabado del concreto.

Esta relación a/c se mantuvo tanto en la muestra patrón así como también en las muestras experimentales del 20 % y 35%, no se realizó la variación de este elemento, debido a que no se presentó una diferencia del slump considerable.

pH de la las Muestras

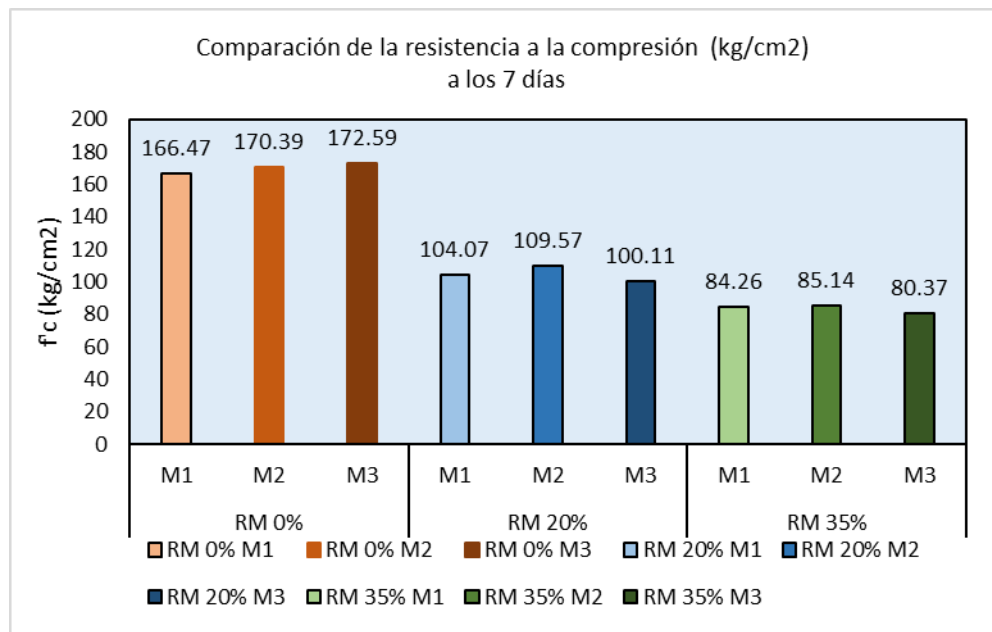
El pH de las muestras como son el cemento, relave minero y las muestras experimentales al 20% y 35% se realizaron mediante la prueba de laboratorio, teniendo como resultado la clasificación de extremadamente alcalino, el cual nos demuestra que se encuentra dentro del rango de concreto normal según la norma ASTM – C – 4262 que indica que el concreto en buen estado tiene un valor de pH mayor a 11 o 12.

De acuerdo a los resultados obtenidos dentro del laboratorio podemos garantizar de que el relave minero es un buen elemento para incluirlo en la mezcla de concreto debido a que también tiene un pH alcalino, asiendo así que la mezcla se mantenga dentro del rango del pH y no lo altere desfavorablemente, obteniendo así un concreto en buen estado.

Resistencia a la compresión axial del concreto $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución del 20% y 35% de cemento por relave minero.

a) Resistencia a los 7 días de curado:

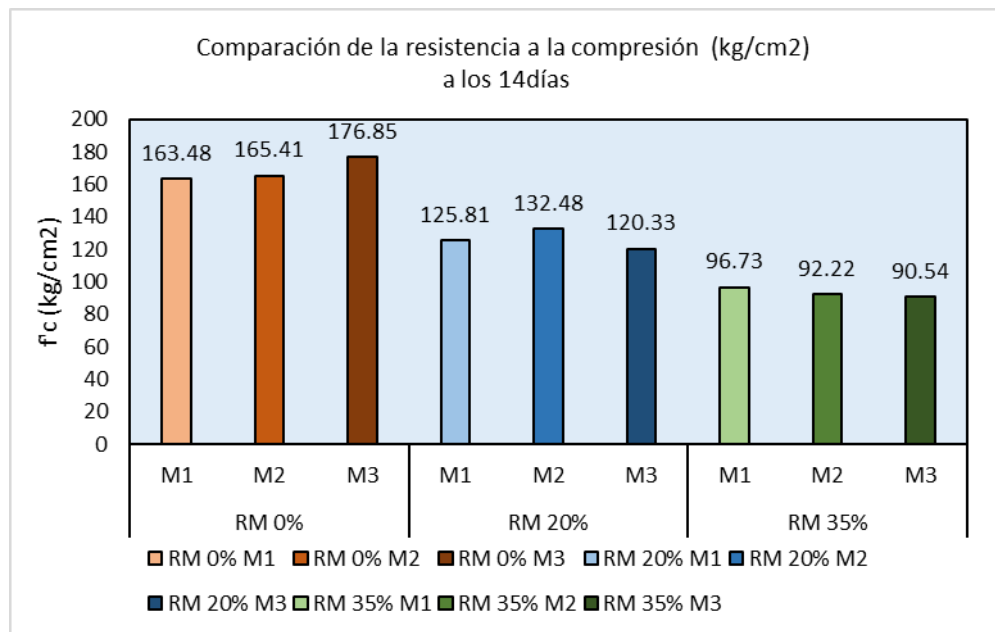
DIAS	% RM	MUESTRA	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)	PROMEDIO (%)
7 DIAS	0	M1	31420	15.5	188.75	166.47	169.81	97.04
		M2	32160	15.5	188.75	170.39		
		M3	31740	15.3	183.91	172.59		
	20	M1	19140	15.3	183.91	104.07	104.58	59.76
		M2	20680	15.5	188.75	109.57		
		M3	18410	15.3	183.91	100.11		
	35	M1	15700	15.4	186.32	84.26	83.26	47.58
		M2	16070	15.5	188.75	85.14		
		M3	14780	15.3	183.91	80.37		



Por lo observado en el gráfico comparativo, podemos afirmar de que la resistencia de las muestras experimentales de 20% y 35% no llegan a la resistencia esperada de 175 kg/cm², obteniendo de la muestra patrón un 97.04% de acercamiento a la resistencia esperada, mientras que la muestra del 20% solo llega al 59.76% de la resistencia propuesta y la muestra del 35% llega al 47.58%.

b) Resistencia a los 14 días de curado:

DIAS	% RM	MUESTRA	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	PROMEDIO (s) (kg/cm ²)	PROMEDIO (%)
14 DIAS	0	M1	30460	15.4	186.32	163.48	168.58	96.33
		M2	30420	15.3	183.91	165.41		
		M3	33380	15.5	188.75	176.85		
	20	M1	23440	15.4	186.32	125.81	126.21	72.12
		M2	24683	15.4	186.32	132.48		
		M3	22130	15.3	183.91	120.33		
	35	M1	17790	15.3	183.91	96.73	93.17	53.24
		M2	16960	15.3	183.91	92.22		
		M3	16870	15.4	186.32	90.54		

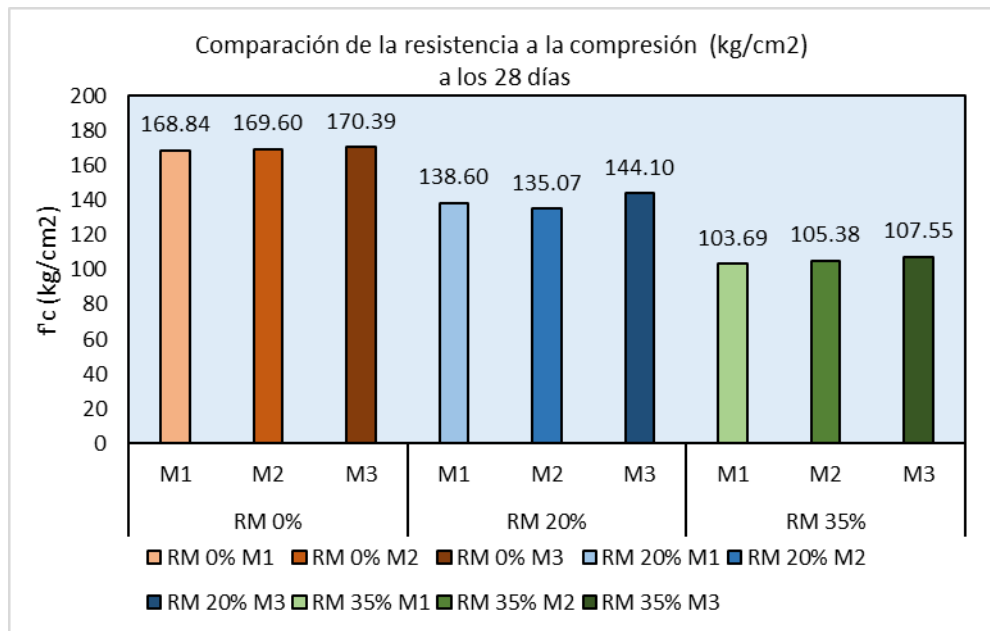


Por lo observado en el gráfico comparativo, podemos afirmar de que la resistencia de las muestras experimentales de 20% y 35% no llegan a la resistencia esperada de 175 kg/cm², obteniendo de la muestra patrón un 96.33% de acercamiento a la

resistencia esperada, mientras que la muestra del 20% solo llega al 72.12% de la resistencia propuesta y la muestra del 35% llega al 53.24%.

c) Resistencia a los 21 días de curado:

DIAS	% RM	MUESTRA	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f _c (kg/cm ²)	PROMEDIO (s) (kg/cm ²)	PROMEDIO (%)
28 DIAS	0	M1	31050	15.3	183.91	168.84	169.61	96.92
		M2	31190	15.3	183.91	169.6		
		M3	32160	15.5	188.75	170.39		
	20	M1	25490	15.3	183.91	138.6	139.26	79.57
		M2	24840	15.3	183.91	135.07		
		M3	26500	15.3	183.91	144.1		
	35	M1	19070	15.3	183.91	103.69	105.54	60.31
		M2	19890	15.5	188.75	105.38		
		M3	19780	15.3	183.91	107.55		



Por lo observado en el gráfico comparativo, podemos afirmar de que la resistencia de las muestras experimentales de 20% y 35% no llegan a la resistencia esperada de

175 kg/cm², obteniendo de la muestra patrón un 96.92% de acercamiento a la resistencia esperada, mientras que la muestra del 20% solo llega al 79.57% de la resistencia propuesta y la muestra del 35% llega al 60.31%.

Concreto Patrón

Los datos obtenidos de los agregados fueron satisfactorios para el diseño de mezcla, ya que los materiales dieron buenos resultados y estas pesaron 15.75 kg cada una; lo cual nos indica que la trabajabilidad, la consistencia y el slump fueron aceptables y convenientes para el propósito de la investigación.

La muestra de concreto patrón tuvo buena consistencia, estaba fluido y presentaba un buen aspecto debido a que no predominó la piedra. El slump hallado fue medido en promedio de 4" lo cual satisface con los objetivos planteados en la investigación.

Muestras de concreto con sustitución de relave

Por la adición de relave en proporciones (20 y 35%) como reemplazo de cemento, el slump no se ve afectado en gran medida.

Así como la muestra patrón presenta un contenido de aire, las demás mezclas resultantes permanecen tenían el mismo contenido de aire, por lo que no se observa incorporación de aire por la inclusión de la sustitución de cemento con el relave.

Respecto a la trabajabilidad, consistencia y aspecto de las muestras de concreto con sustituciones de relave permanecieron casi constantes. Por lo que, estas mezclas de concreto podían ser trabajados sin problema alguno.

Referente a la resistencia de compresión axial del concreto, ningún diseño llegó a igualar por lo menos la resistencia del concreto patrón. Las muestras de concreto que más se acercaron fueron los elaborados con el diseño al 20% con 28 días de curado (139.30 kg/cm²), siendo este valor el más cercano al del concreto patrón, por lo que se puede decir que se llegó al 85.77% de la resistencia de compresión axial del concreto Patrón.

Luego de realizar los cálculos y tablas para cada diseño de mezcla, observamos que el concreto que tiene el mejor comportamiento respecto a la muestra patrón es el diseño con el 20% de reemplazo en peso del cemento por el relave minero.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo presentado anteriormente y en base a los objetivos plasmados al inicio de la investigación se presentan las siguientes conclusiones.

- El estudio mineralógico del relave minero nos indica de que no tiene presencia de elementos químicos que puedan afectar negativamente al concreto ni a las personas en caso de contaminación, debido a que se produce una reacción química la cual genera el encapsulamiento de los diferentes químicos los cuales no van a presentar problemas posteriores a estar en contacto con el ambiente y las personas.
- Con el objetivo de determinar el efecto de la sustitución de un 20% y 35% del cemento por relave minero para una resistencia de un concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, se observó que a mayor cantidad de relave minero disminuye la resistencia con respecto al patrón; porque al utilizar el relave minero como relleno volumétrico en cantidades grandes estos atacarán la estructura interna del concreto haciendo así que disminuya la resistencia del concreto, sin embargo no disminuyen su propiedad de durabilidad es por ello que en base a los resultados obtenidos en la investigación se propone utilizar estos concretos con relave minero para construir pavimentos de bajo tránsito, veredas y concreto ciclópeo.
- Las muestras experimentales que presentan mejor comportamiento son las de 20% de sustitución del cemento por relave minero teniendo un $f'c=139.30 \text{ kg/cm}^2$, ya que no se encuentran muy lejos del rango de la muestra patrón la cual es $f'c=169.61 \text{ kg/cm}^2$, pero a su vez tenemos que aseverar que es necesario realizar el curado de este tipo de mezcla hasta los 28 días para poder llegar a la máxima resistencia.
- Se determinó la relación $a/c = 0.69$, mediante tablas de acuerdo a la resistencia del concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ propuesta en el proyecto, el cual se utilizó para la mezcla patrón así como también para las muestras experimentales.
- En las mezclas de concreto no se incorpora contenido de aire significativo al reemplazar el cemento por relave minero, así como tampoco hace variar el slump del concreto, más por el contrario hacen que la mezcla sea bastante trabajable y no

modifica el slump de acuerdo a la muestra patrón.

- El pH tanto del relave minero como del cemento son calificados como extremadamente alcalino, por lo que no se tiene variación significativa de este factor manteniendo así el concreto alcalino y por ende un concreto en buen estado.

VI. RECOMENDACIONES

En conformidad a lo concluido por la presente investigación se plantean las siguientes recomendaciones con la finalidad de que trabajen con este tipo de materiales.

- La incorporación de relaves mineros en posibles obras de concreto deberán ser cuidadosamente verificadas mediante pruebas químicas y mineralógicas de los relaves que se quieran usar, ya que no todas las canchas relaveras procesan los mismos minerales ni utilizan los mismos químicos.
- Se recomienda continuar realizando este tipo de estudios, ya que se puede demostrar que los relaves mineros pueden ser reciclados y usados de alguna manera, a su vez no afecta de manera negativa las principales propiedades de los concretos convencionales, y así minimizar los grandes volúmenes de estos desechos y reutilizarlos en algunas obras de concreto.
- Utilizar pequeños porcentajes de relave minero para conseguir resistencias adecuadas para el empleo de esta misma.

VII. AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios, por haber sido el mejor guía a lo largo de mi vida, mi camino y apoyo, además por haberme dado la fortaleza de seguir hacia adelante en mis momentos difíciles.

Agradecer el apoyo y la confianza brindado por de mi familia, que sin duda alguna me han demostrado su amor en el trayecto de mi vida, corrigiendo mis fallas y celebrando mis triunfos.

A la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad San Pedro, por acogerme durante todo mi ciclo de estudio y por los conocimientos adquiridos; a través de las enseñanzas de los ilustres profesionales de esta Facultad y a mi asesor Ing. Rogelio Castañeda Gamboa; por la confianza que me brindó, la amistad, y por los aportes en el asesoramiento en el tema.

A la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas de la UNASAM, en especial Ing. Mirtha Cervantes, quien me brindó su apoyo incondicional, proporcionó información y dio la autorización para la recolección de muestra del relave minero para la realización de mi trabajo de investigación, y al personal trabajador de las Plantas por la amistad y el tiempo que me brindaron.

A todos los familiares y amigos agradecerles su apoyo, consejos, amistad y ánimos. Algunas aún están aquí con nosotros y otras en nuestros buenos recuerdos, sin importar en donde se encuentren. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Abanto Castillo, Flavio. (2007). *Tecnología del Concreto*. Lima: Editorial San Marcos.

Anicama Acosta, Gerson A. (2010). *Con su tesis Titulado: “Estudio Experimental del Empleo de Materiales de Desecho de Procesos Mineros en Aplicaciones Prácticas con Productos Cementicios*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

American Society for Testing Materials. ASTM C 1064. *Temperatura del Hormigón Fresco*.

American Society for Testing Materials. ASTM C 78. *Determinación del Esfuerzo a la Flexión del Concreto*.

American Society for Testing Materials. ASTM C 143. *Asentamiento en el Hormigón Fresco*.

American Society for Testing Materials. ASTM C 172. *Muestreo de Concreto Fresco*.

American Society for Testing Materials. ASTM C 231. *Contenido de aire del Concreto Fresco - Método de Presión*.

American Society for Testing Materials. ASTM C 39. *Determinación del esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto*.

American Society for Testing Materials. ASTM C138. *Peso Unitario, Rendimiento, y Contenido de aire del hormigón fresco – Método gravimétrico*.

Barluenga Badiola, G. (2008). *Materiales de Construcción*. Universidad de Alcalá (España).

Barreda Marcelo, R. (2009). *Ensayos de Hormigón en estado fresco y endurecido*. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional la Plata (Argentina).

- Benites Mostacero R. & Leiva cercado Y. (2015). *Con su tesis Titulado: "Medición de las Propiedades Geoquímicas y Mecánicas del Pasivo Ambiental Relave Mina Paredones para su Propuesta de Utilización como Relleno en Pasta para Labores Mineras Subterráneas – Cajamarca.* Universidad Privada del Norte.
- Guía Ambiental para el Manejo de Relaves Mineros, R.D. N° 053-95-EM/DGAA, 26 de Setiembre de 1995.
- Martinez, J. (2014). *Gestión de Relaves Mineros.* Diploma de Minería, Universidad de la República (Uruguay).
- Mucíño Castañeda, R. (2004). *Concreto para Técnicos de la Construcción.* México: Editorial Instituto Mexicana.
- Muñoz Silva, L. (2015). *Caracterización Molecular de Hongos y Bacterias cultivables tolerantes a Metales Pesados de suelos de rizósfera del Pasivo Ambiental Minero Santa Rosa de Jangas – Ancash – Perú, Enero – Junio 2014.* Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental.
- Norma Técnica Peruana. NTP334.009. *Cemento Portland.*
- Rivva López, E. (2004). *Control del Concreto en Obra.* Instituto de la Construcción y Gerencia. 1ra Edición.
- Rivva López, E. (2012). *Centro de Investigaciones Viales - Área Estructuras y Materiales de Construcción, Naturaleza y Materiales del Concreto.* Instituto de la Construcción y Gerencia. 1ra Edición
- Tufino S., D. (2008). *Ensayo del Concreto al Estado Endurecido.* Universidad Ricardo Palma.
- Tufino S., D. (2008). *Ensayo del Concreto al Estado Fresco.* Universidad Ricardo Palma.

IX. ANEXOS
ANEXO 1 : PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 01: Recollection de Relave Minero



Fotografía N° 02: Tamizado de relave Minero



Fotografía N° 03: Ensayo de Análisis granulométrico



Fotografía N° 04: Prueba Consistencia del Concreto (Cono de Abrams)



Fotografía N° 05: Limpieza de los moldes.



Fotografía N° 06: Llenado de cilindros y compactación varilla de acero.



Fotografía N° 07: Eliminación de aire mediante el golpeado con martillo de goma.



Fotografía N° 08: Probetas realizadas con porcentajes de Relave Minero



Fotografía N° 09: Desencofrado de las probetas rotuladas.



Fotografía N° 10: Curado de los testigos de concreto



Fotografía N° 11: Secado de los testigos, antes de iniciar la pruebas de compresión.



Fotografía N° 12: Medición de los diámetros de las probetas



Fotografía N° 13: Ensayo de Compresión



Fotografía N° 14: Medición de los diámetros de las probetas

ANEXO 2: ENSAYOS DE LABORATORIO

2.1. Contenido de Humedad

Para el Agregado Fino

AGREGADO	FINO	
RECIPIENTE	17	27
1. Peso de Reccip. + Ag. Húmedo	925.00	927.00
2. Peso de Reccip. + Ag. Seco	902.50	900.50
3. Peso del Recipiente (gr)	164.70	166.60

➤ Realizamos todos los cálculos necesarios de la siguiente manera:

Muestra Tazon 17

$$\%W = \left[\frac{(925.00 - 902.50)}{902.50} \right] \times 100$$

$$\%W = 3.0 \%$$

Muestra Tazon 27

$$\%W = \left[\frac{(927.00 - 900.50)}{900.50} \right] \times 100$$

$$\%W = 3.6 \%$$

Promedio:

$$\%W_p = \left(\frac{3.0+3.6}{2} \right)$$

$$\%W_p = 3.30\%$$

Para el Agregado Grueso

AGREGADO	GRUESO	
	23	50
RECIPIENTE		
1. Peso de Reccip. + Ag. Húmedo	1350.50	1311.00
2. Peso de Reccip. + Ag. Seco	1342.20	1299.00
3. Peso del Recipiente (gr)	166.70	168.80

➤ Realizamos todos los cálculos necesarios de la siguiente manera:

Muestra tazon 23

$$\%W = \left[\frac{(\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \right] \times 100$$

$$\%W = \left[\frac{(1350.50 - 1342.20)}{1342.20} \right] \times 100$$

$$\%W = 0.70 \%$$

Muestra tazon 50

$$\%W = \left[\frac{(\text{Peso Humedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \right] \times 100$$

$$\%W = \left[\frac{(1311.00 - 1299.00)}{1299.00} \right] \times 100$$

$$\%W = 1.1 \%$$

Promedio:

$$\%W_p = \left(\frac{0.7+1.1}{2} \right)$$

$$\%W_p = 0.90\%$$

2.2. Análisis Granulométrico

Para el Agregado Fino



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO FINO

SOLICITA : Bach. RODRIGUEZ ROMERO LESLY WENDY

OBRA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 175 KG/CM2, CON SUSTITUCIÓN AL 20% Y 35% DEL CEMENTO POR RELAVE MINERO, DISTRITO DE JANGAS, HUARAZ - ANCASH

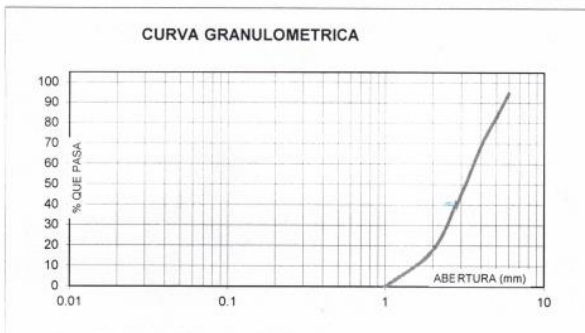
LUGAR HUARAZ - ANCASH

FECHA 10/08/2016 CANTERA : TACLLAN MATERIAL AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	2531
PESO SECO LAVADO	2387.50
PESO PERDIDO POR LAVADO	143.50

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	450.00	17.78	17.78	82.22
N° 16	1.180	699.00	27.62	45.40	54.60
N° 30	0.600	596.00	23.55	68.95	31.05
N° 50	0.300	356.50	14.09	83.03	16.97
N° 100	0.150	298.50	11.79	94.82	5.18
N° 200	0.075	50.50	2.00	96.82	3.18
PLATO		80.50	3.18	100.00	0.00
TOTAL		2531.00	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 4"
 MODULO DE FINEZA : 3.1
 HUMEDAD : 3.30%



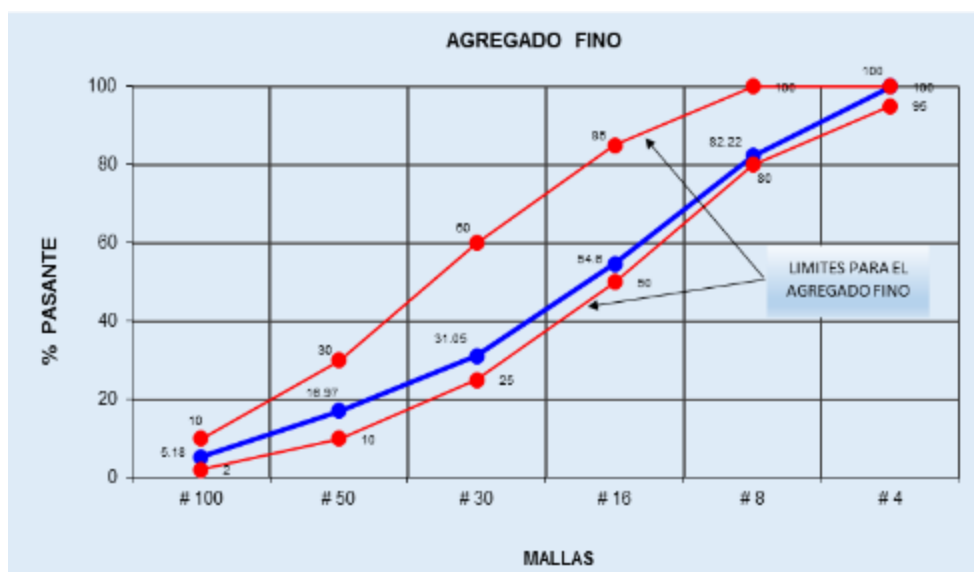
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYOS DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

Cálculos:

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL : 4"
 HUMEDAD : 3.30%
 PESO INICIAL SECO : 2,531.00 gr
 PESO LAVADO SECO : 2,387.50 gr

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 8	2.360	450.00	17.78	17.78	82.22
N° 16	1.180	699.00	27.62	45.40	54.60
N° 30	0.600	596.00	23.55	68.95	31.05
N° 50	0.300	356.50	14.09	83.03	16.97
N° 100	0.150	298.50	11.79	94.82	5.18
N° 200	0.075	50.50	2.00	96.82	3.18
PLATO		80.50	3.18	100.00	0.00
TOTAL		2,531.00	100.00		
	MF =	3.1			

➤ Además se realizó la curva granulométrica, donde se observa que se encuentra dentro de los parámetros.



Para el Agregado Grueso



ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO

SOLICITA : Bach. RODRIGUEZ ROMERO LESLY WENDY

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 175 KG/CM2, CON SUSTITUCIÓN AL 20% Y 35% DEL CEMENTO POR RELAVE MINERO, DISTRITO DE JANGAS, HUARAZ - ANCASH

LUGAR : HUARAZ - ANCASH

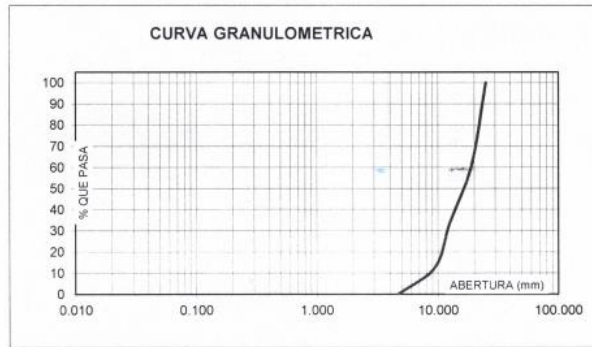
FECHA : 10/08/2016 CANTERA : TACLLAN

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

PESO SECO INICIAL	39113.5
PESO SECO LAVADO	39113.50
PESO PERDIDO POR LAVADO	0.00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	15305.50	39.13	39.13	60.87
1/2"	12.500	10773.00	27.54	66.67	33.33
3/8"	9.500	7997.50	20.45	87.12	12.88
Nº 4	4.750	4897.50	12.52	99.64	0.36
Nº 8	2.360	140.00	0.36	100.00	0.00
Nº 16	1.180	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 30	0.800	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 50	0.300	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 100	0.150	0.00	0.00	100.00	0.00
Nº 200	0.075	0.00	0.00	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		39113.50	100.00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 1"
 MODULO DE FINEZA : 7.26
 HUMEDAD : 0.90%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FILIAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

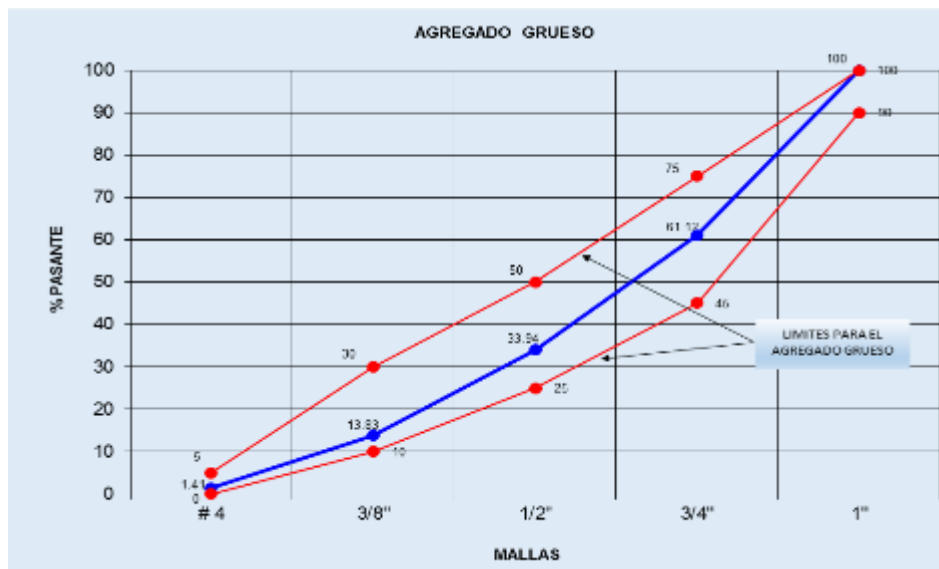
Cálculos:

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL : 1”
 HUMEDAD : 0.10%
 PESO INICIAL SECO : 39,113.50 gr
 PESO LAVADO SECO : 39,113.50 gr

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Acumulado que pasa
1”	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4”	19.000	15,305.50	39.13	39.13	60.87
1/2”	12.500	10,773.00	27.54	66.67	33.33
3/8”	9.500	7997.50	20.45	87.12	12.88
N° 4	4.750	4897.50	12.52	99.64	0.36
N° 8	2.360	140.00	0.36	100.00	0.00
PLATO		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		39,113.50	100.00		

MF =	7.26
------	------

- Además se realizó la curva granulométrica, donde se observa que se encuentra dentro de los parámetros.



2.3. Peso Específico y Absorción

Para el Agregado Fino:



PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C = 175 KG/CM2, CON SUSTITUCIÓN AL 20% Y
: 35% DEL CEMENTO POR RELAVE MINERO, DISTRITO DE JANGAS, HUARAZ - ANCASH

SOLICITA : Bach. RODRIGUEZ ROMERO LESLY WENDY

LUGAR : HUARAZ - ANCASH

CANTERA : TACLLAN

MATERIAL : AGREGADO FINO

FECHA : 10/08/2016

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire) 300.0
B : Peso de frasco+ agua 678.5
C = A + B : Peso frasco + agua +material 978.5
D : Peso de material+agua en el frasco 863.4
E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacío 115.1
F : Peso Material seco en horno 296.2
G= E- (A - F) : Volumen de masa -111.3

ABSORCION (%) : $((A-F)/F) \times 100$

ABS. PROM. (%) :

300.0		
678.5		
978.5		
863.4		
115.1		
296.2		
-111.3		
1.28		
1.28		

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E

P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E

P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

PROMEDIO

2.57		
2.61		
-2.66		

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
P.e. Bulk (Base Saturada)
P.e. Aparente (Base Seca)

2.57
2.61
-2.66



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYOS MANUALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

Cálculos:

AGREGADO FINO (gr/cm ³)		
IDENTIFICACIÓN		14
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	300.00
B	Peso Frasco + Agua	678.50
C	A + B	978.50
D	Peso Mat. + Agua en el Frasco	863.40
E	Vol. De Masa + Vol. De Vacío = C – D	115.10
F	Peso Mat. Seco en Estufa (105°C)	296.20
G	Vol. De Masa = E – (A – F)	- 111.30
Pe Bulk (Base Seca) = F/E		2.57
Pe Bulk (Base Saturada) = A/E		5.61
Pe aparente (Base Seca) = F/G		- 2.66
% de Absorción = ((A – F)/F)x100		1.28

Para el Agregado Grueso:



**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION
DEL AGREGADO GRUESO**

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C = 175 KG/CM2, CON SUSTITUCIÓN AL 20% Y 35% DEL CEMENTO POR RELAVE MINERO, DISTRITO DE JANGAS, HUARAZ - ANCASH

SOLICITA Bach. RODRIGUEZ ROMERO LESLY WENDY

LUGAR : HUARAZ - ANCASH

CANTERA : TACLLAN

MATERIAL : AGREGADO FINO

FECHA : 10/08/2016

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua)
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacíos
 D : Peso de material seco en el horno
 E = C - (A - D) : Volumen de masa

1119.0	981.0	888.5
697.3	612.3	553.5
421.7	368.7	335.0
1109.0	973.1	880.3
411.7	360.8	326.8
0.90	0.81	0.93
0.88		

ABSORCION (%) : $((A-D/D) \times 100)$

ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C

P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C

P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO

2.63	2.64	2.63
2.65	2.66	2.65
2.69	2.70	2.69

PROMEDIO

P.e. Bulk (Base Seca)
P.e. Bulk (Base Saturada)
P.e. Aparente (Base Seca)

2.63
2.66
2.70



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 REAL - HUARAZ
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
 LIGEROS ESTRUCTURALES
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 116544
 JEFE

Cálculos:

AGREGADO GRUESO (gr/cm3)				
IDENTIFICACIÓN		15	16	48
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	1119.00	981.00	888.50
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Agua)	697.30	612.30	553.50
C	Vol. De Masa/Vol. De Vacío (A-B)	421.7	368.7	335.00
D	Peso Mat. Seco en Estufa (105°C)	1109.00	973.10	880.32
E	Vol. De Masas = C - (A - D)	411.70	360.80	326.82
Pe Bulk (Base Seca) = D/C		2.630	2.639	2.628
Pe Bulk (Base Saturada) = A/C		2.654	2.661	2.652
Pe aparente (Base Seca) = D/E		2.694	2.697	2.694
% de Absorción = ((A - D)/D)x100		0.90	0.81	0.93
PROMEDIO			0.88	

2.4. Peso Unitario

Para el Agregado Fino:



PESOS UNITARIOS

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C = 175 KG/CM2, CON SUSTITUCIÓN AL 20% Y 35% DEL CEMENTO POR RELAVE MINERO, DISTRITO DE JANGAS, HUARAZ - ANCASH

SOLICITA : Bach. RODRIGUEZ ROMERO LESLY WENDY

DISTRITO : HUARAZ

HECHO EN : USP -HUARAZ

PROVINCIA : HUARAZ

FECHA 10/08/2016

MATERIAL : AGREGADO FINO

CANTERA : TACLLAN

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N° 1	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7885	7875	7870
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4459	4449	4444
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1606	1603	1601
Peso unitario prom.	1603 Kg/m³		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N° 2	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	8335	8330	8315
Peso de molde	3426	3426	3426
Peso de muestra	4909	4904	4889
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1768	1767	1761
Peso unitario prom.	1765 Kg/m³		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
TILMAY - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
MUESTRO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrósio
CIP: 116544
JEFE

- *Peso unitario Seco*

TIPO DE PESO UNITARIO		SUELTO (kg/m ³)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	Peso Material + Molde	7885	7875	7870
2	Peso del Molde	3426	3426	3426
3	Peso del Material (1 – 2)			
4	Volumen del Molde	2776	2776	2776

Muestra 1

$$P.U.S. = \frac{7885 - 3426}{2776}$$

$$P.U.S. = 1.60627 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.S. = 1672.91 \frac{Kg}{m^3}$$

Muestra 2

$$P.U.S. = \frac{7875 - 3426}{2776}$$

$$P.U.S. = 1.602665 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.S. = 1602.67 \frac{Kg}{m^3}$$

Muestra 3

$$P.U.S. = \frac{7870 - 3426}{2776}$$

$$P.U.S. = 1.600865 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.S. = 1600.86 \frac{Kg}{m^3}$$

TIPO DE PESO UNITARIO		SUELTO (kg/m3)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	Peso Material + Molde	7885	7875	7870
2	Peso del Molde	3426	3426	3426
3	Peso del Material (1 – 2)	4459	4449	4444
4	Volumen del Molde	2776	2776	2776
5	Peso Unitario (3/4)	1606	1603	1601
6	Peso Unitario Promedio	1603		

- *Peso unitario Compactado*

TIPO DE PESO UNITARIO		COMPACTADO (kg/m3)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	Peso Material + Molde	8335	8330	8315
2	Peso del Molde	3426	3426	3426
3	Peso del Material (1 – 2)			
4	Volumen del Molde	2776	2776	2776

Muestra 1

$$P.U.C. = \frac{8335 - 3426}{2776}$$

$$P.U.C. = 1.7684 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.C. = 1768.4 \frac{Kg}{m^3}$$

Muestra 2

$$P.U.C. = \frac{8330 - 3426}{2776}$$

$$P.U.C. = 1.76657 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.C. = 1766.66 \frac{Kg}{m^3}$$

Muestra 3

$$P.U.C. = \frac{8315 - 3426}{2776}$$

$$P.U.C. = 1.70173 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.C. = 1701.73 \frac{Kg}{m^3}$$

TIPO DE PESO UNITARIO		COMPACTADO (kg/m ³)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	Peso Material + Molde	8335	8330	8315
2	Peso del Molde	3426	3426	3426
3	Peso del Material (1 - 2)	4909	4904	4889
4	Volumen del Molde	2776	2776	2776
5	Peso Unitario (3/4)	1768	1767	1761
6	Peso Unitario Promedio	1765		

Para el Agregado Grueso:



PESOS UNITARIOS

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C = 175 KG/CM2. CON SUSTITUCION AL 20% Y 35% DEL CEMENTO POR RELAVE MINERO. DISTRITO DE JANGAS, HUARAZ - ANCASH

SOLICITA : Bach. RODRIGUEZ ROMERO LESLY WENDY

DISTRITO : HUARAZ

HECHO EN : USP -HUARAZ

PROVINCIA : HUARAZ

FECHA : 10/08/2016

MATERIAL : AGREGADO GRUESO

CANTERA : TACLLAN

PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20675	20655	20655
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	15342	15322	15322
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1642	1640	1640
Peso unitario prom.	1641 Kg/m3		

PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	20850	20870	20890
Peso de molde	5333	5333	5333
Peso de muestra	15517	15537	15557
Volumen de molde	9341	9341	9341
Peso unitario	1664	1663	1665
Peso unitario prom.	1664 Kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosia
CIP: 116544
JEFE

- *Peso unitario Seco*

TIPO DE PESO UNITARIO		SUELTO (kg/m3)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	Peso Material + Molde	20675	20655	20655
2	Peso del Molde	5333	5333	5333
3	Peso del Material (1 – 2)			
4	Volumen del Molde	9341	9341	9341

Muestra 1

$$P.U.S. = \frac{20675 - 5333}{9341}$$

$$P.U.S. = 1.642437 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.S. = 1642.44 \frac{Kg}{m^3}$$

Muestra 2

$$P.U.S. = \frac{20655 - 5333}{9341}$$

$$P.U.S. = 1.631731 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.S. = 1631.73 \frac{Kg}{m^3}$$

Muestra 3

$$P.U.S. = \frac{20655 - 5333}{9341}$$

$$P.U.S. = 1.631731 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.S. = 1631.73 \frac{Kg}{m^3}$$

TIPO DE PESO UNITARIO		SUELTO (kg/m ³)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	Peso Material + Molde	20675	20655	20655
2	Peso del Molde	5333	5333	5333
3	Peso del Material (1 – 2)	15342	15322	15322
4	Volumen del Molde	9341	9341	9341
5	Peso Unitario (3/4)	1642	1640	1640
6	Peso Unitario Promedio	1641		

- *Peso unitario Compactado*

TIPO DE PESO UNITARIO		COMPACTADO (kg/m ³)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	Peso Material + Molde	20880	20870	20890
2	Peso del Molde	5333	5333	5333
3	Peso del Material (1 – 2)			
4	Volumen del Molde	9341	9341	9341

Muestra 1

$$P.U.C. = \frac{20880 - 5333}{9341}$$

$$P.U.C. = 1.66438 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.C. = 1664.38 \frac{Kg}{m^3}$$

Muestra 2

$$P.U.C. = \frac{20870 - 5333}{9341}$$

$$P.U.C. = 1.66331 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.C. = 1663.31 \frac{Kg}{m^3}$$

Muestra 3

$$P.U.C. = \frac{20890 - 5333}{9341}$$

$$P.U.C. = 1.674012 \frac{g}{cm^3}$$

$$P.U.C. = 1674.01 \frac{Kg}{m^3}$$

TIPO DE PESO UNITARIO		COMPACTADO (kg/m ³)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	Peso Material + Molde	20880	20870	80890
2	Peso del Molde	5333	5333	5333
3	Peso del Material (1 - 2)	15547	15537	15557
4	Volumen del Molde	9341	9341	9341
5	Peso Unitario (3/4)	1664	1663	1664
6	Peso Unitario Promedio	1664		

2.5. Reporte de medición y análisis de una muestra por difracción de rayos x



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

REPORTE DE MEDICIÓN Y ANÁLISIS DE UNA MUESTRA POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Informe N° 027-LDRX-FCF-UNMSM-2017

Fecha: 16 de agosto de 2017

Solicitante: Srta. Lesly Rodriguez Romero / e-mail: leslylu2@hotmail.com

Institución: UNIVERSIDAD SAN PEDRO

CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES:

Condiciones de la medición:

- El análisis se realizó en un difractómetro marca **BRUKER**, modelo **D8-FOCUS**.
- Se empleó un tubo de Cu cuya longitud de onda, correspondiente a $K_{\alpha 1}$ -Cu, es $\lambda=1.5406\text{Å}$.
- Rango angular de análisis (2θ):
 - Inicio: 5° .
 - Final: 90° .
 - Paso: 0.02° .
 - Tiempo por paso: 0.5 seg.
- Generador Rayos-X:
 - Voltaje de salida del tubo= 40 kV.
 - Corriente de salida del tubo = 40 mA.
- Tipo de detector:
 - PSD Lynxeye

Características de la muestra analizada:

Se analizó una (01) muestras en polvo, la cual fue preparada en el portamuestra estándar. Dicha muestra fue codificada tal como se detalla en la Tabla 1; además de la codificación brindada por la solicitante.

Tabla 1. Codificación de las muestra medida y analizada.

Código LDRX	Código solicitante
M2017-027-001-USP-L	-----



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

ANÁLISIS DEL DIFRACTOGRAMA DE LA MUESTRA:

El difractograma de la muestra analizada se observa en las Figuras 1. Al realizar la comparación del difractograma de la muestra codificada como "M2017-027-001-USP-L" (véase la Figura 1) con los difractogramas de la base de datos ICDD-2007, y considerando la información proporcionada por la solicitante, se identificaron principalmente las fases, *Quartz* (SiO_2), *Calcite* ($CaCO_3$), *Microcline intermediate* ($KAlSi_3O_8$), *Phlogopite-2M1* ($KMg_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$), *Pyrite* (FeS_2) *Brushite* ($CaPO_3(OH) \cdot 2H_2O$), *Caldecahydrite* ($CaAl_2O_4 \cdot 10H_2O$), también se observa una fase no identificada. Las fichas JCPDS-PDF asociadas a estas fases son 70-7344, 05-0586, 19-0932, 42-1339, 42-1340, 11-0293, 47-1882, respectivamente (véase la Figura 2 y 3). También, para estimar y verificar el porcentaje en peso (%W) de las fases identificadas, se utilizó el método Rietveld; donde dichos valores se observan en la Tabla 2.

Tabla 2. Cuantificación de las principales fases presentes en la muestra "M2017-027-001-USP-L"

Muestra	Fase	% W
M2017-027-001-USP-L	<i>Quartz</i> (SiO_2)	50.3
	<i>Calcite</i> ($CaCO_3$)	0.4
	<i>Microcline intermediate</i> ($KAlSi_3O_8$)	8.6
	<i>Phlogopite-2M1</i> ($KMg_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$)	0.4
	<i>Pyrite</i> (FeS_2)	11.8
	<i>Brushite</i> ($CaPO_3(OH) \cdot 2H_2O$),	0.9
	<i>Caldecahydrite</i> ($CaAl_2O_4 \cdot 10H_2O$)	2.0
	<i>Fase no identificada</i>	25.6

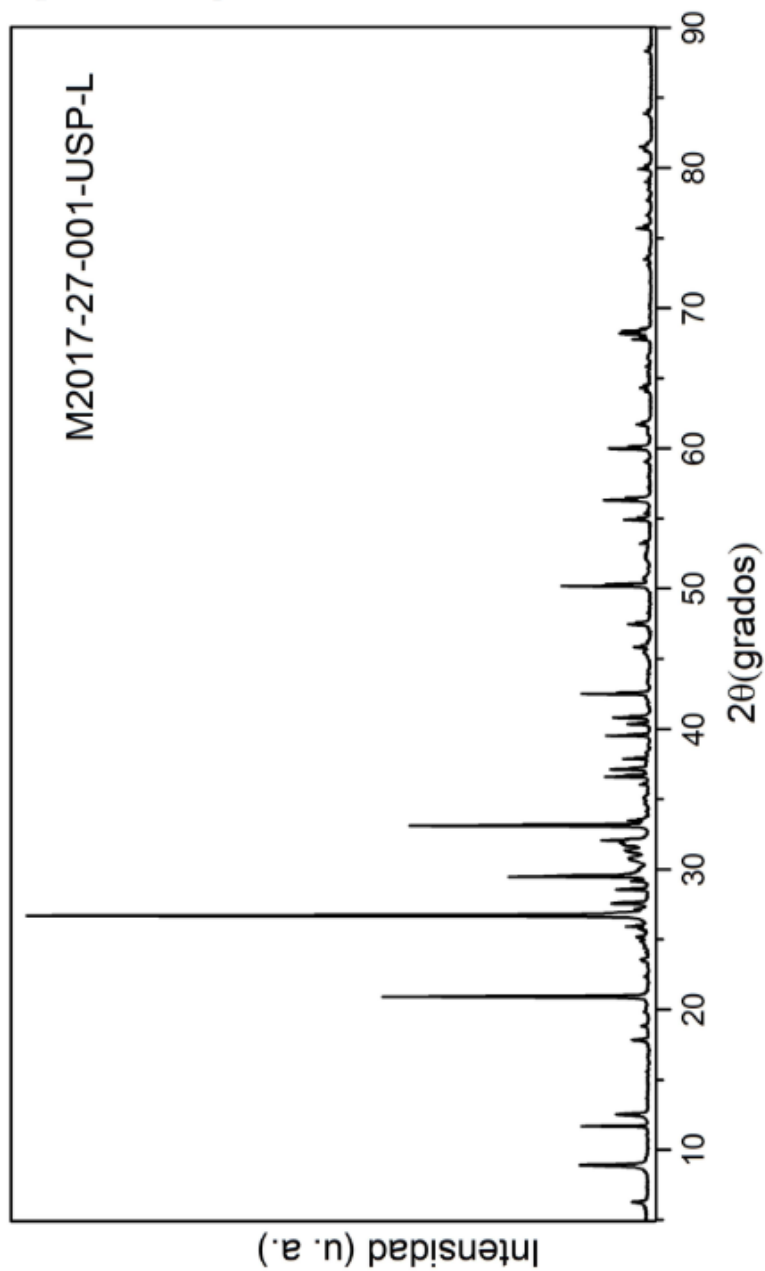


UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Figura 1. Difractograma de la muestra M2017-027-001-USP-L.





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

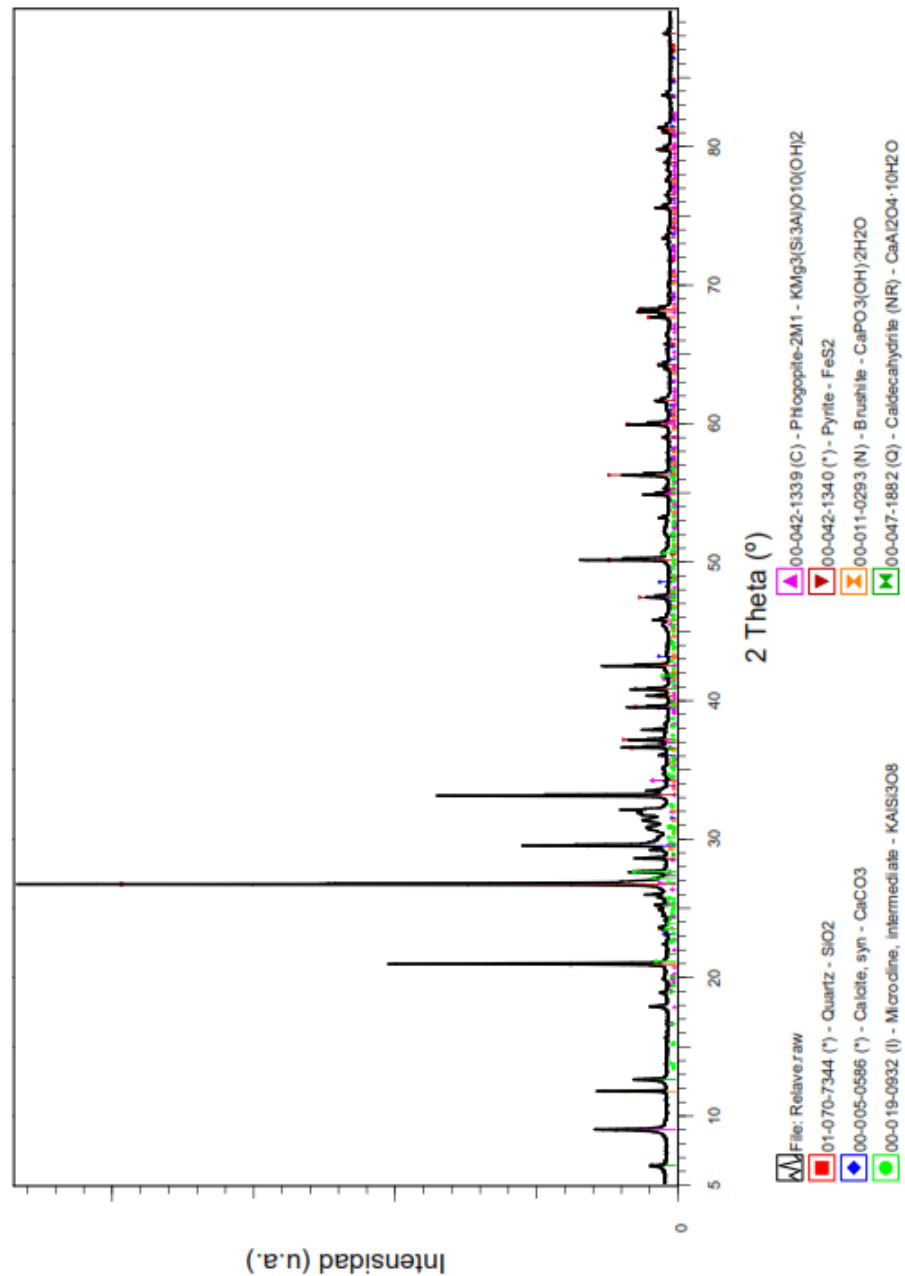


Figura 2. Difractograma de la muestra "M2017-027-001-USP-L" con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

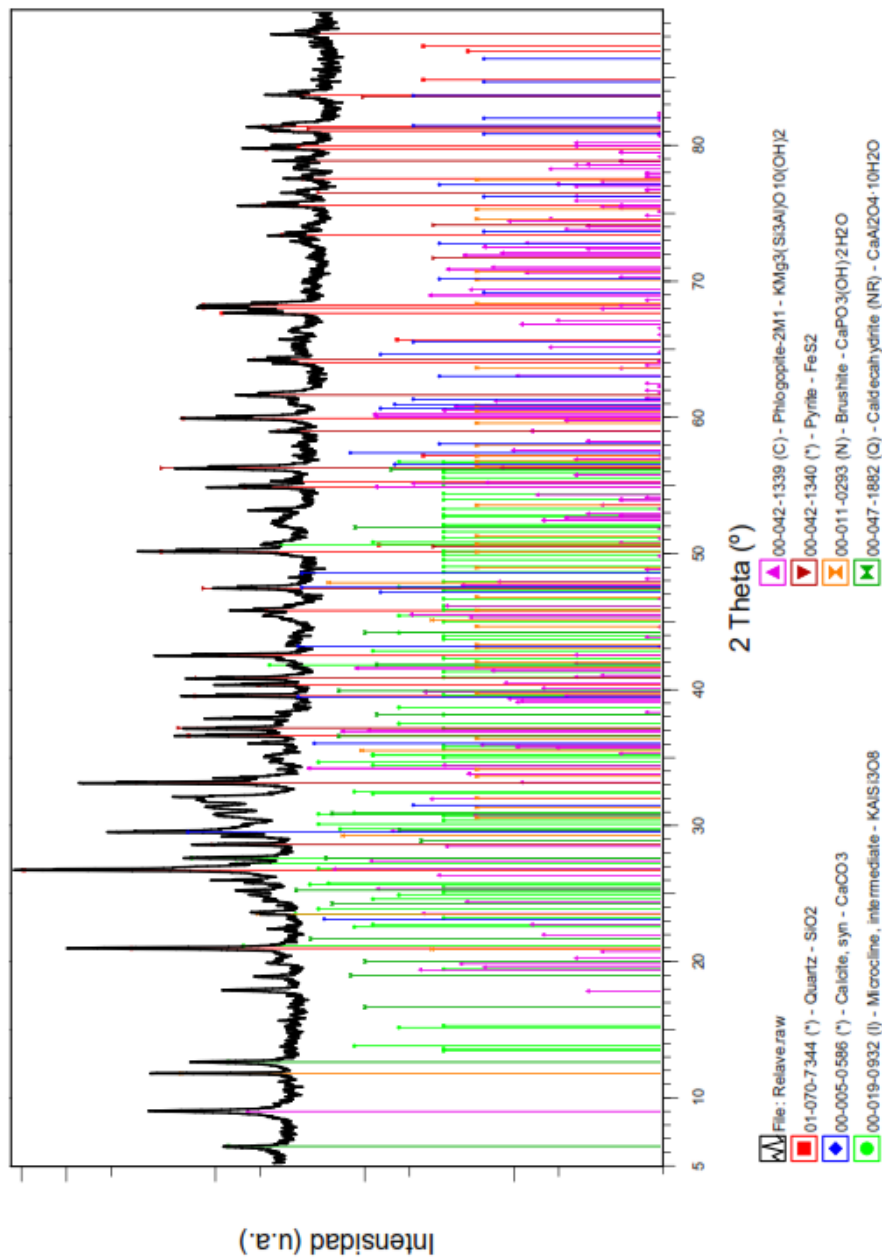


Figura 3. Difractograma de la muestra "M2017-027-001-USP-L" en escala logarítmica con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.

ANEXO 4
DISEÑO DE MEZCLA

CARACTERÍSTICAS	ARENA	GRAVA
Peso Unitario (Kg/m ³)	1765	1664
Peso Específico (Kg/m ³)	2610	2660
% W	3.30	0.88
% Abs.	1.28	0.90
M.F.	3.1	7.26
T. Max.	--	1"

$f_c = 175 \text{ Kg/cm}^3$

Slump: 3" - 4"

Elemento	Peso Específico (Kg/m³)
Agua	1000
Cemento	3500

Sin aire Incorporado

Tabla I

VOLUMEN DE AGUA POR m³. AGUA EN Litros/m³ PARA TNM DE AGREGADOS Y CONSISTENCIA INDICADA								
ASENTAMIENTO	TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" - 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" - 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" - 7"	243	228	216	202	190	178	160	
Concreto con aire incorporado								
1" - 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" - 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" - 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Fuente: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia

Tabla II

RELACION AGUA CEMENTO POR RESISTENCIA, PARA f'cr		
f'c (Kg/cm²)	Relacion A/C en peso	
	C° sin aire incorporado	C° con aire incorporado
150 Kg/cm ²	0.80	0.71
200 Kg/cm ²	0.70	0.61
210 Kg/cm ²	0.68	0.59
250 Kg/cm ²	0.62	0.53
280 Kg/cm ²	0.57	0.48
300 Kg/cm ²	0.55	0.46
350 Kg/cm ²	0.48	0.40
175 Kg/cm ²	0.75	0.66
420 Kg/cm ²	0.41	
450 Kg/cm ²	0.38	

Fuente: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia

Tabla III

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
TNM	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0
1/2"	2.5
3/4"	2.0
1"	1.5
1 1/2"	1.0
2"	0.5
3"	0.3
6"	0.2

Fuente: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia

Tabla IV

TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO, POR UNIDAD DE VOLUMEN DE CONCRETO			
	2.40	2.60	2.80	3.00
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75

Fuente: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia

Cálculos

- Cantidad de Agua (Tabla I)

$$\text{Agua} = 193 \text{ Lt.}$$

$$\text{Volumen Absoluto} = 0.1930 \text{ m}^3$$

- Determinación del Volumen Absoluto del Cemento (Tabla II)

$$A/C = 0.75$$

$$\text{Cemento} = 257.3333 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs. Del Cemento} = 0.0830 \text{ m}^3$$

- Determinación del Volumen Absoluto del Agregado Grueso (Tabla IV)

$$\text{Agregado Grueso} = 0.71$$

$$\text{Vol. Abs. Ag. Grueso} = 0.4442 \quad \text{m}^3$$

- Determinación del Volumen Absoluto del Aire (Tabla I)

$$\text{Agregado Grueso} = 1.5$$

$$\text{Vol. Abs. Ag. Grueso} = 0.0150 \quad \text{m}^3$$

- Resumen de Volúmenes Absolutos

$$\text{Agua} = 0.1930 \quad \text{m}^3$$

$$\text{Cemento} = 0.0830 \quad \text{m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.4442 \quad \text{m}^3$$

$$\text{Aire} = 0.0150 \quad \text{m}^3$$

$$\Sigma = 0.7352 \quad \text{m}^3$$

- Determinación del Volumen Absoluto de la Arena

$$\text{Vol. Abs. De Arena} = 0.2648 \quad \text{m}^3$$

- Cálculo de los Pesos (Seco)

ELEMENTO	VOL. ABS.	P. E.	PESO (KG)
Agua =	0.1930	1000	193.000
Cemento =	0.0830	3100	257.333
Piedra =	0.4442	2660	1181.440
Arena =	0.2648	2610	691.229
Aire =	0.0150	0	0
Σ =	1.0000		2323.0028

- Corrección de Agua por %W y %Abs.

- ❖ Piedra en Estado Húmedo:

$$\text{Peso} = 1192.073 \text{ kg}$$

- ❖ Arena en Estado Húmedo:

$$\text{Peso} = 714.040 \text{ kg}$$

- ❖ Balance de Agua en la Piedra:

$$\text{Balance} = 0.0002$$

- ❖ Balance de Agua en la Arena:

$$\text{Balance} = 0.0202$$

- ❖ Contribución de Agua en la Piedra:

$$\text{Contribución} = 0.238 \text{ kg}$$

- ❖ Contribución de Agua en la Arena:

$$\text{Contribución} = 14.424 \text{ kg}$$

- ❖ Agua Final de la Mezcla:

$$\text{Agua Final} = 178.338 \text{ kg}$$

- Resumen Final

$$\text{Agua} = 178.3380 \text{ kg}$$

Cemento = 257.3333 kg

Agregado Grueso = 1192.0730 kg

Arena = 714.0400 kg

Aire = 0.0000 kg

Σ = 2341.784 kg

- Proporciones en Peso

Cemento	Arena	Piedra
1	2.77	4.63

Relación A/C = 0.69

- Proporciones en Volumen

Agua = 178.3380 kg

Cemento = 0.178 m³

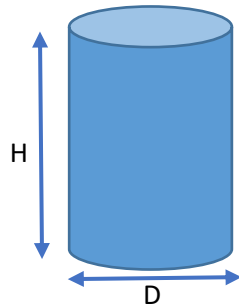
Agregado Grueso = 0.716 m³

Arena = 0.405 m³

Σ = 1.471 m³

Cemento	Arena	Piedra
1	2.36	4.18

Por lo tanto: Hallamos el Volumen del Cilindro



$$D = 6'' = 0.1524$$

$$H = 12'' = 0.3048$$

$$A = 0.0183$$

$$V = 0.005573463 \text{ m}^3$$

Resumen de Cálculos

En Peso:	Datos	Gr	kg	kg
Agua =	1000	675.8705	0.6759	0.7671
Cemento =	3100	2013.1444	2.0131	2.2849
Piedra =	2660	7221.8892	7.2219	8.1968
Arena =	2610	4001.6401	4.0016	4.5419
$\Sigma =$		13912.5442	13.9125	15.7907

ANEXO 3
ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La muestra de análisis se realizó mediante un análisis de regresión, obteniendo así los siguientes resultados:

Estadísticos descriptivos

	Media	Desviación típica	N
resistencia a la compresión del concreto	128,8904	33,32824	27
porcentaje de relave minero	2,00	,832	27
Días	2,00	,832	27
Muestra	2,0000	,83205	27

Correlaciones

	Resistencia a la compresión del concreto	Porcentaje de relave minero	Días	Muestra
resistencia a la compresión del concreto	1,000	-,941	,236	,015
Correlación de Pearson	porcentaje de relave minero	-,941	1,000	,000
	Días	,236	,000	1,000
	Muestra	,015	,000	,000
Sig. (unilateral)	resistencia a la compresión del concreto	.	,000	,118
	porcentaje de relave minero	,000	.	,500
	Días	,118	,500	.
	Muestra	,470	,500	,500
	resistencia a la compresión del concreto	27	27	27
N	porcentaje de relave minero	27	27	27
	Días	27	27	27
	Muestra	27	27	27

Variables introducidas/eliminadas^a

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	Muestra, Días, porcentaje de relave minero ^b	.	Introducir

a. Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto

b. Todas las variables solicitadas introducidas.

Resumen del modelo^b

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación	Estadísticos de cambio				
					Cambio en R cuadrado	Cambio en F	gl1	gl2	Sig. Cambio en F
1	,970 ^a	,941	,933	8,63426	,941	121,463	3	23	,000

a. Variables predictoras: (Constante), Muestra, Días, porcentaje de relave minero

b. Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto

ANOVA^a

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	27165,405	3	9055,135	121,463	,000 ^b
	Residual	1714,662	23	74,551		
	Total	28880,067	26			

a. Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto

b. Variables predictoras: (Constante), Muestra, Días, porcentaje de relave minero

Coefficientes^a

Modelo	Coefficients no estandarizados		Coefficients tipificados	t	Sig.	Intervalo de confianza de 95,0% para B		Correlaciones			Estadísticos de colinealidad		
	B	Error típ.				Beta	Lím. inferior	Lím. superior	Orden cero	Parcial	Semi parcial	Tolerancia	FIV
(Constante)	184,114	7,243		25,419	,000	169,130	199,097						
1 porcentaje de relave minero	-37,674	2,035	-,941	-18,512	,000	-41,884	-33,464	-,941	-,968	-,941	1,00	1,00	

Días	9,458	2,035	,236	4,648	,000	5,248	13,668	,236	,696	,236	1,00	1,00
Muestra	,604	2,035	,015	,297	,769	-3,606	4,814	,015	,062	,015	1,00	1,00

a. Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto

Correlaciones de los coeficientes^a

Modelo		Muestra	Días	porcentaje de relave minero
1	Muestra	1,000	,000	,000
	Correlaciones			
	Días	,000	1,000	,000
	porcentaje de relave minero	,000	,000	1,000
	Covarianzas			
	Muestra	4,142	,000	,000
	Días	,000	4,142	,000
	porcentaje de relave minero	,000	,000	4,142

a. Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto

Diagnósticos de colinealidad^a

Modelo	Dimensión	Autovalores	Índice de condición	Proporciones de la varianza			
				(Constante)	porcentaje de relave minero	Días	Muestra
1	1	3,675	1,000	,00	,01	,01	,01
	2	,143	5,072	,00	,66	,22	,12
	3	,143	5,072	,00	,01	,44	,55
	4	,039	9,724	1,00	,32	,32	,32

a. Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto

Estadísticos sobre los residuos^a

	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	N
Valor pronosticado	81,1531	176,6276	128,8904	32,32373	27
Residual	-19,92648	14,87907	,00000	8,12087	27
Valor pronosticado tip.	-1,477	1,477	,000	1,000	27
Residuo típ.	-2,308	1,723	,000	,941	27

a. Variable dependiente: resistencia a la compresión del concreto