

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Resistencia mecánica de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con
sustitución del 50% de cemento por relave minero, Distrito de
Jangas, Huaraz - Ancash

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Fernandez Anaya, Mercedes del Rosario

Asesor:

Rogelio Castañeda Gamboa

Chimbote – Perú

2019

PALABRA CLAVE:

Tema	Resistencia Mecánica de un concreto
Especialidad	Tecnología de Concreto

KEY WORDS:

Topic	Mechanical resistance of a concrete
Specialty	Concrete Technology

LINEA DE INVESTIGACION:

En la ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL SON:

-
- | | |
|--|--|
| 1. Línea de Investigación | : Construcción y Gestión de la
Construcción |
| 2. Área | : Ingeniería y Tecnología |
| 3. Sub _ Área | : Ingeniería Civil |
| 4. Disciplina | : Ingeniería Civil |
| 5. Sub – Línea o campo de Investigación | : Materiales de la Construcción |
-

TITULO:

Resistencia mecánica de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con sustitución del 50% de cemento por relave minero, Distrito de Jangas, Huaraz - Ancash

RESUMEN

En la presente tesis se obtuvo la composición química del relave minero a través del ensayo de Rayos X, su alcalinidad para determinar su pH y la debida sustitución al 50% por la combinación de relave minero, el cual se evaluó su posible reciclaje para el re-uso en obras civiles.

La presente investigación de nivel explicativo con diseño experimental. La muestra consistió de 18 probetas: 9 para 0%, 9 para 50% de relave minero. La técnica utilizada fue la observación y como instrumento de registro de datos se contó con fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales. El proceso de datos se realizó con los programas Excel, SPSS; con respecto a la muestra patrón arrojó que existe evidencia estadística a un 95% de confianza que la resistencia con 50% de relave minero la cual arrojó que existe evidencia estadística a un 5% para 7, 14 y 28 días de curado.

Se obtuvo la resistencia a la compresión de las probetas patrón para un $f'c = 175$ kg/cm² y experimental con sustitución al 50% de cemento por relave minero.

La prueba de alcalinidad del relave minero alcanzó un pH = 10.05; extremadamente alcalino.

Con la sustitución del cemento en un 50% por relave minero se reportó que a los 7 días de curado arrojó una resistencia de 39.97 kg/cm², a los 14 días de curado arrojó una resistencia 45.35 kg/cm² y a los 28 días de curado arrojó una resistencia de 51.06 kg/cm²; con los resultados obtenidos se pone en manifiesto la posibilidad de no utilizar la sustitución del cemento por relave minero en un 50% ya que la resistencia es baja.

Se concluye el relave minero se podría reutilizar como un sustituyente del cemento pero con porcentajes menores al 50%.

ABSTRACT

In this thesis the chemical composition of the mining tailings was obtained through the X-ray test, its alkalinity to determine its pH and the proper substitution to 50% by the combination of mine tailings, which was evaluated its possible recycling for the re -use in civil works.

The present investigation of explanatory level with experimental design. The sample consisted of 18 samples: 9 for 0%, 9 for 50% of mine tailings. The technique used was the observation and as a data recording instrument there were technical sheets from the soil mechanics laboratory and materials testing. The data processing was done with the Excel programs, SPSS; with respect to the standard sample, it was shown that there is statistical evidence at 95% confidence that the resistance with 50% of mine tailings showed that there is statistical evidence at 5% for 7, 14 and 28 days of curing.

The compressive strength of the standard specimens was obtained for a $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$ and experimentally with 50% substitution of cement for mining tailings.

The alkalinity test of the mining tailings reached a $\text{pH} = 10.05$; extremely alkaline

With the replacement of the cement in a 50% by mining tailings it was reported that after 7 days of curing it gave a resistance of 39.97 kg / cm^2 , after 14 days of curing it gave a resistance of 45.35 kg / cm^2 and after 28 days of curing a resistance of 51.06 kg / cm^2 ; With the results obtained, the possibility of not using the replacement of the cement by mining tailings by 50% is shown, since the resistance is low.

It is concluded that the mine tailings could be reused as a cement substituent but with percentages less than 50%.

Índice General

Palabra Clave	i
Título	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Introducción	8
Antecedentes y fundamento científico	8
Justificación de la investigación.....	10
Problema.	11
Marco Referencial.....	13
Hipótesis	33
Objetivos	33
Metodología de la investigación	34
Población y muestra:	35
Resultados	56
Análisis y discusión de resultados.....	82
Conclusiones y recomendaciones	91
Dedicatoria.....	93
Agradecimiento.....	94
Referencias bibliográficas:.....	95
Anexos	97

INDICE DE FOTOGRAFIAS

<i>Foto N° 01.</i> Recoleccion de Relave Minero.....	13
<i>Foto N° 02.</i> Elaboracion de Mezcla	45
<i>Foto N° 03.</i> Moldes cilindricos para probetas de concreto	48
<i>Foto N° 04.</i> Curado de Concreto	51
<i>Foto N° 05.</i> Tablero de control	54
<i>Foto N° 06.</i> Rotura de probetas	54

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla N° 1.</i> Serie de tamices IRAM y ASTM	15
<i>Tabla N° 2.</i> Clases de mezclas segun su asentamiento	21
<i>Tabla N° 3.</i> Caracteristicas físicas del cemento	28
<i>Tabla N° 4.</i> Especificaciones del arena gruesa	29
<i>Tabla N° 5.</i> Especificaciones del agregado grueso	29
<i>Tabla N° 6.</i> Diseño factorial completo al azar	35
<i>Tabla N° 7.</i> Resultados del analisis granulometrico Arena gruesa	39
<i>Tabla N° 8.</i> Resultados del analisis granulometrico agregado grueso	39
<i>Tabla N° 9.</i> Resultados del analisis de difraccion de Rayos “x” del R.M.	56
<i>Tabla N° 10.</i> Ensayo de laboratorio pH	57
<i>Tabla N° 11.</i> Resultados de cantidad de materiales	71
<i>Tabla N° 12.</i> Calculo de Resistencia a la compression a los 7 días de curado	72
<i>Tabla N° 13.</i> Calculo Resistencia a la compression a los 14 dias de curado	73
<i>Tabla N° 14.</i> Calculo Resistencia a la compression a los 28 dias de curado	74
<i>Tabla N° 15.</i> Comparativo de la Resistencia a la compression $f^c = 175 \text{ kg/cm}^2$..	75

INDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración N° 1.</i> Probeta de concreto	22
<i>Ilustración N° 2.</i> Medidas de molde cilindrico	46
<i>Ilustración N° 3.</i> Varilla lisa	47
<i>Ilustración N° 4.</i> Martillo cabeza de goma	47
<i>Ilustración N° 5.</i> Colocado de concreto de la 1° capa.....	49
<i>Ilustración N° 6.</i> Colocado de concreto de la 2° capa.....	49
<i>Ilustración N° 7.</i> Colocado de concreto de la 3° capa.....	50
<i>Ilustración N° 8.</i> Cono de abrams	52
<i>Ilustración N° 9.</i> Slump test	53

INDICE DE GRAFICOS

<i>Grafico N° 1.</i> Comparativo resistencia a la compression 7 dias de curado	72
<i>Grafico N° 2.</i> Comparativo resistencia a la compresión 14 dias de curado.....	73
<i>Grafico N° 3.</i> Comparativo resistencia a la compresión 28 dias de curado.....	74
<i>Grafico N° 4.</i> Comparativo patrón vs experimental	75

I. INTRODUCCION

La minería es uno de los principales sectores de la economía nacional, tanto por su contribución a la riqueza de nuestro país, como por la generación de puestos de trabajo, pero a su vez es uno de los sectores donde existe mayor generación de residuos peligrosos lo cual contribuye a la contaminación del medio ambiente. En otros países, se busca transformar los pasivos y relaves mineros en verdaderos activos industriales. Cabe señalar específicamente los relaves en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas; reciben un tratamiento continuo al agua para luego ser expulsadas al río Santa Rosa, existiendo una pequeña planta de tratamiento de agua, ésta al finalizar sus operaciones en mina, puedan reposar en la zona donde fueron ubicados sin alterar el ambiente, siendo incluso re vegetados.

Por tal motivo es la inquietud de plantear la tesis de *RESISTENCIA MECANICA DE UN CONCRETO $F'c = 175 \text{ KG/CM}^2$ CON SUSTITUCION DEL 50% DE CEMENTO POR RELAVE MINERO, DISTRITO DE JANGAS, HUARAZ – ANCASH*, la cual busca dar uso alternativo a estos residuos mineros, mejorar la disposición final de estos, y disminuir la contaminación ambiental que generan los relaves mineros de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas.

Antecedentes y Fundamento Científico

Antecedentes.

En Cajamarca, Benites & Leiva (2015) realizó el Proyecto denominado "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 – Setiembre 2015", cuyo objetivo general es medir las propiedades geoquímicas y mecánicas del relave minero en la Mina Paredones para su viabilidad de uso como relleno en pasta en minas subterráneas.

En Arequipa, Barreda, Aguilar & Cueva (2012), realizaron el Proyecto denominado “Desarrollo de un prototipo para la fabricación de ladrillos de construcción a partir de la utilización de relaves mineros del proceso de cianuración en plantas minero-artesanales”; cuyo objetivo general es desarrollar un prototipo para fabricar ladrillos de construcción utilizando relaves mineros, teniendo la siguiente conclusión, el desarrollo del proyecto permite la aplicación y difusión de conocimientos y técnicas que actualmente se utilizan en otros países, permitiendo así la disminución de relaves (desechos) mediante la fabricación de un producto.

En Lima, Romero & Flores (2011), escribieron el artículo publicado en la revista de la Facultad de Ingeniería Industrial de la UNMSM, titulado “Re-uso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas” cuyo objetivo es establecer una metodología del procedimiento experimental para la elaboración de los agregados de construcción, el cual constituirá la materia prima para la fabricación de ladrillos y baldosas, teniendo como materia prima al relave, concluyendo: Respecto de la calidad del agregado de construcción, mediante diversas pruebas de toxicología y aplicando la metodología 3111 – EPA, 3113 – EPA y 3114 – EPA, se estableció que el producto final, que es el agregado de construcción obtenido a partir de los relaves mineros polimetálicos, no es contaminante.

En Lima, Anicama (2010), realizó su Tesis denominada “Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios”; con el objetivo general de incorporar relave minero en mezclas de concreto y objetivos específicos como reciclar relave minero y encontrarle usos sostenibles en las poblaciones cercanas a las operaciones mineras, llegando a la conclusión: Propone usar concretos con relave incorporado para construir losas con poco tránsito y veredas para ello se contará con un concreto convencional de 210Kg/cm^2 con slump de aproximadamente 5”; las adiciones de relave en proporciones menores a 5% no afectarán las características físicas principales de los

concretos convencionales, pero adiciones mayores al 15% influyen negativamente y reducen las características resistentes de los concretos convencionales.

Fundamento Científico.

Mediante el dialogo que se realizó entre el Consejo Internacional de Minería y Metales (ICMM) y la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), surgió la iniciativa de promover las Buenas Prácticas relacionadas con la Minería y la Biodiversidad, con lo cual se busca una mayor conciencia sobre la importancia de la conservación de la biodiversidad, pero también a que la industria opera con frecuencia en áreas remotas y ambientalmente sensibles. Demostrar un compromiso con la conservación de la biodiversidad es, en la actualidad un elemento esencial de desarrollo sustentable para la industria minera y de los metales.

De esta forma con el presente proyecto pretendemos proponer un proyecto ambicioso para controlar y eliminar los pasivos ambientales mineros en forma secuencial a mediano y largo plazo, con la alternativa de re-uso de estos materiales que se encuentran en muchos lugares del país. Esto proporcionará un medio físico de calidad, sin alteraciones a la cadena trófica del ciclo de vida del hombre en zonas donde se encuentran estos pasivos.

Justificación de la Investigación.

En la ciudad de Huaraz, específicamente en la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas ubicado en el Distrito de Jangas, los desechos sólidos ocupan un área considerable las cuales causan problemas de salud e impacto en el medio ambiente, algunos de estos desechos son de origen mineral como el relave; debido a su extracción diaria ocasionan problemas.

El propósito es establecer una metodología del procedimiento experimental para la elaboración de muestras de concreto el cual será utilizado en obras de construcción, teniendo como materia prima el relave minero.

- **Justificación Económica.**

La presente investigación formulara una propuesta económica para las obras de construcción de menores costos si así fuera el caso.

La Planta Concentradora de Minerales “Santa Rosa de Jangas”, causa una gran pérdida económica a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, debido al alto costo de mantenimiento de la cancha de relave minero.

- **Justificación Social.**

La presente investigación será de mucha utilidad para investigaciones futuras, debido a que no se cuenta con mucha información en nuestro medio nacional e internacional.

- **Justificación Ambiental.**

Contribuirá con minimizar los problemas de contaminación ambiental actuales en nuestra región, así mismo con la reducción del calentamiento global.

Problema.

Existe una gran variedad de minerales explotados a lo largo del territorio nacional como los metales (oro, plata, cobre, hierro, etc.), los minerales industriales (potasio, azufre, cuarzo, etc.), los materiales de construcción (arena, áridos, arcilla,

grava, etc.), las gemas (diamantes, rubíes, zafiros y esmeraldas), y combustibles (carbón, lignito, turba, petróleo y gas).

Según el tipo de extracción y ubicación de los minerales, tales actividades comprenden una serie de procesos o etapas, siendo una de ellas como se apreciará adelante, la que da origen a los relaves, encontrando en nuestra región Ancash varias canchas de relaves entre los cuales podemos mencionar algunos como: Planta Concentradora Minerales de Mesapata, Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, Ticapampa, Shansha, Toma la Mano, Santo Toribio 2, entre otros.

En la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas, esta actividad extractiva es fuente generadora de gran contaminación debido a la alta concentración de químicos y elementos que alteran el medio ambiente por lo que deben ser transportados y almacenados en las canchas relaveras, donde lentamente la contaminación se va decantando y el agua es tratada mediante una pequeña planta de tratamiento para luego ser transportadas al Río Santa. Esta actividad extractiva de la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas causa efectos nocivos para los pobladores de la zona y para todo Ancash, la fauna en general y la vegetación, en forma directa con la vegetación y la calidad de cosechas que se tienen como resultado de la degradación del mismo.

Los almacenamientos de los relaves no son controlados por las leyes nacionales ni las autoridades de la Región, dejándolos expuestos y sin control alguno es por ello que no son reaprovechados ni reutilizados como pasivos mineros, ya que de esta manera se reduciría los costos, los niveles de contaminación para minimizar su exposición al ambiente y darle mayor tiempo de servicio a la cancha relavera.

Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es la resistencia mecánica de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, cuando se sustituye un porcentaje del peso de cemento por relave minero en un 50%?

Marco Referencial

Relave Minero

La minería es una actividad basada en la extracción de recursos naturales no renovables: rocas y minerales. Éstos pueden ser minerales metálicos como oro, plata, hierro, cobre, etc., y minerales no metálicos como: Antracita (carbón de piedra), caliza (carbonato de calcio), rocas ornamentales (granitos, mármoles, laja), áridos para la construcción (grava, arenas y piedra triturada), minerales de uso industrial (arcillas para cerámicas, calizas para cemento) etc. Los yacimientos mineros son áreas donde los minerales de interés se encuentran concentrados y a pesar de estar combinados con otros elementos, se pueden extraer con beneficio económico. El conjunto de minerales del cual se puede extraer uno o más metales se denomina mena, mientras que el término ganga refiere al conjunto de minerales no utilizables que se descartan al extraer la mena del yacimiento (carecen de valor económico).

Se definen como el deshecho tóxicos subproductos de procesos mineros y concentración de minerales, usualmente una mezcla de tierra, minerales, agua, arena y limo, estos son producidos, transportados y depositados en forma de lodo. (Guía Ambiental para el manejo de residuos sólidos).



Foto N° 01. Relave Minero, Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas

Características de los relaves.

1. Propiedades Físicas.

Los tipos de relaves cubren una variedad ancha de características físicas de manera que su generalización es difícil. Dicha situación se complica si se considera que los relaves de cualquier tipo de mineral pueden diferir sustancialmente, de acuerdo con el proceso de la planta y la naturaleza de la roca mineralizada sin embargo, trataremos de efectuar algunas generalizaciones para prever un resumen útil. (Rojas, 2007)

Y estos depende de: (Martínez, 2004)

- Contenido de sólidos (Antes de decantar)
- Granulometría.

Los tamices analíticos de laboratorio Tyler son conformes a las normas ASTM E11-09, ISO 3310-1 e ISO 565. Cada tamiz a su propio Número de serie y es suministrado con un certificado de conformidad.

Los tamices son de aberturas cuadradas formadas por alambres que se cruzan y las dimensiones que se especifican corresponden a la distancia entre los alambres. Existen diferentes series de tamices, e IRAM adoptó la serie americana Standard. Tyler (USA) estudió por primera vez el problema en forma racional y tomó como tamiz básico para la serie el que tiene 200 mallas por pulgada lineal. La abertura de dicho tamiz resulta de 75 μm . La serie de tamices IRAM que se emplean para hormigones y su correspondiente a la norma ASTM, que se detalla a continuación en la Tabla 01. La norma ASTM designa los tamices para agregados gruesos por la abertura de la malla en pulgadas, y para los correspondientes a las arenas, por el número de aberturas por pulgada cuadrada. La Norma IRAM específica lo hace en milímetros y para los tamices con aberturas menores que 1 mm en micrones.

Tabla N° 1: Serie de Tamices IRAM y ASTM

Abertura	
IRAM	ASTM
19.0 mm	¾"
13.2 mm	½" (*)
9.5 mm	3/8"
4.75 mm	N° 4
150 µm	N° 100
75 µm	N° 200

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

Fuente: Rojas, 2007.

2. Propiedades Químicas.

Con respecto a las características químicas que pueden variar ampliamente de un yacimiento a otro. A este respecto, es importante anotar que varios depósitos de características diferentes, cada uno con distinta geoquímica, pueden ser explotados a lo largo de la vida de la mina, ocasionando las variaciones correspondientes en las características químicas de los relaves producidos. (Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros, 1995).

3. Plasticidad.

Es la propiedad que permite al material sufrir deformaciones sin recuperación elástica perceptible y sin resquebrajarse ni desmenuzarse. También la podemos definir como la capacidad que tienen ciertos materiales para cambiar de forma, bajo una carga constante, sin cambio apreciable de volumen. La plasticidad de los relaves mineros procedentes de las plantas de tratamiento de mineral viene dada en función del porcentaje de finos que presenten. (Rojas, 2012).

4. Permeabilidad.

La permeabilidad de un material se considera permeable cuando está situado entre otros menos permeables que él, por lo que podemos decir que todos los materiales son más o menos permeables. En este sentido podemos afirmar que el agua

filtra a través de todos los materiales, con la única diferencia de la magnitud o intensidad. Aquí hablamos es del grado de permeabilidad de cada material, que va a depender de la amplitud de los huecos o vacíos continuos que existan entre sus partículas. Por lo tanto, la variación de la permeabilidad es función de la granulometría de los relaves, de su plasticidad, del modo de deposición y su profundidad en el depósito. Algunos valores típicos de permeabilidad de los residuos mineros se muestran en la siguiente tabla: (Rojas, 2012).

5. Manejo de Relave Minero

El manejo del relave minero en la planta Concentradora Santa Rosa de Jangas, es más difícil debido a sus condiciones extremas en topografía, clima y riesgo sísmico, agregado a la prevalencia de cuerpos mineralizados altamente sulfurados y a los problemas de contaminación por drenaje ácido (ARD) que ellos poseen.

Actualmente prácticas novedosas de disposición de relaves, tal como el relleno subterráneo, método de descarga espesada y disposición de relaves deshidratados. Estas operaciones demuestran claramente que alternativas a los depósitos de relaves convencionales pueden ser prácticas y posibles en el Perú. (Guía Ambiental Para el Manejo de Relaves Mineros, 1995)

6. Disposición de Relave Dentro de una Planta Concentradora

Existen diferentes formas de disponer los relaves. La más conocida son los depósitos convencionales o Embalses de Relaves.

Las instalaciones consisten en un espacio confinado de manera natural por elevaciones topográficas y/o con obras artificiales de contención.

Las obras de contención se pueden construir con material del mismo relave o con materiales de préstamo.

Concreto.

El concreto es una mezcla endurecida de materiales heterogéneos que está sujeta a la acción de muchas variables, dependientes de los materiales que lo constituyen y de los métodos seguidos durante los procesos de diseño: dosificación, mezclado, transporte, colocación, compactación, acabado, y curado. (Abanto, 2007).

Así mismo es una mezcla de cemento portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas especialmente la resistencia

$$\text{Concreto} = \text{Cemento Portland} + \text{Agregados} + \text{Aire} + \text{Agua}$$

El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto Castillo, 2013)

Materiales componentes del concreto

A. Arena Gruesa.

Consiste en arena natural, arena manufacturada, o una combinación de ambas; definiéndosele como aquel proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, el cual pasa de la malla de 3/8" y cumple con los límites establecidos en las Normas NTP 400.037 o ASTM C 33. (Rivva, 2004).

Estará compuesto por partículas limpias, de un perfil referentemente angular, duro, compactado y resistente; libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas. (Rivva, 2004).

B. Agregado Grueso.

Consiste en partículas de roca partida, grava natural o triturada, o agregados metálicos naturales o artificiales. Estará conformado por fragmentos cuyo perfil será preferentemente angular o semi-angular, limpio, duros, compactos, resistentes, de textura preferentemente rugosa, y libres de material escamoso, materia orgánica, partículas blandas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, sales u otras sustancias dañinas. La cual es retenido en el tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) y que cumple con los límites establecidos en la Norma 400.0378 o ASTM C 33. (Rivva, 2004).

Se define al material retenido en el tamiz 4.75mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la norma ASTM C-33, y pueden ser:

- **Agregado grueso**, comúnmente llamado “canto rodado”, proveniente de la disgregación, natural de las rocas por acción del hielo y otros agentes atmosféricos encontrándose en canteras y lechos de ríos depositados en forma natural (Abanto Castillo, 2013).
- **Piedra partida o chancada**, se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas, como agregado grueso se puede usar cualquier tipo de piedra partida siempre que sea limpia, dura y resistente. Su función es dar volumen y aporta su propia resistencia. (Abanto Castillo, 2013)

C. Cemento.

Se define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. También podemos decir de manera general que el cemento es cualquier material que

posee propiedades cohesivas (Abanto, 2007).

El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos químicos y físicos que se indican: (Rivva, 2004).

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

C.1. Características del Cemento Portland Tipo I

El cemento tipo I es un cemento de uso general, en nuestro país este cemento es fabricado en base a la norma ASTM –C150. Debido que es un cemento destinado a obras de concreto en general, el cual puede ayudar a alcanzar altas resistencias puede ser utilizado en pavimentos, pisos, edificios de concreto reforzado, puentes, etc.

C.2. Compuestos Químicos del Cemento Portland:

Existen 4 compuestos que constituyen más del 90% del volumen del cemento y son:

- **Silicato tricálcico (C₃S)**, es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado. La reacción del C₃S con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta del cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación. (Abanto Castillo, 2013)

- **Silicato dicalcico (C₂S)**, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta del cemento. (Abanto Castillo, 2013).
- **Aluminio tricalcico (C₃A)**, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración y molienda en el proceso de fabricación se combina con el C₃A para controlar el tiempo de fraguado. (Abanto Castillo, 2013)
- **Aluminoferrita tricalcica (C₄AF)**, es semejante al C₃A porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia. (Abanto Castillo, 2013)

a. Clasificación del Cemento Portland

Las propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de normas para el cemento portland (C150).

- **Tipo I:** es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando las mismas no se especifican la utilización de los otros 4 tipos de cemento. (Abanto Castillo, 2013)
- **Tipo II:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación. (Abanto Castillo, 2013)
- **Tipo III:** Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo lo tipo II. (Abanto Castillo, 2013)
- **Tipo IV:** Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación. (Abanto Castillo, 2013)

Propiedades del Concreto

A. Trabajabilidad

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. (Abanto Castillo, 2013)

B. Consistencia

Está definida por el agregado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. (Abanto Castillo, 2013)

Tabla N° 2: Clases de Mezclas Según su Asentamiento

CONSISTENCIA	SLUMP	TRABAJABILIDAD	MÉTODO DE COMPACTACIÓN
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plastica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	>5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: (Rivva Lopez, 1992)

C. Segregación.

Es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este, en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del agregado grueso del mortero. Es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejas, etc. (Abanto Castillo, 2013)

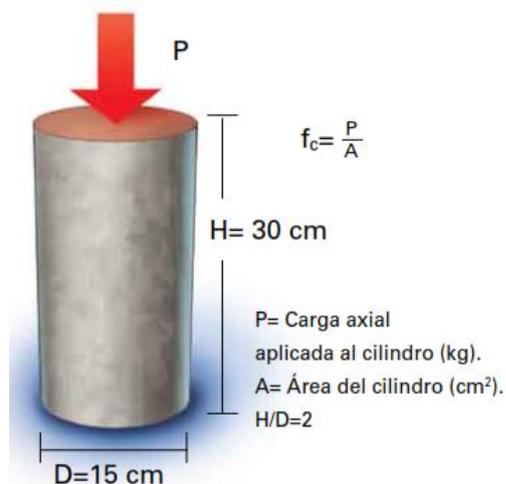
D. Resistencia

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las

cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión. (Abanto Castillo, 2013).

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia a la compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto Castillo, 2013)

La resistencia a la compresión de un concreto (f_c) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo. (Abanto Castillo, 2013)



Ilustracion N° 01. Probeta de Concreto

Factores que afectan la resistencia.

La relación agua- cemento (a/c).- Es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. La relación a/c, afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c. (Abanto Castillo, 2013)

El contenido de cemento. La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento. (Abanto Castillo, 2013)

El tipo de cemento. La **rapidez** de desarrollo de resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento. (Abanto Castillo, 2013)

Las condiciones de curado. Dado que las reacciones de hidratación del cemento sólo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementarse su resistencia con el tiempo. (Abanto Castillo, 2013)

E. Exudación

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado (Abanto Castillo, 2013). La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación (Abanto Castillo, 2013)

F. Durabilidad

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie., acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufrido por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. (Abanto Castillo, 2013)

G. Impermeabilidad

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (Abanto Castillo, 2013)

Pruebas en estado fresco del concreto.

Esta prueba trata sobre los procedimientos para obtener muestras representativas de concreto fresco, en las condiciones como es entregado en la obra o donde los ensayos se llevarán a cabo, para determinar el cumplimiento de los requisitos de calidad de las especificaciones bajo las cuales es suministrado dicho concreto. (American Society for Testing Materials, ASTM C172 – 04).

Las pruebas que se realizarán son las siguientes:

A. Asentamiento:

Consiste en colocar una muestra de concreto recién mezclado (Se compacta por varillado) dentro de un molde en forma de cono truncado. El molde se levanta y se deja que el concreto se desplome. Se mide la distancia vertical al centro desplazado y se registra el valor del asentamiento. (American Society for Testing Materials, ASTM C143)

B. Temperatura:

Permite medir la temperatura de mezclas de concreto recién mezclado, dosificado con cemento Portland. Puede usarse para verificar que el concreto satisfaga requerimientos específicos de temperatura. Puede medirse en el equipo de transporte

después de vaciar el concreto y si no se mide debe prepararse una muestra humedecido según la Norma ASTM C172. (ASTM C1064).

C. Densidad (Peso Unitario):

Este método cubre la determinación de la densidad del concreto fresco y señala las fórmulas para calcular el rendimiento, contenido de cemento y contenido de aire del concreto fresco. (ASTM C138)

El peso unitario es un control muy útil para verificar la uniformidad del concreto y comparar el peso unitario del diseño con la real de obra. Se obtiene fácilmente al pesar el concreto fresco compactado en un recipiente estandarizado, de volumen y masa conocidas, expresado en Kg/m^3 se hallará multiplicando el peso neto del concreto por el factor de calibración del recipiente. (N.T.P. 339.046)

D. Contenido de aire:

Nos permite medir la cantidad de aire que existe en el concreto expresado en porcentaje (%) con el fin de llevar un control de calidad ya que el aire arrastrado genera grandes burbujas de aire accidental durante el proceso de mezcla, transporte y colocación del concreto; es importante que el concreto este completamente compactado. (N.T.P. 339.046)

Pruebas en estado endurecido del concreto.

Las mezclas endurecidas corresponden a la tercera etapa en la vida del concreto, la que comienza en el momento en que este ha alcanzado un grado de hidratación tal de la pasta de cemento que contiene, como para que la misma sea ya capaz de mantener unidos entre si los granos de los agregados en forma permanente. Esto se pone en evidencia por la resistencia que ofrece una pieza de hormigón, por ejemplo, al cambio de forma por acción de una sollicitación mecánica (caso del ensayo de compresión). (Barreda, 2009)

La resistencia mecánica es la más conocida de las propiedades de la mezcla endurecida. El concreto luego del periodo de fraguado, comienza a dar resistencia hasta endurecerse por completo a los 28 días.

Las pruebas que se realizarán son las siguientes:

A. Curado:

Las probetas se mantienen en sus moldes durante un periodo mínimo de 24 hr.

En ese lapso no deberán sufrir vibraciones, sacudidas, ni golpes, se protegerá la cara superior con arpillera húmeda, lamina de polietileno o tapa mecánica y se mantendrá en ambiente protegido de inclemencias climáticas (calor, frio, lluvia, viento).

Una vez transcurridas las primeras 24 hs, se procede a desmoldar e inmediatamente se acondiciona la probeta para su mantenimiento hasta el momento de ensayo. Durante este periodo (7, 14 ó 28 días) deben mantenerse condiciones de temperatura y humedad, según norma IRAM 1524 y 1534, la probeta debe mantenerse en un medio ambiente con no menos del 95% de humedad relativa, y en cuanto a la temperatura, en los 21 °C , con una tolerancia en más o menos de 3 °C para la obra y de 1 °C para el laboratorio (o lo que es lo mismo, en obra la temperatura puede oscilar entre 18 °C y 24 °C. (Barreda, 2009)

B. Resistencia a la Compresión:

Determina el esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos, sean estos moldeados o núcleos obtenidos por extracción. El esfuerzo a la compresión del espécimen es calculado dividiendo la máxima carga obtenida durante el ensayo por el área de la cara axial del espécimen. Los resultados a la compresión obtenidos pueden depender de la forma o tamaño del espécimen, la pasta del cemento los procedimientos de mezcla, los métodos de muestreo, fabricación y la edad y las condiciones de humedad durante el curado. (ASTM C39)

C. Ejecución de ensayo de rotura por compresión:

Se utilizan prensas con capacidad de 100 a 150 toneladas. Se mide la deformación de la probeta al aplicársele cargas cada vez mayores. En algunas prensas hidráulicas debe disponerse una tabla de conversión, que permita calcular la carga aplicada. La velocidad de aplicación de la carga sobre la probeta tiene influencia importante en el resultado del ensayo; en efecto las cargas excesivamente rápidas, al no dar tiempo a la deformación de todas las partículas de la probeta, dan como consecuencia una carga de rotura artificialmente elevada; en cambio la carga excesivamente lenta provoca el efecto contrario. El ritmo de la velocidad debe mantenerse entre 250 y 600 kg por segundo para probetas de 15 cm de diámetro, a partir del 50 % de la carga de rotura. En cuanto a la exactitud de las lecturas de la prensa, debe verificarse con una periodicidad de entre 6 meses y 1 año según el uso, debiendo mantenerse el error de lectura por debajo del 1%. (Barreda, 2009).

Ensayos de Laboratorio:

Métodos de Ensayo

En la realización de los ensayos de laboratorio para obtener información para seleccionar las proporciones del concreto, deben emplearse las últimas revisiones de los siguientes métodos. (Abanto Castillo, 2013)

A. Ensayos de Materiales

- Análisis por tamices de agregado fino y grueso ASTM C136.
- Peso específico y absorción del agregado grueso ASTM C127
- Peso específico y absorción del agregado fino ASTM C128
- Contenido de humedad total del agregado grueso ASTM D -2216-71
- Contenido de humedad total del agregado fino ASTM D -2216-71
- Peso volumétrico varillado y suelto para agregado grueso y fino ASTM C 29
- Gravedad específica del cemento ASTM C 150

B. Ensayos para el concreto

- Muestreo de concreto fresco ASTM C172
- Asentamiento de concretos del cemento portland STM C143
- Preparación y curado en el laboratorio, de especímenes para ensayos de compresión y flexión del concreto ASTM C192
- Resistencia a la compresión de cilindros moldeados de concreto ASTM C39.

Análisis de Resultados

Con todos los ensayos finalizados y con sus respectivos resultados, lo que sigue es hacer los análisis de los resultados obtenidos y así tener las correlaciones buscadas.

Requisitos del Concreto y sus Componentes

Los requisitos indispensables que debe de tener el cemento que se utilizará en esta investigación estarán sujetos por la norma ASTM C-150, para el cemento Portland Tipo I, como se especifica en la sección 1.5.2.1 de este documento.

**Tabla N° 3: Características físicas del cemento
portland tipo I**

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	TIPO I – SOL	REQUISITOS ASTM C-150, NTP 334.002
Peso específico (gr/cm ³)	3.15
Fineza malta 100 (%)	0.04
Fineza malta 200 (%)	4.14
Superficie específica Blaine (cm/gr)	3480	Mínimo 2800
Contenido de aire (%)	9.99	Mínimo 2800
Expansión autoclave (%)	0.18	Máximo 0.8
Fraguado inicial Vicat (hr. min)	1.49	Máximo 0.45
Fraguado final Vicat (hr. min)	3.29	Máximo 6.15
F'c a 3 días (kg/cm ²)	254	124 (12.4 MPa)
F'c a 7 días (kg/cm ²)	301	193 (19.3 MPa)
F'c a 28 días (kg/cm ²)	357	274 (27.6 MPa)
Calor de hidratación 7 días (cal/gr)	70.6
Calor de hidratación 28 días (cal/gr)	84.3

Fuente: Información proporcionada por el fabricante

Requisitos del agregado fino

Los requisitos del agregado fino (arena) de este documento, en esta investigación las especificaciones a utilizar para elaborar concreto se encuentran en la Tabla N° 2.3

Tabla N° 4: Especificaciones de Agregado Fino para Elaborar Concreto

PRUEBA DE LABORATORIO	REQUISITOS
Análisis Granulométrico	ASTM C – 33
Gravedad específica y absorción	$24 < G_s < 2.9$ Asb % < 6.0 %

Fuente: Esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 de ACI y elaboración propia

Los requisitos del agregado grueso (piedra chancada) se encuentran en este documento. Las especificaciones a utilizar en esta investigación se encuentran en la Tabla N° 2.4 la cual se presenta a continuación:

Tabla N° 5: Especificaciones de agregado grueso

ENSAYOS DE LABORATORIO	REQUISITOS
Análisis Granulométrico	ASTM C - 33
Peso unitario	1260 – 1750 kg/m ³
Gravedad específica y absorción	$24 < G_s < 2.9$ Asb % < 4.0 %

Fuente: Esta tabla ha sido confeccionada por el comité 211 de ACI y elaboración propia

Requisitos del Agua

Los requisitos para el agua están presentes en el presente documento, pero el agua a utilizar es de uso doméstico y es proporcionada por EPS CHAVIN, la cual no presenta olor, sabor, ni color y además cuenta con antecedentes en la fabricación del concreto con buenos resultados, por lo tanto no se presenta la necesidad de realizar pruebas para verificar la calidad de ésta.

Procesamiento y análisis de los datos

Para el proceso de los datos se utilizarán el software Excel; con dicho programa

podremos procesar la información que sea obtenida a través de las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para realizar el análisis de los datos se elaborarán tablas, gráficos, promedios, y pruebas estándar para un diseño en bloque completamente al azar.

Cuadro N° 01. Operacionalización de Variables:

VARIABLE (S)	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Variable Independiente	Se apoya en el estudio de distintas muestras mediante su análisis en laboratorio y brinda un resultado objetivo que puede ser cuantitativo o cualitativo (positivo o negativo).	Es un desecho mineral sólido que se utilizará como un sustituyente del cemento por relave minero con respecto al peso. El proceso de recolección de este desecho es mediante el tamizado, la cual se utilizará la malla N° 200.	Análisis granulométrico, y porcentaje de finos (%)
Sustitución de relave minero			
Variable Dependiente	En su propiedad mecánica que se utiliza para diseñar concreto usado en diferente tipo de obras.	Es una medida en unidades de kilogramos - fuerza por pulgadas cuadradas (<i>PSI</i>) o en mega pascales SI, que se utiliza para diseñar concreto	Valor de $f'c$ de las probetas de concreto, expresadas en (kg/cm^2)
La Resistencia a la Compresión del concreto			

Cuadro N° 02. Matriz de Consistencia:

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPOTESIS GENERAL	MARCO TEORICO
<p>¿Cuál es la resistencia mecánica de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, cuando se sustituye un porcentaje del peso de cemento por relave minero en un 50%?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar la resistencia mecánica de un Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del 50% de cemento por relave minero.</p>	<p>La sustitución del peso del cemento en un 50% por relave minero, mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.</p>	<p>Relave Minero</p> <p>Características de los Relaves</p> <p>1. Propiedades Físicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contenido de sólidos (Antes de decantar) • Granulometría. • Densidad aparente (consolidación) • Contenido de agua retenida. • Permeabilidad. <p>2. Propiedades Químicas</p> <p>Manejo de Relave Minero</p> <ul style="list-style-type: none"> • Disposición de relave dentro de una Planta Concentradora.
	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar el análisis de Difracción de Rayos X del Relave Minero. 2. Determinar el pH del Relave Minero. 3. Determinar el diseño de mezclas para la elaboración de muestras estándar y experimental. 4. Determinar y comparar la resistencia a la compresión de muestra patrón y experimental, a los 7, 14, 28 días de curado. 		

Hipótesis:

La sustitución en peso del cemento en un 50% por relave minero, mejoraría la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$.

Objetivos:**Objetivo General**

Determinar la resistencia mecánica de un Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del 50% de cemento por relave minero.

Objetivos Específicos

- Analizar una muestra del Relave Minero por Difracción de Rayos X.
- Determinar el pH del Relave minero.
- Determinar el diseño de mezcla para la elaboración de muestra estándar y experimental.
- Determinar y comparar la resistencia a la compresión de muestra patrón y experimental, a los 7, 14 y 28 días de curado.

II. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

Es una investigación experimental porque se elaboraron mezclas de concreto con porcentajes de reemplazo de cemento por relave y fueron comparados luego los resultados obtenidos con los de un concreto patrón. Así mismo se realizó el ensayo de Difracción de Rayos X al relave minero para determinar la conformación de óxidos.

Es una investigación aplicada, porque nos permite comprobar la veracidad de los conocimientos a través de la ciencia.

Es una investigación con enfoque cuantitativo porque se apoya en la medición de los datos tanto para la recolección, proceso y análisis de los datos.

Diseño de Investigación

El diseño es del tipo experimental y corresponde al diseño en bloque completo al azar.

Tabla N° 6: Diseño factorial completo al azar

DÍAS DE CURADO	RESISTENCIA DEL CONCRETO CON PORCENTAJE DE RELAVE	
	PATRON	SUSTITUCION AL 50%
7		
		
		
14		
		
		
28		
		
		

Fuente: Elaboración Propia.

Población y muestra:

Población

Estará conformadas por las probetas con un diseño de mezcla de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ elaborados con porcentajes de relave minero.

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

Muestra

En esta investigación se trabajó con 18 probetas, de los cuales: 9 como muestra patrón, 9 con la sustitución de un 50% de relave minero.

Técnicas e Instrumentos de Investigación

Técnicas: Observación

De las pruebas de laboratorio realizadas, a través de los ensayos de laboratorios; se observará el comportamiento del fraguado del concreto y las propiedades alcanzados de los ensayos.

Instrumentos

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

Laboratorio:

- Fichas de laboratorio de mecánica de suelos - USP (ver anexos).
- Las fichas fueron tomadas con respecto a los siguientes ensayos:

Agregados

- Contenido de Humedad
- Ensayos Granulométricos de los agregados
- Ensayo de Peso Específico de los agregados
- Ensayo de Peso Unitario de los Agregados
- Diseño de Mezcla
- Elaboración de Probetas
- Ensayo de compresión (rotura) de Probetas

Relave minero

- Ensayo de Difracción de Rayos X del Relave Minero
- Análisis de pH
- Tamizado con malla N° 200.

Procedimientos ensayos de laboratorio:

Contenido de Humedad: Norma: ASTM D – 2216-71

A. Materiales a utilizar:

- Hormigón de ½”.
- Balanza electrónica con sensibilidad aproximada de 0.5 g
- Horno, capacidad de mantener una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Cucharones

B. Procedimientos a realizar:

Arena Gruesa

- Empezamos este ensayo seleccionando el material por lo cual se procede a cuartear (coger partes opuestas y descargar las otras) la muestra.
- Luego tamizamos nuestro agregado fino por el tamiz N° 4, todo lo que pasa se selecciona para el ensayo.
- Luego taramos el recipiente donde será puesta nuestro material.
- Pesamos el material en 2 muestras Tazón N° 23 con un peso 1350.5gr., incluyendo el peso del recipiente 166.7gr y Tazón N° 50 con un peso 1311.0gr. incluyendo el peso del recipiente 168.8gr.
- Después de tener el peso parcialmente seco, se introduce al horno con una temperatura de 150°C , por 24 horas.
- Después de las 24 horas se saca del horno para pesar la muestra y obtener el contenido de humedad

Agregado grueso

- Se procede a cuartear (coger partes opuestas y descargar las otras) la muestra.
- Luego procedemos al tamizado de nuestra muestra por el tamiz N° 4, todo lo que queda se selecciona para el ensayo.

- Pesamos el material en 2 muestras Tazón N° 33 con un peso 925.0 el peso del recipiente 164.7 y Tazón N° 20 con un peso 927.0 g incluyendo el peso del recipiente 166.6 g
- Después de tener el peso parcialmente seco, se le introduce al horno con una temperatura de 105°C, por 24 horas.
- Después de 24 horas se saca del horno, luego se deja secar entre 1 – 3 horas para enfriar.
- Finalmente se pesa el material seco para luego calcular el contenido de humedad del agregado grueso.

Análisis granulométrico del agregado grueso: norma ASTM c136 / NTP 400.12

A. Materiales a utilizar:

- Piedra chancada de ¾”
- Arena gruesa.
- Balanza electrónica con sensibilidad aproximada de 0.5 g
- Tamices
- Cucharones

B. Procedimientos a seguir:

Arena Gruesa

- Mezclar bien todo el material, luego separe la mezcla en cuatro partes iguales, mezcle dos de las partes opuestas y descarte las otras dos como se muestra en la Figura. Esta debe ser una muestra representativa de todo el Material.
- Tomamos una muestra inicial de 2531 g, luego procedimos a lavarlo y secado al horno se tuvo un peso lavado seco de 2387.50g.
- Se armó los tamices #4, #8, #16 #30, #50, #100, #200 y el recipiente de fondo.
- Se tamizó cuidadosamente, alrededor de un minuto en forma de vaivén.
- Se procedió a pesar los agregados retenidos en cada tamiz.
- Cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla N° 7: Resultados de Análisis Granulométrico de
Agregado Fino**

Tamiz	Peso Retenido (gr.)
#8	450.00
#16	699.00
#30	596.00
#50	356.50
#100	298.50
#200	50.50
Fondo	80.50
Total	2531.00

Fuente: Elaboración propia

Agregado Grueso:

- Tomamos como peso lavado seco inicial de 39113.5 g.
- Se armó los tamices ¾”, ½”, 3/8” #4, #8 y se precedió a tamizar nuestra muestra.
- Se efectuó el peso de cada una de las muestras retenidas en los tamices.
- Cuyos datos se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla N° 8: Resultados de Análisis Granulométrico de
Agregado Grueso**

Tamiz	Peso Retenido (gr.)
¾”	15305.50
½”	10773.00
3/8”	7997.50
4	4897.50
8	140.00
Peso total	39,113.50

Fuente: Elaboración propia

Gravedad específica y absorción de los agregados: norma: ASTM D – 854.

A. Materiales y Equipos a utilizar:

- Piedra chancada de ¾”
- Balanza electrónica con sensibilidad de 0.5 g.
- Balanza Mecánica
- Cucharas
- Horno
- Tamices
- Canastilla Metálica
- Recipientes y bandejas

B. Procedimientos a seguir:

Agregado Grueso:

- Se empezó este ensayo seleccionando el material por lo cual se procede a cuartear (coger partes opuestas y descargar las otras) la muestra.
- Luego tamizamos nuestra piedra por el tamiz N° 4, todo lo que queda se selecciona para el ensayo.
- Pesamos el recipiente donde será puesta nuestro material
- Como nuestra grava de ¾” las cantidades mínimas, para lo cual empleamos el peso del recipiente.
- Luego se deja la muestra en agua por 24 horas, después se seca las partículas sobre una tela, en este caso secamos con trapo hasta eliminar el agua superficial.
- Una vez seca la muestra se pesa para obtener nuestro peso superficialmente seco, en este caso vendrá a ser nuestro peso en aire de la muestra superficialmente seca.
- Se tara la canastilla en la balanza mecánica para luego introducir el material.
- Luego colocamos la muestra en el interior de la canastilla metálica para determinar el peso sumergido. Obteniendo nuestro peso de muestra sumergida

en agua.

- Después de tener el peso sumergido, se le introduce al horno con una temperatura de 105°C, por 24 horas.
- Finalmente se saca la muestra del horno, y se deja enfriar así obteniendo nuestro peso de muestra seca (Incluyendo peso de recipiente), es decir nuestro peso de la muestra seca.

Arena Gruesa:

- Seleccionamos una muestra de arena gruesa y lo dejamos remojando en agua durante 24 horas.
- Se procede a la eliminación lenta y progresiva del agua mediante secado de ventilación natural hasta conseguir el punto en que la muestra está saturada y la superficie seca.
- Se evalúa el estado humedad mediante el ensayo del piezocono, introduciendo una parte de la muestra en un molde cónico.
- Se va apisonándolo una 25 veces dejando caer el pisón desde una altura aproximadamente de 1cm, posteriormente se nivela.
- Luego, si al quitar el molde la muestra se deja caer es porque no existe humedad libre, y si ocurre lo contrario se sigue secando la muestra y se repite el proceso hasta que cumpla con la condición. En este caso ocurre que si cumple la condición saturada con superficie seca.
- Luego pesamos la muestra, de esta manera obtenemos el peso de la muestra saturada superficialmente seca.
- Mediante el método de la fiola, introducimos el material junto con el agua hasta la marca de calibración.
- Inclinaamos la fiola y movemos en forma circular por un tiempo de 15 minutos, procedemos a pesar todo el contenido incluyendo la fiola.
- Luego dejamos reposar por 24 horas, para que la arena logre asentarse.
- Vaciamos el agua que está por encima del material.
- Procedemos al pesado nuevamente y obtenemos el peso de la fiola con agua + muestra saturada.

- Luego vaciamos toda la muestra en un recipiente, para meterlo al horno a 105°C, durante 24 horas.
- Finalmente, sacar la muestra del horno y pesar la muestra seca.

Peso unitario de los agregados: Norma: ASTM C138

A. Materiales y Equipos a utilizar:

- Recipiente Cilíndrico
- Varilla compactadora de Ø5/8", punta hemisférica.
- Balanza electrónica.
- Pala

B. Procedimiento de elaboración:

Calibración del Recipiente

El recipiente se calibra determinando con exactitud el peso del agua necesario para ser llenado.

Arena gruesa: Peso Unitario Suelto:

- Llenar el recipiente con una pala, vaciando el agregado de una altura no mayor a 5 cm de la superficie del recipiente.
- Llenar al ras de la superficie del recipiente, eliminar el agregado sobrante con ayuda de la varilla.
- Luego se procede a realizar el pesado correspondiente y tomando apunte este dato importante.
- Realizar este proceso 3 veces, tomar los apuntes correspondientes en la hoja.

Peso Unitario Compactado

- El agregado debe colocarse en el recipiente en 3 capas de igual volumen aproximadamente.
- Cada una de las capas se empareja con la mano y se apisona con 25 golpes de

varilla, distribuidos uniformemente en cada capa.

- Al apisonar la primera capa, se debe evitar que la varilla golpee el fondo del recipiente.
- Al apisonar las capas superiores, se aplica la fuerza necesaria para que la varilla solo atraviese la respectiva capa.
- Una vez llena el recipiente enrazar la superficie con la varilla, usándola como regla
- De la misma forma se procede con el agregado grueso, la cual se toman los pesos de la muestra + peso del molde.

Diseño de mezcla:

Para el diseño de mezcla se determinaron los ensayos físicos realizados para hallar los parámetros de los agregados utilizados.

Elaboración y curado de las probetas: Norma ASTM C31

A. Materiales a utilizar

- Arena gruesa
- Agregado grueso
- Agua.
- Cemento
- Relave minero
- Petróleo. Se emplea para recubrir el molde de la Probeta, para así evitar que el concreto se pegue al molde y prueba ser retirado con facilidad.

B. Equipos

- Mezcladora de 11p3
- Moldes para las probetas
- Balde
- Prensa hidráulica

- Cuchara, para colocar el concreto al molde
- Mazo de goma.
- Balanza electrónica
- Varilla de 600 mm de longitud y 16 mm de diámetro con punta redondeada en forma hemisférica.
- Una regla para enrasar.
- Un badilejo para el terminado de la superficie del concreto

C. Procedimiento

- La elaboración de la probeta debe comenzar no más tarde de diez minutos después del muestreo y en una zona libre de vibraciones.
- Una vez obtenida la mezcla se procede a realizar la prueba de revenimiento, para saber el SLUMP, cabe resaltar que el asentamiento no se pudo medir, pero es aceptado y la muestra obtenida es trabajable.
- Llenar la mezcla en 3 capas de igual volumen.
- La consolidación con varilla, consiste en introducir una varilla de 16 mm de diámetro en el concreto atravesando cada capa y penetrando no más de 25 mm hacia la capa inferior.
- Luego de varillas una capa se golpea con un mazo de goma de 10 a 15 veces.
- Si durante el varillado de la última capa, el técnico considera que la cantidad de concreto es insuficiente este proceso deberá ser suspendido el técnico deberá añadir una muestra representativa de concreto sobre el molde y continuar con el proceso de varillado hasta completar los 25 golpes requeridos por la norma.
- El enrasado de la superficie del concreto puede realizarse con la regla de acero o con la varilla de consolidación, es importante que luego de enrasar la superficie quede uniforme y lisa.
- Para mejorar el acabado de la probeta se podrá utilizar un badilejo de acero o una paleta.
- **Desencofrado:** Dejar fraguar durante 24 horas, para luego desencofrar las probetas.

- **Curado:** Cubrimiento de la probeta después de moldearse: para prevenir la evaporación del agua de la superficie del concreto no endurecido de las probetas, se cubren estos inmediatamente después de moldeados, preferiblemente con una placa no absorbente y no reactiva o una lámina de plástico durable. También se puede usar para el cubrimiento, trapos o lienzos humedecidos, pero debe cuidarse de mantenerlos húmedos hasta que las probetas se desmolden.
- **Curado inicial:** antes del llenado, se colocan los moldes sobre una superficie horizontal rígida libre de vibraciones. Luego serán protegidos del viento y del sol o de otra causa que pueda perturbar al concreto.
- Después de 7, 14 y 28 días de curado la briqueta se procedió a retirarlo del agua para su respectivo ensayo de compresión.



Foto N° 02. Elaboración de mezcla (cemento + arena gruesa + grava)

D. Elaboración de probetas de concreto

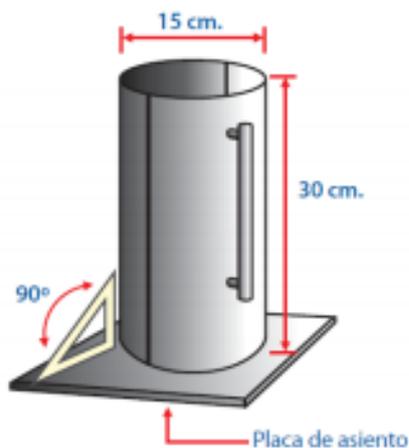
A continuación, lo explicamos en 4 partes:

Muestra de Concreto:

Una muestra es una porción de concreto recién preparado con el que se harán las probetas. Como se trata de comprobar su resistencia, su volumen no debe ser menor de 1 p3 (una bolsa de cemento). Debemos protegerlas del sol y del viento desde que se extraen hasta que se ponen en los moldes de las probetas. Esta acción debe durar máximo 15 minutos.

Equipo y Herramientas:

Los moldes utilizados para la elaboración de las probetas deben ser de acero, hierro forjado u otro material no absorbente y que no se mezcle con el cemento. Deben ser muy resistentes como para soportar las condiciones del trabajo de moldeado y tener la forma de un cilindro recto de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de alto.



Fuente: (Medina Cruz Ricardo; Aceros Arequipa, setiembre 2011)

Ilustracion N° 02. Medidas del molde cilíndrico

Para la compactación y moldeado se requiere de una barra de acero liso y circular, de 5/8" de diámetro y 60 cm. de longitud; uno de sus extremos debe ser

redondeado (Ilustración 3).



Fuente: (Medina Cruz Ricardo; Aceros Arequipa, setiembre 2011)

Ilustracion N° 03. Varilla lisa de diámetro 5/8", largo 60 cm

Para echar el concreto dentro del molde es necesario un cucharón metálico. Debe usarse un martillo con cabeza de goma con un peso aproximado de 600 gramos, para golpear el molde suavemente y liberar las burbujas de aire. (Ilustración 4).



Fuente: (Medina Cruz Ricardo; Aceros Arequipa, setiembre 2011)

Ilustracion N° 04. Martillo cabeza de goma

Un recipiente metálico grueso de tamaño apropiado o una carretilla limpia de superficie no absorbente y con capacidad suficiente para la toma, traslado y remezclado de la muestra completa.

Para darle un buen acabado a la superficie del concreto en el molde, se usa una plancha

Procedimiento:

Seleccionar un espacio apropiado en la obra para elaborar las probetas. Este espacio debe cumplir los siguientes requisitos:

- Debe tener una superficie horizontal, plana y rígida.
- Debe estar libre de vibraciones.
- De preferencia, debe tener un techo a fin de moldear las probetas bajo sombra.

Antes de tomar la muestra e iniciar el moldeo, verificar lo siguiente:

- Los dispositivos de cierre de los moldes (pernos), deben estar en perfectas condiciones.
- Los moldes deben ser herméticos para evitar que se escape la mezcla.
- La perfecta verticalidad (90°) del molde respecto de la placa de asiento (Figura 1).
- La superficie interior de los moldes debe estar limpia.
- Para desmoldar con facilidad, se puede aplicar una ligera capa de aceite mineral o petróleo a la superficie interior del molde.



Foto N° 03. Moldes cilíndricos para probetas de concreto

Se toma la muestra de concreto en el recipiente metálico destinado para ese fin.

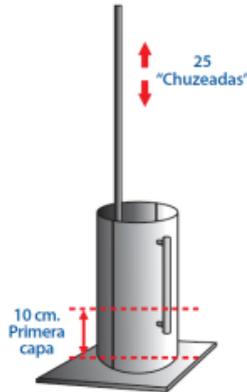
El moldeo de la probeta se realiza en tres capas, cada una de ellas de 10 cm. de altura, según el siguiente detalle:

Primera Capa (Ilustración 5)

- Colocar la mezcla en el molde y mezclarla con el cucharón para que esté bien distribuida y pareja.
- Compactar la primera capa en todo su espesor, mediante 25 inserciones (“chuzadas”) con la varilla lisa, distribuidas de manera uniforme en la mezcla.

El extremo redondeado de la varilla va hacia abajo.

- Una vez culminada la compactación de esta capa, golpear suavemente alrededor del molde una 15 veces con el martillo de goma para liberar el aire atrapado del interior de la mezcla.

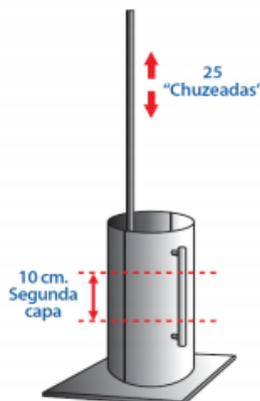


Fuente: (Medina Cruz, Ricardo; Aceros Arequipa, setiembre 2011)

Ilustracion N° 05. Colocado de la 2° capa de concreto, con 25 chuzeadas

Segunda Capa (Ilustración 6)

- Colocar la mezcla en el molde y distribuir de manera uniforme con el cucharón.
- Compactar con 25 “chuzeadas” con la varilla lisa. La varilla debe ingresar 1 pulgada en la primera capa.
- Luego golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire.



Fuente: (Medina Cruz, Ricardo; Aceros Arequipa, setiembre 2011)

Ilustracion N° 06. Colocado de la 2° capa de concreto, con 25 chuzeadas

Tercera Capa (Ilustración 7)

En esta última capa, agregar suficiente cantidad de mezcla para que el molde quede lleno.

- Compactar esta tercera capa también mediante 25 “chuzeadas” con la varilla lisa, teniendo cuidado que estén uniformes y distribuidas en toda la masa recién colocada. No olvidar que en cada inserción la varilla debe ingresar 1 pulgada en la segunda capa.
- Culminada la compactación, golpear suavemente alrededor del molde unas 10 veces con el martillo para liberar las burbujas de aire de la mezcla.



Fuente: (Medina Cruz, Ricardo; Aceros Arequipa, setiembre 2011)

Ilustracion N° 07. Colocado de la 3° capa de concreto.

- Nivelar el exceso de mezcla con la varilla lisa de compactación.
- Dar un buen acabado con la plancha para obtener una superficie lisa y plana.

Después de su elaboración, las probetas deben transportarse inmediatamente y con mucho cuidado al lugar de almacenamiento.

Retirar el molde con mucho cuidado. Esto se hace entre 18 y 24 horas después de su elaboración.

Posteriormente, se tendrá que escribirse la información sobre las probetas utilizando un corrector y cuidando de no malograr su superficie.

Curado:

Después de haber sido desencofrado, se procede a curar las probetas inmediatamente; colocándolas en recipientes con agua limpia. El agua debe cubrir completamente todas las caras de las probetas.



Foto N° 04. Curado de probetas de concreto

E. Ensayo de consistencia del concreto**Método**

El ensayo de consistencia, llamado también de revenimiento o “Slump Test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. Esta prueba fue adoptada en 1921 por el ASTM y revisada finalmente en 1978. (Abanto Castillo, 2013)

El ensayo consiste en consolidar una muestra de concreto fresco en un molde troncocónico, midiendo el asiento de la mezcla luego de desmoldado. (Abanto Castillo, 2013)

El comportamiento del concreto en la prueba indica su “consistencia” ósea su capacidad para adaptarse al encofrado o molde con facilidad manteniéndose homogéneo con un mínimo de vacíos. (Abanto Castillo, 2013)

La consistencia se modifica fundamentalmente por variaciones del contenido del agua de mezcla. (Abanto Castillo, 2013).

Equipo

El equipo necesario consiste en un tronco de cono. Los dos círculos de las bases son paralelos entre sí midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos la altura del molde es de 30 cms (Abanto Castillo, 2013).

El molde se construye con plancha de acero galvanizado, de espesor mínimo de 1.5mm. Se sueldan al molde asas y aletas de pie para facilitar la operación. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud y punta semiesférica. (Abanto Castillo, 2013)

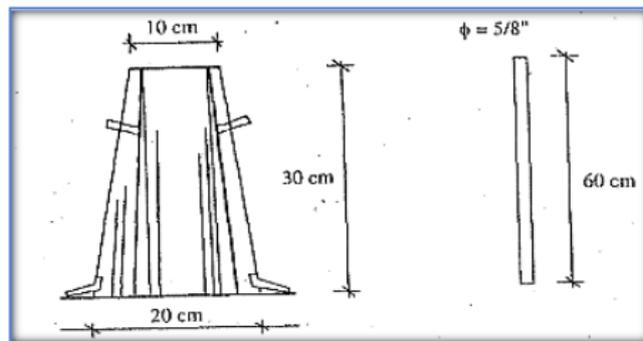
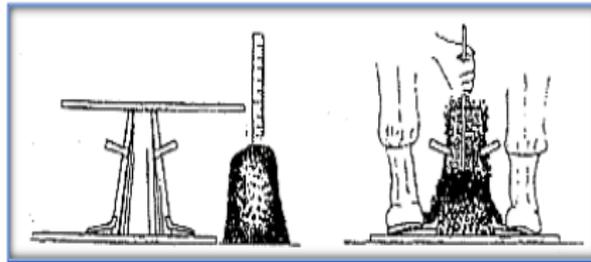


Ilustración N° 08. Cono de Abrams

Procedimiento de ensayo

- El molde se coloca sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se vierte una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisona con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente. (Abanto Castillo, 2013).
- En seguida se colocan otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre en la capa inmediata inferior. (Abanto Castillo, 2013).
- La tercera capa se deberá llenar en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levanta lenta y cuidadosamente en dirección vertical (Abanto Castillo, 2013).

- El concreto moldeado fresco se asentará, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina slump (Abanto Castillo, 2013).
- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos. (Abanto Castillo, 2013)



Ilustracion N° 09. Slump Test

- Se seguirán los pasos mencionados en la teoría de consistencia. Para realizar la medición del asentamiento de las 18 probetas en estudio en la presente investigación se utilizó el método ASTM.

Resistencia a la Compresión:

Se coloca la muestra centrada en la placa inferior del aparato de carga, se ajusta cuidadosamente de manera que la placa superior quede justamente en contacto con la muestra, y se colocan en cero los controles.

Una vez finalizado el ensayo se retira con cuidado la muestra, se anota los datos arrojados por la compresora en kg.

Se coloca el plato superior sobre el cilindro y se debe centrar cuidadosamente en la máquina. Tanto las superficies de los cilindros y los platos de la maquina deben estar libres de polvo, grasa y de cualquier otro material extraño.

Se coloca en la máquina de ensayo el plato inferior con su respectiva goma y se coloca el cilindro a ensayar.

Se anota la carga correspondiente a la falla.



Foto N° 05. Tablero de control

La resistencia a compresión será el cociente entre la carga máxima y el área de la probeta.



Foto N° 06. Rotura de probetas

Procedimientos y Cálculos

- Se retiran los cilindros de concreto de la pila de curado un día antes de las pruebas.
- Se ponen a secar sobre el sol durante un rato para que pierdan el agua superficial.

- Se mide el diámetro del molde en centímetros.
- Se calcula el área transversal y el volumen:

$$A = \frac{(\pi D^2)}{4} \text{ cm}^2$$

- Colocamos el concreto a la prensa hidráulica.
- Esperamos la resistencia a la que se agrieta el concreto, dándonos los siguientes resultados.

III. RESULTADOS

Analisis de Difraccion de Rayox X del Relave Minero

Se ha realizado los análisis por difracción de rayos X de la muestra de los relaves, determinándose la siguiente mineralogía:

Tabla N° 9: Resultados Análisis de Difracción de Rayos “X”

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
Caldeahydrate	CaAl ₂ O ₄ ·10H ₂ O	2.0
Fase no Identificada	-	25.6

Fuente: Elaboración Propia.

El análisis de difracción de rayos X, realizada a muestra llevada al laboratorio, indicó un alto contenido de sílice cuyos valores se encuentran en el rango de 50.03%, así como presencia de silicatos hidratados tal como, la Microlina Intermedio y la Phlogopite-2M1; todos éstos minerales, facilitan el posterior proceso de encapsulamiento de metales pesados.

Ensayo de pH del Relave Minero.

Se llevaron muestras de Relave minero y de cemento al laboratorio, la cual arrojó los siguientes resultados:

Tabla N° 10: ENSAYO DE LABORATORIO pH

Muestra	pH	Observación
Cemento	12.10	Extremadamente alcalino
Relave Minero	10.05	Extremadamente alcalino
Cemento + 50% Relave Minero	11.50	Extremadamente alcalino

Fuente: Elaboración Propia.

Cálculos de laboratorio para el diseño de mezclas de concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ usando relaves mineros.

Agregados. Se realizaron los ensayos correspondientes a la caracterización de agregado grueso y arena gruesa y las características físicas.

1. Contenido de Humedad

AGREGADO	GRUESO		FINO	
	23	50	17	27
RECIPIENTE				
1.- Peso de Recip. + Agregado Humedo	1350.50	1311.00	925.00	927.00
2.- Peso de Recip. + Agregado Seco	1342.20	1299.00	902.50	900.50
3.- Peso del Recipiente (gr)	166.70	168.80	164.70	166.60

Agregado Grueso

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:

$$\%W_P = \left(\frac{0.7+1.1}{2} \right) \qquad \%W_P = 0.90\%$$

Arena gruesa

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:

$$\%W_P = \left(\frac{3.0+3.6}{2} \right) \qquad \%W_P = 3.30\%$$

Resumen de Cálculos

RECIPIENTE	AGREGADO		GRUESO		FINO	
	23	50	17	27		
1.- Peso de Recip. + Agregado Humedo	1350.50	1311.00	925.00	927.00		
2.- Peso de Recip. + Agregado Seco	1342.20	1299.00	902.50	900.50		
3.- Peso del Recipiente (gr)	166.70	168.80	164.70	166.60		
4.- Peso del Agua (1) - (2)	8.30	12.00	22.50	26.5		
5.- Peso del Agregado Seco (2)- (3)	1175.50	1130.20	737.80	733.90		
6.- Humedad (2 /6)x 100%	0.7	1.1	3.0	3.6		
HUMEDAD PROMEDIO	0.9 %		3.3 %			

2. Análisis Granulométrico

Arena Gruesa

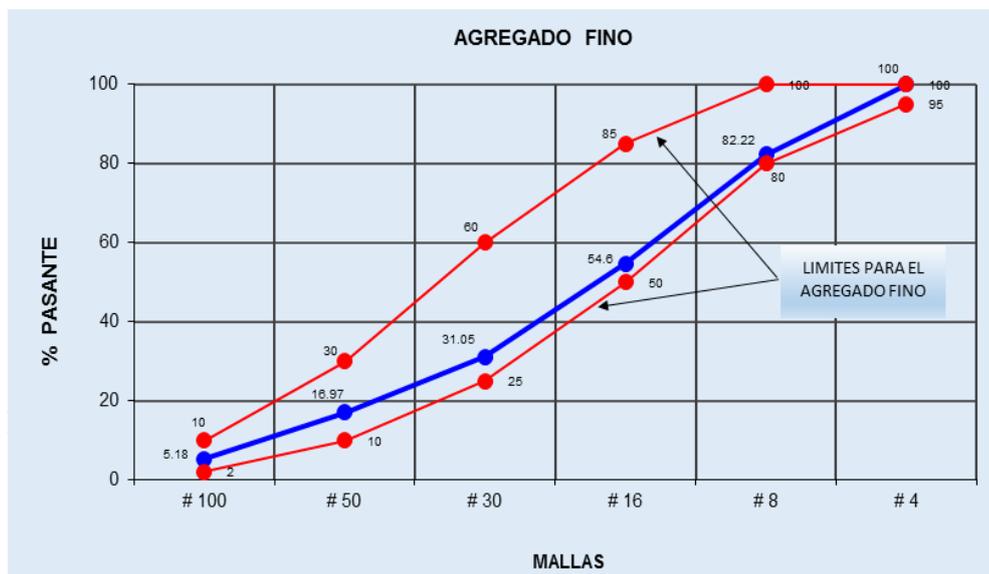
PESO INICIAL SECO : 2,531.00 grs

PESO LAVADO SECO : 2,450.50 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% 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			

MF = 3.1

Curva Granulométrica



Tamaño máximo en el tamiz #4

$$MF = (\sum \% \text{ retenido acumulado en tamices estándar})/100$$

$$MF = (309.98)/100 = 3.09 \approx 3.1$$

El rango del módulo de finura de la Arena Gruesa es de 2.3 a 3.1

Los resultados arrojan el MF = 3.1; la cual podemos decir que se trata de una arena gruesa.

Agregado Grueso

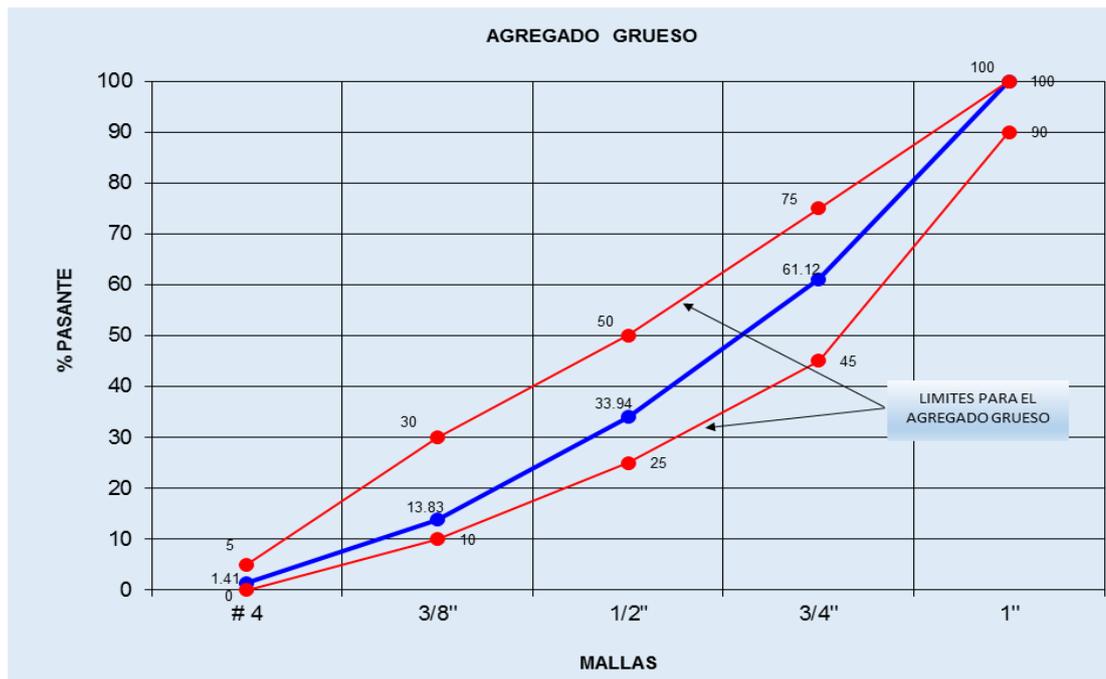
PESO INICIAL SECO : 2,531.00 grs

PESO LAVADO SECO : 2,450.50 grs

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido (grs)	% 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			

MF = 6.10

Curva Granulométrica



Modulo de finura Agregado Fino

MF = 6.10

Modulo de finura Grava

MF = 3.10

3. Gravedad Específica y Absorción

Datos de laboratorio:

AGREGADO GRUESO (gr/cm³)				
IDENTIFICACION		15	16	48
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	1119	981	888.5
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Agua)	697.3	612.3	553.5
C	Vol. de Masas/Vol. De Vacios (A-B)			
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	1109	973.1	880.32

AGREGADO FINO (gr/cm³)		
IDENTIFICACION		14
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	300.0
B	Peso Fraso + Agua	678.5
C	A+ B	
D	Peso del Mat. + Agua en el frasco	863.4
E	Vol de Masa + Vol. De Vacio = C - D	
F	Peso de Mat. Seco en estufa (105°C)	296.2

Cálculos Obtenidos:

AGREGADO GRUESO (gr/cm³)				
IDENTIFICACION		15	16	48
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	1119	981	888.5
B	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Agua)	697.3	612.3	553.5
C	Vol. de Masas/Vol. De Vacios (A-B)	421.7	368.7	335
D	Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	1109	973.1	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

AGREGADO FINO (gr/cm³)		
IDENTIFICACION		14
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (En Aire)	300.0
B	Peso Fraso + Agua	678.5
C	A+ B	978.5
D	Peso del Mat. + Agua en el frasco	863.4
E	Vol de Masa + Vol. De Vacio = C - D	115.1
F	Peso de Mat. Seco en estufa (105°C)	296.2
G	Vol. De Masa = E - (A - F)	-111.3
Pe Bulk (Base seca) = F/E		2.57
Pe Bulk (Base saturada) = A/E		2.61
Pe Aparente (Base seca) = F/G		-2.66
% de Absorcion = ((A-F)/F)x100		1.28

Resumen de Cálculos:

- Agregado Grueso

$$Pe = 2655.49 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{Abs.} = 0.88$$

- Arena Gruesa

$$Pe = 2606.43 \text{ kg/m}^3$$

$$\% \text{Abs.} = 1.28$$

4. Peso Unitario

Datos de Laboratorio:

Arena Gruesa:

TIPO DE PESO UNITARIO		SUELTO (kg/m ³)		
		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
5	PESO UNITARIO (3 / 4)			

$$P.U.S. = \frac{(\text{Peso de la arena(Suelta) + molde}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}}$$

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		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
5	PESO UNITARIO (3 / 4)			

Aplicando la siguiente formula obtenemos:

$$P.U.C. = \frac{(\text{Peso de la arena(Compactada)} + \text{molde}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}}$$

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

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

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

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

Agregado Grueso:

	TIPO DE PESO UNITARIO	SUELTO (kg/m ³)		
		M1	M2	M3
1	PESO MATERIAL + MOLDE (gr)	20675	20655	20655
2	PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333
3	PESO DEL MATERIAL (1 - 2)			
4	VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341

$$P.U.S. = \frac{(\text{Peso de la arena(Suelta) + molde}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}}$$

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		COMPACTADO (kg/m3)		
MUESTRA		M1	M2	M3
1	PESO MATERIAL + MOLDE (gr)	20880	20870	20890
2	PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333
3	PESO DEL MATERIAL (1 - 2)			
4	VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341

Aplicando la siguiente formula obtenemos:

$$P.U.C. = \frac{(\text{Peso de la arena(Compactada)} + \text{molde}) - \text{Peso del Molde}}{\text{Volumen del Molde}}$$

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

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

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

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

Resumen

AGREGADO GRUESO

TIPO DE PESO UNITARIO		SUELTO (kg/m ³)		
	MUESTRA	M1	M2	M3
1	PESO MATERIAL + MOLDE (gr)	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		

TIPO DE PESO UNITARIO		COMPACTADO (kg/m ³)		
	MUESTRA	M1	M2	M3
1	PESO MATERIAL + MOLDE (gr)	20880	20870	20890
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	1665
6	PESO UNITARIO PROMEDIO	1664		

AGREGADO FINO

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)	4459	4449	4444
4	VOLUMEN DEL MOLDE	2776	2776	2776
5	PESO UNITARIO (3 / 4)	1606	1603	1601
6	PESO UNITARIO PROMEDIO	1603		

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		

5. Diseño de Mezcla

METODO ACI

DATOS:

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

Especificaciones:

f'c: 175 Kg/cm³

Slump: 3" - 4"

	AGUA	CEMENTO
Peso Especifico (Kg/m ³)	1000	3100

Sin aire Incorporado

SOLUCION:

1) Cantidad de agua (Tabla I)

Agua = 193 Lt.
 Volumen Absoluto= 0.1930 m³

2) Determinacion del Volumen Absoluto del Cemento (Tabla II)

A/C= 0.75
 Cemento= 257.3333 m³
 Vol. Absoluto del Cemento= 0.0830 m³

3) Determinacion del Vol. Abs. del Agregado Grueso (Tabla IV)

Agregado Grueso= 0.71
 Vol. Abs. Agregado Grueso= 0.4442 m³

4) Determinación del Vol. Absoluto del Aire (Tabla I)

% de Aire Atrapado= 1.5
 Vol. Absoluto de Aire= 0.015 m³

5) Resumen de Volúmenes Absolutos

Agua= 0.1930 m³
 Cemento= 0.0830 m³
 Agregado Grueso= 0.4442 m³
 Aire= 0.0150 m³
 Σ= 0.7352 m³

6) Determinación del Vol. Absoluto de la Arena

Vol. Absoluto de Arena= 0.2648 m³

7) 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		2323.002788

8) Corrección de Agua por %W y %Abs.

◆ **Piedra en Estado Húmedo:**

Peso= 1192.073 Kg

◆ **Arena en Estado Húmedo:**

Peso= 714.040 Kg

◆ **Balance de agua en la Piedra:**

Balance= 0.0002

◆ **Balance de agua en la Arena:**

Balance= 0.0202

◆ **Contribución de Agua en la Piedra:**

Contribución= 0.238 Kg

◆ **Contribución de Agua en la Arena:**

Contribución= 14.424 Kg

♣ **Agua Final de la Mezcla:**

Agua Final= 178.338 Kg

9) Resúmenes Finales:

Agua= 178.3380 Kg
 Cemento= 257.3333 Kg
 Piedra= 1192.0730 Kg
 Arena= 714.0400 Kg
 Aire= 0.0000 Kg
 Σ = **2341.784 Kg**

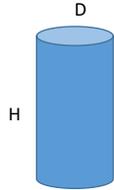
10) Proporciones en Peso:

Cemento	Arena	Piedra
1	2.77	4.63

Relacion A/C =

Una proporción en volumen (suelto) 1:2.77:4.63 significa que por cada volumen suelto de cemento se deben colocar 2.77 volúmenes sueltos de arena gruesa y 4.63 volúmenes sueltos de grava.

Por lo tanto: Hallamos el Volumen del cilindro



$$D = 6''$$

$$= 0.1524$$

$$H = 12''$$

$$= 0.3048$$

$$A = 0.0183$$

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

Tabla N° 11: Resultados de la Cantidad de Materiales

EDAD: 7 DIAS

Patron	M1	M2	M3
Agua=	0.7671	0.7671	0.7671
Cemento=	2.2849	2.2849	2.2849
Piedra=	8.1968	8.1968	8.1968
Arena=	4.5419	4.5419	4.5419
Σ	15.7907	15.7907	15.7907

EDAD: 14 DIAS

Patron	M1	M2	M3
Agua=	0.7671	0.7671	0.7671
Cemento=	2.2849	2.2849	2.2849
Piedra=	8.1968	8.1968	8.1968
Arena=	4.5419	4.5419	4.5419
Σ	15.7907	15.7907	15.7907

EDAD: 28 DIAS

Patron	M1	M2	M3
Agua=	0.7671	0.7671	0.7671
Cemento=	2.2849	2.2849	2.2849
Piedra=	8.1968	8.1968	8.1968
Arena=	4.5419	4.5419	4.5419
Σ	15.7907	15.7907	15.7907

EDAD: 7 DIAS

Experimental al 50%	M1	M2	M3
Agua=	0.7671	0.7671	0.7671
Cemento=	1.1425	1.1425	1.1425
Relave Minero	1.1425	1.1425	1.1425
Piedra=	8.1968	8.1968	8.1968
Arena=	4.5419	4.5419	4.5419
Σ	15.7907	15.7907	15.7907

EDAD: 14 DIAS

Experimental al 50%	M1	M2	M3
Agua=	0.7671	0.7671	0.7671
Cemento=	1.1425	1.1425	1.1425
Relave Minero	1.1425	1.1425	1.1425
Piedra=	8.1968	8.1968	8.1968
Arena=	4.5419	4.5419	4.5419
Σ	15.7907	15.7907	15.7907

EDAD: 28 DIAS

Experimental al 50%	M1	M2	M3
Agua=	0.7671	0.7671	0.7671
Cemento=	1.1425	1.1425	1.1425
Relave Minero	1.1425	1.1425	1.1425
Piedra=	8.1968	8.1968	8.1968
Arena=	4.5419	4.5419	4.5419
Σ	15.7907	15.7907	15.7907

Resultados de la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado.

Ensayo de compresión:

Respecto al ensayo de compresión, éste se encuentra normado por la ASTM C39. La correcta elaboración y curado de los testigos se encuentra normada por la ASTM C31C31M.

A. Ejecución de Ensayos a Compresión

Respecto al ensayo de compresión, éste se encuentra normado por la ASTM C39. La correcta elaboración y curado de los testigos se encuentra normada por la ASTM C31C31M. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N° 12: Resistencia a la compresión a los 7 días en porcentajes de 50%

DIAS	% RM	M	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	PROM. (σ) (kg/cm ²)	PROM. (%)
7 DIAS	Patron	1	31420	15.5	188.75	166.47	169.81	97.03
		2	32160	15.5	188.75	170.39		
		3	31740	15.3	183.91	172.59		
	50	1	7230	15.3	183.91	39.31	39.97	22.84
		2	7640	15.4	186.32	41.01		
		3	7280	15.3	183.91	39.59		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa el gráfico de barras a los 7 días de edad del concreto, en ningún de los porcentajes de sustitución del cemento por relave minero pasa la resistencia de la muestra patrón teniendo un resultado de $f'c = 22.84 \text{ kg/cm}^2$.



Grafico comparativo de la Resistencia a los 7 días de curado.

**Tabla N° 13: Resistencia a la compresión
a los 14 días en porcentajes de 50%**

DIAS	% RM	M	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	PROM. (σ) (kg/cm ²)	PROM. (%)
14 DIAS	0	1	30460	15.4	186.32	163.48	168.58	96.33
		2	30420	15.3	183.91	165.41		
		3	33380	15.5	188.75	176.85		
	50	1	8458	15.4	186.32	45.40	45.35	25.91
		2	8750	15.3	183.91	47.58		
		3	8130	15.5	188.75	43.07		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa el gráfico de barras a los 14 días de edad del concreto, en ningún de los porcentajes de sustitución del cemento por relave minero al 50% pasa la resistencia de la muestra patrón teniendo un resultado de $f'c = 25.91 \text{ kg/cm}^2$.

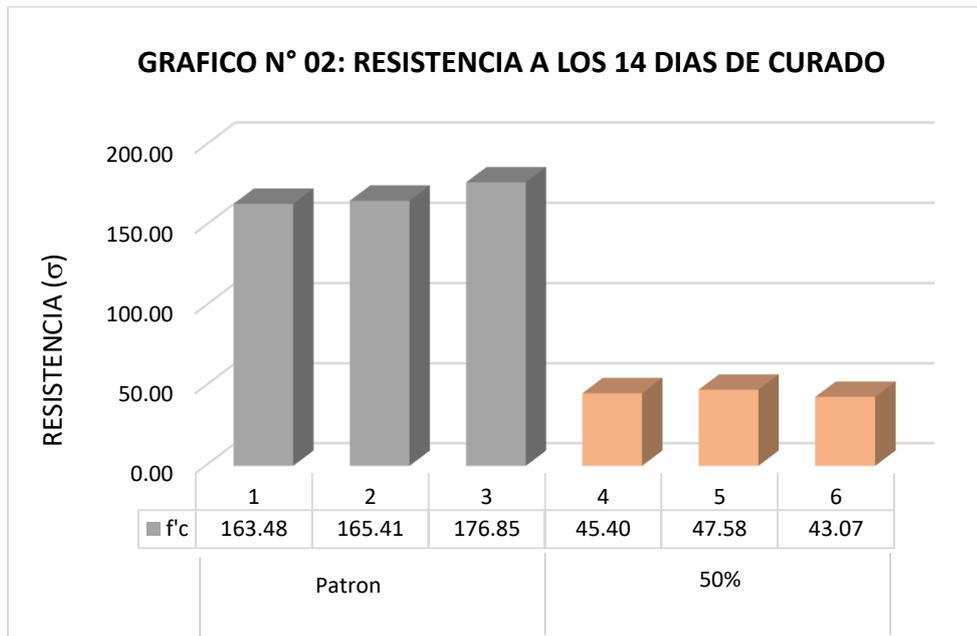


Grafico comparativo de la Resistencia a los 14 días de curado.

**Tabla N° 14: Resistencia a la compresión
a los 28 días en porcentajes de 50%**

DIAS	% RM	M.	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	PROM. (σ) (kg/cm ²)	PROM. (%)
28 DIAS	0	1	31050	15.3	183.91	168.84	169.61	96.92
		2	31190	15.3	183.91	169.60		
		3	32160	15.5	188.75	170.39		
	50	1	9870	15.5	188.75	52.29	51.06	29.18
		2	9930	15.4	186.32	53.30		
		3	8750	15.3	183.91	47.58		

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa el gráfico de barras a los 28 días de edad del concreto, en ningún de los porcentajes de sustitución del cemento por relave minero al 50% pasa la resistencia de la muestra patrón teniendo un resultado de $f'c = 51.06 \text{ kg/cm}^2$.

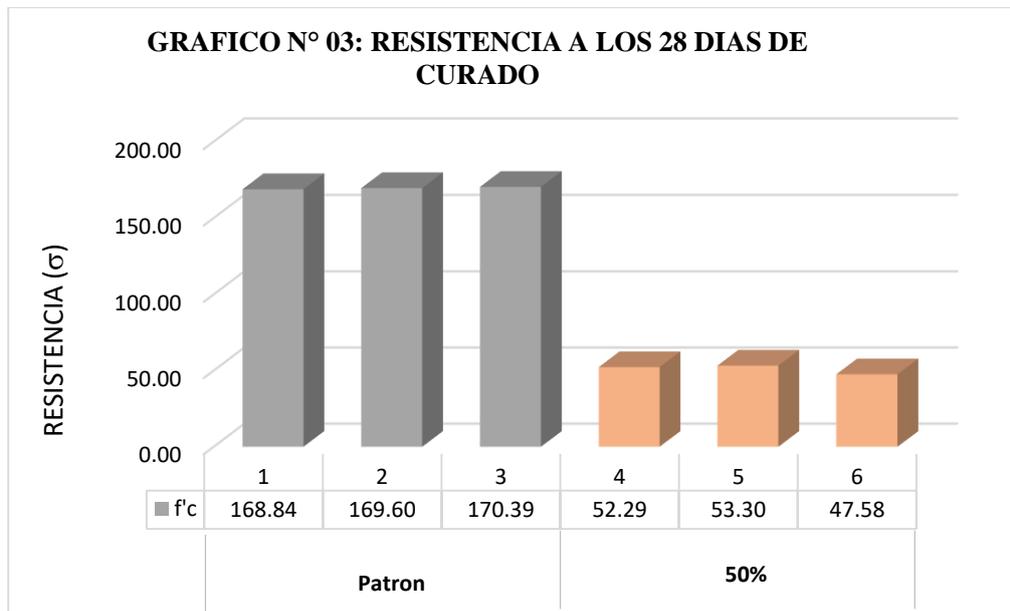


Grafico comparativo de la Resistencia a los 28 días de curado.

Tabla N° 15: Comparativo de la resistencia promedio de las muestras, para $f'c= 175 \text{ kg/ cm}^2$

DIAS	% RM	M	FUERZA (kg)	D (cm)	AREA (cm ²)	f'c (kg/cm ²)	PROM. (σ) (kg/cm ²)	PROM. (%)
7 DIAS	0	1	31420	15.5	188.75	166.47	169.81	97.03
		2	32160	15.5	188.75	170.39		
		3	31740	15.3	183.91	172.59		
	50	1	7230	15.3	183.91	39.31	39.97	22.84
		2	7640	15.4	186.32	41.01		
		3	7280	15.3	183.91	39.59		
14 DIAS	0	1	30460	15.4	186.32	163.48	168.58	96.33
		2	30420	15.3	183.91	165.41		
		3	33380	15.5	188.75	176.85		
	50	1	8458	15.4	186.32	45.40	45.35	25.91
		2	8750	15.3	183.91	47.58		
		3	8130	15.5	188.75	43.07		
28 DIAS	0	1	31050	15.3	183.91	168.84	169.61	96.92
		2	31190	15.3	183.91	169.60		
		3	32160	15.5	188.75	170.39		
	50	1	9870	15.5	188.75	52.29	51.06	29.18
		2	9930	15.4	186.32	53.30		
		3	8750	15.3	183.91	47.58		

Fuente: Elaboración propia

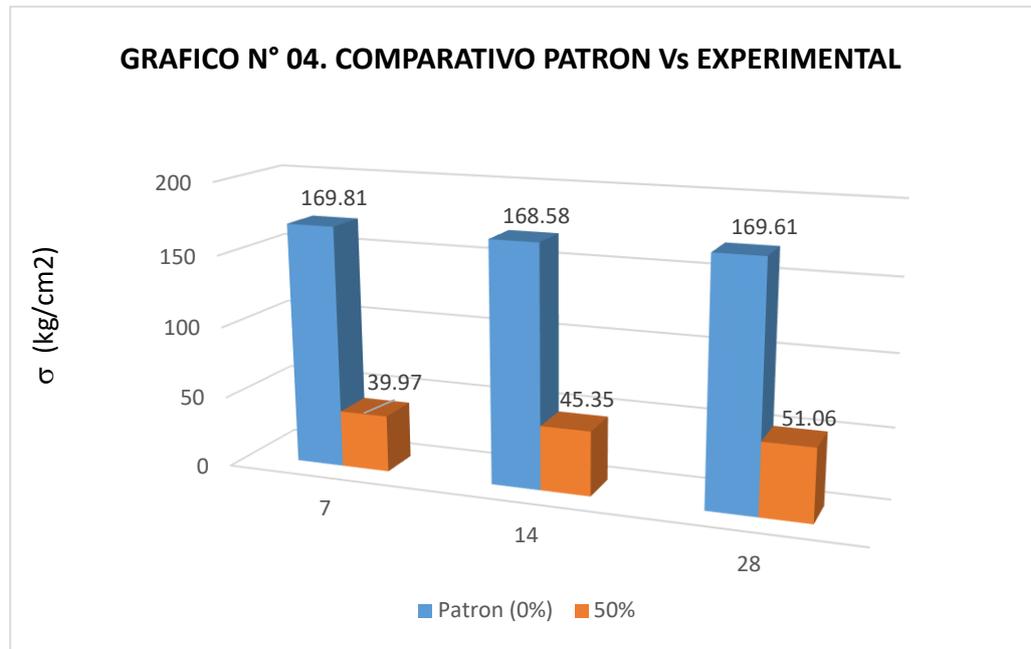


Grafico comparativo de la Resistencia de la muestra patrón y experimental.

Interpretación

En la comparación de resistencias de las probetas patrón y los experimentales se observa una diferencia significativa, se reporta que las probetas patrón son las que tienen el valor más alto de 169.81 kg/cm² (97.03%), con respecto las probetas experimentales la cual se obtuvo una resistencia de 51.06 kg/cm² (29.18%) como máximo. Los resultados obtenidos en esta tesis muestran que la resistencia a la compresión de las probetas experimentales se ve reducida al sustituir el cemento por relave minero en un 50%.

Prueba de Hipótesis:

Prueba de hipótesis pruebas de 7 días

1. Formulación de la Hipótesis

H_0 : Las resistencias mecánicas de 0% y 50% de relave minero con prueba en 7 días son iguales $u_D = 0$.

H_1 : Las resistencias mecánicas de 0% de relave minero con prueba en 7 días es mayor a la resistencia mecánica de 50% de relave minero $u_D > 0$.

2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

3. Estadística de la Prueba

$$t = \frac{\bar{D}}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \rightarrow t_{n-1}$$

4. Criterios de Decisión

Región de aceptación (R. A.) si $t_k \leq t_{1-\alpha, n-1}$, se acepta H_0

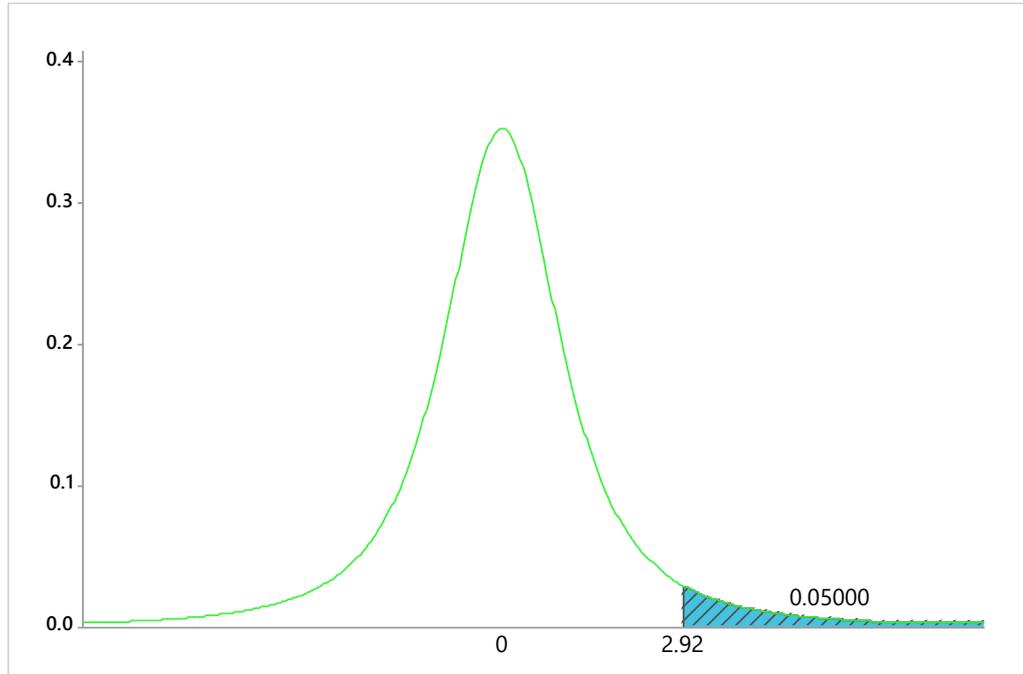
Región de rechazo (R. R.) si $t_k > t_{1-\alpha, n-1}$, se rechaza H_0

$$t_{1-\alpha, n-1} = t_{1-0.05, 3-1} = t_{0.95, 2} = 2.92$$

Remplazando valores determinados tendremos:

Región de aceptación (R. A.) si $t_k \leq 2.92$, se acepta H_0

Región de rechazo (R. R.) si $t_k > 2.92$, se rechaza H_0



5. Cálculos

RESULTADOS DE LABORATORIO PARA 7 DÍAS			
% RM	$f'c$ (kg/cm²) en las muestras		
	1	2	3
0	166.47	170.39	172.59
50	39.31	41.01	39.59
Diferencia(D)	127.15	129.38	133.00
Promedio (\bar{D})	129.85		
Desviación estándar (S_D)	2.95		

$$t_k = \frac{129.85}{\frac{2.85}{\sqrt{3}}} = 78.91$$

6. Decisión

$t_k = 78.71 \in R. R.$ y se rechaza H_o por tanto existe evidencia estadística al 95% de confianza que la resistencia mecánica con 50% de relave minero es menor a 0% de relave minero en pruebas de 7 días.

Prueba de hipótesis pruebas de 14 días

1. Formulación de la hipótesis

H_o : Las resistencias mecánicas de 0% y 50% de relave minero con prueba en 14 días son iguales $u_D = 0$.

H_1 : Las resistencias mecánicas de 0% de relave minero con prueba en 14 días es mayor a la resistencia mecánica de 50% de relave minero $u_D > 0$.

2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

3. Estadística de la prueba

$$t = \frac{\bar{D}}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \rightarrow t_{n-1}$$

4. Criterios de decisión

Región de aceptación (R. A.) si $t_k \leq t_{1-\alpha, n-1}$, se acepta H_o

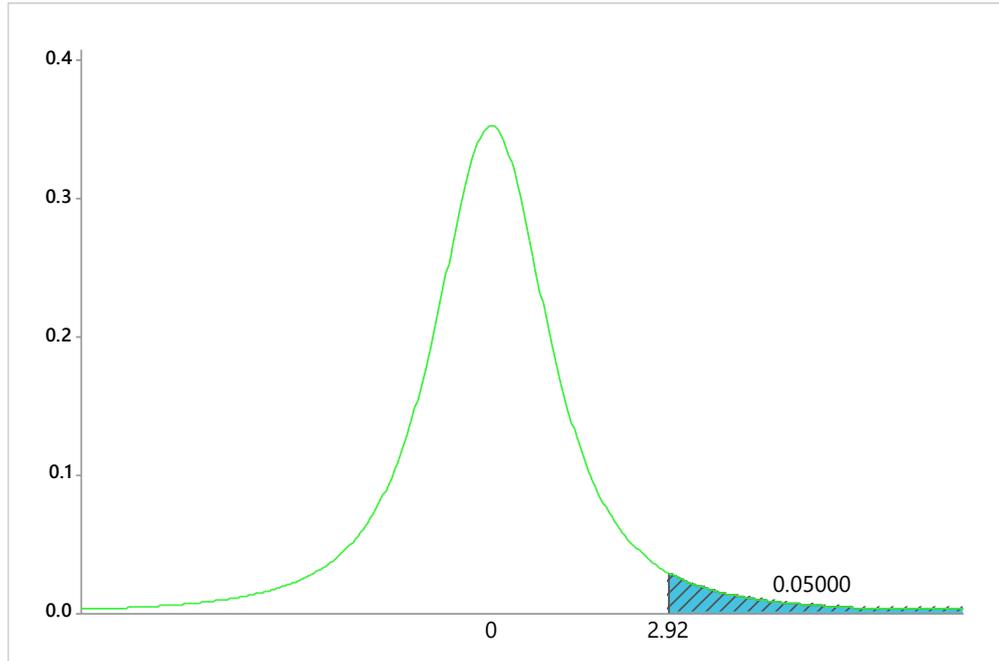
Región de rechazo (R. R.) si $t_k > t_{1-\alpha, n-1}$, se rechaza H_o

$$t_{1-\alpha, n-1} = t_{1-0.05, 3-1} = t_{0.95, 2} = 2.92$$

Remplazando valores determinados tendremos:

Región de aceptación (R. A.) si $t_k \leq 2.92$, se acepta H_o

Región de rechazo (R. R.) si $t_k > 2.92$, se rechaza H_o



5. Cálculos

Resultados de laboratorio para 14 días			
% RM	$f'c$ (kg/cm ²) en las muestras		
	1	2	3
0	163.48	165.41	176.85
50	45.40	47.58	43.07
Diferencia(D)	118.09	117.83	133.78
Promedio(\bar{D})	123.23		
Desviación estándar(S_D)	9.13		

$$t_k = \frac{123.23}{\frac{9.13}{\sqrt{3}}} = 23.38$$

6. Decisión

$t_k = 23.38 \in R.R.$ y se rechaza H_0 por tanto existe evidencia estadística al 95% de confianza que la resistencia mecánica con 50% de relave minero es menor a 0% de relave minero en pruebas de 14 días.

Prueba de hipótesis a los 28 días

1. Formulación de la hipótesis

H_0 : Las resistencias mecánicas de 0% y 50% de relave minero con prueba en 7 días son iguales $u_D = 0$.

H_1 : Las resistencias mecánicas de 0% de relave minero con prueba en 7 días es mayor a la resistencia mecánica de 50% de relave minero $u_D > 0$.

2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0,05$$

3. Estadística de la prueba

$$t = \frac{\bar{D}}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \rightarrow t_{n-1}$$

4. Criterios de decisión

Región de aceptación (R. A.) si $t_k \leq t_{1-\alpha, n-1}$, se acepta H_0

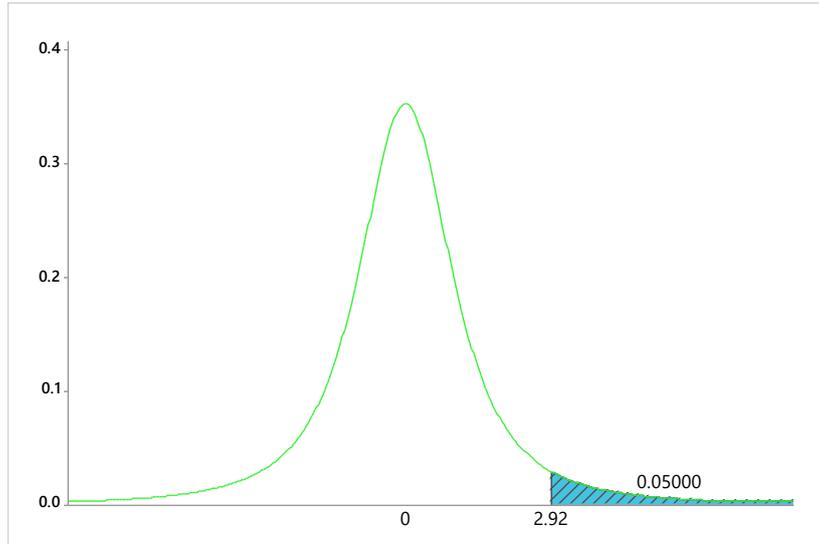
Región de rechazo (R. R.) si $t_k > t_{1-\alpha, n-1}$, se rechaza H_0

$$t_{1-\alpha, n-1} = t_{1-0.05, 3-1} = t_{0.95, 2} = 2.92$$

Remplazando valores determinados tendremos:

Región de aceptación (R. A.) si $t_k \leq 2.92$, se acepta H_0

Región de rechazo (R. R.) si $t_k > 2.92$, se rechaza H_0



5. Cálculos

RESULTADOS DE LABORATORIO PARA 28 DÍAS			
% RM	f'c (kg/cm2) en las muestras		
	1	2	3
0	168.84	169.60	170.39
50	52.29	53.30	47.58
Diferencia(D)	116.54	116.30	122.81
Promedio(\bar{D})	118.55		
Desviación estándar(S_D)	3.69		

$$t_k = \frac{118.55}{\frac{3.69}{\sqrt{3}}} = 55.65$$

6. Decisión

$t_k = 55.65 \in R.R.$ y se rechaza H_0 por tanto existe evidencia estadística al 95% de confianza que la resistencia mecánica con 50% de relave minero es menor a 0% de relave minero en pruebas de 28 días.

IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

El propósito fundamental de esta investigación es determinar la resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con la sustitución del cemento por relave minero, considerando los factores de tamaño y porcentaje del relave minero en la dosificación del concreto. Para el cumplimiento de este propósito se elaboraron 18 unidades de probetas: 9 unidades de probeta patrón, 9 unidades de probetas con 50% de relave minero. En base a ello se planteó la hipótesis estadística en las que se desarrolla esta investigación.

Análisis de Resultados

- **Análisis de Difracción del relave minero**

Al realizar el análisis del relave minero, difracción de rayos “X” de la muestra de los relaves, determinándose la siguiente mineralogía:

Tabla N° 16: Tipos de minerales encontrados en el 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
Caldeahydrate	CaAl ₂ O ₄ ·10H ₂ O	2.0
Fase no Identificada	-	25.6

Fuente: Elaboración propia

El análisis de difracción de rayos X, realizada a muestra llevada al laboratorio, indicó un alto contenido de sílice cuyos valores se encuentran en el rango de 50.03%, así como presencia de silicatos hidratados tal como, la Microlina

Intermedio y la Phlogopite-2M1; todos éstos minerales, facilitan el posterior proceso de encapsulamiento de metales pesados.

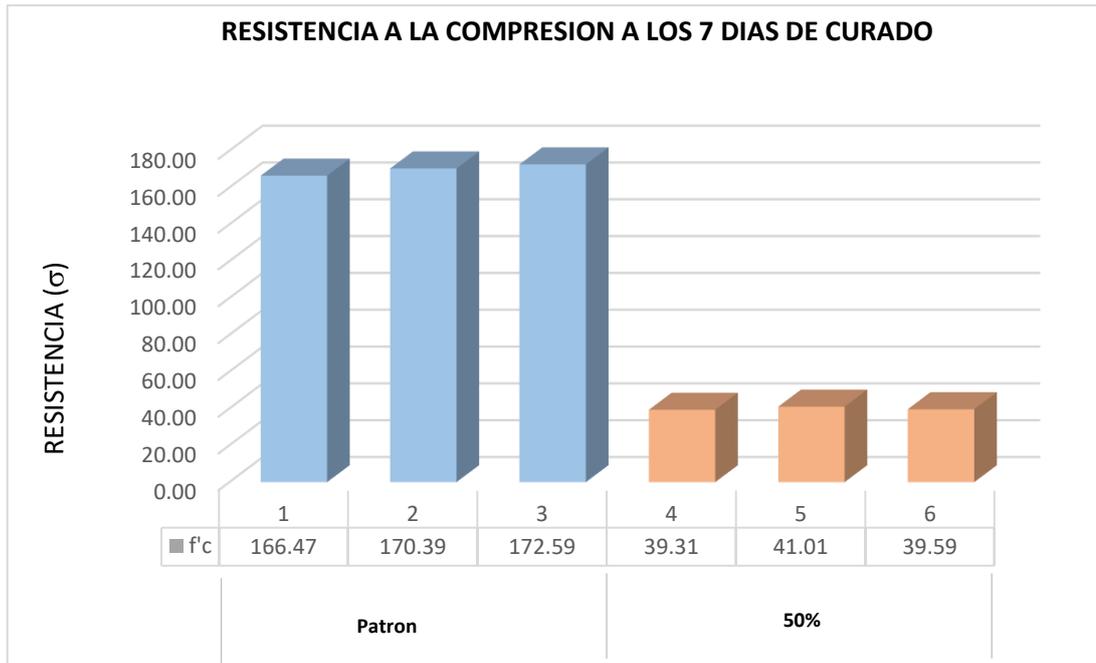
- **Análisis de las Pruebas de Resistencia a la Compresión de probetas con relave minero**

La resistencia es medida a los 7, 14 y 28 días, teniendo estas que cumplir los valores mínimos. Para determina la resistencia a la compresión, se realiza el ensayo de compresión de acuerdo a ASTM C39 “Método estándar de prueba de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto”. En la comparación de resistencias de las probetas patrón y experimentales se observa una diferencia significativa, las probetas patrón son las tienen el valor promedio más alto de 169.81 kg/cm² a los 7 días de curado y como mínimo se reporta una resistencia de 168.58 kg/cm² a los 14 días de curado; con respecto a las probetas con la sustitución del cemento por relave minero en un 50% son las que reportan una resistencia de valor promedio más bajo de 51.06 kg/cm² a los 28 días de curado y como mínimo se reporta una resistencia de 39.97 kg/cm² a los 7 días de curado.

Según la norma ASTM C31 formula procedimientos para las pruebas de curado en campo; propiamente dicho se basa en la colocación de las almohadillas en el espécimen. Antes de colocarlas se debe verificar que no tengan grietas o desgastes considerables. Se coloca el retenedor de almohadilla sobre la misma ya colocada en el cilindro. Se debe verificar que el cilindro esté alineado en el eje central con la almohadilla, el retenedor y la cabeza de carga de la máquina de ensayo. Se realiza el ensayo de compresión según lo establecido en ASTM C39.

Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 7 días de curado.

El experimento se desarrolló con un factor de proporciones con 3 niveles, proporcionando 6 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, realizándose seis pruebas a compresión.



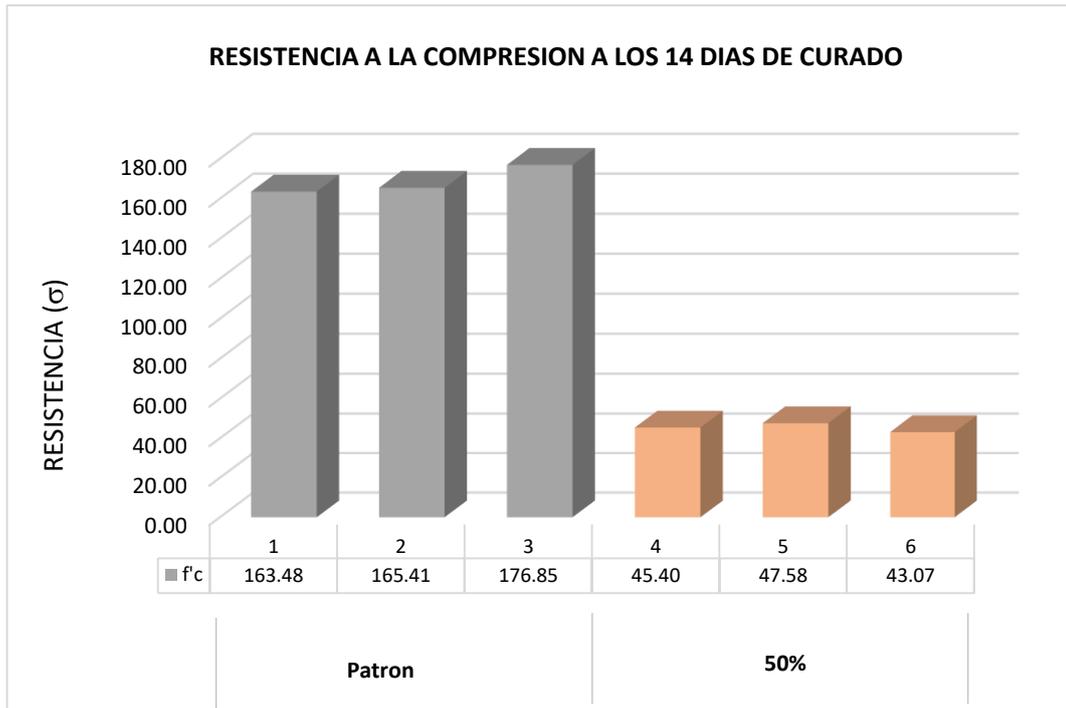
Comparativo a la compresión de la muestra patrón vs porcentaje de relave minero

Interpretación.

En el gráfico N° 01, se pueden observar que se obtuvieron los valores más altos en los tratamientos de las muestras patrón en las diferentes concentraciones, presentando los valores más bajos el tratamiento con una sustitución en peso de volumen del cemento por relave minero en un 50%, presentando valores desde 39.31 hasta 41.01 kg/cm² de resistencia.

Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 14 días de curado.

El experimento se desarrolló con un factor de proporciones con 3 niveles, proporcionando 6 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, realizándose seis pruebas a compresión.



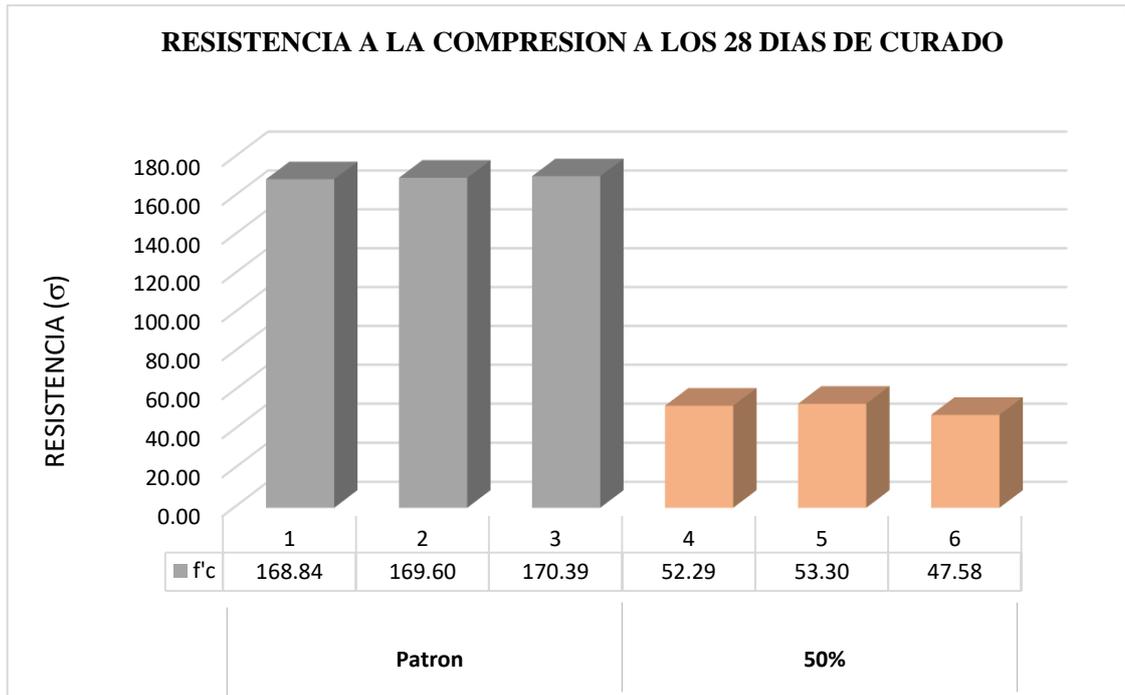
Comparativo a la compresión de la muestra patrón vs porcentaje de relave minero

Interpretación.

En el gráfico N° 02, se pueden observar que se obtuvieron los valores más altos en los tratamientos de las muestras patrón en las diferentes concentraciones, presentando los valores más bajos el tratamiento con una sustitución en peso de volumen del cemento por relave minero en un 50%, presentando valores desde 43.07 hasta 47.58 kg/cm² de resistencia.

Análisis descriptivo de la resistencia a la compresión a los 28 días de curado.

El experimento se desarrolló con un factor de proporciones con 3 niveles, proporcionando 6 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, realizándose seis pruebas a compresión.



Comparativo a la compresión de la muestra patrón vs porcentaje de relave minero

Interpretación.

En el gráfico N° 03, se pueden observar que se obtuvieron los valores más altos en los tratamientos de las muestras patrón en las diferentes concentraciones, presentando los valores más bajos el tratamiento con sustitución en peso de volumen del cemento por relave minero en un 50%, presentando valores desde 47.58 hasta 53.30 kg/cm² de resistencia.

- **Análisis de varianza ANOVA, identificación de cumplimiento de supuestos:**

Los resultados de resistencia a compresión fueron realizados con el programa estadístico SPSS versión 22 para Windows. mediante pruebas de análisis de varianza e intervalos de mínima significancia a un nivel del 5%. Se utilizó un arreglo factorial 3x3, dando un total de 3 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 9 unidades experimentales; el modelo empleado para cada uno de los ensayos fue:

Procesamiento de Resultados

Anova con SPSS 22

El análisis se desarrolló con el ingreso de datos al programa SPSS, el mismo que devolvió los siguientes resultados mostrados en el cuadro descrito a continuación, en donde se muestra el análisis de varianza ANOVA. Indicando que al sustituir el 50% de cemento por relave minero, así como la interacción de ambas son significativas al 5% ($P < 0.05$)

RESULTADOS DE LABORATORIO PARA 28 DÍAS			
% RM	f'c (kg/cm2) en las muestras		
	1	2	3
0	168.84	169.60	170.39
50	52.29	53.30	47.58
Diferencia(D)	116.54	116.30	122.81
Promedio(\bar{D})	118.55		
Desviación estándar(S_D)	3.69		

$$t_k = \frac{118.55}{\frac{3.69}{\sqrt{3}}} = 55.65$$

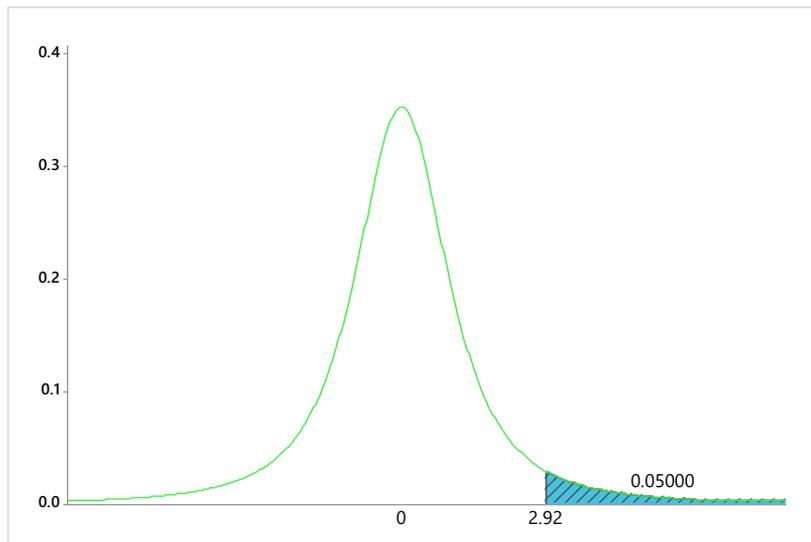
Decisión

$t_k = 55.65 \in R. R.$ y se rechaza H_o por tanto existe evidencia estadística al 95% de confianza que la resistencia mecánica con 50% de relave minero es menor a 0% de relave minero en pruebas de 28 días.

Supuesto de Normalidad

La prueba de normalidad KS, indica que se cumple el supuesto de normalidad (estadísticos entre 0.292, 0.188, 0.281 y 0.267; gl:12; $p > 0.05$), el cual indica que se cumplen los supuestos.

Supuesto de normalidad, para probetas con relave minero



Supuesto de Independencia de las Observaciones

Se cumple el supuesto de independencia de observaciones por la configuración de factores y sus respectivos niveles.

Supuesto de Equivalencia de Grupos

La equivalencia de grupos queda verificada en el cuadro N° 06 con 9 muestras cada uno.

- **Análisis de ensayo de pH del relave minero.**

La medición del pH del relave minero y de cemento al laboratorio, la cual arrojó los siguientes resultados.

Tabla N° 17: Cuadro de resultados de laboratorio

Muestra	pH	Observación
Cemento	12.10	Extremadamente alcalino
Relave Minero	10.05	Extremadamente alcalino
Cemento + 50% Relave Minero	11.50	Extremadamente alcalino

Discusión de los Resultados

En esta investigación, según la NTP 334.045. CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la finura del cemento Portland por el tamiz de 45 μm (malla #200), se puede decir que existe una relación satisfactoria de sus componentes (piedra caliza, arcilla y mineral de hierro), lo que muestra que el cemento encuentra dentro de los márgenes que dictamina la NTP 334.045. Por lo cual al elaborar probetas de concreto se puede determinar la resistencia sea bueno y de fácil tratamiento en obra. El hecho de que los resultados obtenidos a la finura del relave norma ASTM (Ver tabla N° 01) no existen diferencias significativas, entonces indica que el relave minero está apto para ser utilizado como componente de sustitución al cemento.

Si bien es cierto que existe una diferencia entre el valor obtenido de resistencia a la compresión del relave minero con la muestra patrón ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$) y valor mínimo del intervalo que nos proporciona la norma CE 010. Pavimentos urbanos; para obras de construcción como: pavimentos de tránsito liviano, canales, etc; se procedió a utilizar el relave minero de la Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas, Región Ancash; en el experimento. Ya que dicha diferencia del relave minero se puede dar por diferentes variables como: días de curación, zona donde son desechadas, características físicas y químicas entre otros.

El resultado alcanzado en la compresión de las probetas en principio cumple con lo recomendado por la norma ASTM-C31. Procedimientos necesarios para el preparado y curado de probetas de concreto, el cual requiere como valor mínimo de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, se obtuvo resultados para probetas patrón una resistencia de 169.81 kg/cm^2 y para probetas experimentales se obtuvo una resistencia de 39.97 kg/cm^2

significativamente para los 7 días de curado; el valor experimental llegó a un porcentaje de 22.84% de las piezas ensayadas por tipo de dosificación; la probeta experimental a los 14 días de curado se obtuvo una resistencia de 45.35 kg/cm² así como la probeta a los 28 días de curado se obtuvo una resistencia de 51.06 kg/cm².; estos resultados obtenidos para la investigación muestran que las resistencias a la compresión van en incremento por tiempo de curado; pero sin embargo no superan ni se igualan a las probetas patrón.

De los resultados obtenidos de la prueba de compresión para probetas experimentales, se registra que se alcanzó una resistencia promedio la cual no supera lo establecido del 75% en los primeros 7 días, así mismo podemos apreciar que los resultados registrados a los 14 y 28 días incrementó la resistencia, pero no superan el 85% y 100% de lo establecido respectivamente. En conclusión, no se obtuvieron buenos resultados de probetas con sustitución al 50% por relave minero en compararon con las probetas patrón.

Los datos representados en el ítem 3.6. prueba de hipótesis demuestran una distribución normal, que a simple vista hacen ver una ligera dispersión, pero el valor $p > 0.05$ nos garantiza el cumplimiento de la normalidad esto se debe al cumplimiento del mínimo de muestras requeridas para dicho análisis.

En el comparativo del ANOVA por diferentes herramientas, hace ver que no existe una diferencia significativa, reafirmando de este modo que se rechaza la hipótesis nula por tanto existe evidencia estadística al 95% de confianza que la resistencia mecánica con 50% de relave minero es menor a 0% en pruebas de 28 días de curado.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- **En relación al primer objetivo específico**, “Determinar el análisis de Difracción de Rayos X del Relave Minero”, el presente trabajo ofrece resultados del relave minero que contienen los siguientes minerales:

- Cuarzo (SiO_2)	= 50.03%
- Calcita (CaCO_3)	= 0.4%
- Microlina Intermedia ($\text{KA1Si}_3\text{O}_8$)	= 8.6
- Phlogopite-2M1 (Tipo de mica) ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al}) \text{O}_{10}(\text{OH})_2$)	= 0.4%
- Pirita (FeS_2)	= 1.8
- Brushita ($\text{CaPO}_3(\text{OH})_2\text{H}_2\text{O}$)	= 0.9%
- Caldecahydrite ($\text{CaAl}_2\text{O}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	= 2.0%
- Fase no identificada	= 25.6%.

- **En relación al segundo objetivo específico**, “Determinar el pH del Relave Minero”, se puede concluir que el pH del relave minero se obtuvo un 10.05 la cual se especifica que es extremadamente alcalino.
- **En relación al tercer objetivo específico**, “Determinar el diseño de mezclas para la elaboración de muestras estándar y experimental”, se concluye que la dosificación para los tiempos de curado (7, 14 y 28 días) para probetas patrón y experimental es 1:2.77:4.63 esto significa que por cada volumen suelto de cemento se deben colocar 2.77 volúmenes sueltos de arena gruesa y 4.63 volúmenes sueltos de agregado grueso.
- **En relación al cuarto objetivo específico**, “Determinar y comparar la resistencia a la compresión de muestra patrón y experimental, a los 7, 14, 28 días de curado”, se concluye que la capacidad de resistencia a la compresión de probetas experimentales; observando así una reducción de la resistencia a los 28 días de curado en un 51.06 kg/cm² con respecto a la probeta patrón. Entonces los factores de porcentaje de relave minero presentan un efecto significativo en la reducción de la resistencia a la compresion.

Recomendaciones.

Este proyecto de tesis cumplió con los objetivos de acuerdo al alcance establecido, sin embargo, sería interesante profundizar en algunos temas, que son:

- Disminución de dosificaciones, frente a la mejora de la resistencia que radica en la probeta con relave minero con porcentajes diferentes, se sugiere continuar los esfuerzos para involucrar dosificaciones distintas, para examinar el impacto del relave minero en la resistencia de probetas; de tal manera estas sean reutilizados y aplicadas en pavimentos de poco tránsito, canales de riego, asentado de ladrillo, etc.
- El método de curado, es recomendable hacer uso de agua potable para garantizar la máxima resistencia del concreto. Las medidas de curado se deben poner en práctica tan pronto como el concreto esté en riesgo de secarse prematuramente y cuando dicho secado deteriore el concreto o impida el desarrollo de las propiedades requeridas.
- La reutilización del relave minero para elaboración de estructuras de baja resistencia debido a que cuentan con características físicas que se asemejen al cemento y como también un pH alcalino se logrará mezclas más aglomerantes.
- Investigar aditivos que puedan disminuir la cantidad de reactivos químicos que presenta el relave minero, mejorar la resistencia a la compresión; de tal manera que este material sean reaprovechados en obras civiles y así mismo se estaría contribuyendo con el medio ambiente.

VI. DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y estar siempre conmigo, guiándome en mí camino.

Mi tesis va dedicada con mucho cariño y amor a mis queridos hijos: Franz y Katherine, por su amor incondicional, por llenar mi vida con su valiosa existencia.

Dedicado con todo mi cariño para mi querida madre; quien ha puesto toda su confianza para lograr un objetivo más en mi vida.

VII. AGRADECIMIENTO

Agradecer a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser; gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menor. Les agradezco, y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia.

Agradezco a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad San Pedro, por acogernos durante todo el periodo de estudios y por los conocimientos adquiridos a través de las enseñanzas de ilustres profesionales de esta Facultad, por la confianza, así como 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 nos brindó su apoyo y proporcionó información y autorización de la toma de muestra del relave minero para la realización de nuestra tesis, y al personal trabajador de las Plantas por el tiempo, amistad y apoyo para la recolección de muestras.

A todos los Amigos y familiares agradecerles su amistad, consejos, apoyo y ánimo. Algunas están aquí con nosotros y otras en nuestros recuerdos, sin importar en donde estén.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

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

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

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 C 78. *Determinación del Esfuerzo a la Flexión del Concreto*.

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

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.

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).

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).

Muciño 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.

ANEXOS

ANEXO N° 01

CARTA Y RESOLUCION DE APROBACION DEL PLAN DE TESIS

ANEXO N° 02

BOLETAS DE PAGO PARA EL USO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - USP

	Universidad San Pedro Av. José Pardo N° 194 - Centro Cercado - Chimbote - Santa - Ancash Campus Universitario: Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote Telfs.: 043-341973 / 043-342809 Anexo 26 / 043-320973 http://www.usanpedro.edu.pe	R.U.C. N° 20147265272 BOLETA DE VENTA 0119- N° 004042
Nombre:	Mercedes Fernandez Anaya	
Dirección:	Nicrupampa Mz 06 Lt. 2	
Doc. Identidad:	40739675	Fecha: 18 / 07 / 2016
Modalidad:	Ciclo:	Cuota % Mora Semest. Categoría
CANTIDAD	DESCRIPCION	IMPORTE
	Servicios prestados en la of. mecanica de suelos (Tesis guiada)	205.00
		7
CONSORCIO PAPELERO CHIMBOTE S.A.C. R.U.C. N° 20445709396 - Telf. 324088 Jr. Manuel Villavicencio N° 255 - 2° Piso Aut. 0061089141 - F.I. 20-08-2015 Serie 0119 - del 4,001 al 5,000		CANCELADO TOTAL S/ 205.00 USUARIO
p. U.S.P.		

ANEXO N° 03

Ensayos de Laboratorio - Agregado

ANEXO N° 04
Ensayos de Laboratorio –
pH del Concreto

ANEXO N° 05

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. Fernandez Anaya, Mercedes del Rosario/ e-mail: mmosario.fic@outlook.es

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* ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), *Pyrite* (FeS_2) *Brushite* ($\text{CaPO}_3(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), *Caldecahydrite* ($\text{CaAl}_2\text{O}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), 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> ($\text{KMg}_3(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$)	0.4
	<i>Pyrite</i> (FeS_2)	11.8
	<i>Brushite</i> ($\text{CaPO}_3(\text{OH}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),	0.9
	<i>Caldecahydrite</i> ($\text{CaAl}_2\text{O}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)	2.0
	<i>Fase no identificada</i>	25.6

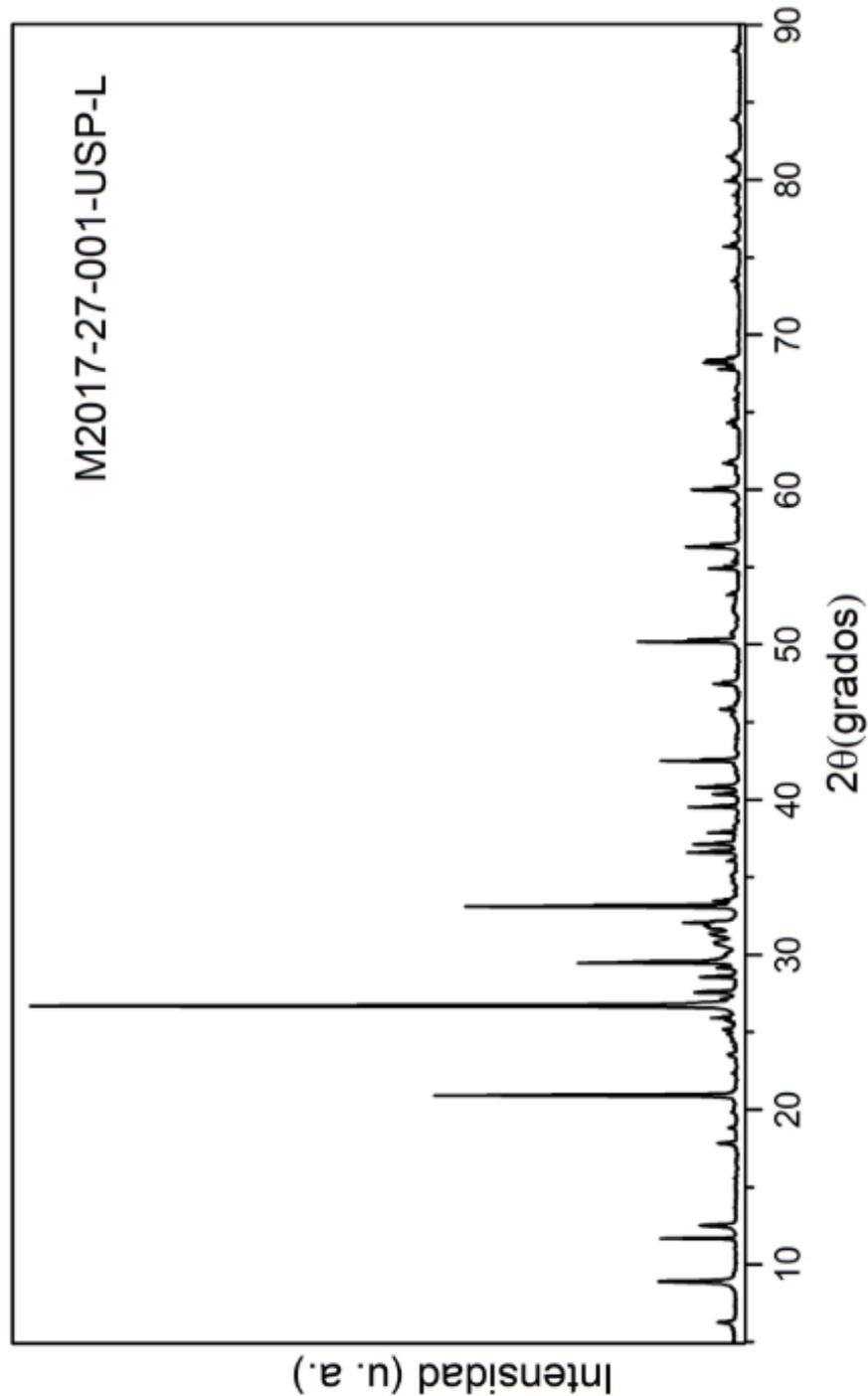


UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

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

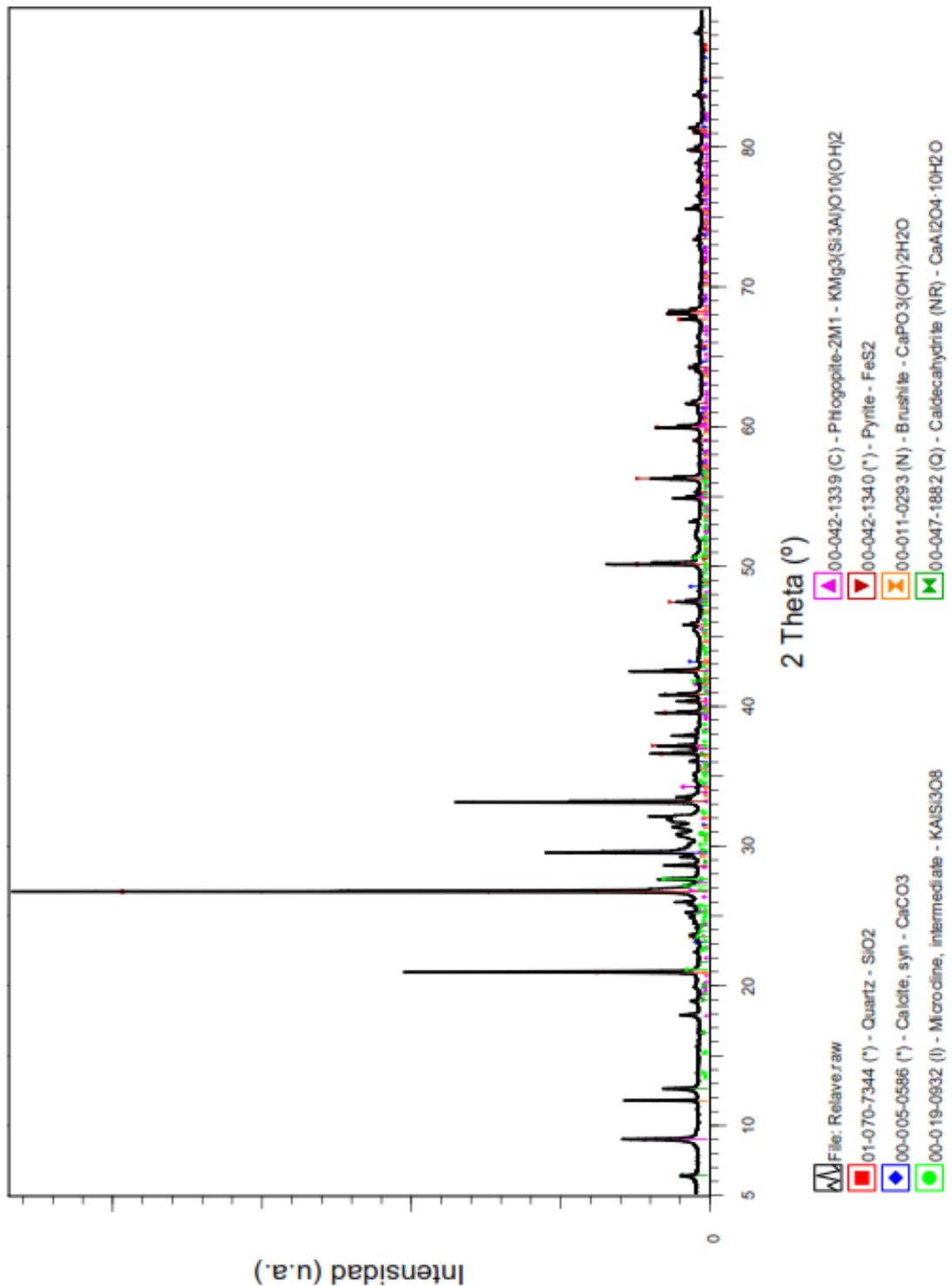


Figura 2. Difractograma de la muestra "M2017-027-001-USP-L" con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

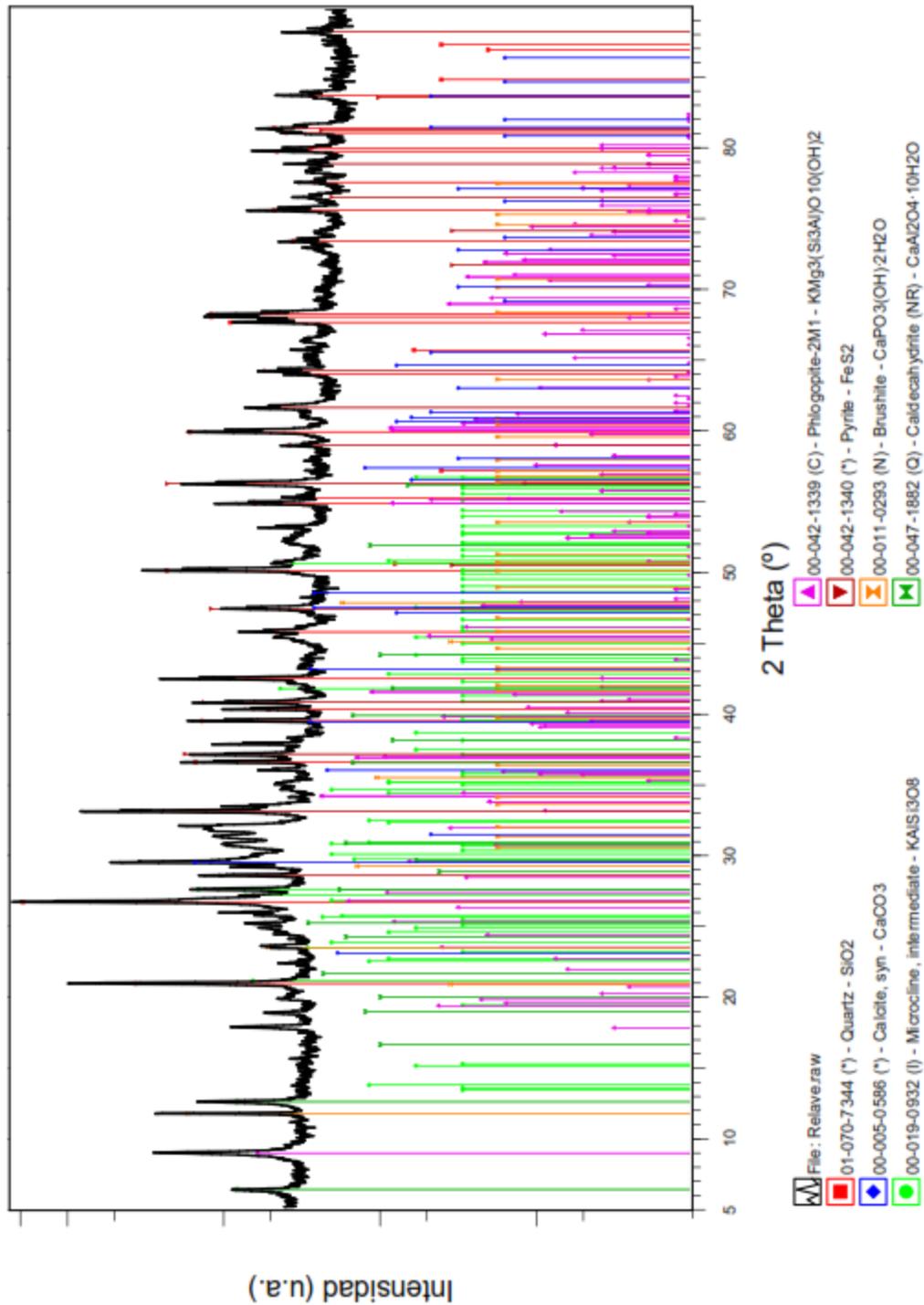


Figura 3. Difractograma de la muestra "M2017-027-001-USP-L" en escala logarítmica con los correspondientes picos de difracción de las principales fases encontradas.

ANEXO N° 06

FOTOGRAFÍAS GENERALES



Imagen N° 01. Visita y recolección de muestra - Planta Concentradora Santa Rosa de Jangas.



Imagen N° 02. Acopiar agregado para el diseño de mezcla



Imagen N° 03. Peso de los agregados, para diseño de Mezcla



Imagen N° 04. Análisis Granulométrico de Agregados, para el Diseño de Mezcla.



Imagen N° 05. Absorción de los agregados.



Imagen N° 06. Elaboración de la Mezcla de concreto.



Imagen N° 07.Ensayo de asentamiento SLUMP al 2%



Imagen N° 08.Preparando los moldes para el colocado de Concreto.



Imagen N° 09. Varillado del concreto.



Imagen N° 010. Enrasado, enlucido de probetas.



Imagen N° 011. Desencofrado de probetas



Imagen N° 012. Probetas listas para el ensayo a la compresión.



Imagen N° 013. Ensayo de compresión.



Imagen N° 014. Fisuras verticales encolumnadas a través de ambos extremos, conos mal formados.