

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm²,
con sustitución de un porcentaje del cemento, por Relave de
la Minera Huancapetí, Aija – Ancash**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Sotelo, Miguel Angel

Asesor

Flores Reyes, Gumercindo

CODIGO ORCID: 0000-0002-2305-7539

Huaraz – Perú

2020

PALABRAS CLAVES

RESISTENCIA, RELAVE MINERO, CONCRETO.

KEY WORDS:

STRENGTH, MINING QUARRY, CONCRETE.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

PROGRAMA	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	Estructuras
OCDE	Ingeniería y Tecnología Ingeniería Civil Ingeniería de la Construcción

TÍTULO:

Resistencia a la compresión del concreto $f'_c=210$ kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por Relave de la Minera Huancapeti, Aija – Ancash.

TITLE:

Resistance to compression of concrete $f'_c=210$ kg/cm², with replacement of a percentage of cement, by Relave of the Minera Huancapeti, Aija - Ancash.

RESUMEN

En el presente trabajo se determinó la resistencia a compresión del Concreto $f'_c=210$ kg/cm² cuanto este sea reemplazado en un porcentaje del 10% y 15% del peso del cemento por el Relave Minero de la Mina Huancapetí - Aija -Anchas, así mismo se tendrá una probeta de control o concreto patrón para la comparación con las probetas sustituidas con el relave minero con sustitución del 0%. Como tipo de investigación se empleó el tipo aplicada y explicativo porque los resultados sirvieron para mejorar el diseño de mezcla del concreto convencional ya que se realizará un nuevo diseño con el reemplazo del Relave Minero de la Mina Huancapetí - Aija - Anchas, se realizarán 9 probetas de mezcla convencional con 0% de sustitución, 9 probetas con sustitución del 10 % de Relave Minero y 9 probetas con sustitución del 15 % de Relave Minero con la finalidad de comparar resultados de la Resistencia del Concreto de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio. Se aplicó la técnica de la observación ya que el material debe ser registrado de forma cuidadosa, se utilizó formatos de fichas técnicas establecidas en laboratorio y se procesaron en el Microsoft Excel para obtener los cálculos y gráficos comparativos. Mientras que para el análisis y representación de los resultados se emplearon las tablas, gráficas, porcentajes y prueba de hipótesis (ANOVA). Finalmente, con el presente Proyecto de Investigación se espera que el concreto con reemplazo en un porcentaje de cemento por el Relave Minero de la Mina Huancapetí - Aija - Ancash, cumpla con las normas técnicas ASTM con la finalidad de brindarle a la población de la Provincia de Aija y la Región Ancash estructuras de alta resistencia.

ABSTRACT

In this research project, the compressive strength of the concrete $f=210 \text{ kg/cm}^2$ will be determined when it is replaced by a percentage of 10% and 15% of the weight of the cement by the Huancapetí Mine Tailings - Aija - Ancash, also have a control specimen or concrete standard for comparison with the substituted specimens with the mining tailings with 0% replacement.

This research is applied and explanatory because the results will serve to improve the mixing design of conventional concrete since a new design will be made with the replacement of the Huancapetí Mine Tailings - Aija - Ancash, 9 specimens of conventional mixture with 0% replacement, 9 test pieces with replacement of 10 % of Mineral Relave and 9 test pieces with replacement of 15 % of Mineral Relave in order to compare results of Concrete Resistance according to the results obtained in the laboratory.

The observation technique will be applied since the material must be recorded carefully, formats of technical sheets established in the laboratory will be used and processed in Microsoft Excel to obtain comparative calculations and graphs. Tables, graphs, percentages and hypothesis tests (ANOVA) will be prepared for the data analysis.

Finally, with the present Research Project it is expected that the concrete with replacement in a percentage of cement by the Huancapetí Mine Tailings - Aija - Ancash, comply with ASTM technical standards in order to provide the population of the Province of Aija and the Ancash Region with high resistance structures.

ÍNDICE

Palabras Claves – Línea de Investigación.....	II
Título de la investigación.....	III
Resumen.....	IV
Abstract.....	V
Índice.....	VI
Introducción.....	15
Metodología.....	51
Resultados.....	52
Análisis y Discusión.....	98
Conclusiones.....	117
Recomendaciones.....	118
Referencias Bibliográficas.....	119
Agradecimiento.....	120
Anexos y Apéndice.....	121

ÍNDICE DE TABLA

Tabla N° 1: Componentes químicos del cemento.....	28
Tabla N° 2: Especificaciones granulométricas.....	35
Tabla N° 3: Parámetros del agregado grueso.....	40
Tabla N° 4: Requisitos para el agua de mezcla.....	41
Tabla N° 5: Valores permisibles de emisión para unidades mineros metalúrgicos.....	47
Tabla N° 6: Coordenadas UTM de los Vértices PSAD 56 - Minera Huancapetí - Aija - Ancash	48
Tabla N° 7: Acceso a la Minera Huancapetí - Aija - Ancash	48
Tabla N° 8: Operacionalización de Variables - Variable Dependiente	49
Tabla N° 9: Operacionalización de Variables - Variable Independiente	49
Tabla N° 10: Técnicas e instrumentos de la investigación.....	51
Tabla N° 11: Análisis granulométrico del Agregado Grueso	52
Tabla N° 12: Análisis granulométrico del Agregado Fino	54
Tabla N° 13: Análisis granulométrico del Relave Minero	56
Tabla N° 14: Análisis granulométrico del Cemento Sol	56
Tabla N° 15: Análisis Unitario para el Hormigón	60
Tabla N° 16: Análisis Unitario para la Arena Fina	61
Tabla N° 17: Gravedad Especifica y Absorción de la Arena Gruesa	62
Tabla N° 18: Gravedad Especifica y Absorción de la Arena Fina... ..	63
Tabla N° 19: Contenido de Humedad de la Arena Gruesa.....	64
Tabla N° 20: Contenido de Humedad de la Arena Fina... ..	65
Tabla N° 21: Especificaciones y Materiales para el Diseño de Mezcla - ACI.....	66
Tabla N° 22: Diseño de Mezclas de Concreto – ACI.....	67
Tabla N° 23: Selección de Asentamiento en Construcciones – ACI.....	67
Tabla N° 24: Agua de Mezclado y Contenido de Aire – ACI.....	67
Tabla N° 25: Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximo de agregados – ACI.....	68
Tabla N° 26: Relación Agua – Cemento (a/c) – ACI.....	69
Tabla N° 27: Volúmenes de agregado grueso por unidades de volumen de concreto –	

ACI.....	70
Tabla N° 28: Cálculo de Volúmenes Absolutos – ACI.....	70
Tabla N° 29: Cálculo de Valores de Diseño– ACI.....	71
Tabla N° 30: Cálculo de Corrección por Humedad de los Agregados – ACI	71
Tabla N° 31: Cálculo de Humedad Superficial de los Agregados – ACI.....	71
Tabla N° 32: Cálculo de Aporte de Humedad de los Agregados – ACI.....	72
Tabla N° 33: Resumen de Aporte de Humedad de los Agregados – ACI.....	72
Tabla N° 34: Agua Efectiva utilizada – ACI.....	72
Tabla N° 35: Peso de los Materiales Corregidos por Humedad – ACI.....	72
Tabla N° 36: Materiales utilizados por cada kg de Cemento – ACI.....	73
Tabla N° 37: Dosificación obtenida por kg – ACI.....	73
Tabla N° 38: Cantidades a utilizar por Bolsa de Cemento – ACI.....	73
Tabla N° 39: Dosificación obtenida por Bolsa de Cemento – ACI.....	73
Tabla N° 40: Materiales en Proporciones Finales Utilizados en el Diseño de Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	74
Tabla N° 41: Materiales a utilizar en el Volumen de la Probeta, en el Diseño de Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	75
Tabla N° 42: Molde de la Probeta utilizado en el Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	75
Tabla N° 43: Proporciones finales utilizados en el Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	76
Tabla N° 44: Molde de la Probeta utilizado en el Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Sustitución del 10 % de Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	77
Tabla N° 45: Proporciones finales utilizados en el Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Sustitución del 10 % de Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	77
Tabla N° 46: Molde de la Probeta utilizado en el Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Sustitución del 15% de Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	78
Tabla N° 47: Proporciones finales utilizados en el Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Sustitución del 15 % de Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	79
Tabla N° 48: Valores de Resistencia del Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	80
Tabla N° 49: Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días, 14 días y 28 días	81
Tabla N° 50: Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $F'c = 210$	

kg/cm ² , con Sustitución de 10 % de Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	82
Tabla N° 51: Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 10 % de Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 7 días, 14 días y 28 días	83
Tabla N° 52: Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 15 % de Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	84
Tabla N° 53: Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 15 % de Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 7 días, 14 días y 28 días	85
Tabla N° 54: Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ²	86
Tabla N° 55: Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , con Sustitución del 10 % de Cemento por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	87
Tabla N° 56: Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , con Sustitución del 15 % de Cemento por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	87
Tabla N° 57: Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , a los 7 días de curado	88
Tabla N° 58: Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , a los 14 días de curado	88
Tabla N° 59: Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , a los 28 días de curado	89
Tabla N° 60: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , a los 7 días de curado	91
Tabla N° 61: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 10 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 7 días de curado	91
Tabla N° 62: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 15 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 7 días de curado	92
Tabla N° 63: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F’c =	

210 kg/cm ² , a los 14 días de curado	92
Tabla N° 64: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 10 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 14 días de curado	93
Tabla N° 65: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 15 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 14 días de curado	93
Tabla N° 66: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm ² , a los 28 días de curado	94
Tabla N° 67: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 10 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 28 días de curado	94
Tabla N° 68: Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm ² , con Sustitución de 15 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 28 días de curado	95
Tabla N° 69: Asentamiento del Concreto Patrón (Slump), según la edad a los 7 días, 14 días y 28 días	96
Tabla N° 70: Asentamiento del Concreto (Slump), con reemplazo del 10 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, según la edad a los 7 días, 14 días y 28 días	96
Tabla N° 71: Asentamiento del Concreto (Slump), con reemplazo del 15 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, según la edad a los 7 días, 14 días y 28 días	96
Tabla N° 72: Análisis de Multielementos del Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	98
Tabla N° 73: Análisis del PH del Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	99
Tabla N° 74: Análisis Mineralógico por DRX del Relave Minero de la Mina “Huancapetí”	99
Tabla N° 75: Elementos químicos del Cemento Portland Tipo I.....	102
Tabla N° 76: Composición química del Cemento Portland Tipo I.....	102
Tabla N° 77: Peso Específico del Cemento Sol Portland Tipo I.....	103
Tabla N° 78: Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'C = 210 kg/cm ² , a los 7 días, 14 días y 28 días.....	104

Tabla N° 79: Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'C = 210 kg/cm ² , con Sustitución del 10 % de Cemento por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 7 días, 14 días y 28 días.....	105
Tabla N° 80: Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'C = 210 kg/cm ² , con Sustitución del 15 % de Cemento por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 7 días, 14 días y 28 días.....	106
Tabla N° 81: Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí", por Cemento a los 7 días de curado.....	107
Tabla N° 82: Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí", por Cemento a los 14 días de curado.....	109
Tabla N° 83: Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí", por Cemento a los 28 días de curado.....	111
Tabla N° 84: Resumen Final de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí", por Cemento a los 7 días, 14 días y 28 días de curado.....	113
Tabla N° 85: Matriz de Consistencia Lógica y Metodológica.....	122
Tabla N° 86: Diseño Metodológico.....	123

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.....	53
Gráfico N° 2: Curva Granulométrica del Agregado Fino.....	55

Gráfico N° 3: Curva Granulométrica del Relave Minero.....	57
Gráfico N° 4: Curva Granulométrica del Cemento Sol.....	59
Gráfico N° 5: Porcentaje de Materiales Utilizados en el Concreto Patrón.....	76
Gráfico N° 6: Porcentaje de Reemplazo del Cemento por 10 % de Relave Minero.....	78
Gráfico N° 7: Porcentaje de Reemplazo del Cemento por 15 % de Relave Minero.....	79
Gráfico N° 8: Ensayo de Rotura del Concreto Patrón.....	81
Gráfico N° 9: Ensayo de Rotura del Concreto con Sustitución del 10 % de Relave Minero.....	83
Gráfico N° 10: Ensayo de Rotura del Concreto con Sustitución del 15 % de Relave Minero.....	85
Gráfico N° 11: Ensayo de Consistencia del Concreto (Slump).....	97
Gráfico N° 12: Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X (DRX)	100
Gráfico N° 13: Composición química del Cemento Sol Tipo I	103
Gráfico N° 14: Resistencia del Concreto Patrón a los 7 días, 14 días y 28 días	104
Gráfico N° 15: Resistencia del Concreto con Sustitución de Cemento de 10 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 7 días, 14 días y 28 días	105
Gráfico N° 16: Resistencia del Concreto con Sustitución de Cemento de 15 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 7 días, 14 días y 28 días	106
Gráfico N° 17: Resistencia del Concreto Patrón y Concreto con Sustitución de Cemento de 10 % y 15 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 7 días de curado.....	108
Gráfico N° 18: Resistencia del Concreto Patrón y Concreto con Sustitución de Cemento de 10 % y 15 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 14 días de curado.....	110
Gráfico N° 19: Resistencia del Concreto Patrón y Concreto con Sustitución de Cemento de 10 % y 15 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 28 días de	

curado.....	112
Gráfico N° 20: Resistencia Final del Concreto Patrón y Concreto con Sustitución de Cemento de 10 % y 15 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 7 días, 14 días y 28 días de curado.....	114

ÍNDICE DE IMAGEN

Imagen N° 1: Control de calidad del concreto (Prueba Slump)	21
Imagen N° 2: Probeta de concreto sometida a carga	24
Imagen N° 3: Ensayo de tracción por compresión longitudinal.....	24

Imagen N° 4: Agregado fino.....	33
Imagen N° 5: Agregado grueso.....	37
Imagen N° 6: Relave Minero de la Mina Huancapetí – Aija – Ancash.....	44
Imagen N° 7: Área de trabajo del Relave Minero Huancapetí - Aija - Ancash.....	48
Imagen N° 8: Probeta de Concreto.....	74
Imagen N° 9: Diámetro de la Probeta de Concreto.....	80
Imagen N° 10: Diámetro de la Probeta de Concreto.....	82
Imagen N° 11: Diámetro de la Probeta de Concreto.....	84
Imagen N° 12: Diámetro de la Probeta de Concreto.....	86
Imagen N° 13: Diagrama típico de los patrones de fractura del Concreto.....	90
Imagen N° 14: Tipos de falla de fractura de Concreto.....	90

INTRODUCCIÓN

Se realizó la búsqueda de antecedentes referentes al presente tema de investigación de Relaves Mineros, los mismos cuyo estudio van en concordancia al presente proyecto de investigación, en donde se quiere sustituir parcialmente al cemento por Relave Minero, para así de esta manera poder comprobar si se obtiene mejor resistencia a la compresión.

Antecedentes y fundamentación científica

Nivel Internacional:

Romero y Flores (2010), desarrollaron el Proyecto De Tesis en la Universidad Católica de Colombia: “UTILIZACION DE RELAVES MINEROS COMO INSUMO PARA LA ELABORACIÓN DE AGREGADOS DE CONSTRUCCIÓN PARA FABRICAR LADRILLOS Y BALDOSAS”. El proyecto de tesis en mención tiene como objetivo fundamental proponer alternativas de solución a la contaminación ambiental utilizando para ello el Relave Minero para la fabricación de Ladrillos y Baldosas para las diferentes obras de construcción. La conclusión señala que mediante pruebas de laboratorio se estableció que la utilización de Relaves Mineros en la fabricación de Ladrillos y Baldosas no es contaminante debido a la estabilidad físico químico que se ha obtenido mediante las técnicas de microencapsulación de los metales pesados en las probetas de control de este Relave Minero y por lo tanto contribuye al cuidado del medio ambiente

Nivel Nacional:

Almerco (2014), desarrolló el Proyecto De Tesis en la Universidad San Martín de Porres - Lima: CONSTRUCCION DE DIQUE CON TRATAMIENTO DEL RELAVE MINERO, EN LA MINA CATALINA HUANCA – REGION AYACUCHO. El objetivo de este Proyecto De Tesis es Establecer procesos constructivos para la ejecución de un dique empleando el Relave Minero de la Mina Catalina – Huanca.

Conclusión: Se estableció que es necesario determinar mínimo cuatro controles semanales en todo este proceso en el depósito de relaves mineros para los controles de la densidad, humedad de compactación, espesor de las capas compactadas y la granulometría de los relaves mineros depositados. Las capas compactadas deberán tener una pendiente uniforme de 2%, en dirección hacia aguas abajo a fin de que se pueda utilizar el relave minero en el proceso constructivo.

Anicama (2013), desarrolló el trabajo de tesis en la Universidad Católica del Perú, titulado: “ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EMPLEO DE MATERIALES DE DESECHO DE PROCESOS MINEROS EN APLICACIONES PRÁCTICAS CON PRODUCTOS CEMENTICIOS”. La finalidad u objetivo de este Proyecto de Investigación es determinar a través de 3 muestras del Relave Minero, verificando con los ensayos experimentales realizados en el laboratorio, la factibilidad del uso los mismos conjuntamente con el cemento para la elaboración del concreto en las poblaciones beneficiarias cercanas a las operaciones mineras. Conclusión: Una de las principales características de los diseños obtenidos fue su simplicidad. Al plantear diseños que no usaron tantos aditivos, ni combinaciones de agregados difíciles de obtener, aseguramos que puedan realizarse y adaptarse en cualquier parte de nuestro país.

Justificación del Proyecto de Investigación:

En la Provincia de Aija – Departamento de Ancash, los Relaves Mineros producidos por la Mina Huancapetí ocupan un gran espacio y causan problemas de salud e impacto en el medio ambiente debido a que se contaminan los Ríos y Acequias de Regadío cercanas a la Mina perjudicando a toda la Población de la Provincia de Aija, es por ello que se plantea el presente trabajo de investigación a fin de la utilización de dichos relaves en porcentajes de sustitución del cemento en la elaboración del concreto

Los Relaves Mineros se deben sustituir en materiales de construcción y debido al costo del cemento portland se plantea sustituir un porcentaje adecuado de dicho cemento con Relave Minero de la Mina Huancapetí – Aija - Ancash y que aporten una resistencia a la compresión a la aportada con cemento portland puro lo cual disminuye el costo de una construcción y al mismo tiempo contribuye en la utilización de este relave al cuidado del Medio Ambiente, por lo tanto es la razón principal del presente trabajo de investigación, por ello el presente proyecto cobra importancia porque contribuirá a disminuir el impacto ambiental y se observara si es un sustituto porcentual en peso del cemento e la mezcla de concreto dando resultados favorables y disminuirá el costo de la construcción convencional.

Para utilizar los relaves mineros, todos los materiales deben ser estudiados con anterioridad para poder determinar así si pueden ser utilizados y poder ser procesados en diversos tipos de construcciones, y cumplir con las especificaciones y no causar daños a las construcciones.

Justificación económica

Para realizar el presente trabajo de investigación no genera gastos excesivos pues se utilizó relave minero como sustitución en porcentajes de cemento permitiéndonos economizar otros insumos y materiales utilizados en la fabricación del concreto como aglomerantes, aditivos, equipos y mano de obra calificada.

Justificación social

El uso de Relaves Mineros en la fabricación del concreto no es un tema muy conocido en el Perú, por lo tanto, no tenemos muchos materiales bibliográficos disponibles que brinden información teórica respecto al tema que nos permitan tener información mas amplia para desarrollar proyectos de investigación referentes al mismo.

Para este tipo de trabajos de sustitución en un porcentaje de Cemento por Relave Minero, es necesario recolectar todas las informaciones necesarias de cómo debemos utilizar los Relaves Mineros para contribuir al desarrollo técnico de la Ingeniería en nuestro país.

En definitiva, un mejor uso de los Relaves Mineros sustituyendo en porcentajes el cemento en la fabricación del concreto va contribuir para el abaratamiento de los costos, la disponibilidad de este material en grandes cantidades y el cuidado del Medio Ambiente.

Ponemos a disposición el presente trabajo de investigación a futuros estudiantes como un material de consulta que les permita conocer los diferentes procedimientos y técnicas que se deben considerar en el estudio relacionado a los Relaves Mineros a través de diferentes alcances por la información recopilada en el mismo.

Además, es preciso indicar que esta investigación se justifica también porque busca comprobar el costo bajo para conseguir un sustituto del cemento que tenga la capacidad de mejorar la propiedad mecánica y la resistencia a la compresión. De ser cierto, será de un gran aporte para la ingeniería civil, por su buena calidad y bajo precio.

Justificación ambiental

Teniendo en cuenta que la Provincia de Aija - Ancash es una zona altamente minera y por ende los Relaves Mineros están presentes ahí perjudicando con la contaminación de Ríos y Acequias de Riego a toda la provincia, se plantea el presente trabajo de Investigación a fin del uso del mismo con el objetivo de disminuir el Impacto Ambiental al utilizar estos recursos.

Planteamiento del problema:

Los Relaves Mineros como agentes contaminantes están en todos los yacimientos mineros y cuando son desechados ocupan demasiado espacio y generan un impacto negativo al medio ambiente.

La ingeniería y sus materiales de construcción han tenido un desarrollo considerable especialmente en la segunda mitad del siglo XX. Los países en vías de desarrollo han hecho grandes esfuerzos para poder conseguir tecnologías que les permitan aprovechar sus recursos naturales y crear sus propios materiales de construcción.

Con la sustitución del Cemento en porcentajes por el Relave Minero en la elaboración del concreto es una buena opción de desarrollo para los países, para la región, y específicamente para la Provincia de Aija siendo esta la más importante pues es parte de nuestro trabajo de investigación.

En la Provincia de Aija, se encontraron varios relaves abandonados, por este motivo es que planteamos el presente trabajo de investigación que es la sustitución del cemento en porcentajes por el Relave Minero en la fabricación del concreto, teniendo un control adecuado en los ensayos de laboratorio a fin de lograr una resistencia óptima del mismo.

Por todo lo planteado anteriormente, se realiza la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituye un 0%, 10% y 15%, del cemento, por el Relave de la Minera Huancapetí, ubicado en la Provincia de Aija - Ancash?

Marco referencial:

Tecnología del concreto

Hormigón, que muestra propiedades viscosas, mientras que el otro hormigón se compone de forma sintética, muestra un comportamiento semielástico. Los agregados están rodeados y separados entre sí por pasta de cemento. Esto conduce a

la definición de sustancia heterogénea, cuya estructura específica permite un comportamiento inelástico; Las deformaciones de la fase viscosa se pueden alterar con el tiempo y las condiciones de cocción, lo que resulta en tensiones internas significativas. Por otro lado, los problemas de diseño y construcción son característicos de las fábricas.

Las rocas, cuyas propiedades mecánicas dependen de la forma y masa de los elementos, están conectadas en las construcciones de hormigón por muchos otros elementos, en los que el ingeniero debe participar directamente.

Por tanto, conviene estudiar la naturaleza y calidad de los áridos, los problemas de preparación y preparación del aglutinante, la dosificación del conjunto, su fabricación y comportamiento, su comportamiento bajo la influencia de cargas y destructores. (Gonzales, 1962)

Concreto

El [Concreto](#) es una [mezcla](#) de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades establecidas, especialmente la resistencia.

El Concreto es el material de construcción más utilizado del mundo, es lo que utilizamos para edificar y crear superficies fuertes como pisos y paredes debido a su solidez y resistencia, el concreto cuando se combina con acero se le denomina hormigón armado.

CONCRETO = CEMENTO PORTLAND + AGREGADOS + AIRE + AGUA

El agua y el cemento generan una reacción química que permite la unión de agregados desarrollando así un material heterogéneo.

Características del concreto:

Trabajabilidad

Es una propiedad importante para muchas aplicaciones del concreto. Es la facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aun

tiene una consistencia homogénea y plástica.



Imagen 1: Control de calidad del concreto (Prueba Slump).

Para verificar la trabajabilidad del concreto se realiza la Prueba Slump el cual consiste en lo siguiente: En primer lugar, se saca una muestra de concreto de la mezcladora, dicha muestra es llevada al Cono de Abrams mediante tres capas y luego se chucea con la varilla 25 veces. Luego, se nivela el cono, se levanta de forma vertical y se coloca al lado del concreto. Finalmente hay que medir la altura entre el cono y el cono colocando la varilla en forma horizontal sobre el cono y de esta manera se verifica si el concreto tiene una trabajabilidad adecuada cuando al medir con la cinta métrica el resultado optimo debe de ser de 4” en el asentamiento del mismo.

Segregación

Ocurre cuando los agregados gruesos, que son más pesados, como la piedra chancada se separan de los demás materiales del concreto. Es importante controlar el exceso de segregación para evitar mezclas de mala calidad. Esto se produce, por ejemplo, cuando se traslada el concreto en buggy o carretilla por un camino accidentado y de largo recorrido, debido a eso la piedra se segrega, es decir, se asienta en el fondo del buggy.

Exudación

También es conocido como Sangrado del Concreto, sucede cuando una parte del agua de la mezcla sale a la superficie del concreto recién colocado, lo cual es provocado

por el asentamiento de los materiales. Se debe de controlar la exudación en el tiempo de vibrado del concreto para evitar que la superficie se debilite por sobre concentración de agua.

Contracción

El concreto tiende a contraerse, es decir a reducirse bajo ciertas condiciones, eso se debe a la pérdida de agua. La contracción es también conocida como el encogimiento del concreto y es una de las principales causas de la formación de fisuras o grietas en este material cuando este seco.

La contracción del concreto se puede reducir si se realiza o se cumplen con el curado del mismo, especialmente durante los primeros siete días después del llenado.

❖ Propiedades del Concreto en Estado Endurecido

Una vez que se finaliza el proceso del fraguado el concreto se endurece en forma rígida y ganancia de resistencia en el tiempo.

La resistencia es considerada como el estado final del concreto donde desarrolla la capacidad de soportar grandes esfuerzos de compresión.

Elasticidad

Es el módulo de elasticidad del concreto, es la propiedad que refleja la facilidad que tiene el concreto para deformarse elásticamente; es decir, que una vez deformado puede regresar a su forma original.

Durabilidad

La durabilidad es la capacidad del concreto a resistir acciones físicas, químicas, biológicas y climáticas a lo largo del tiempo.

El concreto generalmente tiene una vida útil de 50 años a más, pero en algunos países se han diseñado estructuras de concreto que pueden durar de 80 a 100 años.

Impermeabilidad

La impermeabilidad se puede definir como la capacidad que tiene el concreto para que el agua o los gases del exterior no pases a través de sus poros internos cuando el concreto ya esta endurecido.

Resistencia

La resistencia a la compresión simple es la característica mecánica principal del concreto. Se define como la capacidad para soportar una carga por unidad de área, y se expresa en términos de esfuerzo, generalmente en kg/cm², MPa y con alguna frecuencia en libras por pulgada cuadrada (psi).

La resistencia del concreto se mide a los 28 días desde el llenado y el curado del mismo.

Resistencia a la compresión

Es la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión con respecto a la tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

La resistencia a la compresión se mide rompiendo o fracturando las probetas cilíndricas de concreto en una maquina de ensayos a la compresión y se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en Mega Pascales (MPa) en unidades en el Sistema Internacional (SI).



Imagen 2: Probeta de concreto sometida a carga.

Resistencia a la tracción

La resistencia en tracción directa o en tracción por flexión del concreto, es una magnitud muy variable. La resistencia a la tracción directa (f_t) del concreto varía entre el 8 % y el 15 % de la resistencia en compresión (f'_c .)

La resistencia a la tracción del concreto es importante ya que la resistencia al corte del concreto, la adherencia entre el concreto y el acero y la fisuración por retracción y

temperatura, dependen mucho de esta.

La determinación de la resistencia a la tracción del concreto es muy difícil de llevar a cabo debido a las tensiones secundarias que se suelen introducir en los ensayos.

La resistencia a la tracción es lo contrario de resistencia a la compresión y los valores pueden ser muy diferentes.



Imagen 3: Ensayo de Tracción por compresión longitudinal.

❖ **Materiales para la elaboración del concreto con sustitución del cemento por relave minero.**

El concreto es una mezcla de los siguientes elementos con proporciones definidas:

-) Cemento
-) Agregado fino
-) Agregado Grueso
-) Aire
-) Agua

Cemento

El cemento Portland constituye un polvo finamente molido, formado mayoritariamente por silicatos de calcio y, con menor proporción, por aluminatos de calcio.

Cuando esto se mezcla con agua, forma una pasta que fragua y endurece a temperatura ambiente.

Se le conoce también como “cemento hidráulico”, porque tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, porque reacciona químicamente con ella y forma un material de excelentes propiedades aglutinantes.

Se denomina Clinker Portland al producto constituido en su mayor parte por Silicato de Calcio, obtenido por la cocción hasta fusión parcial (clinkerización) de una mezcla conveniente, proporcionada y homogenizada de materiales debidamente seleccionados.

Propiedades físicas del Cemento:

Finura

Se mide en términos de porcentaje de peso retenido después de tamizar el cemento a través de un tamiz de 90 micras o por área de superficie de cemento en centímetros cuadrados por gramo de cemento. Según la especificación del código ACI, el peso retenido en el tamiz no debe ser superior al 10 por ciento. En términos de superficie específica no debe ser inferior a 2250 cm² / gm.

La finura de molido o de molturación en los materiales, se aprecia por medio de los análisis granulométricos, que consiste en hacerlos pasar a través de tamices o zarandas, apreciando los porcentajes en peso que atraviesan el material.

Las especificaciones usuales prescriben que más del 78% en peso pase la malla N° 200.

Solidez o Dureza

Una vez que el concreto se ha endurecido, es necesario asegurarse de que no se produzcan cambios volumétricos. Se dice que el cemento no es sólido, si presenta inestabilidad volumétrica después del endurecimiento.

Esta propiedad también es llamada indeformabilidad, es la que exige al cemento de no desintegrarse después del fraguado, el cemento tendrá firmeza cuando durante y

después de la fragua, no aumenta de volumen.

Para comprobar dicha cualidad, en los laboratorios se preparan tortas de pasta normal, para luego ser secados al vapor y examinados si tienen alguna fractura de contracción, distorsión o desintegración.

Componentes químicos del cemento:

Aunque hay varias variaciones de cemento portland fabricado comercialmente, cada uno comparte muchas de las mismas materias primas básicas y componentes químicos.

Los principales componentes químicos del cemento portland son calcio, sílice, alúmina y hierro.

El calcio se deriva de la piedra caliza, la marga o la tiza, mientras que la sílice, la alúmina y el hierro provienen de las arenas, arcillas y fuentes de mineral de hierro.

Otras materias primas pueden incluir lutitas y subproductos industriales.

El proceso básico de fabricación calienta estos materiales en un horno a aproximadamente 1400 a 1600 ° C (2600 – 3000 ° F), el rango de temperatura en el que los dos materiales interactúan químicamente para formar silicatos de calcio.

Esta sustancia calentada, llamada clínker , generalmente tiene la forma de pequeñas bolitas de color gris-negro de aproximadamente 12.5 mm (0.5 pulgadas) de diámetro.

Luego, el clínker se enfría y se pulveriza en un polvo fino que pasa casi por completo a través de un tamiz de 0.075 mm (No. 200) y se fortifica con una pequeña cantidad de yeso.

El resultado es el cemento portland.

Tabla 1

Componentes químicos del cemento.

%	COMPONENTE QUÍMICO	PROCEDENCIA USUAL
	Óxido de calcio (CaO)	Rocas Calizas
95%<	Óxido de Sílice (SiO ₂)	Areniscas
	Óxido de Aluminio	Arcillas

	Al ₂ O ₃	
	Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	Arcillas, Mineral de Hierro, pirita
5%<	Óxido de Magnesio (MgO), Sodio (Na), Potasio (K) Titanio (Ti), Azufre (S), Fósforo (P) y Magnesio (Mg)	Minerales Varios

Fuente: Servicio Nacional de Capacitación Para la Industria de la Construcción - SENCICO

Tipos de Cementos:

Cemento Portland Tipo I

Es el cemento normal o general. Se obtiene mezclando yeso con Clinker. Se emplea en muchas construcciones industriales y civiles (pavimentos, estructuras, viviendas, etc.).

Se utiliza en la mayor parte de los proyectos, a no ser que las especificaciones de la construcción aconsejen lo contrario.

A favor de este tipo de cemento: su resistencia inicial y menor tiempo de desencofrado.

Cemento Portland Tipo II

Es un cemento modificado, realmente útil en construcciones que precisen de gran cantidad de resistencia en el hormigón (como, por ejemplo, una presa) o que ofrezcan resistencia al ataque de sulfatos o cloruros (obras que estén en contacto con el agua, aquí también sirve el ejemplo de la presa).

No obstante, también podemos encontrar este cemento en puentes o tuberías de hormigón.

El tipo II del Portland consigue su resistencia con mayor lentitud que el tipo I, aunque termina por igualarlo. Entre sus principales características, podemos destacar su resistencia a la degradación y la corrosión, de modo que no tengamos que preocuparnos por darle a la construcción un mantenimiento constante y exhaustivo para alargar su vida útil.

Cemento Portland Tipo III

Este tipo de cemento ofrece una gran resistencia inicial, pero va aumentándola con el paso de los días. Es decir, necesita 7 días para conseguir la resistencia del tipo I y 28 días para el de tipo II.

Se emplea para construcciones de emergencia o elementos prefabricados. Podríamos decir que es muy recomendable en aquellos casos en los que necesitemos una resistencia acelerada.

Cemento Portland Tipo IV

Es un cemento con bajo calor de hidratación, por lo que se utiliza en obras que no precisan de mucha resistencia inicial, es utilizado en grandes obras de hormigón, como túneles o presas.

Alcanza su resistencia óptima después de 30 días. Sin embargo, el procedimiento continúa lentamente, no se detiene.

Cemento Portland Tipo V

Es un Cemento Portland Tipo V obtenido de la molienda Clinker Tipo V y yeso. Usado para cuando se desea obtener concretos con alta resistencia a los sulfatos.

Se utilizan en estructuras, canales, alcantarillado en contacto con suelos ácidos y/o aguas subterráneas, de exposición severa del orden de 1,500 a 10,000 ppm de sulfatos solubles de agua, Obras portuarias expuestas a la acción de aguas marinas, sobre suelos salinos y húmedos, en piscinas y acueductos, tubos de alcantarillados, canales y edificios que deberán soportar ataques químicos.

Este tipo de cemento cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150. Dichos cementos son capaces de producir concretos con una mayor resistencia hacia las heladas y la descamación que son producidas por sustancias químicas para la fusión del hielo y nieve.

Proceso de fabricación del cemento

El proceso de fabricación del cemento comprende diez etapas principales: obtención y preparación de materias primas, trituración, prehomogeneización, molienda del crudo, fabricación del clínker: enfriador, molienda del clínker y fabricación del cemento, almacenamiento del cemento y envasado y expedición a granel.

Pasos de la fabricación:

Obtención y preparación de materias primas:

Las canteras se explotan mediante voladuras controladas, en el caso de materiales duros como calizas y pizarras, mientras que en el caso de materiales blandos (arcillas y margas) se utilizan excavadoras para su extracción.

Trituración:

Una vez extraído y clasificado el material, se procede a su trituración hasta obtener una granulometría adecuada para el producto de molienda y se traslada a la fábrica mediante cintas transportadoras o camiones para su almacenamiento en el parque de prehomogeneización.

Prehomogeneización:

El material triturado se almacena en capas uniformes para ser posteriormente seleccionadas de forma controlada. La prehomogeneización permite preparar la dosificación adecuada de los distintos componentes reduciendo su variabilidad.

Molienda del crudo:

Estos materiales se muelen para reducir su tamaño y favorecer así su cocción en el horno.

En el molino vertical se tritura el material a través de la presión que ejercen sus rodillos sobre una mesa giratoria. A partir de ahí, la materia prima (harina o crudo) se almacena en un silo para incrementar la uniformidad de la mezcla.

Fabricación del Clínker: Enfriador:

A la salida del horno, el clínker se introduce en el enfriador, que inyecta aire frío del

exterior para reducir su temperatura de los 1.400°C a los 100°C.

El aire caliente generado en este dispositivo se introduce nuevamente en el horno para favorecer la combustión, mejorando así la eficiencia energética del proceso.

Molienda del Clínker y fabricación del cemento:

El clínker se mezcla con yeso y adiciones dentro de un molino de cemento, los molinos pueden ser de rodillos y de bolas. Este último consiste en un gran tubo que rota sobre sí mismo y que contiene bolas de acero en su interior. Gracias a la rotación del molino, las bolas colisionan entre sí, triturando el clínker y las adiciones hasta lograr un polvo fino y homogéneo: el cemento.

Almacenamiento del cemento:

El cemento se almacena en silos, separado según sus clases, teniendo especial cuidado a factores externos como la humedad y el calor.

Envasado o expedición a granel:

El cemento se extrae por sistemas neumáticos o mecánicos de los silos de almacenamiento, para luego ser transportado y finalmente envasado en sacos de papel o surtido en granel. Para ambos casos, se puede utilizar camiones, ferrocarril o barcos.

Normas Técnicas del Cemento en el Perú

Las siguientes normas contienen disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

Normas Técnicas Peruanas:

- ✓ NTP 334.001:2001 CEMENTOS. Definiciones y nomenclatura.
- ✓ NTP 334.002:2003 CEMENTOS. Determinación de la finura expresada por la superficie específica.
- ✓ NTP 334.004:1999 CEMENTOS. Ensayo en autoclave para determinar la estabilidad de volumen.
- ✓ NTP 334.006:2003 Determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat.
- ✓ NTP 334.007:1997 CEMENTOS. Muestreo e inspección.
- ✓ NTP 334.048:2003 CEMENTOS. Determinación del contenido de aire en morteros de cemento hidráulico.
- ✓ NTP 334.051:1998 CEMENTOS. Método para determinar la resistencia a la compresión de morteros de Cemento Portland cubos de 50 mm de lado.
- ✓ NTP 334.052:1998 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar el falso fraguado del cemento. Método de la pasta.
- ✓ NTP 334.056:2002 Método de ensayo para determinar los tiempos de fraguado de pasta de cemento Portland por medio de las agujas de Gillmore.
- ✓ NTP 334.064:1999 CEMENTOS. Método para determinar el calor de hidratación de cementos Portland.
- ✓ NTP 334.065:2001 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la expansión potencial de los morteros de cemento Portland expuestos a la acción de sulfatos.
- ✓ NTP 334.072:2001 CEMENTOS. Determinación de la finura del cemento Portland por medio del turbidímetro.
- ✓ NTP 334.075:2004 CEMENTOS. Cemento Portland. Método de ensayo normalizado para optimizar el SO₃ usando resistencia a la compresión a las 24.
- ✓ NTP 334.085:1998 CEMENTOS. Aditivos de proceso a usarse en la producción de cementos Portland.
- ✓ NTP 334.086:1999 CEMENTOS. Método para el análisis químico del cemento.
- ✓ NTP 334.093:2001 CEMENTOS. Método de ensayo para determinar la expansión de barras de mortero de cemento Portland curado en agua.

- ✓ NTP 400.037:2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto).

Agregado fino

El agregado fino es el material proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasan el tamiz de 3/8" (9.51mm) y es retenido en el tamiz N°200 (74um). Norma Técnica Peruana 400.011.

El agregado fino o arena se usa como llenante, además actúa como lubricante sobre los que ruedan los agregados gruesos dándole manejabilidad al concreto.



Imagen 4: Agregado Fino.

Propiedades físicas:

Los agregados finos que el concreto utiliza deben cumplir algunos requisitos de calidad de acuerdo a las especificaciones técnicas de las Normas Técnicas Peruanas. Estos requisitos, llamados propiedades físicas, permiten obtener valores que posteriormente se utilizarán en los diseños de mezclas de concreto.

A continuación, se verán las propiedades físicas a considerar:

Peso unitario (NTP 400.017)

El peso unitario se define como la relación entre el peso de una muestra de agregado fino compuesta de varias partículas y el volumen que ocupan éstas dentro de un recipiente de volumen conocido.

Para este ensayo nos apoyaremos de las siguientes normas Técnica: Norma Técnica Peruana 400.017 y ASTM C-29; siguiendo los parámetros e indicativos de la misma. La unidad de medida del peso unitario del agregado fino se expresa en kg/m³.

Peso unitario suelto (PUS):

Se determina colocando el material seco del agregado fino hasta el punto de derrame y a continuación se nivela al ras con una carilla de 5/8". Se usa invariablemente para la conversión de peso a volumen, es decir para la conocer la cantidad de agregado fino por metro cubico de hormigón.

Peso unitario compactado (PUC):

Es cuando los granos del agregado han sido sometidos a compactación en tres etapas apisonando cada tercio del volumen con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8" de diámetro con 25 golpes cada una incrementando así el grado de acomodamiento de las partículas del agregado y por lo tanto al valor de la masa unitaria.

Peso específico (NTP 400.022)

La gravedad específica del agregado fino es la relación entre la masa (peso del aire) de una unidad de volumen de un material a la masa del mismo volumen de agua. Se define como el peso unitario del material dividido por el peso unitario del agua destilada a 4 °C.

El Peso Específico se determina mediante la relación entre el peso del material y su volumen. La diferencia con el peso unitario es que el peso específico no considera el volumen que presentan los vacíos del material.

Contenido de humedad (NTP 400.010)

Es la cantidad de agua que contiene el agregado fino, pues en el existen poros los cuales contiene humedad que toman de la intemperie el cual es de gran importancia ya que con el podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla.

Es conocida también como la diferencia existente entre el peso del material y el peso del material secado en horno (durante 24 horas), y que se divide entre el peso natural del material y multiplicado por 100.

Porcentaje de absorción (NTP 400.022)

Es la relación de masa a volumen, considerando la masa de las partículas saturadas de agua y superficialmente secas y el volumen sólido de las partículas que incluyen los volúmenes de los poros que se encuentran dentro de las mismas.

Es la capacidad del agregado fino de absorber agua en contacto con él. Al igual que el contenido de humedad, esta propiedad influye en la cantidad de agua para la relación agua/cemento en el concreto.

Es conocida también como la diferencia existente entre el peso del material seco y el peso del material secado en horno (durante 24 horas), y que se divide entre el peso seco y multiplicado por 100

Granulometría (NTP 400.012)

La granulometría es la medición de los granos de una formación sedimentaria y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una escala granulométrica con fines de análisis tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas.

El análisis granulométrico se realiza mediante el tamizado de la muestra. Este permite conocer el tamaño de las diferentes partículas que componen el sedimento a analizar. El análisis por tamizado forma parte de los métodos mecánicos para conocer la granulometría.

El agregado estará graduado dentro de los límites indicados en la NTP-400.012 ó ASTM C-136.

Los siguientes límites son recomendables para el agregado:

Tabla 2
Especificaciones granulométricas.

Malla	Diámetros	Porcentaje que pasa %
9.52 mm	3/8 "	100
4.76 mm	N°4	95 a 100
2.36 mm	N°8	80 a 100
1.18 mm	N°16	50 a 85
595 micrones	N°30	25 a 60
297 micrones	N°50	10 a 30
149 micrones	N°100	2 a 10

Fuente: NTP - Para Ensayos de Laboratorio.

El porcentaje que se retiene en dos mallas sucesivas no debe ser mayor al 45%, mientras que el porcentaje correcto para las mallas N°50 y N°100 puede reducirse al 5% y 0%.

En relación al módulo de fineza, este no debe ser menor de 2,3 ni mayor a 3,1 con la finalidad de mantener los límites de $+ o - 0,2$ del valor asumido.

Se deben realizar tres ensayos granulométricos con agregado fino obteniendo un promedio de los retenidos de cada ensayo.

Tamaño máximo (TM).

Corresponde al menor tamiz ya que por él pasa toda la muestra de los agregados.

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de los agregados.

Tamaño Máximo Nominal (TMN).

El tamaño máximo nominal de un agregado, es el menor tamaño de la malla por el cual debe pasar la mayor parte del agregado, la malla de tamaño máximo nominal, puede retener de 5% a 15% de los agregados.

Módulo de finura

El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar (nombrados más abajo) y dividiendo la suma entre 100. Cambios significativos en la granulometría de la arena tienen una repercusión importante en la demanda de agua y, en consecuencia, en la trabajabilidad del hormigón, por lo que si hubiese una variación significativa en la granulometría de la arena deben hacerse ajustes en el contenido de cemento y agua para conservar la resistencia del hormigón. Para no tener que recalcular la dosificación del hormigón el módulo de finura del agregado fino, entre envíos sucesivos, no debe variar en más de ± 0.2 .

Superficie específica

Corresponde a la suma de las áreas superficiales de las partículas del agregado por unidad de peso. Para determinar esto se toman en cuenta dos hipótesis: primera, que todas las partículas son esféricas; y segunda, que todas las partículas pasan por un tamiz y quedan retenidas.

❖ **Material que pasa la malla N° 200 (NTP 400.018)**

Según la NTP 400.018 el porcentaje que pasa la malla N° 200 se calcula como la diferencia del peso de la muestra y el peso de la muestra lavada y secada dividido entre el peso de la muestra y multiplicado por 100.

El procedimiento aplicado se detalla a continuación:

- ✓ Se superpone los tamices N° 16 (1,18 mm) y el N° 200 (0,075 mm) de manera que el de mayor abertura quede en la parte superior.
- ✓ Se coloca la muestra de ensayo en el recipiente y se agrega suficiente cantidad de agua para cubrirla.
- ✓ El contenido del recipiente se agita con el vigor necesario como para separar completamente el polvo de las partículas gruesas, y hacer que éste quede en suspensión, de manera que pueda ser eliminado por decantación de las aguas de lavado.
- ✓ Se vierten las aguas del lavado en los tamices cuidando en lo posible que no se produzca el arrastre de las partículas gruesas.
- ✓ Se repite la operación hasta que las aguas de lavado sean claras, se reintegra a la muestra lavada todo el material retenido en los tamices y finalmente se seca la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$.

Agregado grueso

El agregado grueso es el retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de la roca, que cumple con los límites establecidos en la norma técnica peruana 400.037.

El agregado grueso se clasifica en dos tipos: grava y piedra triturada o chancada. La grava o agregado grueso es uno de los principales componentes del hormigón o concreto, por este motivo su calidad es sumamente importante para garantizar buenos resultados en la preparación de estructuras de hormigón.



Imagen 5: Agregado Grueso.

Propiedades físicas

El conocimiento de las propiedades físicas del agregado grueso es de mucha importancia para estimar el comportamiento del concreto, ya que estos tienen gran participación en la elaboración de este, haciendo que sus propiedades condicionen mucho a la hora del diseño y la creación de este; propiedades que en este caso, al querer realizar un concreto de alta resistencia (el cual es de alta susceptibilidad a los cambios en su constitución), nos demanda un estricto control de calidad tanto en la cantera como en el laboratorio.

Los agregados gruesos deben satisfacer los requerimientos mínimos que especifican las normas de control (ASTM-C33), siendo de vital importancia que sus propiedades físicas mantengan el margen de los límites pre establecidos en dichas normas de calidad.

Peso unitario (NTP 400.017)

Denominamos como peso unitario del agregado grueso al peso que este alcanza por una unidad de volumen. Valor que sirve para determinar el tipo de material que se tiene (ligero o pesado), y en el caso de realizar proporciones de mezcla por volumen.

Cuyo valor depende de condiciones intrínsecas (forma, granulometría y tamaño máximo), factores externos como la relación entre el tamaño máximo con el recipiente utilizado para realizar el ensayo, la compactación, consolidación, el grado de acomodo de las partículas, etc. De acuerdo con el tipo de consolidación hay dos tipos de peso unitario: Suelto y Compactado.

Los pesos unitarios obtenidos fueron determinados según la NTP 400.017 y el valor

del peso unitario para agregados gruesos normales oscila entre 1 500 y 1 700 Kg/m³.

Peso unitario suelto (PUS):

Cuando el agregado seco se coloca con cuidado en un contenedor de diámetro y profundidad prescritas que depende del tamaño máximo del agregado hasta que desborde y después es nivelado haciendo rodar una varilla por encima. Luego se obtiene el peso unitario suelto multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

Peso unitario compactado (PUC):

Cuando el contenedor se llena en tres etapas, se apisona cada tercio del volumen 25 veces con una varilla compactadora de punta redondeada de 5/8” de diámetro. Luego se obtiene el peso unitario compactado multiplicando el peso neto por el factor (f) de calibración del recipiente calculado.

Módulo de fineza:

El módulo de fineza debe estar en un rango de 7.3 a 8.9, deberá estar conformado por partículas limpias, de perfil preferentemente angular, duras, compactas, resistentes, y de textura preferentemente rugosa.

El módulo de fineza conforme a la norma NTP 400.011 es la sumatoria de los porcentajes retenidos de la malla 1 ½ ” , ¾”, 3/8”, N° 4 , N° 8, N° 16 , N° 30, N° 50, N° 100.

Peso específico

El ensayo fue realizado según la NTP 400.022, con la que se logra determinar los pesos específicos: seco, saturado con superficie seca y el aparente; asimismo se logra determinar el porcentaje de absorción.

El Peso específico es un indicador de calidad del agregado cuando los valores oscilan entre 2.5 a 2.8, se garantiza un buen comportamiento, mientras que si se obtiene un peso específico bajo indicara un mal comportamiento (absorbente y débil) y estos valores serán menor de los valores estimados.

Contenido de humedad (NTP 400.016)

Es la cantidad total de agua retenida por las partículas del agregado (superficial y absorbida), propiedad que varía en función del tiempo y de las condiciones ambientales, motivo por el que dicho ensayo se realizó previo a cada diseño bajo especificaciones de la NTP 400.016, pero para tener valores referenciales y en el marco de determinar las propiedades físicas de los agregados.

También se define como la diferencia entre el peso del material natural y el peso del material secado en horno (24 horas.), dividido entre el peso natural del material, todo multiplicado por 100.

Porcentaje de absorción (NTP 400.022)

La absorción es la capacidad que poseen los agregados para atrapar las moléculas de agua en sus poros, producido por la capilaridad. La importancia de saber esta propiedad de los agregados radica en el aporte de agua que estos proporcionen a la mezcla de concreto, cuyos resultados nos permitirán determinar la cantidad de agua exacta en la fabricación del concreto, y así evitar el exceso o escasa cantidad de agua en la mezcla; cuya proporción de agua determinara las propiedades más importantes en la mezcla de concreto tales como son la trabajabilidad y resistencia.

La absorción de los agregados (fino y grueso) utilizados en esta investigación fueron determinados según NTP 400.022.

Granulometría (NTP 400.037).

Es de gran importancia realizar estos estudios, ya que determinara el proporcionamiento adecuado de los agregados (finos y gruesos) para producir mezclas de la más alta compacidad y, por lo tanto, más resistentes y económicos. Cuya distribución y grado de acomodo también está relacionada directamente con las características de manejabilidad del concreto en estado fresco, la demanda de agua, compacidad y resistencia mecánica del concreto en estado endurecido.

Los límites granulométricos normalizados por la NTP 400.037 o la ASTM C-33.

La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en

la malla de 1 ½” y no más del 6% del agregado que pasa la malla de ¼”.

Tamaño Máximo (TM).

Es el que corresponde al menor tamiz por el que pasa la muestra de agregado grueso al 100 % .

Tamaño Máximo Nominal (TMN).

El tamaño máximo nominal es otro parámetro que se deriva del análisis granulométrico y esta definido como el siguiente tamiz que le sigue en abertura (mayor) a aquel cuyo porcentaje retenido acumulado es del 15% o más.

La mayoría de los especificadores granulométricos se dan en función del tamaño máximo nominal y comúnmente se estipula de tal manera que el agregado cumpla con los siguientes requisitos.

Granulometría Continua

Se puede observar luego de un análisis granulométrico, si la masa de agrupados contiene todos los tamaños de gramos, desde el mayor hasta el más pequeño, si así ocurre se tiene una curva granulométrica continua.

Granulometría Discontinua.

Al contrario de lo anterior, se tiene una granulometría discontinua cuando hay ciertos tamaños de grano intermedios que faltan o que han sido reducidos o eliminados artificialmente.

Tabla 3
Parámetros del Agregado Grueso.

N	TAMAÑO NOMINAL	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados												
		4"	3 1/2"	3"	2 1/2"	2"	1 1/2 "	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90a100		25a60		0a15		0a5					
2	2 1/2" a 1 1/2"			100	90a100	35a70	0a15		0a5					
3	2" a 1"				100	90a100	35a70	0a15		0a5				
357	2" a #4				100	95a100		35a70		10a30			0a5	
4	1 1/2" a 3/4"					100	90a100	20a55	0a15			0a5		
467	1 1/2" a #4					100	95a100		35a70			10a30	0a5	
5	1" a 1/2"						100	90a100	20a55	0a10	0a5			
56	1" a 3/8"						100	90a100	40a85	10a40	0a15	0a5		
57	1" a #4							90a100		25a60		0a10	0a5	
6	3/4" a 3/8"							100	90a100	20a55	0a15			
67	3/4" a #4							100	90a100		20a55	0a10	0a5	
7	1/2" a #4								100	90a100	40a70	0a15	0a5	
8	3/8" a #8									100	85a100	10a30	0a10	0a5

Fuente: NTP - Norma Técnica Peruana de Parámetros del Agregado Grueso.

Agua para la mezcla (N.T.P. 399.88)

El agua debe ser clara y de apariencia limpia, libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, sales, materiales orgánicos y otras sustancias que puedan ser dañinas para el concreto o el refuerzo, si contiene sustancias que le produzcan color, olor o sabor inusuales, objetables o que causen sospecha, el agua no se debe usar a menos que existan registros de concretos elaborados con ésta, o información que indique que no perjudica la calidad del concreto.

El agua puede tener muy pocas cantidades de cloruros, sulfatos, álcalis y material sólido.

En el caso del agua como material para la construcción, según la Norma Técnica Peruana N.T.P. 399.088, para la elaboración de la mezcla de concreto se debe utilizar agua potable o en su defecto, agua que pueda servir para el consumo humano.

Tabla 4
Requisitos para el agua de mezcla.

DESCRIPCIÓN	LÍMITE PERMISIBLE
-------------	-------------------

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

Fuente: NTP, para los Ensayos de Laboratorio 339-088

Durabilidad del concreto

La durabilidad del concreto puede definirse como su capacidad para resistir la acción del medio ambiente circundante, los ataques químicos, biológicos, la abrasión y cualquier otro proceso de deterioro.

El ACI define la durabilidad del concreto de cemento Pórtland, como la habilidad para resistir la acción del intemperismo, el ataque químico, la abrasión, o cualquier otro proceso o condición de servicio de las estructuras, que produzca deterioro del concreto.

La conclusión primordial que se desprende de la definición anterior, es que la durabilidad no es un concepto absoluto que dependa solo del diseño de mezcla, sino que está en función del ambiente de exposición y las condiciones de trabajo a las cuales lo sometamos.

En este sentido, no existe un concreto “durable” por sí mismo, ya que las características físicas, químicas y mecánicas que pudieran ser adecuadas para ciertas circunstancias no necesariamente lo habilitan para seguir siendo “durable” bajo condiciones diferentes.

Tradicionalmente se asoció la durabilidad a las características resistentes del concreto y particularmente a su resistencia en compresión, pero las experiencias prácticas y el avance de la investigación en este campo han demostrado que es solo uno de los aspectos involucrados, pero no el único ni el suficiente para obtener un concreto durable

Diseño de Mezcla por el Método del ACI

- ❖ El primer paso contempla la elección del Slump.

Se determina la resistencia promedio necesaria para el diseño; la cual está en función al $F'c$, la desviación estándar, el coeficiente de variación.

$F'c$	$F'CR$
MENOS DE 210	$f'c + 70$
210 - 350	$f'c + 84$
>350	$f'c + 98$

- ❖ La elección del tamaño máximo del agregado, segundo paso del método, debe considerar la separación de los costados de la cimbra, el espesor de la losa y el espacio libre entre varillas individuales o paquetes de ellas. Por consideraciones económicas es preferible el mayor tamaño disponible, siempre y cuando se utilice una trabajabilidad adecuada y el procedimiento de compactación permite que el concreto sea colado sin cavidades o huecos.
- ❖ Como tercer paso, el informe presenta una tabla con los contenidos de agua recomendables en función del Slump requerido y el tamaño máximo del agregado, considerando concreto sin y con aire incluido.
- ❖ Como cuarto paso, el ACI proporciona una tabla con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera.
- ❖ El contenido de cemento se calcula con la cantidad de agua.
- ❖ Para el sexto paso del procedimiento el ACI maneja una tabla con el volumen del agregado grueso por volumen unitario de concreto.
- ❖ Hasta el paso anterior se tienen estimados todos los componentes del concreto, excepto el agregado fino, cuya cantidad se calcula por diferencia.
- ❖ El octavo paso consiste en ajustar las mezclas por humedad de los agregados.
- ❖ El último paso se refiere a los ajustes a las mezclas de prueba.

Relave Minero

Un relave minero viene a ser un subproducto común de los procesos de recuperación de metales y minerales. Es decir, es un lodo líquido que está compuesto de agua y partículas finas de minerales. Es creado cuando el mineral es retirado y se tritura de manera muy fina.

Desde el proceso de molido los relaves mineros bombean hacia los depósitos que son construidos a partir de presas de tierra. A medida que los residuos de los relaves se drenan de forma gradual, este se compacta y se va secando para poder plantar pasto y otro tipo de vegetación y estabilizar así el ambiente.

Antes de que el agua usada en los relaves se vuelva a utilizar, debe de hacerse un tratamiento para poder sacar todas las sustancias tóxicas que puedan contaminar el ambiente o poner en riesgo la salud de las personas de las comunidades locales.

El relave de la "Minera Huancapetí" a estudiar es de tipo polimetálico. Es decir, en esta planta se procesa el zinc, cobre y plata.



Imagen 6: Relave Minero de la Mina Huancapetí - Aija - Ancash.

Gestión de relaves

Se entiende como gestión de relaves a la responsabilidad que tienen las mineras a largo plazo y la cual tienen diversos puntos de regulación. Esta gestión debe ser eficaz mientras dure toda la operación; es decir, desde la evaluación inicial hasta el cierre y poscierre del proyecto. Cuando un relave no presenta alguna sustancia nociva, se debe drenar el agua de los depósitos y luego darle forma para posteriormente cubrirlos con

tierra y brindar un relieve estable y sostenible. Para otros casos, se deben de tomar medidas a largo plazo que permita asegurar la estabilidad física y química.

Tipos de depósitos de relaves mineros

Los relaves de las minas pueden ser depositados de diversas maneras dependiendo de factores; por ejemplo, la topografía del lugar, las precipitaciones, las actividades sísmicas, el tipo de minerales o metales extraídas, y la cercanía que tenga la mina con las comunidades locales. No existe una solución para esos casos, el depósito de relave es único.

Se debe identificar el método correcto para construir los depósitos donde estarán los relaves mineros y garantizar así una operación segura. Los depósitos pueden tener ciertos tipos de construcción, tales como eje central, aguas abajo, aguas arriba.

Método aguas abajo

Este diseño inicial con una presa impermeable inicial. Luego los relaves son descargados en la presa y mientras va creciendo se construye un nuevo muro que se hace sobre la pendiente aguas debajo de la sección anterior. Este diseño fue desarrollado para las zonas donde exista actividad sísmica y diversas precipitaciones o mucha agua.

Método aguas arriba

En este método se inicia con una presa inicial. Los relaves son descargados dentro del depósito y forman de especie de playa de relaves. Dichos relaves se depositan de forma contigua a la presa y pueden ser drenados y compactados para ser usados como base para otros niveles. De esta manera, la cima de la presa se va moviendo aguas arriba.

Las presas con este método se elevan de manera lenta para que los residuos sólidos tengan tiempo de secarse. Este diseño es usado en lugar donde haya pocas precipitaciones y poca actividad sísmica.

Método eje central

Este método es una combinación del método aguas arriba y el método aguas abajo. En las construcciones con eje central la presa se va construyendo de manera vertical partiendo de la presa inicial. Por tanto, la cima se mantiene fija en relación a las direcciones de agua arriba y agua abajo. Además, puede incorporarse un sistema de drenaje para brindar más estabilidad.

Límites máximos permisibles de los relaves mineros

Tabla 5

Valores permisibles de emisión para unidades mineros metalúrgicos.

Parámetro	Cobre (mg/l)
Valor en cualquier momento	1.0
Valor promedio	0.3
Ph	Zinc (mg/l)
Mayor que 6, menor que 9	3.0
Mayor que 6, menor que 9	1.0
Solidos Suspendidos	Hierro (mg/l)
50.0	2.0
25.0	1.0
Plomo (mg/l)	
0.4	
0.2	

Fuente: Propia en base informe académico (Contaminación Ambiental)

Características de la zona de investigación

Ubicación

La zona de estudio está ubicada en el departamento de Ancash, Provincia de Aija, en el Sector denominado Huancapetí.

El proyecto, se encuentra ubicado en la zona 18 nororiental de la Región Ancash, en las Coordenadas UTM del sistema elipsoidal de referencia PSAD 56.

Tabla 6

Coordenadas UTM de los Vértices PSAD 56 – Minera

Huancapetí - Aija - Ancash.

VERTICE	ESTE (X)	NORTE (Y)
1	233450.00	8919150.00
2	233700.00	8919150.00
3	233900.00	8919200.00
4	234100.00	8919200.00

Fuente: Propia (Puntos Topográficos tomados en campo).

Ubicación geográfica de Google Earth



Imagen 7: Área de trabajo del Relave Minero Huancapetí - Aija - Ancash.

Acceso

Tabla 7

Acceso a la Minera Huancapetí - Aija - Ancash.

DE	A	DISTANCIA (Km)	Tipo De Vía	Medio De Transporte
Huaraz	Recuay	27 Km	Pista Asfaltada	Vehículo Motorizado
Recuay	Minera Huancapetí	22 Km	Carretera Afirmada	Vehículo Motorizado

Fuente: *Elaboración Propia*

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLES

❖ **Variable Dependiente.**

Tabla 8

Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la compresión del concreto	Máximo esfuerzo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento (NTP 334.051)	Máximo esfuerzo que puede soportar una probeta de concreto bajo una carga admisible	kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Variable Independiente.**

Tabla 9

Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR
Combinación de Cemento y Relave Minero	Es la mezcla de un porcentaje de Relave Minero en remplazo de un 10% y 15% de cemento en una probeta de concreto	10 % de Relave Minero por Cemento. 15% de Relave Minero por Cemento.

Fuente: Elaboración propia.

Hipótesis

Si se sustituye 10% y 15% del cemento tipo I, por el Relave Minero de la “Minera

Huancapeti”, se logrará obtener una mayor resistencia a la compresión.

Objetivos

Objetivo General:

Determinar la resistencia a la compresión del concreto $F' C = 210 \text{ kg/cm}^2$, cuando se sustituye 0%, 10% y 15% de cemento por relave minero de la “Minera Huancapeti” – Aija.

Objetivos Específicos:

- ✓ Analizar las características físicas, químicas y difracción de rayos x del material de relave “Minero Huancapeti que pase la malla N° 200.
- ✓ Determinar el PH, del relave minero y de la mezcla patrón, de acuerdo al porcentaje sustituido y comparar los resultados.
- ✓ Calcular la relación agua / cemento del concreto patrón y del concreto experimental.
- ✓ Contrastar la resistencia de compresión del concreto $F' C = 210 \text{ kg/cm}^2$, usando el 10% y 15 % del Relave Minero de la Minera Huancapeti, en reemplazo de cemento Tipo I a los 7, 14 y 28 días de curado.
- ✓ Comparar los resultados utilizando gráficos estadísticos con su interpretación respectiva.

METODOLOGÍA

❖ Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue descriptiva. Mientras que el diseño correspondió a un

diseño experimental transversal.

❖ Población y muestra

Población:

Diseño de mezcla de concreto $F'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento por relave minero.

Muestra:

Se consideraron 27 probetas de un concreto $f'c = 210$ kg/cm² por cada porcentaje de sustitución, y que se distribuyeron de la siguiente manera:

- ✓ 9 probetas de control (0% de sustitución, patrón)
- ✓ 9 probetas experimental (10 % de sustitución)
- ✓ 9 probetas experimental (15 % de sustitución)

❖ Técnicas e instrumentos

Tabla 10

Técnicas e Instrumentos.

Técnica	Instrumento
La Observación	Ficha de Observación del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP - Huaraz

Fuente: Elaboración propia.

❖ Procesamiento y análisis de los datos

Para recolectar los datos se realizaron los siguientes pasos:

- ✓ Las pruebas fueron procesadas con el software Excel.

- ✓ El análisis se realizó con tablas, gráficos, promedios, porcentajes, varianzas, prueba de hipótesis (ANOVA).

RESULTADOS

❖ ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Chancadora "Taclán" - Huaraz.
Material : Agregado Grueso.
Fecha : 12/09/2016.
Peso : **5130.00**

Tabla 11
Análisis granulométrico del Agregado Grueso.

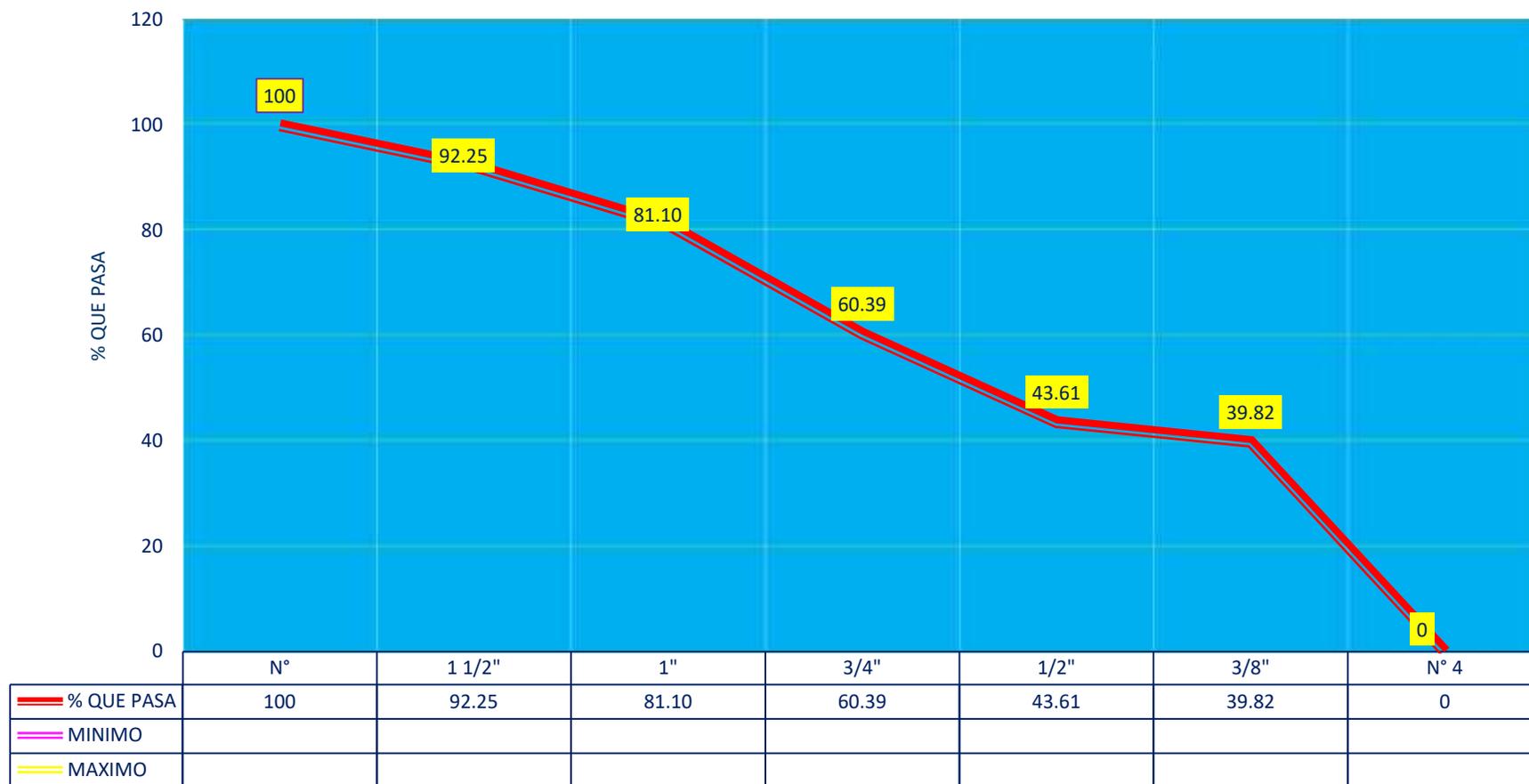
TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
Nº	ABERT. (mm)				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	1685.00	7.75	7.75	92.25
3/4"	19.100	2422.50	11.15	18.90	81.10
1/2"	12.700	4502.00	20.71	39.61	60.39
3/8"	9.525	3647.50	16.78	56.39	43.61
Nº 4	4.760	8655.50	39.82	96.22	3.78
Nº 8	2.360	822.50	3.78	60.18	39.82
FONDO		0.00	0.00	60.18	39.82
(TOTAL)		21735.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia.

Tamaño: 1"

Tamaño Máximo Nominal: 3/4"

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO GRUESO



PARAMETROS SEGUN NTP (400.012)

Gráfico 1: Curva Granulométrica del Agregado Grueso.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Chancadora "Taclán" - Huaraz.
Material : Agregado Fino.
Fecha : 12/09/2016.
Peso : **1562.00**

Tabla 12
Análisis granulométrico del Agregado Fino.

TAMIZ	ABERT.	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
N°	(mm)				
N° 4	4.760	0.00	0.00	0.00	91.52
N° 8	2.360	325.50	20.84	20.84	70.68
N° 16	1.180	251.50	16.10	36.94	54.58
N° 30	0.600	360.50	23.08	60.02	31.50
N° 50	0.300	276.00	17.67	77.69	13.83
N° 100	0.150	160.00	10.24	87.93	3.59
N° 200	0.075	45.00	2.88	90.81	0.70
FONDO (TOTAL)		1562.00	100.00	91.52	0.00

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de Finura (MF):

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

$$\% \text{ RETENIDO ACUMULADO} = 283.42$$

$$MF = 2.83$$

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL AGREGADO FINO

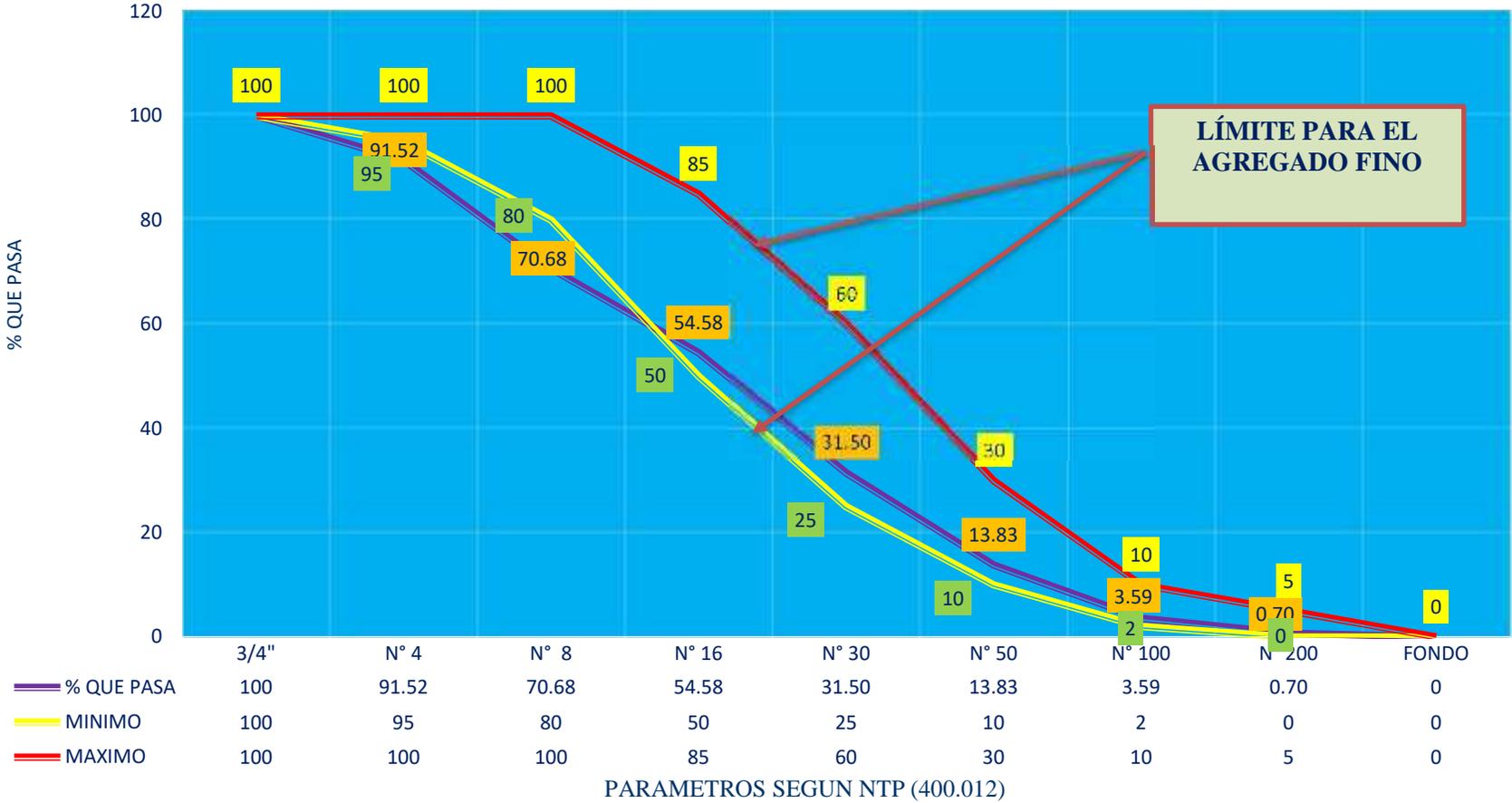


Gráfico 2: Curva Granulométrica del Agregado Fino.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL RELAVE MINERO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Minera "Huancapetí" - Aija - Ancash.
Material : Relave Minero.
Fecha : 13/10/2016.
Peso : **1361.20**

Tabla 13
Análisis granulométrico del Relave Minero.

TAMIZ Nº	ABERT. (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 8	2.360	0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 16	1.180	0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 30	0.600	3.00	0.19	0.19	91.33
Nº 50	0.300	117.10	7.50	7.69	83.83
Nº 100	0.150	331.90	21.25	28.94	62.58
Nº 200	0.075	473.10	30.29	59.23	32.29
FONDO (TOTAL)		428.20 1361.20	27.41 87.14	86.64	4.88

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de Finura (MF):

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

$$\% \text{ RETENIDO ACUMULADO} = 36.82$$

$$MF = 0.368 \dots\dots\dots 0.40$$

$$\% \text{ RETENIDO ACUMULADO} = 0.93$$

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL RELAVE MINERO

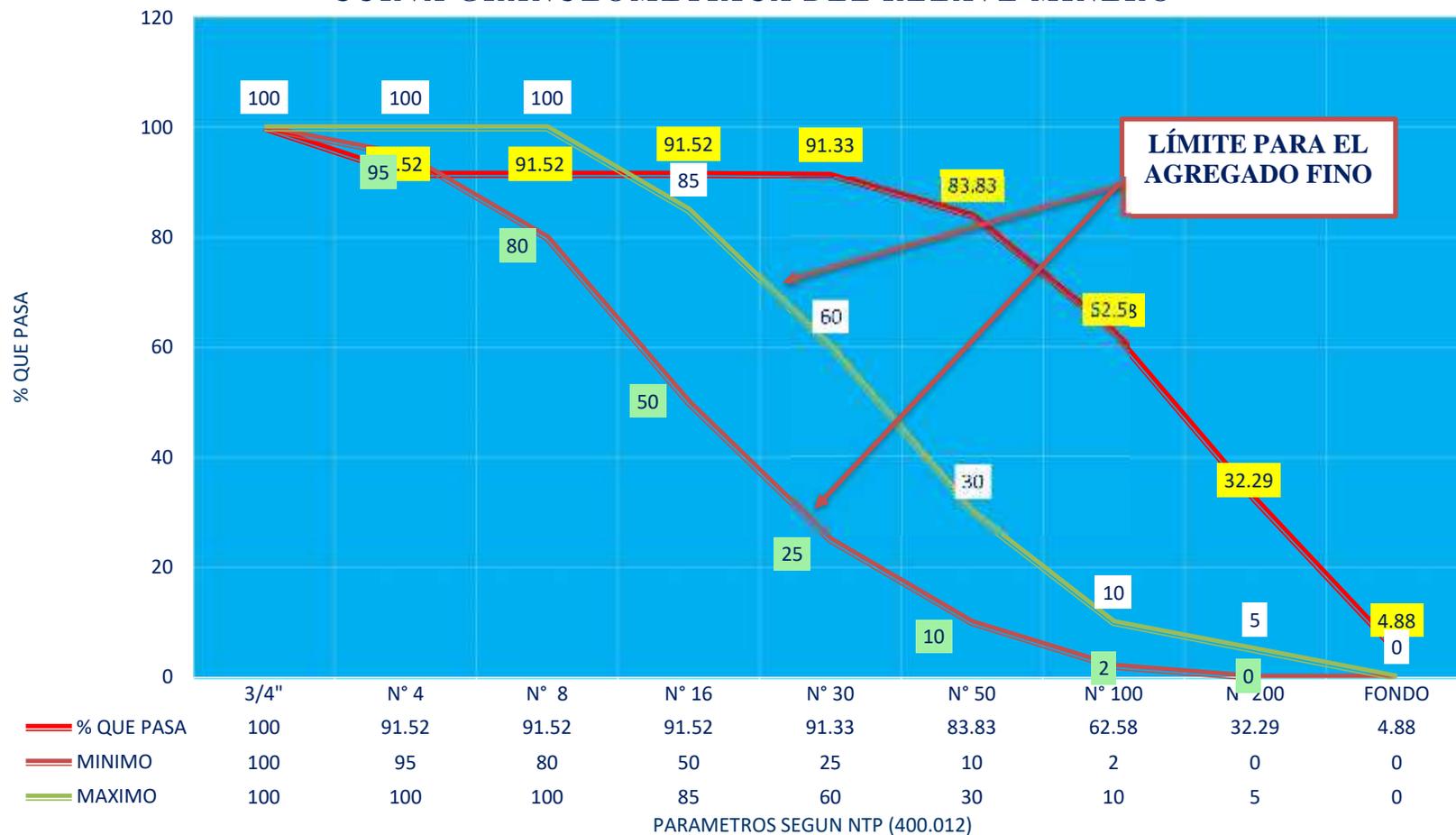


Gráfico 3: Curva Granulométrica del Relave Minero.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL CEMENTO SOL

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Minera "Huancapetí" - Aija - Ancash.
Material : Cemento Sol.
Fecha : 13/10/2016.
Peso : **957.70**

Tabla 14
Análisis granulométrico del Cemento Sol.

Nº	TAMIZ ABERT. (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 8	2.360	0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 16	1.180	0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 30	0.600	3.50	0.22	0.22	91.29
Nº 50	0.300	1.20	0.08	0.30	91.22
Nº 100	0.150	1.60	0.10	0.40	91.11
Nº 200	0.075	17.00	1.09	1.49	90.03
FONDO (TOTAL)		934.40 957.70	59.82 61.31	61.31	30.20

Fuente: Elaboración propia.

Módulo de Finura (MF):

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido Acumulado}}{100}$$

$$\% \text{ RETENIDO ACUMULADO} = 0.93$$

$$MF = 0.009 \dots\dots\dots 0.10$$

CURVA GRANULOMÉTRICA DEL CEMENTO SOL

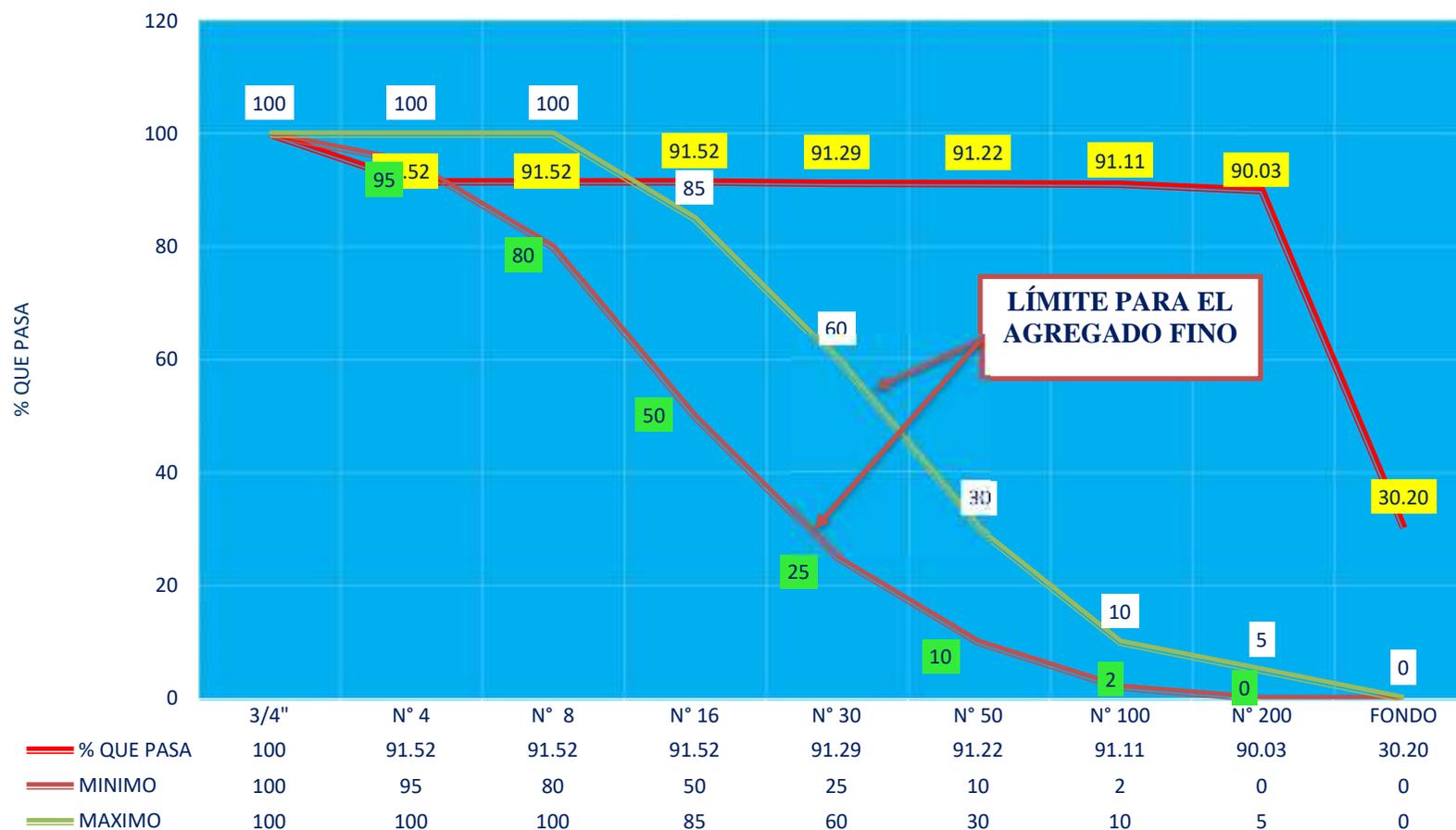


Gráfico 4: Curva Granulométrica del Cemento Sol.

❖ PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

PESO UNITARIO DEL AGREGAGADO GRUESO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto $F'c=210$ kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Chancadora "Taclán" - Huaraz.
Material : Hormigón.
Fecha : 15/10/2016.

Tabla 15

Peso Unitario para el Hormigón.

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOLDE	21620	21650	21655	21075	21045	21070
PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333	5333	5333	5333
PESO DEL MATERIAL	16287	16317	16322	15742	15712	15737
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341
PESO UNITARIO	1.744	1.747	1.747	1.685	1.682	1.685
PESO UNITARIO PROMEDIO		1745.923			1684.010	
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m ³)		1746.000			1684.000	

Fuente: Elaboración propia

PESO UNITARIO DEL AGREGAGADO FINO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Chancadora "Tacllán" - Huaraz.
Material : Arena Fina.
Fecha : 15/10/2016.

Tabla 16

Peso Unitario para la Arena Fina.

TIPO DE PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOLDE	8165	8170	8185	7570	7555	7570
PESO DEL MOLDE	2776	2776	2776	2776	2776	2776
PESO DEL MATERIAL	5389	5394	5409	4794	4779	4794
VOLUMEN DEL MOLDE	3426	3426	3426	3426	3426	3426
PESO UNITARIO	1.573	1.574	1.579	1.399	1.395	1.399
PESO UNITARIO PROMEDIO	1575.404			1397.840		
PESO UNITARIO PROMEDIO (Kg/m ³)	1576.000			1398.000		

Fuente: Elaboración propia.

❖ **GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.**

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto $F'c=210$ kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Chancadora "Taclán" - Huaraz.
Material : Agregado Grueso.
Fecha : 15/09/2016.

Tabla 17
Gravedad Especifica y Absorción de la Arena Gruesa.

ARENA GRUESA				
	IDENTIFICACIÓN	N° 9	N° 17	N° 23
A	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AIRE)	1063	1069.5	827
B	PESO MATERIAL SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA (EN AGUA)	655.7	687.5	507
C	VOLÚMEN DE MASAS / VOLÚMEN DE VACIOS = A - B	407.3	382	320
D	PESO MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	1054.5	1060	820
E	VOLUMEN DE MASA = C - (A - D)	398.8	372.5	313
	Pe BULK (BASE SECA) = D / C	2.589	2.775	2.563
	Pe BULK (BASE SATURADA) = A / C	2.610	2.800	2.584
	Pe APARENTE (BASE SECA) = D / E	2.644	2.846	2.620
	% DE ABSORCIÓN = ((A - D) / D) * 100	0.806	0.896	0.854
			0.85	

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP - Huaraz

PESO ESPECÍFICO DE MASA = 2.67.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Chancadora "Taclán" - Huaraz.
Material : Agregado Fino.
Fecha : 15/09/2016.

Tabla 18
Gravedad Específica y Absorción de la Arena Fina.

ARENA FINA				
IDENTIFICACIÓN	N° 22	N° 33	PROMEDIO	
A PESO MATERIAL SATURADO SUPERFICILMENTE SECA (EN AIRE)	300	300		
B PESO FRASCO + H2O	678.5	678.5		
C PESO FRASCO + H2O + (A)(A + B)	978.5	978.5		
D PESO DEL MATERIAL + H2O EN EL FRASCO	864.2	864.2		
E VOLUMEN DE MASA + VOLUMEN DE VACIO = C - D	114.3	114.3		
F PESO DE MATERIAL SECO EN ESTUFA (105° C)	296.3	296.3		
G VOLUMEN DE MASA = E - (A - F)	110.6	110.6		
Pe BULK (BASE SECA) = F / E	2.592	2.592		
Pe BULK (BASE SATURADA) = A / E	2.625	2.625		1.55
Pe APARENTE (BASE SECA) = F / G	2.679	2.679		
% DE ABSORCIÓN = ((A - F) / F) * 100	1.249	1.249		

Fuente: Elaboración propia.

PESO ESPECÍFICO DE MASA = 2.63.

❖ **CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS**

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto $F'c=210$ kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Chancadora "Taclán" - Huaraz.
Material : Arena Gruesa.
Fecha : 15/09/2016.

Tabla 19

Contenido de Humedad de la Arena Gruesa.

ARENA GRUESA		
RECIPIENTE N°	N° 15	N° 50
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	1411.5	1339
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	1406	1331
PESO DE RECIPIENTE	164.4	168.8
PESO DE AGUA	5.5	8
PESO SUELO SECO	1241.6	1162.2
HUMEDAD (%)	0.443	0.688
HUMEDAD PROMEDIO	0.57	

Fuente: Elaboración propia.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
Tesis : "Resistencia a la compresión del Concreto $F'c=210$ kg/cm², con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Cantera : Chancadora "Tacllán" - Huaraz.
Material : Arena Fina.
Fecha : 15/09/2016.

Tabla 20

Contenido de Humedad de la Arena Fina.

ARENA FINA		
RECIPIENTE N°	N° 34	N° 37
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	1123.50	1022.50
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	1110	1004
PESO DE RECIPIENTE	161.7	169.1
PESO DE AGUA	13.50	18.5
PESO SUELO SECO	948.3	834.9
HUMEDAD (%)	1.42	2.22
HUMEDAD PROMEDIO		1.82

Fuente: Elaboración propia.

❖ DISEÑO DE MEZCLA SEGÚN ACI

DISEÑO DE MEZCLA - ACI

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
: "Resistencia a la compresión del Concreto $f'_c=210$ kg/cm², con sustitución
Tesis de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija -
Ancash".
Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP - Huaraz
Fecha : 15/09/2016

Tabla 21

*Especificaciones y Materiales para el Diseño de Mezcla -
ACI.*

I. ESPECIFICACIONES:

- a) La selección de las proporciones se harán empleando el Método A.C.I
b) La resistencia de diseño especificada a los 28 días es de $f'_c = 210$ kg/cm²

II. MATERIALES

a) Cemento Portland

Tipo

P. Especifico

3.15

b) Agua

Tipo

Potable

c) Agregado Fino

P. Especifico de masa

2.63

Peso Unitario Seco Suelto

1688.00

kg/m³

Peso Unitario Seco Compactado

1746.00

kg/m³

Contenido de Humedad

1.82

%

Absorción

1.25

%

Módulo de Fineza

2.83

d) Agregado Grueso

Tamaño Máximo Nominal

1"

P. Especifico de masa

2.67

Peso Unitario Seco Suelto

1398.00

kg/m³

Peso Unitario Seco Compactado	1578.00	kg/m ³
Contenido de Humedad	0.57	%
Absorción	0.85	%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22

Diseño de Mezclas de Concreto - ACI.

Resistencia a la Compresión Promedio	
F'c	F'cr
Menos de 210	F'c + 70
210 a 350	F'c + 84
Sobre 350	F'c + 98

Fuente: Diseño de Mezclas de Concreto - ACI

Paso 1: Selección del Asentamiento.

ASENTAMIENTO = 4 PULGADAS

Tabla 23

Selección de Asentamiento en Construcciones - ACI.

TABLA 1		
TIPO CONSTRUCCIÓN	MÁXIMO	MÍNIMO
Zapata armada	3"	1"
Zapata simple	3"	1"
Viga y muro armado	4"	1"
Columnas	4"	1"
Losas y Pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: Diseño de Mezcla de Concreto - ACI

Paso 2: Selección del Tamaño Máximo Nominal del Agregado.

Tamaño Máximo del Agregado = 1 PULGADA

Paso 3: Agua de Mezclado y Contenido de Aire.

Tabla 24

Agua de Mezclado y Contenido de Aire - ACI.

AGUA DE MEZCLADO =	193	Lit/m3
CONTENIDO DE AIRE =	1.5	%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25

Requerimientos aproximados de agua de mezclado y de contenido de aire para diferentes valores de asentamiento y tamaño máximo de agregados - ACI.

TABLA 2

REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y DE CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADO

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en lit/m ³ de concreto para los tamaños Máximo Nominal de agregados y asentamiento indicados.							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-----
Cantidad aproximada de aire atrapado en %	3	2.5	2.0	1.5	1	0.5	0.3	0.2
	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO							
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-----
Promedio para el contenido total de aire en %	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

Fuente: Diseño de Mezcla de Concreto – ACI.

Paso 4: Selección de la Relación Agua – Cemento (a/c).

RELACION AGUA - CEMENTO = 0.684 Adimensional

Tabla 26

Relación Agua – Cemento (a/c) - ACI.

TABLA 3		
RELACION AGUA-CEMENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO		
RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f'cr) (kg/cm2)	RELACIÓN AGUA-CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
450	0.38	-----
400	0.43	-----
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.43
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fuente: Diseño de Mezcla de Concreto – ACI.

F'c = 210 kg/cm2 a/c = 0.684

Paso 5: Cálculo del Contenido de Cemento.

$$\text{CONTENIDO DE CEMENTO (KG/M3)} = \frac{\text{AGUA MEZCLADO(KG/M3)}}{\text{RELACION a/c}} \quad \begin{matrix} 01 \\ \text{Cement} \end{matrix}$$

o = 42.5 kg

CONTENIDO DE CEMENTO =	282.16	Kg/m3
	6.64	Bol/m3

Paso 6: Cálculo del Contenido de Piedra Chancada.

CONTENIDO DE PIEDRA CHANCADA (kg) =
 VOLÚMEN DE PIEDRA CHANCADA (m3) * PESO UNITARIO SECO
 COMPACTADO (kg/m3).

CONTENIDO DE PIEDRA CHANCADA =	1057.26	Kg./m3
---------------------------------------	----------------	---------------

Tabla 27

Volúmenes de agregado grueso por unidades de volúmenes de concreto - ACI.

TABLA 4				
VOLÚMEN DE AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLÚMEN DE CONCRETO				
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO (PULGADAS)	Volumen de A. Grueso Seco y Compactado			
	MÓDULO DE FINEZA DE ARENA FINA			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.76	0.74	0.72	0.7
2.0	0.78	0.76	0.74	0.72
3.0	0.81	0.79	0.77	0.75
6.0	1.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Diseño de Mezcla de Concreto – ACI.

Paso 7: Cálculo de Volúmenes Absolutos.

VOLÚMEN = PESO SECO / PESO ESPECÍFICO

Tabla 28

Cálculo de Volúmenes Absolutos - ACI.

CEMENTO	:	0.090	M3
AGUA	:	0.193	M3
AIRE	:	0.015	M3
A. GRUESO	:	0.336	M3
		0.633	

Fuente: Elaboración propia.

Paso 8: Contenido de Agregado Fino.

VOLÚMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO = 0.367 m³.

PESO DEL AGREGADO FINO SECO = 965.40 kg/m³.

CONTENIDO DE AGREGADO FINO = 965.38 m³.

Paso 9: Valores de Diseño.

Tabla 29

Cálculo de Valores de Diseño - ACI.

CEMENTO	:	282.16	kg/m³
AGUA	:	193.00	lt/m³
A. FINO	:	965.38	kg/m³
A. GRUESO	:	1057.26	kg/m³

Fuente: Elaboración propia.

Paso 10: Corrección por Humedad del Agregado.

Tabla 30

Cálculo de Corrección por Humedad de los Agregados - ACI.

PESO HUMEDO DEL :		
AG. FINO	967.138	968 kg/m³
AG. GRUESO	1057.863	1058 kg/m³

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31

Cálculo de la Humedad Superficial de los Agregados - ACI.

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL:		
AG. FINO	0.57	%
AG. GRUESO	-0.28	%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32

Cálculo de Aporte de Humedad de los Agregados - ACI.

APORTE DE HUMEDAD DEL:		
AG. FINO	25.49	l/m3
AG. GRUESO	-3.38	lm3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33

Resumen de Aporte de Humedad de los Agregados - ACI.

APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS	22.10	lt/m2	<input type="text"/>
---	--------------	--------------	----------------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34

Agua Efectiva utilizada - ACI.

AGUA EFECTIVA	172.28	l/m3
----------------------	---------------	-------------

Fuente: Elaboración propia.

Paso 11: Peso de los Materiales Corregidos por Humedad.

Tabla 35

Peso de los Materiales Corregidos por Humedad - ACI.

CEMENTO	:	282.00	kg/m3
AGUA	:	172.00	lt/m3
A. FINO	:	968.00	kg/m3
A. GRUESO	:	1058.00	kg/m3
		2480.00	

Fuente: Elaboración propia.

EXPRESIÓN DE LAS PROPORCIONES CON DOSIFICACIÓN DE OBRA

Tabla 36

Materiales utilizados por cada kg de Cemento - ACI.

Por cada kg de cemento se usará:		
CEMENTO	1.00	kg
AGUA DE MEZCLADO	0.61	kg
AGREGADO FINO	3.43	kg
AGREGADO GRUESO	3.75	kg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 37

Dosificación obtenida por kg - ACI.

1	:	0.61	:	3.43	:	3.75
----------	----------	-------------	----------	-------------	----------	-------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38

Cantidades a utilizar por Bolsa de Cemento - ACI.

Cantidades a utilizar por Bolsa de Cemento		
Material	kg	Lata(18 lit)
CEMENTO	42.50	---
AGUA DE MEZCLADO	25.92	1.4
AGREGADO FINO	145.89	4.64
AGREGADO GRUESO	159.45	5.61

Fuente: Elaboración propia.

01 Cemento 42.5 Kg

Tabla 39

Dosificación obtenida por Bolsa de Cemento - ACI.

42.50	:	25.92	:	145.89	:	159.45
--------------	----------	--------------	----------	---------------	----------	---------------

Fuente: Elaboración propia.

❖ **DISEÑO DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2**

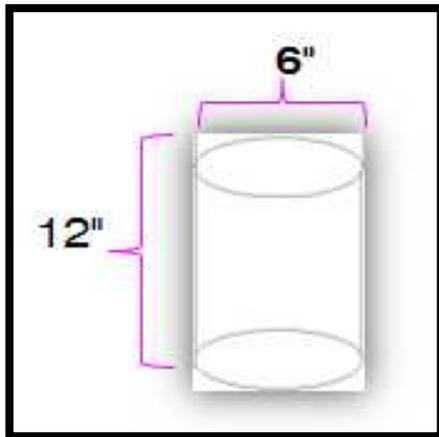
DISEÑO DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.

: "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm2, con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".

Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz.

Fecha : 03/10/2016



$$V = \pi r^2 * h$$

Volumen	5560.0128	cm3
Volumen	0.0061	m3

$$1'' = 2.54 \text{ cm.}$$

Imagen 0.1. Forma de Concreto.

	Medida	Unidad	Medida	Unidad
D	6	Pulg.	15.24	cm
H	12	Pulg.	30.48	cm
	3.1416			Adimensional

Tabla 40

Materiales en Proporciones Finales utilizados en el Diseño de Concreto F'c = 210 kg/cm2.

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES
CEMENTO	282.00	Kg/m3
AGUA DE MEZCLADO	172.00	Lit/m3
AG. FINO	968.00	Kg/m3
AG. GRUESO	1058.00	Kg/m3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41

Materiales a utilizar en el Volumen de la Probeta, en el Diseño de Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

MATERIALES A UTILIZAR PARA EL VOLÚMEN DEL CILINDRO				
MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.81	Kg	36	65.16
AGUA DE MEZCLADO	1.10	Lit	36	39.60
AG. FINO	6.22	Kg	36	223.92
AG. GRUESO	6.78	Kg	36	244.08

Fuente: Elaboración propia.

❖ DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$

DOSIFICACIÓN DEL CONCRETO $F'c = 210 \text{ KG/CM}^2$

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.

: "Resistencia a la compresión del Concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución

Tesis de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".

Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz.

Fecha : 03/10/2016

1°- MATERIALES A UTILIZAR PARA EL CONCRETO PATRÓN

La cantidad de los Materiales a utilizar es para 9 Probetas.

Tabla 42

Molde de la Probeta utilizado en el Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Molde de Probetas	
Diámetro (m)	0.15
Altura (m)	0.30
% Desperdicio	0.10
N° Probetas	9.00
Volumen (m3)	0.01

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 43

Proporciones finales utilizados en el Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.810	Kg	9	16.29
AGUA DE MEZCLADO	1.110	Lit	9	9.99
AG. FINO	6.220	Kg	9	55.98
AG. GRUESO	6.780	Kg	9	61.02

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

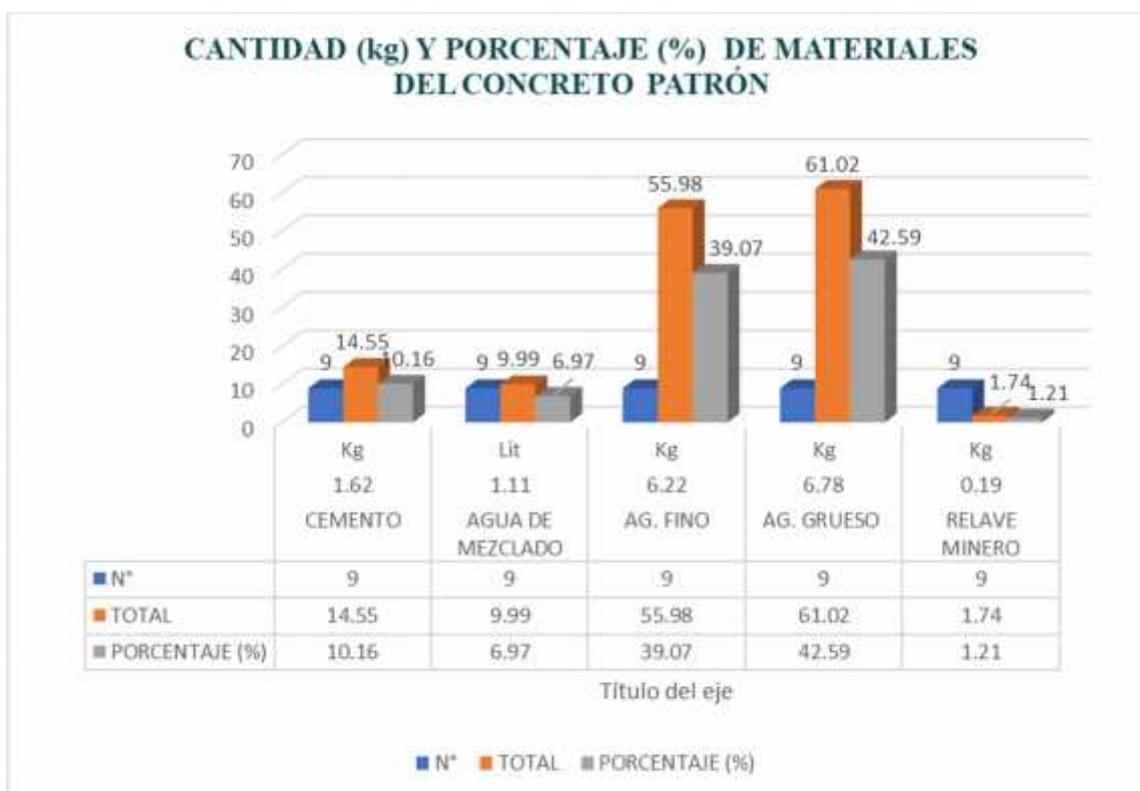


Gráfico 5: Porcentaje de Materiales Utilizados en el Concreto Patrón.

2°- MATERIALES A UTILIZAR PARA SUSTITUCION DE 10% DE RELAVE MINERO DE LA "MINA HUANCAPETI" POR CEMENTO.

La cantidad de los Materiales a utilizar es para 9 Probetas.

Tabla 44

Molde de la Probeta utilizado en el Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución del 10 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí".

Molde de Probetas	
Diámetro (m)	0.1524
Altura (m)	0.3048
% Desperdicio	10.00%
N° Probetas	9.00
Volumen (m3)	0.006

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 45

Proporciones finales utilizados en el Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución del 10 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí".

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.714	Kg	9	15.42
AGUA DE MEZCLADO	1.110	Lit	9	9.99
AG. FINO	6.220	Kg	9	55.98
AG. GRUESO	6.780	Kg	9	61.02
RELAVE MINERO	0.097	Kg	9	0.87

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

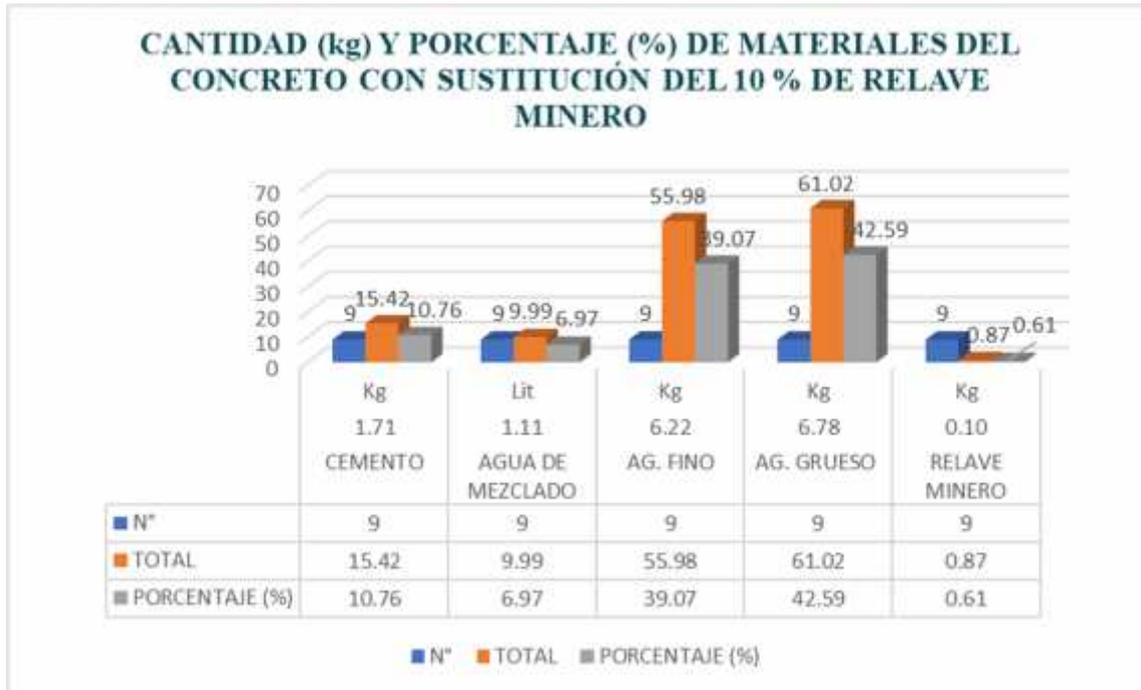


Gráfico 6: Porcentaje de Reemplazo del Cemento por 10 % de Relave Minero.

3°- MATERIALES A UTILIZAR PARA SUSTITUCION DE 15% DE RELAVE MINERO DE LA "MINA HUANCAPETI" POR CEMENTO.

La cantidad de los Materiales a utilizar es para 9 Probetas.

Tabla 46

Molde de la Probeta utilizado en el Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución del 15 % de Relave Minero de la Mina "Huancapeti".

Molde de Probetas	
Diámetro (m)	0.1524
Altura (m)	0.3048
% Desperdicio	10.00%
N° Probetas	9.00
Volumen (m3)	0.006

Fuente: Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 47

Proporciones finales utilizados en el Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución del 15 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí".

MATERIALES	PROPORCIONES FINALES	UNIDADES	N°	TOTAL
CEMENTO	1.617	Kg	9	14.55
AGUA DE MEZCLADO	1.110	L	9	9.99
AG. FINO	6.220	Kg	9	55.98
AG. GRUESO	6.780	Kg	9	61.02
RELAVE MINERO	0.193	Kg	9	1.74

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

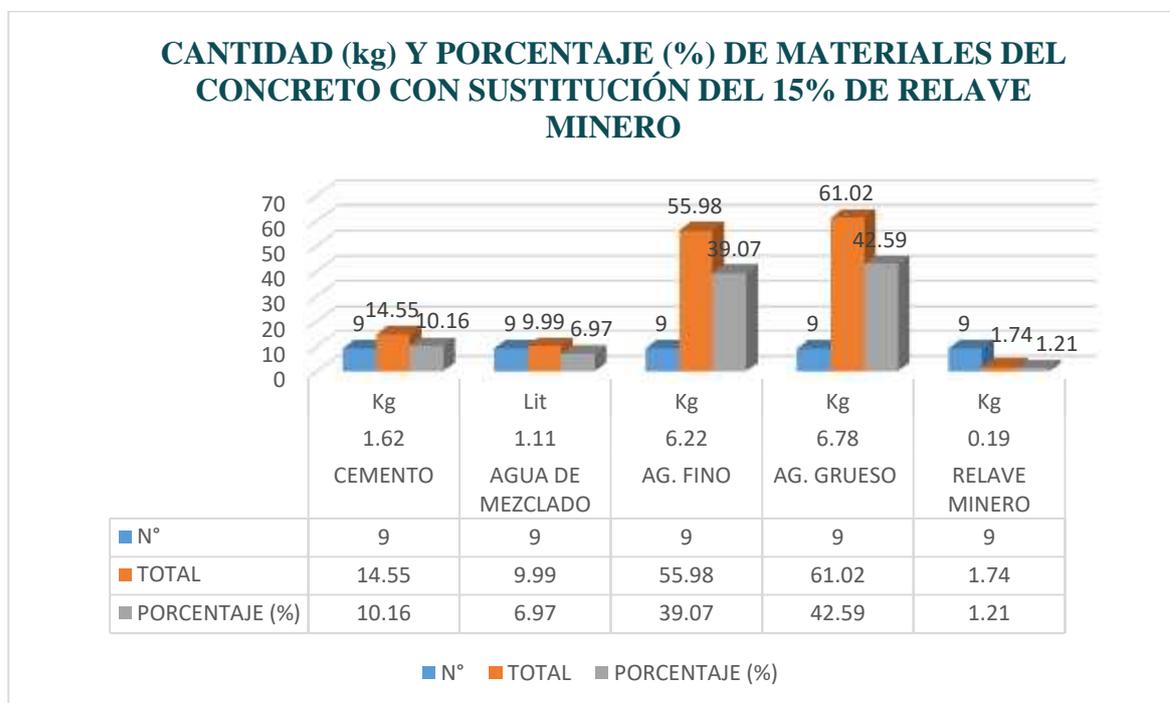


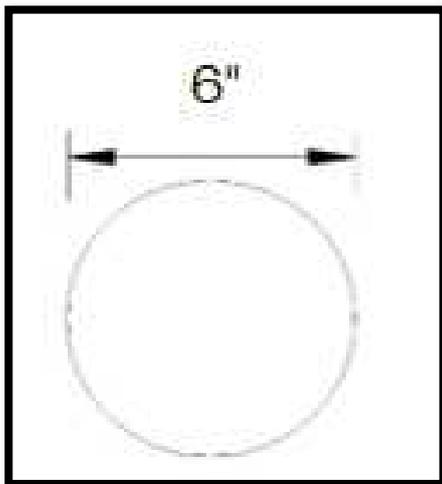
Gráfico 7: Porcentaje de Reemplazo del Cemento por 15% de Relave Minero.

❖ ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

F'C=210 KG/CM2

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PATRÓN
F'C = 210 KG/CM2

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
 : "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm2, con sustitución
Tesis de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija -
 Ancash".
Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz.
Fecha : 05/10/2016
F'c : 210 kg/cm2



$$A = \frac{(\pi)(r^2)}{2}$$

AREA = 182.41 cm²

1" = 2.54 cm

Imagen 9: Diámetro de la Probeta de Concreto.

	Medida	Unidad	Medida	Unidad
D	6	Pulg.	15.24	cm
	3.1416			Adimensional

1º- VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SEGÚN LA EDAD DEL CONCRETO PATRÓN

Inicio: 05/10/2016 Fin: 02/11/2016.

Tabla 48

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm2.

DISEÑO DE CONCRETO		CONCRETO PATRÓN		
DESCRIPCIÓN		I (GJ)	II (GJ)	III (GJ)
	7	27040	36130	35090
EDAD	14	39330	38780	39950
	28	55840	66800	69700

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

2°- RESISTENCIA DE COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO PATRÓN

Inicio: 05/10/2016 Fin: 02/11/2016.

Tabla 49

Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días, 14 días y 28 días.

DESCRIPCIÓN	CARGA (Lib)	CARGA (Kg.)	DIAMETRO (Cm)	Area (Cm ²)	$F'_c = P/A$ (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)	
7 DIAS	I	27040	12265.13	15.24	182.41	67.24	32%
	II	36130	16388.28	15.24	182.41	89.84	43%
	III	35090	15916.54	15.24	182.41	87.26	42%
14 DIAS	V	39330	17839.77	15.24	182.41	97.80	47%
	VI	38780	17590.30	15.24	182.41	96.43	46%
	VII	39950	18121.00	15.24	182.41	99.34	47%
28 DIAS	IX	55840	25328.58	15.24	182.41	138.86	66%
	X	66800	30299.95	15.24	182.41	166.11	79%
	XI	69700	31615.36	15.24	182.41	173.32	83%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

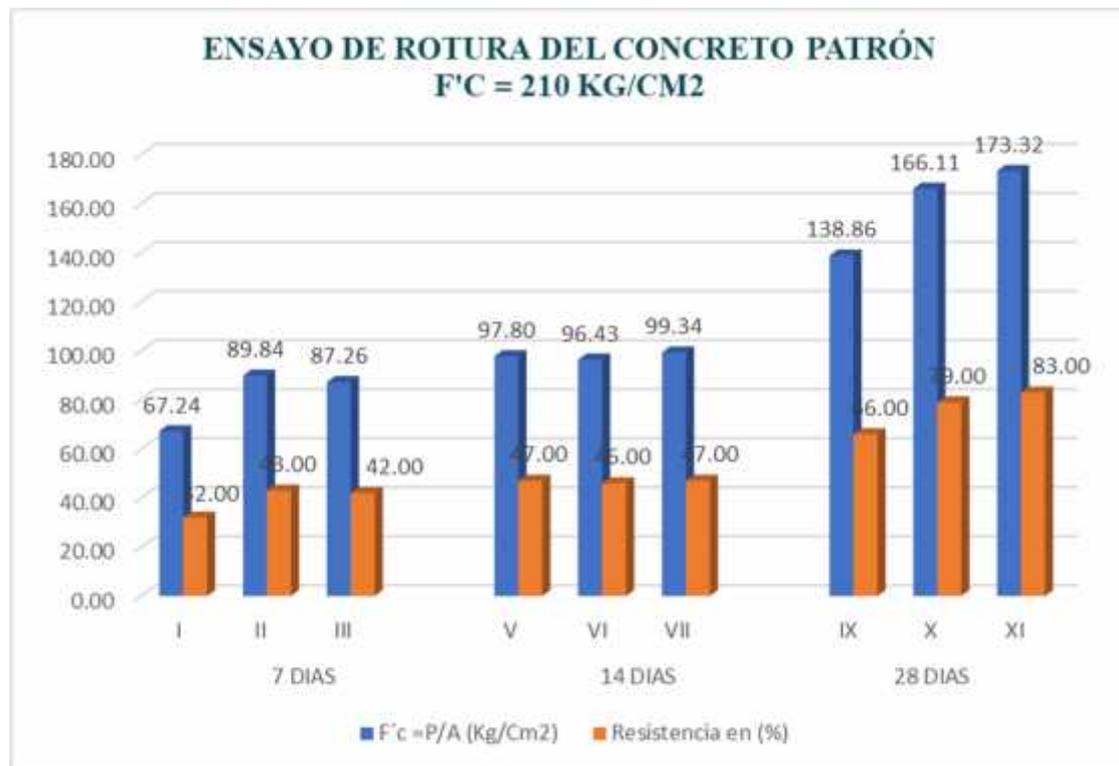


Gráfico 8: Ensayo de Rotura del Concreto Patrón.

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2,
CON SUSTITUCIÓN DEL 10 % DE RELAVE MINERO**

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.

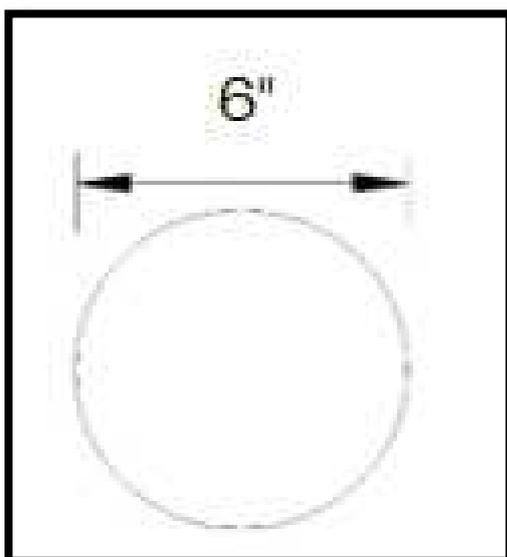
: "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm2, con sustitución

Tesis de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".

Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz.

Fecha : 05/10/2016

F'c : 210 kg/cm2



$$A = \frac{(\pi)(r^2)}{2}$$

AREA = 182.41 cm²

1" = 2.54 cm

Imagen 10: Diámetro de la Probeta de Concreto

	Medida	Unidad	Medida	Unidad
D	6	Pulg.	15.24	cm
	3.1416			Adimensional

1°- VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON SUTITUCIÓN DE 10% DE RELAVE MINERO.

Inicio: 05/10/2016 Fin: 02/11/2016.

Tabla 50

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, con Sustitución de 10 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí".

	DISEÑO DE CONCRETO	RELAVE 10'% DE REEMPLAZO DE CEMENTO		
		V (GJ)	VI GJ	VII (GJ)
DESCRIPCIÓN	7	35630	27950	36370
EDAD	14	37090	36120	34120
	28	76610	63480	62230

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

2°- RESITENCIA DE COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON SUSTITUCION DE 10% DE RELAVE MINERO.

Inicio: 05/10/2016 Fin: 02/11/2016.

Tabla 51

Resistencia a la Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de 10 % de Relave Minero de la Mina "Huancapet", a los 7 días, 14 días y 28 días.

DESCRIPCIÓN	CARGA (Lib)	CARGA (Kg.)	DIAMETRO (Cm)	Área (Cm ²)	F'c =P/A (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)	
7 DIAS	I	35630	16161.48	15.24	182.41	88.60	42%
	II	27950	12677.90	15.24	182.41	69.50	33%
	III	36370	16497.14	15.24	182.41	90.44	43%
14 DIAS	V	37090	16823.73	15.24	182.41	92.23	44%
	VI	36120	16383.74	15.24	182.41	89.82	43%
	VII	34120	15476.56	15.24	182.41	84.84	40%
28 DIAS	IX	76610	34749.68	15.24	182.41	190.50	91%
	X	63480	28794.02	15.24	182.41	157.85	75%
	XI	62230	28227.03	15.24	182.41	154.74	74%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

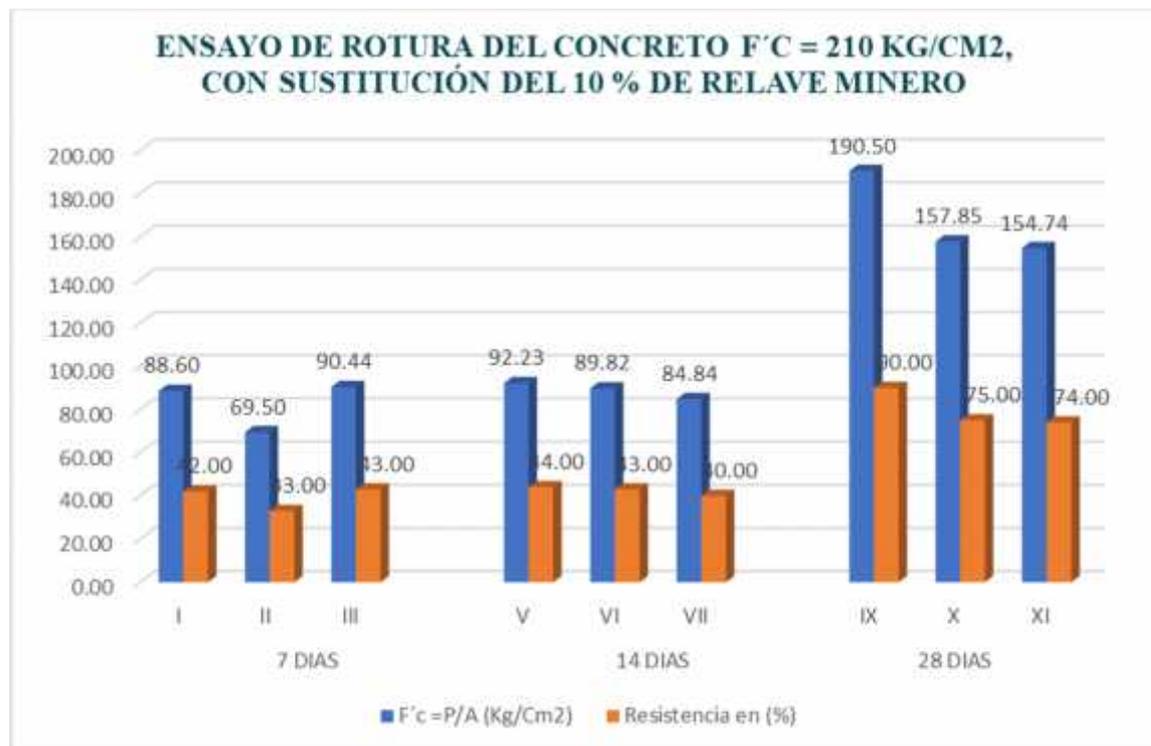


Gráfico 9: Ensayo de Rotura del Concreto con Sustitución del 10 % de Relave Minero.

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2,
CON SUSTITUCIÓN DEL 15 % DE RELAVE MINERO**

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.

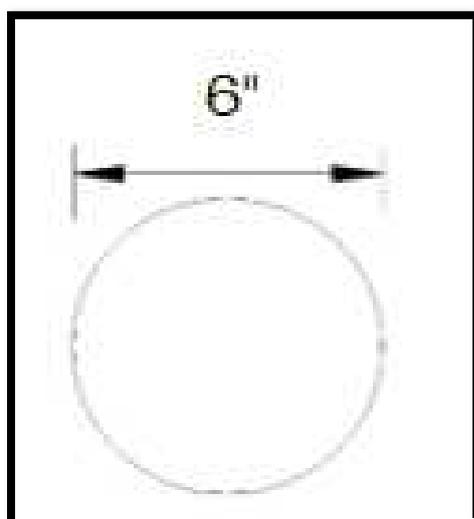
: "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm2, con sustitución

Tesis de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".

Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz.

Fecha : 05/10/2016

F'c : 210 kg/cm2



$$A = \frac{(n)(r^2)}{2}$$

ÁREA = 182.41 cm²

1" = 2.54 cm

Imagen 11: Diámetro de la Probeta de Concreto

	Medida	Unidad	Medida	Unidad
D	6	Pulg.	15.24	cm
	3.1416			Adimensional

1°- VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO CON SUTITUCIÓN DE 15% DE RELAVE MINERO.

Inicio: 05/10/2016 Fin: 02/11/2016.

Tabla 52

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, con sustitución de 15 % de Relave Minero de la Mina Huancapetí.

	DISEÑO DE CONCRETO	RELAVE 15% DE REEMPLAZO DE CEMENTO		
		IX (GJ)	X (GJ)	XI(GJ)
	7	23170	22650	20780
EDAD	14	40430	34170	40980
	28	52680	69800	68010

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

2°- RESITENCIA DE COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON

SUSTITUCION DE 15% DE RELAVE MINERO.

Tabla 53

Resistencia a la Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de 15 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 7 días, 14 días y 28 días.

Inicio: 05/10/2016 Fin: 02/11/2016.

DESCRIPCIÓN	CARGA (Lib)	CARGA (Kg.)	DIAMETRO (Cm)	Área (Cm ²)	F'c =P/A (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)	
7 DIAS	I	23170	10509.73	15.24	182.41	57.62	27%
	II	22650	10273.86	15.24	182.41	56.32	27%
	III	20780	9425.64	15.24	182.41	51.67	25%
14 DIAS	V	40430	18338.72	15.24	182.41	100.54	48%
	VI	34170	15499.24	15.24	182.41	84.97	40%
	VII	40980	18588.20	15.24	182.41	101.90	49%
28 DIAS	IX	52680	23895.23	15.24	182.41	131.00	62%
	X	69800	31660.72	15.24	182.41	173.57	83%
	XI	68010	30848.79	15.24	182.41	169.12	81%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

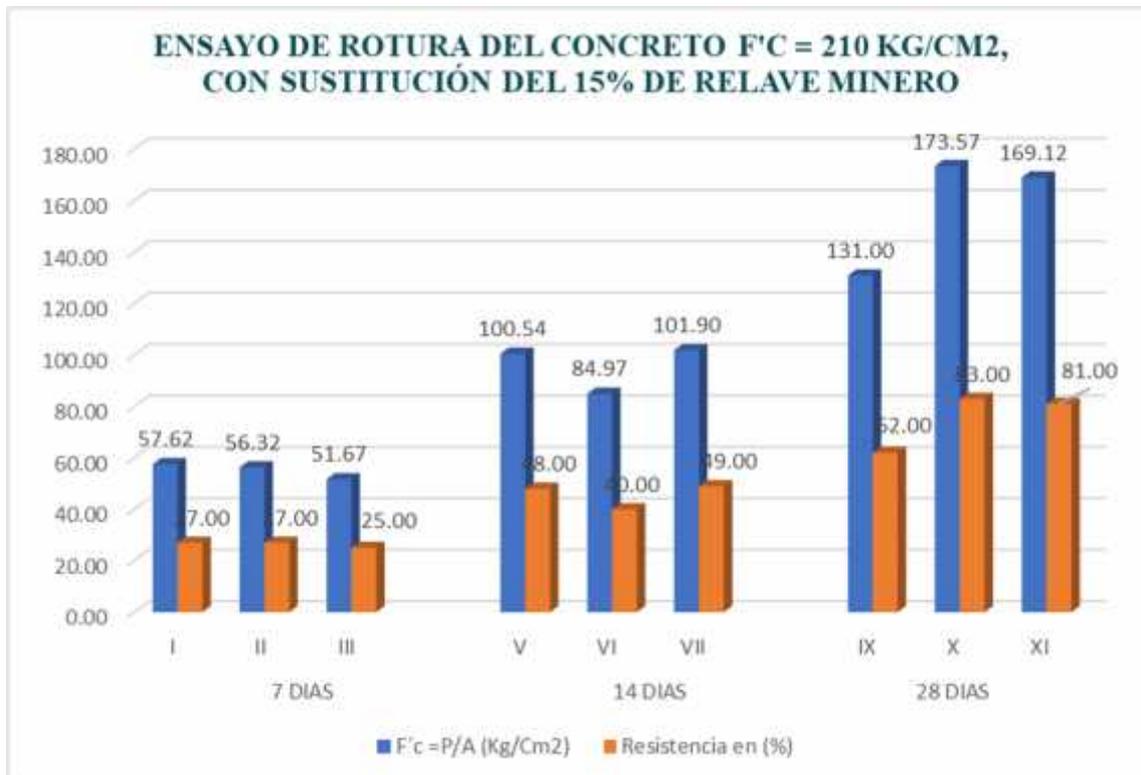


Gráfico 10: Ensayo de Rotura del Concreto con Sustitución del 15 % de Relave Minero.

❖ VALORES DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210 \text{ KG/CM}^2$, SEGÚN LA EDAD.

**VALORES DE RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2,
DEL CONCRETO PATRÓN**

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.

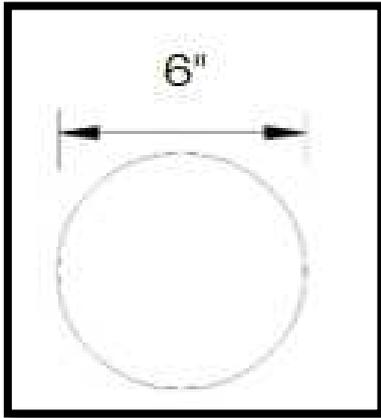
: "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm2, con sustitución

Tesis de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".

Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz.

Fecha : 05/10/2016

F'c : 210 kg/cm2



$$A = \frac{(a)(r^2)}{2}$$

$$\text{ÁREA} = 182.41 \text{ cm}^2$$

$$1'' = 2.54 \text{ cm}$$

Imagen 12: Diámetro de la Probeta de Concreto.

	Medida	Unidad	Medida	Unidad
D	6	Pulg.	15.24	cm
	3.1416			Adimensional

1°- VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SEGÚN LA EDAD DEL CONCRETO PATRÓN, CON SUSTITUCIÓN DEL 10 % Y 15 % DE RELAVE MINERO DE LA MINA HUANCAPETÍ.

Tabla 54

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm2.

DISEÑO DE CONCRETO	CONCRETO PATRÓN		
	I (GJ)	II (GJ)	III (GJ)
DESCRIPCIÓN			
EDAD			
	7	27040	36130
	14	39330	38780
	28	55840	66800
			69700

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 55

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, con sustitución del 10% de Cemento por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí".

RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO

IV (GJ)	V GJ	VI (GJ)
35630	27950	36370
37090	36120	34120
87460	85380	85850

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 56

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución del 15% de Cemento por el Relave Minero de la Mina "Huancapeti".

RELAVE 15% DE REEMPLAZO DE CEMENTO

VII (GJ)	VIII (GJ)	IX(GJ)
23170	22650	20780
40430	34170	40980
78740	73290	76420

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

2°- RESISTENCIA DE COMPRESIÓN PARA 7 DIAS DE CURADO DEL CONCRETO PATRÓN.**Tabla 57**

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a los 7 días de curado.

DESCRIPCIÓN		CARGA (Lib)	CARGA (Kg.)	DIÁMETRO (Cm)	Área (Cm ²)	F'c =P/A (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)
CONCRETO PATRÓN	I	27040	12265.13	15.24	182.41	67.24	32%
	II	36130	16388.28	15.24	182.41	89.84	43%
	III	35090	15916.54	15.24	182.41	87.25	42%
CONCRETO CON 10% RELAVE	IV	35630	16161.48	15.24	182.41	88.60	42%
	V	27950	12677.90	15.24	182.41	69.50	33%
	VI	36370	16497.14	15.24	182.41	90.44	43%
CONCRETO CON 15% RELAVE	VII	23170	10509.73	15.24	182.41	57.61	27%
	VIII	22650	10273.86	15.24	182.41	56.32	27%
	IX	20780	9425.64	15.24	182.41	51.67	25%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

3°- RESISTENCIA DE COMPRESIÓN PARA 14 DIAS DE CURADO DEL CONCRETO PATRÓN.

Tabla 58

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a los 14 días de curado.

DESCRIPCIÓN		CARGA (Lib)	CARGA (Kg.)	DIAMETRO (Cm)	Área (Cm ²)	F'c =P/A (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)
CONCRETO PATRÓN	I	39330	17839.77	15.24	182.41	97.80	47%
	II	38780	17590.30	15.24	182.41	96.43	46%
	III	39950	18121.00	15.24	182.41	99.34	47%
CONCRETO CON 10% RELAVE	IV	37090	16823.73	15.24	182.41	92.23	44%
	V	36120	16383.74	15.24	182.41	89.82	43%
	VI	34120	15476.56	15.24	182.41	84.84	40%
CONCRETO CON 15% RELAVE	VII	40430	18338.72	15.24	182.41	100.53	48%
	VIII	34170	15499.24	15.24	182.41	84.97	40%
	IX	40980	18588.20	15.24	182.41	101.90	49%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

4°- RESITENCIA DE COMPRESIÓN PARA 28 DIAS DE CURADO DEL CONCRETO PATRÓN.

Tabla 59

Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a los 28 días de curado.

DESCRIPCIÓN		CARGA (Lib)	CARGA (Kg.)	DIAMETRO (Cm)	Área (Cm ²)	$F'c = P/A$ (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)
CONCRETO PATRÓN	I	55840	25328.58	15.24	182.41	138.85	66%
	II	66800	30299.95	15.24	182.41	166.10	79%
	III	69700	31615.36	15.24	182.41	173.32	83%
CONCRETO CON 10% RELAVE	V	76610	34749.68	15.24	182.41	190.50	91%
	VI	63480	28794.02	15.24	182.41	157.85	75%
	VII	62230	28227.03	15.24	182.41	154.74	74%
CONCRETO CON 15% RELAVE	IX	52680	23895.23	15.24	182.41	130.99	62%
	X	69800	31660.72	15.24	182.41	173.56	83%
	XI	68010	30848.79	15.24	182.41	169.11	81%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

❖ **RESUMEN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO
F'C=210 KG/CM².**

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DE CONCRETO
F'c = 210 KG/CM2 – ASTM C - 39

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
: "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm2, con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".

Tesis : de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".

Material : Agregado Grueso y Agregado Fino.

Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz.

Fecha : 05/10/2016.

F'c : 210 kg/cm2

J) TIPOS DE FALLA DEL CONCRETO

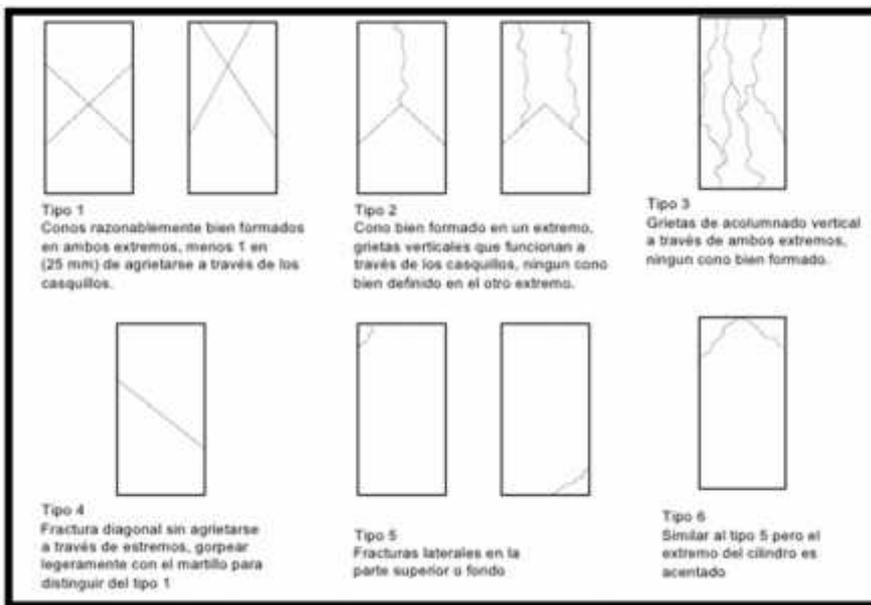


Imagen 13: Diagrama típico de los patrones de fractura del concreto.

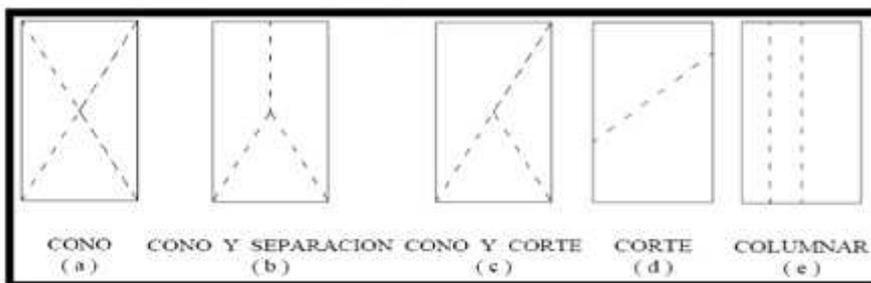


Imagen 14: Tipos de Falla de fractura del concreto.

1°- TIPO DE FALLA Y RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F´C = 210 KG/CM2 A LOS 7 DIAS DE CURADO.

Tabla 60

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm2, a los 7 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F´c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1		I (FS)	210			27040	12265.13	67.24	e
2	CONCRETO	II (FS)	210	05/10/2016	12/10/2016	36130	16388.28	89.84	c
3	PATRÓN	III (FS)	210			35090	15916.54	87.26	c
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F´c =								81.45	

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 61

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, con Sustitución del 10 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 7 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F´c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1		IV(FS)	210			35630	16161.48	88.60	b
2	RELAVE 10% DE	V (FS)	210	05/10/2016	12/10/2016	27950	12677.90	69.50	c
3	REEMPLAZO DE CEMENTO	VI (FS)	210			36370	16497.14	90.44	b
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F´c =								82.85	

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 62

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con Sustitución del 15 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 7 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm ²)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1		VII (FS)	210			23170	10509.73	57.62	b
2	RELAVE15% DE	VIII (FS)	210	05/10/2016	12/10/2016	22650	10273.86	56.32	c
3	REEMPLAZO DE CEMENTO	IX (FS)	210			20780	9425.64	51.67	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								55.20	

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

2°- TIPO DE FALLA Y RESISTENCIA DE COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM², PARA 14 DIAS DE CURADO.

Tabla 63

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a los 14 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm ²)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1		I (FS)	210			39330	17839.77	97.80	d
2	CONCRETO	II (FS)	210	05/10/2016	19/10/2016	38780	17590.30	96.43	c
3	PATRÓN	III (FS)	210			39950	18121.00	99.34	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								97.86	

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 64

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución del 10 % Cemento por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 14 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm ²)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1		IV(FS)	210			37090	16823.73	92.23	b
2	RELAVE 10% DE	V (FS)	210			36120	16383.74	89.82	c
3	REEMPLAZO DE CEMENTO	VI (FS)	210	05/10/2016	19/10/2016	34120	15476.56	84.84	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =								88.96	

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 65

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución del 15 % de Cemento por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 14 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm ²)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1	RELAVE15% DE	VII (FS)	10			40430	18338.72	100.54	a
2	REEMPLAZO DE	VIII (FS)	210	05/10/2016	19/10/2016	34170	15499.24	84.97	e
3	CEMENTO	IX (FS)	210			40980	18588.20	101.90	b

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =

95.80

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

3°- TIPO DE FALLA Y RESITENCIA DE COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM2, PARA 28 DIAS DE CURADO.

Tabla 66

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón F'c = 210 kg/cm2, a los 28 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1		I (FS)	210			55840	25328.58	138.86	c
2	CONCRETO	II (FS)	210	05/10/2016	02/11/2016	66800	30299.95	166.11	a
3	PATRÓN	III (FS)	210			69700	31615.36	173.32	b

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =

159.43

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 67

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, con sustitución del 10 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 28 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1	RELAVE 10% DE	IV(FS)	210			76610	34749.68	190.50	a
2	REEMPLAZO DE	V (FS)	210	05/10/2016	02/11/2016	63480	28794.02	157.85	a
3	CEMENTO	VI (FS)	210			62230	28227.03	154.74	b

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =**167.70**

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 68

Tipo de Falla y Resistencia a la Compresión del Concreto F'c = 210 kg/cm2, con sustitución de 15 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", a los 28 días de curado.

N°	PROBETA	MARCA	DISEÑO (Kgf/cm2)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F'c (Kgf/Cm2)	TIPO DE FRACTURA
	DESCRIPCIÓN			MOLDEO	ROTURA				
1		VII (FS)	210			52680	23895.23	131.00	b
2	RELAVE15% DE	VIII (FS)	210	05/10/2016	02/11/2016	69800	31660.72	173.57	b
3	REEMPLAZO DE CEMENTO	IX (FS)	210			68010	30848.79	169.12	c

RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F'c =**157.89**

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

❖ **RESULTADOS DE CONSISTENCIA (SLUMP) DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2.**

**ENSAYO DE CONSISTENCIA (SLUMP) DEL CONCRETO
F'C = 210 KG/CM2**

Solicita : Bach. Sotelo, Miguel Angel.
: "Resistencia a la compresión del Concreto F'c=210 kg/cm2, con sustitución de un porcentaje del cemento, por relave de la Minera Huancapetí, Aija - Ancash".
Tesis
Material : Agregado Grueso y Agregado Fino.
Lugar : Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz.
Fecha : 04/11/2016.
F'c : 210 kg/cm2

) **ASENTAMIENTO DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM2.**

Tabla 69

Asentamiento del Concreto Patrón (Slump), según la edad a los 7 días, 14 días y 28 días.

DISEÑO DE CONCRETO DESCRIPCIÓN	CONCRETO PATRÓN		
	Asentamiento (Cm.)	Asentamiento (Pulg.)	
	7	9.5	3.74
EDAD	14	9.398	3.70
	28	9.65	3.80

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 70

Asentamiento del Concreto (Slump), con reemplazo del 10 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", según la edad a los 7 días, 14 días y 28 días.

DISEÑO DE CONCRETO DESCRIPCIÓN	RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO		
	Asentamiento (Cm.)	Asentamiento (Pulg.)	
	7	9.7	3.82
EDAD	14	9.8	3.86
	28	9.5	3.74

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

Tabla 71

Asentamiento del Concreto (Slump), con reemplazo del 15 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina "Huancapetí", según la edad a los 7 días, 14 días y 28 días.

DISEÑO DE CONCRETO DESCRIPCIÓN	RELAVE 15% DE REEMPLAZO DE CEMENTO		
	Asentamiento (Cm.)	Asentamiento (Pulg.)	
	7	9.5	3.74
EDAD	14	9.5	3.74

28

9.7

3.82

Fuente: *Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.*

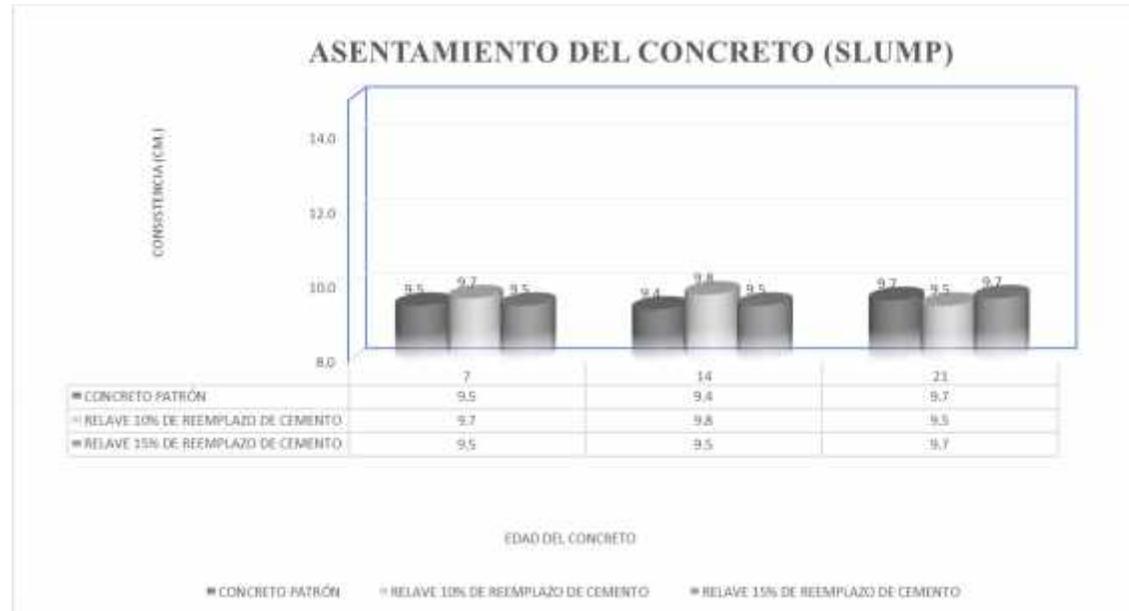


Gráfico 11: Ensayo de Consistencia del Concreto (Slump).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

❖ COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO Y DEL RELAVE MINERO

En el siguiente cuadro comparativo se muestra el porcentaje de composición de los elementos químicos del Relave Minero de la Mina “Huancapetí” – Aija – Ancash y del Cemento Portland Tipo I.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL RELAVE MINERO DE LA MINA “HUANCAPETÍ” – AIJA – ANCASH.

El Análisis de las muestras tomadas en campo de la Composición Química del Relave Minero de la Mina “Huancapetí” – Aija – Ancash, se realizó en el Laboratorio FA INGENIEROS S.A.C., la cual está ubicada en la AV. Angélica Gamarra N° 1385, Urb. Santa Rosa Mz “M” Lote 03, Distrito de San Martín De Porres, Provincia de Lima y Departamento de Lima y consta de tres análisis las cuales son: Análisis Multielementos (09 elementos), Determinación del PH correspondiente de la muestra y Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X (DRX).

J Análisis Multielementos (09 elementos).

Tabla 72

Análisis de Multielementos del Relave Minero de la Mina “Huancapetí”.

ID Muestras Laboratorio	ELEMENTOS QUÍMICOS		
Elementos	Sb	As	Bi
Unidades	%	%	%
LC. Inferior	0.05	0.02	0.02
LC. Superior	10	5	10
Muestra: Relave Minero "Huancapetí"	<0.05	0.04	<0.02

ID Muestras Laboratorio	ELEMENTOS QUÍMICOS		
Elementos	Cu	Fe	Mo
Unidades	%	%	%
LC. Inferior	0.02	0.01	0.5
LC. Superior	10	15	10
Muestra: Relave Minero "Huancapetí"	0.11	5.70	<0.5

ID Muestras Laboratorio	ELEMENTOS QUÍMICOS		
Elementos	Ag	Pb	Zn
Unidades	gr/tn	%	%
LC. Inferior	0.02	0.02	0.02
LC. Superior	100	10	10
Muestra: Relave Minero "Huancapetí"	21	0.13	0.12

Fuente: Laboratorio FA INGENIEROS S.A.C. – San Martín De Porres - Lima

) Determinación del PH.

Tabla 73

Análisis del PH del Relave Minero de la Mina "Huancapetí".

Muestra	PH
Relave Minero "Huancapetí"	7.03

*Fuente: Laboratorio FA INGENIEROS S.A.C.
San Martín De Porres – Lima.*

) Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X (DRX).

Tabla 74

Análisis Mineralógico por DRX del Relave Minero de la Mina "Huancapetí".

Nombre del Mineral	Fórmula General	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	SiO ₂	82
Turmalina (Dravita)	NaMg ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄	11
Arsenopirita	FeAsS	2
Pirita	FeS ₂	1
Carbonatos (Calcita)	CaO ₃	1
Moscovita (Sericita)	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	1
Arcilla (Caolinita)	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	1
Muestra: Relave Minero "Huancapetí"		

Fuente: Laboratorio FA INGENIEROS S.A.C. – San Martín De Porres – Lima.

ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X (DRX).

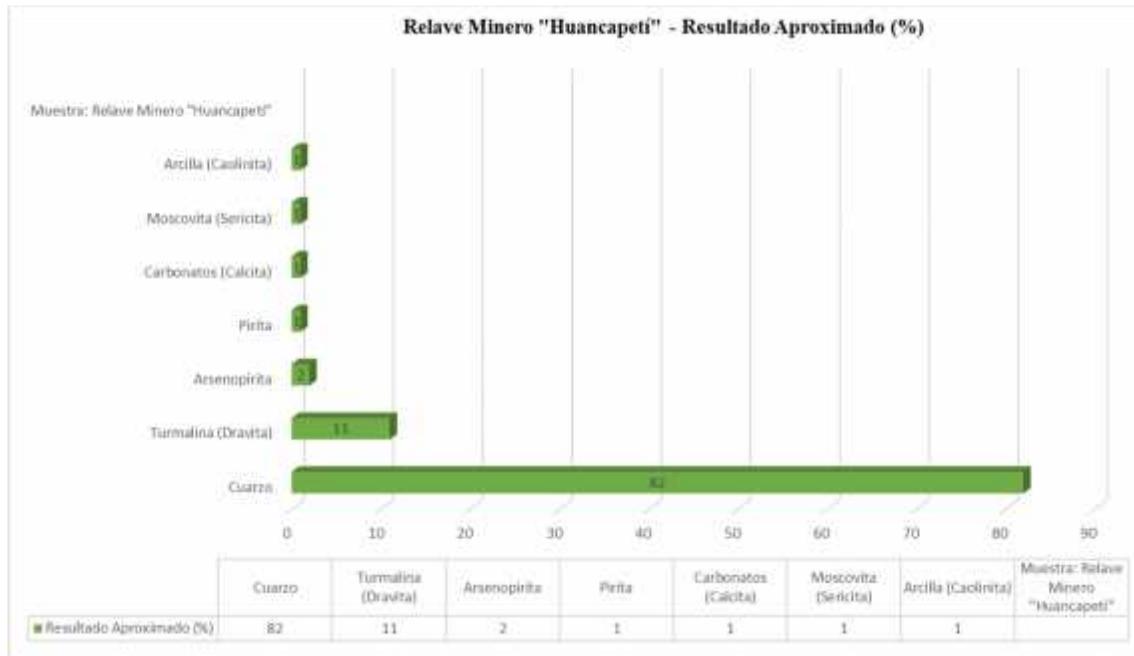


Gráfico 12: Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X (DRX).

Resultados de los Análisis de Laboratorio de la Muestra de Relave Minero de la Mina “Huancapetí” – Aija – Ancash.

- ✓ El Relave Minero “Huancapetí” presenta un PH de 7.03, el cual nos indica que es una solución neutra.
- ✓ El Relave Minero “Huancapetí” presenta Leyes De Plata (Ag) de 21 gr/tn lo cual equivale a 0.672 onzas/Tn.
- ✓ Del análisis de ICP Óptico, las Leyes de Cobre (Cu) en la muestra Relave Minero “Huancapetí” es equivalente a 0.12 %.
- ✓ En los análisis mineralógicos cuantitativos por Difracción De Rayos (DRX), se ha determinado todos los minerales presentes (fases cristalinas) con un Límite de Detección (L.D.) de 1.00 % obtenido del procedimiento de validación del método.
- ✓ Los silicatos de cobre presentan un bajo nivel de cristalinidad por lo que su evaluación por DRX es limitada.
- ✓ Los resultados aproximados han sido redondeados a su menor valor entero, por lo que la sumatoria de los resultados no siempre suma el 100 %, este es el criterio que ha sido utilizado en el procedimiento de validación del método.
- ✓ Los valores de aproximación han sido calculados a partir de los resultados obtenidos en los ensayos para la acreditación de la muestra.

COMPOSISIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I

En cuanto a la composición química del Cemento Portland Tipo I, se utilizó el Cemento Sol, cuyos resultados del análisis de los elementos químicos, el peso específico y los compuestos químicos ya son establecidos y son los siguientes:

)] Análisis Multielementos del Cemento Sol Tipo I.

Tabla 75

Elementos químicos del Cemento Sol Portland Tipo I.

CEMENTO SOL	
ELEMENTOS QUÍMICOS	RESULTADOS (%)
Calcio (Ca)	64.00
Silicio (Si)	21.00
Aluminio (Al)	5.50
Hierro (Fe)	4.50
Magnesio (Mg)	2.40
Azufre (S)	1.60
Otros Materiales	1.00

Fuente: UNACEM – Unión Andina De Cementos S.A.

)] Análisis de los Compuestos Químicos del Cemento Sol Tipo I.

Tabla 76

Composición química del Cemento Sol Portland Tipo I.

CEMENTO SOL	
COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADOS (%)
Óxido de Calcio (CaO)	63.76
Oxido de Silicio (SiO ₂)	20.11
Óxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	5.82
Óxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	3.03
Óxido de Magnesio (MgO)	2.80
Sulfatos	2.60
Otros Materiales	1.88

Fuente: UNACEM – Unión Andina De Cementos S.A.

)] Peso Específico del Cemento Sol Tipo I.

Tabla 77

Peso Específico del Cemento Sol Portland Tipo I.

Muestra	Peso Específico
Cemento Sol Tipo I	3.15

Fuente: UNACEM – Unión Andina De Cementos S.A.

COMPOSISIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I



Gráfico 13: *Composición química del Cemento Sol Tipo I.*

❖ **CUADROS DE RESUMEN ESTADÍSTICO GENERAL DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F’C=210 KG/CM2,**

A LOS 7 DIAS, 14 DÍAS Y 28 DIAS DE CURADO.

Tabla 78

Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a los 7 días, 14 días y 28 días.

DISEÑO DE CONCRETO		CONCRETO PATRÓN	
DESCRIPCIÓN	EDAD	RESISTENCIA $F'c$ (Kg/cm ²)	PORCENTAJE (%)
	0	0.00	0%
	7	81.45	39%
	14	97.86	47%
	28	159.43	80%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

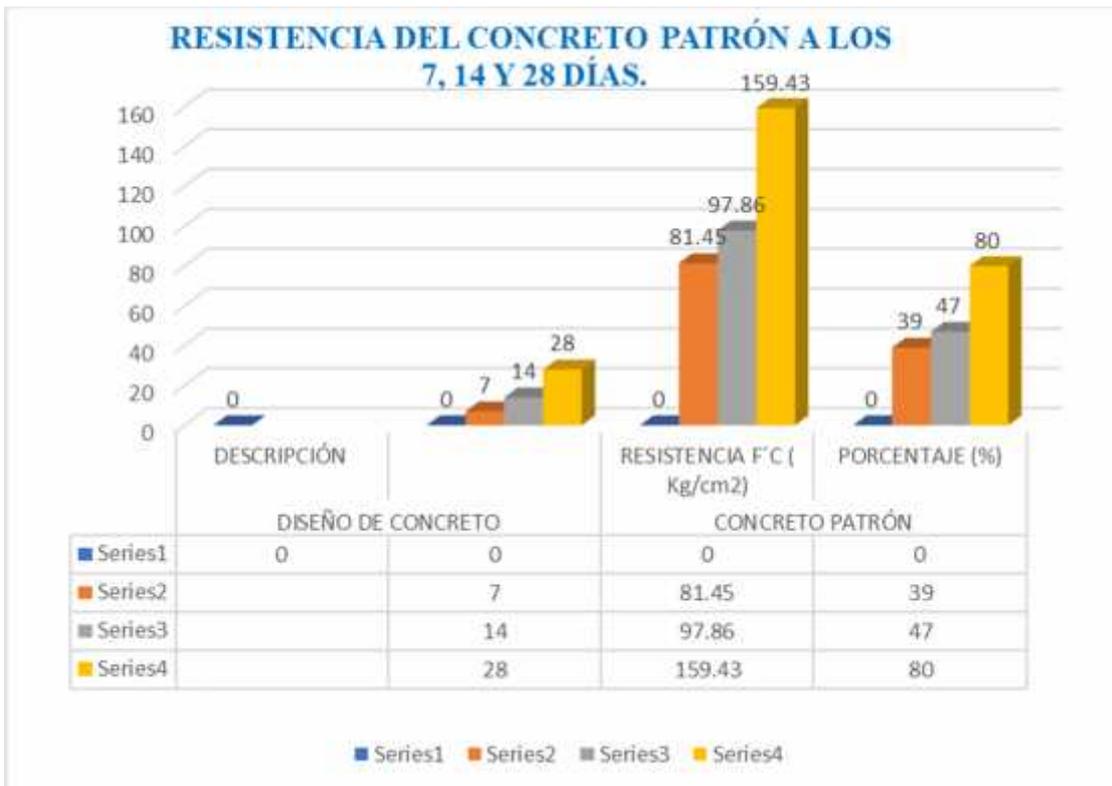


Gráfico 14: Resistencia del Concreto Patrón a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 79

Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución del 10 % de Cemento, por el Relave Minero de la Mina

“Huancapetí”, a los 7 días, 14 días y 28 días.

DISEÑO DE CONCRETO		RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO	
DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA F'c (Kg/cm2)	PORCENTAJE (%)	
EDAD	0	0.00	0%
	7	83	39%
	14	89	42%
	28	168	75%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

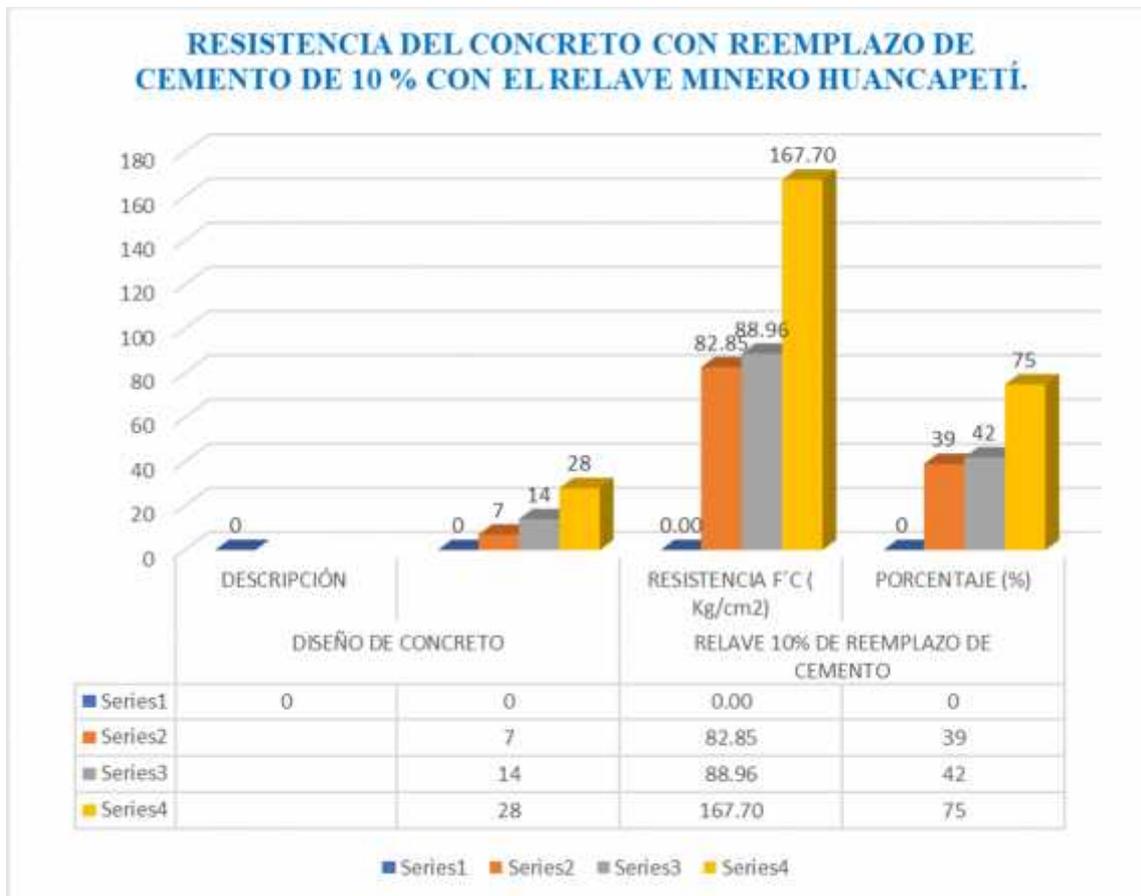


Gráfico 15: Resistencia del Concreto con Sustitución de Cemento de 10 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 7, 14 y 28 días.

Tabla 80

Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto $F'c = 210$ kg/cm², con sustitución de 15 % de Cemento por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí”, a los 7 días, 14 días y 28 días.

DISEÑO DE CONCRETO		RELAVE 15 % DE REEMPLAZO DE CEMENTO	
DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA F'C (Kg/cm2)	PORCENTAJE (%)	
EDAD	0	0.00	0%
	7	55.20	26%
	14	95.80	46%
	28	157.89	75%

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

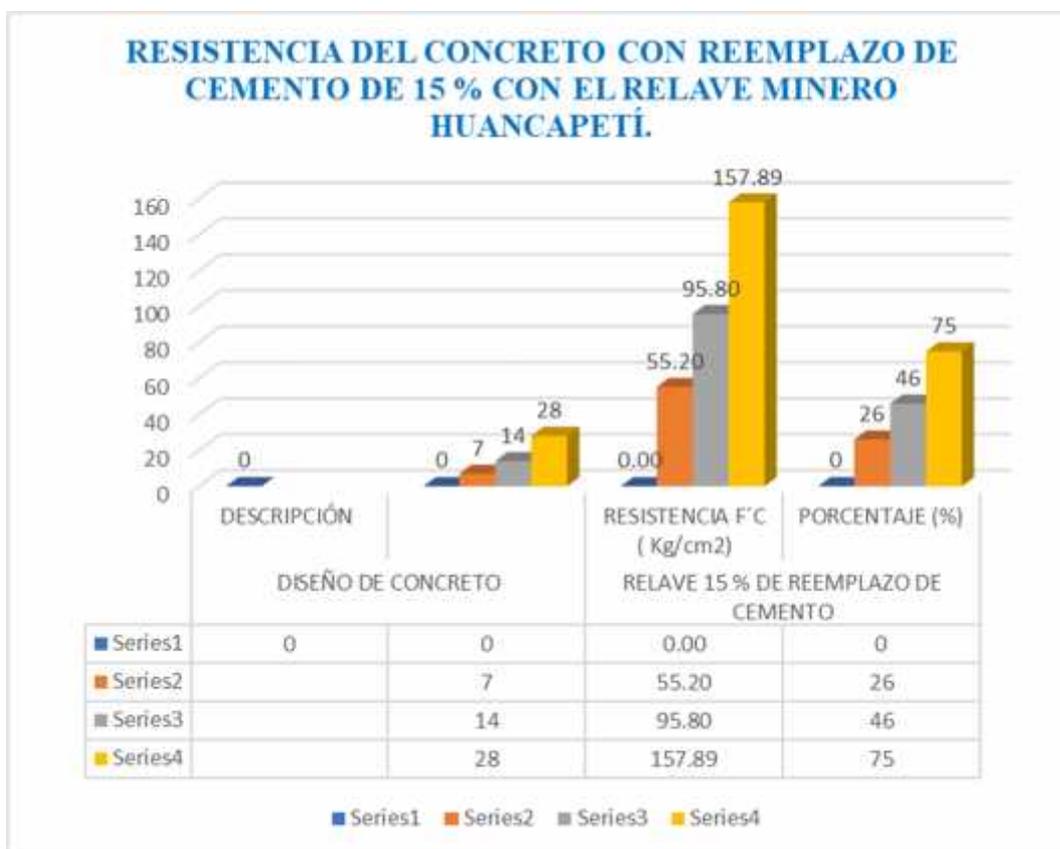


Gráfico 16: Resistencia del Concreto con Sustitución de Cemento de 15 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 7, 14 y 28 días.

❖ **RESÚMEN ESTADÍSTICO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIAS OBTENIDAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM2, DEL CONCRETO PATRÓN Y DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL 10 % Y 15 % DE CEMENTO POR EL RELAVE MINERO DE LA MINA “HUANCAPETÍ” – AIJA – ANCASH A LOS 7 DIAS, 14 DÍAS Y 28 DIAS DE**

CURADO.

Tabla 81

Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Relave Minero de la Mina "Huancapetí", por Cemento a los 7 días de curado.

DESCRIPCIÓN	CONCRETO PATRÓN	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
7 DÍAS	67.24	32.00
	89.84	43.00
	87.26	42.00

DESCRIPCIÓN	CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 10% DE RELAVE MINERO	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
7 DÍAS	88.60	42.00
	69.50	33.00
	90.44	43.00

DESCRIPCIÓN	CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 15% DE RELAVE MINERO	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
7 DÍAS	57.62	27.00
	56.32	27.00
	51.67	25.00

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

ENSAYO DE ROTURA DEL CONCRETO PATRÓN F'C=210 KG/CM2 Y CONCRETO CON SUTITUCIÓN DEL 10% Y 15 % CON EL RELAVE MINERO "HUANCAPETÍ" POR CEMENTO A LOS 7 DÁS DE CURADO.

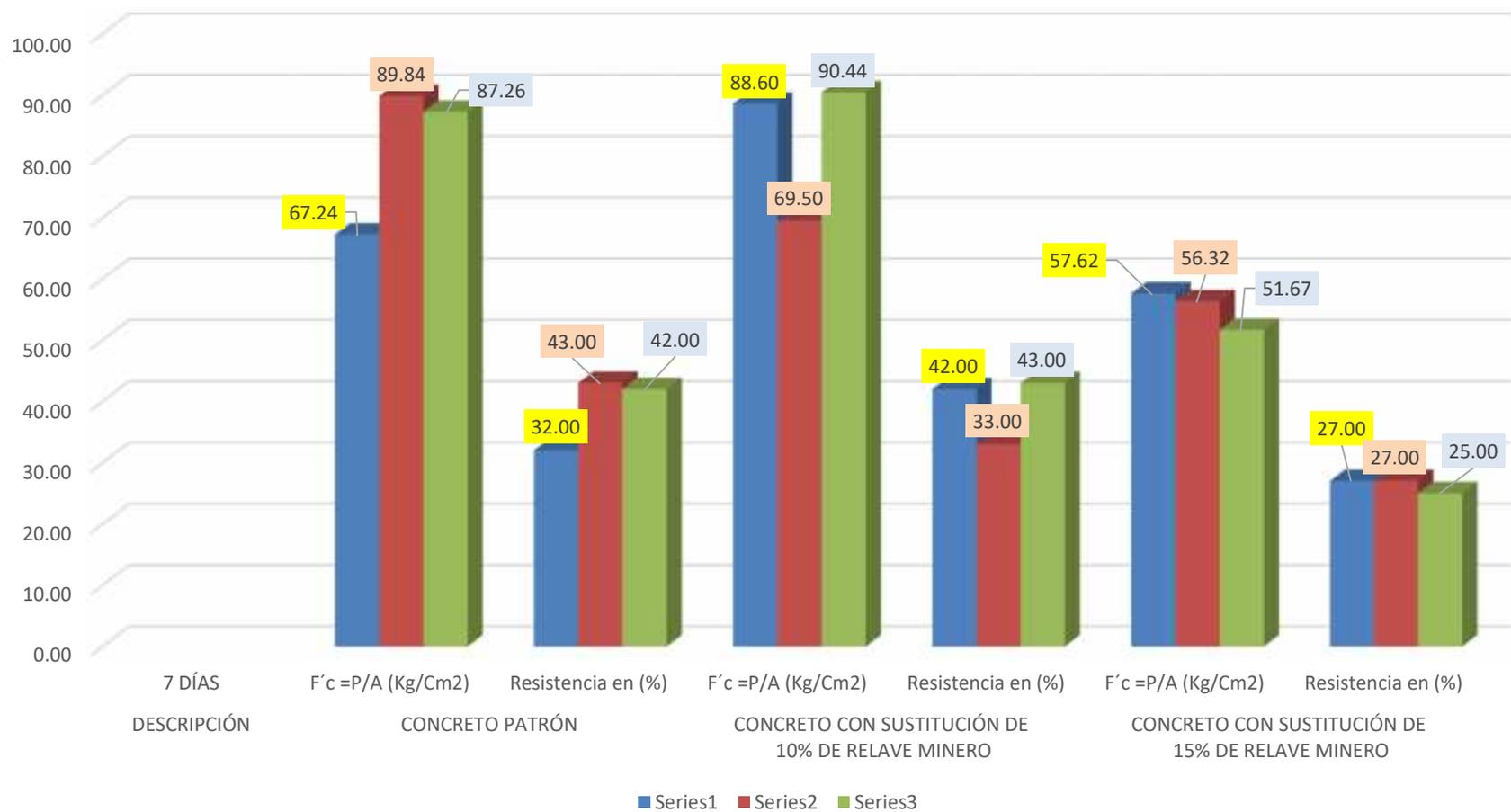


Gráfico 17: Resistencia del Concreto Patrón y Concreto con sustitución de Cemento de 10 % y 15 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 7 días de curado.

Tabla 82

Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Relave Minero "Huancapeti" por Cemento a los 14 días de curado.

DESCRIPCIÓN	CONCRETO PATRÓN	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
14 DÍAS	97.80	47.00
	96.43	46.00
	99.34	47.00

DESCRIPCIÓN	CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 10% DE RELAVE MINERO	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
14 DÍAS	92.23	44.00
	89.82	43.00
	84.84	40.00

DESCRIPCIÓN	CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 15% DE RELAVE MINERO	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
14 DÍAS	100.54	48.00
	84.97	40.00
	101.90	49.00

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

ENSAYO DE ROTURA DEL CONCRETO PATRÓN F'c= 210 KG/CM2 Y CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL 10 % Y 15 % CON EL RELAVE MINERO "HUANCAPETÍ" POR CEMENTO A LOS 14 DÍAS DE CURADO.

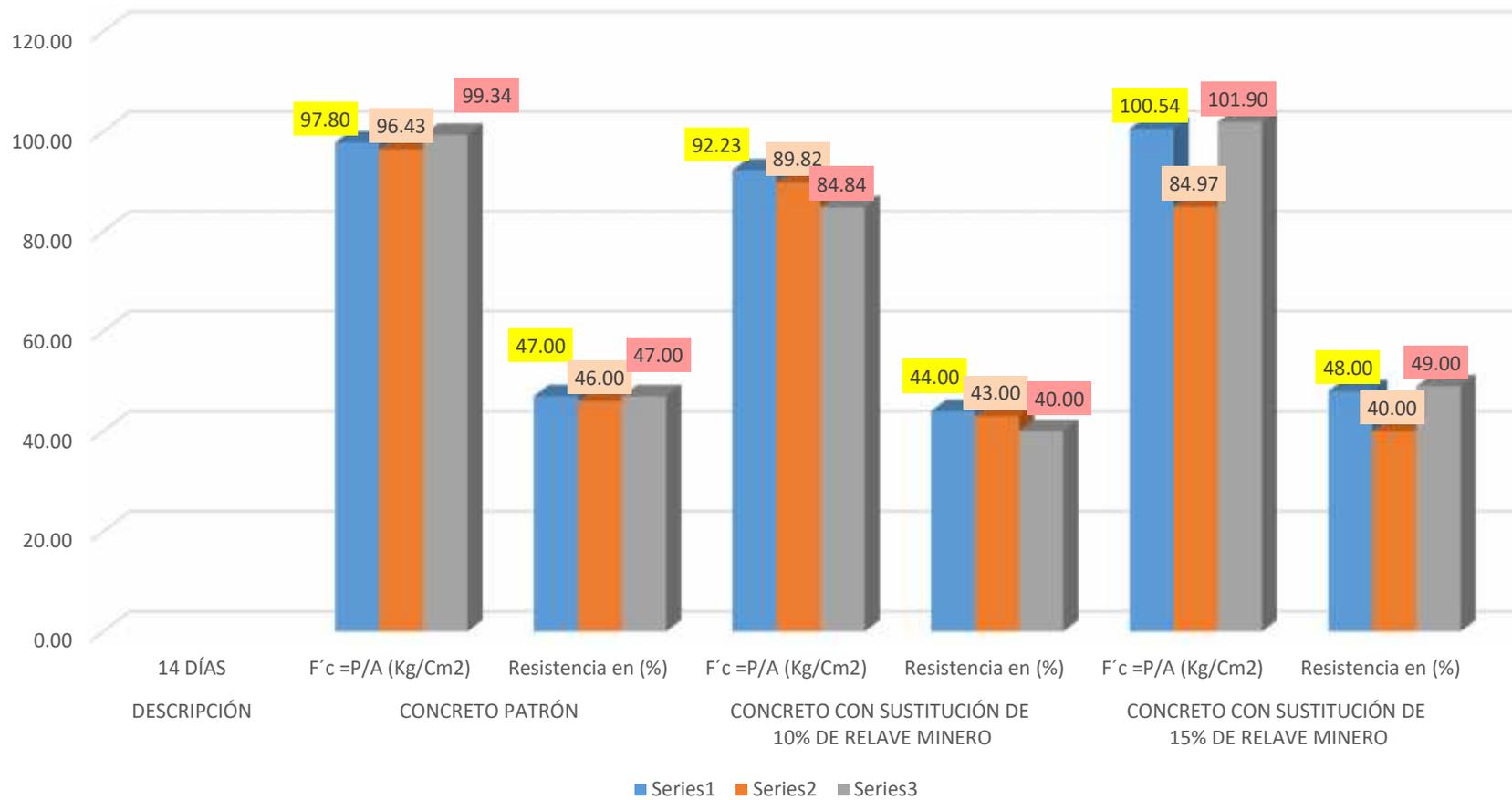


Gráfico 18: Resistencia del Concreto Patrón y Concreto con sustitución de Cemento de 10 % y 15 % con el Relave Minero “Huancapetí”, a los 14 días de curado.

Tabla 83

Resumen de los Valores de Resistencia a la Compresión, del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Relave Minero "Huancapeti" por Cemento a los 28 días de curado.

DESCRIPCIÓN	CONCRETO PATRÓN	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
28 DÍAS	138.86	66.00
	166.11	79.00
	173.32	83.00

DESCRIPCIÓN	CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 10% DE RELAVE MINERO	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
28 DÍAS	190.50	90.00
	157.85	75.00
	154.74	74.00

DESCRIPCIÓN	CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 15% DE RELAVE MINERO	
	F'c =P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
28 DÍAS	131.00	62.00
	173.57	83.00
	169.12	81.00

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

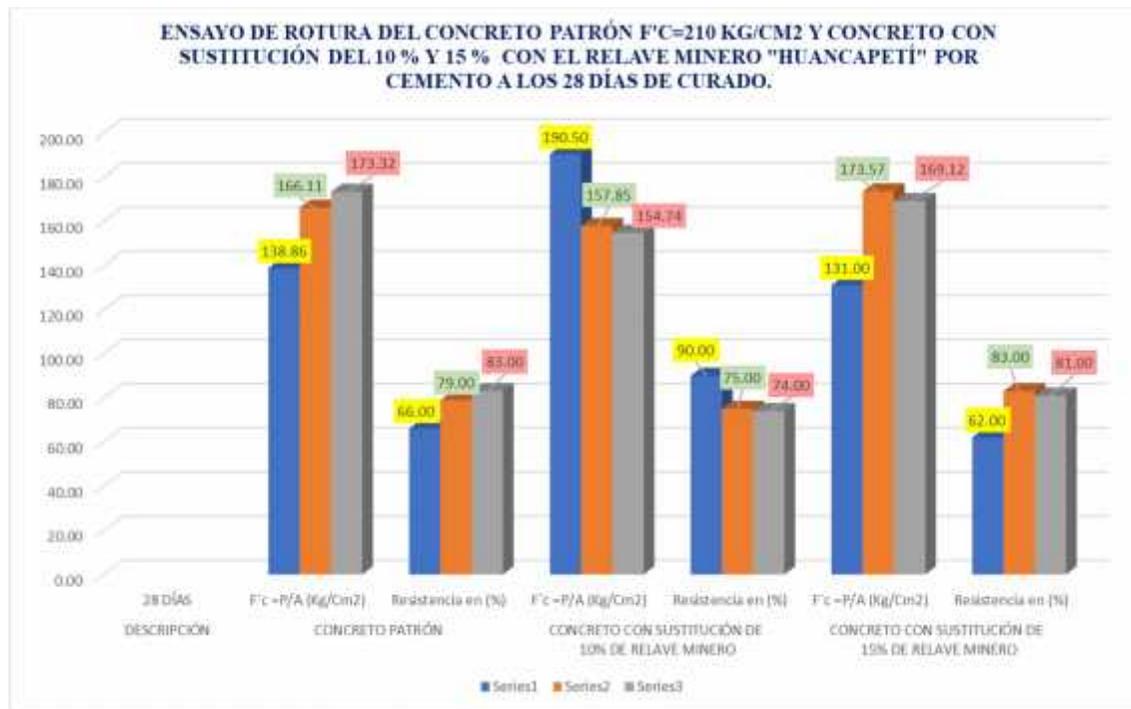


Gráfico 19: Resistencia del Concreto Patrón y Concreto con sustitución de Cemento de 10 % y 15 % con el Relave Minero “Huancapeti”, a los 28 días de curado.

- ❖ CUADROS DE RESÚMEN FINAL COMPARATIVO DE LA RESISTENCIAS OBTENIDAS A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'c=210$ KG/CM², DEL CONCRETO PATRÓN Y DEL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DEL 10 % Y 15 % DE CEMENTO POR EL RELAVE MINERO DE LA MINA “HUANCAPETÍ” – AIJA – ANCASH A LOS 7 DIAS, 14 DÍAS Y 28 DIAS DE CURADO.

Tabla 84

Resumen Final de los Valores de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Relave Minero de la Mina “Huancapetí” por Cemento a los 7, 14 y 28 días de curado.

DISEÑO DE CONCRETO		CONCRETO PATRÓN	
DESCRIPCIÓN		$F'c = P/A$ (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)
	0	0.00	0.00
EDAD	7	81.45	39.00
	14	94.52	46.67
	28	159.43	76.00

DISEÑO DE CONCRETO		CONCRETO CON 10 % DE REEMPLAZO DE CEMENTO POR RELAVE MINERO	
DESCRIPCIÓN		$F'c = P/A$ (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)
	0	0.00	0.00
EDAD	7	82.45	39.33
	14	88.96	42.33
	28	167.70	79.67

DISEÑO DE CONCRETO		CONCRETO CON 15 % DE REEMPLAZO DE CEMENTO POR RELAVE MINERO	
DESCRIPCIÓN		$F'c = P/A$ (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)
	0	0.00	0.00
EDAD	7	37.98	26.33
	14	97.14	45.67
	28	157.90	75.33

Fuente: Elaboración propia - Laboratorio de Ensayo de Materiales USP – Huaraz.

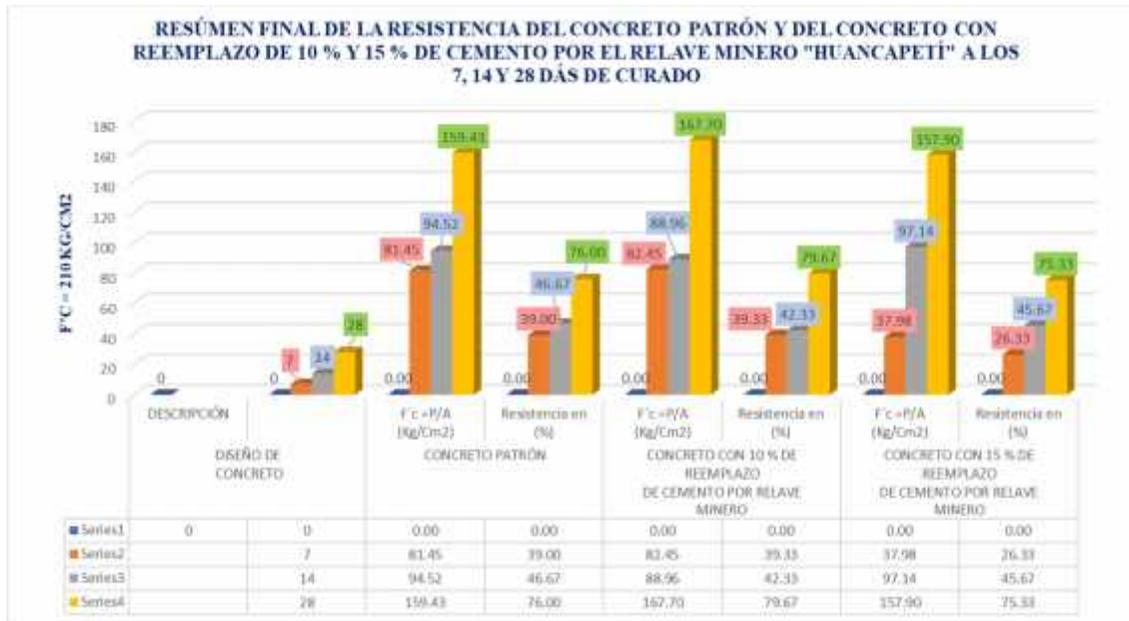


Gráfico 20: Resistencia Final del Concreto Patrón y Concreto con Sustitución de Cemento de 10 % y 15 % con el Relave Minero “Huancapeti”, a los 7,14 y 28 días de curado.

Resultados de las Gráficos Estadísticos Comparativos de las Resistencias Obtenidas a la Compresión del Concreto $F'C=210$ kg/cm², del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del 10 % y 15 % de Cemento por el Relave Minero de la Mina Huancapetí – Aija – Ancash a los 7 días, 14 días y 28 días de curado.

J En el Ensayo de Rotura del Concreto Patrón $F'C = 210$ kg/cm² a los 7 días de curado podemos decir que:

- ✓ *El grafico 16*, muestra las resistencias promedio obtenidas de las tres muestras a los 7 días de curado del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del Cemento en 10 % por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí” - Aija -Ancash, tienen poca variación en cuanto a Resistencia (81.45 kg/cm² y 82.85 kg/cm²) y porcentual (39.00 % y 39.33 %), lo que demuestra que no existe una diferencia significativa de los valores obtenidos y en cuanto al Concreto con Sustitución del Cemento en 15 %, presenta una Resistencia promedio de 37.98 kg/cm², lo que representa porcentualmente 26.33 %, demostrando de esta manera que tiene resistencia más baja que las muestras anteriores.

J En el Ensayo de Rotura del Concreto Patrón $F'C = 210$ kg/cm² a los 14 días de curado podemos decir que:

- ✓ *El grafico 17*, muestra las resistencias promedio obtenidas de las tres muestras a los 14 días de curado del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del Cemento en 10 % y 15% por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí” - Aija - Ancash, tienen las siguientes Resistencias (94.52 kg/cm², 88.96 kg/cm² y 97.14 kg/cm²) y porcentual (46.67 %, 42.33 % y 45.67 %), lo que demuestra que no existe una diferencia significativa de los valores obtenidos referente al Concreto Patrón y el Concreto con Sustitución del Cemento en 15 %, pues los valores obtenidos se acercan mucho a los obtenidos y en cuanto al Concreto con Sustitución del Cemento en 10 % se suponen que tienen resistencias más bajas que las dos muestras anteriores y son motivos de dudas, pues la lógica nos dice que a mayor cantidad de

Sustitución de Cemento por el Relave minero la resistencia debe ser menor y serán motivos suficientes para futuros estudios de los mismos.

J En el Ensayo de Rotura del Concreto Patrón $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de curado podemos decir que:

✓ *El grafico 18*, muestra las resistencias promedio obtenidas de las tres muestras a los 28 días de curado del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución del Cemento en 10 % y 15% por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí” - Aija - Ancash, tienen las siguientes valores: Resistencia (159.43 kg/cm^2 , 167.70 kg/cm^2 y 157.90 kg/cm^2) y porcentual (76.00 %, 79.67 % y 75.33 %), lo que demuestra que no existe una diferencia significativa de los valores obtenidos referente al Concreto Patrón y el Concreto con Sustitución del Cemento en 15 %, pues los valores obtenidos se acercan mucho a los obtenidos y en cuanto al Concreto con Sustitución del Cemento en 10 % se puede apreciar que tienen resistencias más altas (79.67 %), que las dos muestras anteriores mencionadas y se supone que a mayor cantidad de Sustitución de Cemento por el Relave minero la resistencia debe ser menor, pero en nuestro estudio realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la USP – Huaraz, los valores obtenidos siembran dudas respecto al mismo y serán motivos necesarios para su discusión en futuras estudios relacionadas al tema.

Finalmente podemos decir que los resultados obtenidos en cuanto a la Resistencia del Concreto $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$. Del Concreto Patrón y del Concreto con Sustitución de 10 % de Cemento por el Relave Minero de la Mina “Huancapetí” – Aija – Ancash de las tres muestras a los 7, 14 y 28 días de curado presentan resistencias cercanas en cuanto a sus valores y pueden ser utilizados en el Diseño de Concreto para las diferentes obras de Ingeniería y respecto al Concreto con Sustitución del 15 % de Cemento por el Relave Minero presentan resistencias bajas y no son adecuadas como sustituto del cemento en grandes cantidades en la elaboración de Diseño de Mezclas.

CONCLUSIONES

Los residuos del Relave Minero de la Mina “Huancapetí” - Aija - Ancash, utilizados en nuestro estudio presenta un color plomizo, textura ligeramente arenosa, contiene alto contenido del Mineral Cuarzo (SiO_2), un PH de 7.03, Leyes de Plata (Ag) de 21 gr/tn y Leyes de Cobre (Cu) equivalente al 0.11% de la muestra analizada, lo cual nos indica que es una solución neutra y con contenido mineralógico presentes, por lo tanto no es recomendable para obras estructurales que requieran concreto estructural.

El resultado de la Resistencia a la Compresión del Concreto con Sustitución del 10 % de Cemento por el Relave Minero “Huancapetí”, presenta características similares al Concreto Patrón, por lo cual podrían ser aprovechadas para el Diseño de Mezcla de Concreto para ser usado en la construcción de pavimentos con transito liviano y veredas que no requieran mucha resistencia.

En nuestro estudio se observa que adiciones mayores al 15 %, de Cemento por el Relave Minero “Huancapetí”, influyen negativamente y reducen las características resistentes de los concretos convencionales.

De acuerdo al estudio del Diseño de Mezcla aplicado en los Ensayos de Consistencia (Slump), en las proporciones del Concreto Patrón y el Concreto con Sustitución de 10 % y 15 % del Cemento por el Relave Minero “Huancapetí”, no tienen efectos en la trabajabilidad del concreto, pues sus valores bordean entre el 9 cm. y 10 cm. de asentamiento.

Finalmente, al proponer reemplazos de Cemento por Relaves Mineros en las Mezclas de Concreto en cantidades menores al 15 %, estamos contribuyendo con el cuidado de nuestro Medio Ambiente ya que los Relaves Mineros de por sí son contaminantes y en la producción de cemento se consumen grandes cantidades de combustibles fósiles y la liberación de CO_2 .

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar el Relave Minero como sustituto del Cemento en cantidades menores o iguales al 10 % en los Diseños de Concreto para diferentes obras civiles que no requieran mucha resistencia.

Se recomienda hacer más estudios referentes al tema, ya que se logró demostrar que los relaves mineros pueden ser utilizados de una manera segura sin llegar a afectar de manera negativa las propiedades de resistencias de los concretos convencionales.

Se recomienda seguir trabajando en los estudios de aplicación futura para la utilización de los Relaves Mineros en los trabajos de asentado de muros de albañilería, bloques de concreto vibrado, cimientos, presas, etc. Con eso se tendría aplicaciones prácticas para ser usados en obras de concreto.

Se recomienda a las diferentes Escuelas Profesionales de Ingeniería Civil de nuestro Perú, como instituciones de formación profesional propiciar la investigación del uso de materiales como desechos de actividades mineras en las diferentes obras civiles y así contribuir al cuidado de nuestro Medio Ambiente.

Los diseños de Concreto utilizados en nuestro estudio se realizaron en una zona con clima templado/frío como es la ciudad de Huaraz, por lo tanto, se recomienda utilizar aditivos plastificantes necesarios para los ciclos de menor temperatura, para darle al concreto mayor durabilidad y resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almerco, D. (2014) Construcción de dique con tratamiento del relave, en mina Catalina Huanca – Región Ayacucho. Universidad San Martín de Porres. Lima.
- Anicama, G. (2013) Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ascanibar, R. (2006) “Estudio de las Canteras de Agregados existentes en la Ciudad de Chancay para su utilización en la fabricación del concreto de la zona”. Universidad Nacional de Ingeniería
- Beresovsky de las Casas, A. (2006). “Estudio Experimental del Comportamiento por desempeño de concreto lanzado reforzado con fibras metálicas” – Tesis PUCP.
- Durand J. y Rodríguez C. (2014) “Examen de Calidad para los Agregados del Concreto”. Universidad Nacional San Carlos de Guatemala
- Macroconsult (2006) Impacto Económico de la Actividad Minera en el Perú – Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.
- Minera Yanacocha, 2010. Cierre de Minas – Publicación electrónica.
<http://www.yanacocha.com.pe/rambiental/cierreminas.pdf>.
- Norma Técnica Peruana de concreto armado E060” – Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- NTP 400.017 - AGREGADOS (Método de Ensayo para determinar el Peso Unitario del Agregado).
- NTP 400.021 - AGREGADOS (Método de Ensayo Normalizado para Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso).
- Pasquel, E. (1993). “Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú” –Colegio de Ingenieros del Perú.
- Riva, E. (1992) “Diseño de Mezclas”- Editorial Hozlo S.C.R.L.
- Romero, A. y Flores, S. (2010) Reuso de relaves mineros como insumo para la elaboración de agregados de construcción para fabricar ladrillos y baldosas. Universidad Pontificia de Colombia.
- Vizconde, H. (2003) – “Diseño de Mezcla Método ACI.

AGRADECIMIENTO

A mis Hijas Andrea, Valeria y Emilia, que sin su comprensión y amor no hubiera sido posible llegar hasta aquí si no fuera por ellas, a la Universidad San Pedro de Huaraz, Escuela De Ingeniería Civil, a todos los catedráticos que contribuyeron en mi formación como profesional, a mi asesor de tesis, el Ing. Flores Reyes Gumercindo y a toda mi familia por su paciencia, valores, consejos y por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi carrera profesional el cual me ha permitido desarrollar esta tesis.

ANEXOS

ANEXO N°01
Matriz de Consistencia Lógica y Metodológica.

Tabla 85
Matriz de Consistencia Lógica y Metodológica.

DISEÑO TEÓRICO (Consistencia Metodológica)			
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS (o idea a defender)	VARIABLE(S)
<p>¿Cuál es la resistencia del concreto a la compresión $F' C = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituye un 0%, 10% y 15% del cemento por relave de la Minera Huancapetí, ubicado en la Provincia de Aija - Ancash?</p>	<p>General:</p> <p>Determinar la resistencia a la compresión del concreto $F' C = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se sustituye 0%, 10% y 15%, de cemento Tipo I, por el relave minero de la “Minera Huancapetí” – Aija.</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Analizar las características Químicas y difracción de Rayos x del material de relave “Minero Huancapetí que pase la malla N° 200. ➤ Determinar el PH, del relave minero y de la mezcla experimental, de acuerdo al porcentaje sustituido y comparar los resultados. ➤ Determinar la relación agua / cemento del concreto patrón y del concreto experimental. ➤ Contrastar la resistencia de compresión del concreto $F' C = 210 \text{ kg/cm}^2$, en los 3 diseños, usando el relave minero en reemplazo de cemento Tipo I a los 7, 14 y 28 días de curado. 	<p>Si se sustituye 0%, 10% y 15% del cemento tipo I, por el Relave Minero de la “Minera Huancapetí”, se logrará obtener una mayor resistencia a la compresión.</p>	<p><u>VARIABLE DEPENDIENTE:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO <p><u>VARIABLE INDEPENDIENTE:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ SUSTITUCIÓN DEL CEMENTO POR RELAVE MINERO

Fuente: *Elaboración propia.*

Tabla 86
Diseño Metodológico.

DISEÑO METODOLÓGICO				
TIPO:	DISEÑO:	AMBITO:	TÉCNICA, INSTRUMENTO, Y FUENTES DE INFORMACION:	CRITERIOS DE REIGUROSIDAD:
Explicativo	Experimental	<p style="text-align: center;">Unidad(es) de análisis o estudio:</p> <p style="text-align: center;">✓ Probetas</p> <p style="text-align: center;">Población:</p> <p style="text-align: center;">Diseño de mezcla de concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución de cemento por relave minero</p> <p style="text-align: center;">Muestra:</p> <p style="text-align: center;">Las 27 probetas de un concreto $f'c = 210$ kg/cm² por cada porcentaje de adición, distribuida de la siguiente manera:</p> <p style="text-align: center;">✓ 9 probetas de control (0% de sustitución, patrón)</p> <p style="text-align: center;">✓ 9 probetas experimental (10 % de sustitución)</p> <p style="text-align: center;">✓ 9 probetas experimental (15 % de sustitución).</p>	<p style="text-align: center;">Técnica para recolectar datos:</p> <p style="text-align: center;">➤ Observación</p> <p style="text-align: center;">Instrumento:</p> <p style="text-align: center;">➤ Fichas de observación de laboratorio.</p> <p style="text-align: center;">➤ Formatos establecidos según norma.</p> <p style="text-align: center;">Fuentes de información:</p> <p style="text-align: center;">➤ Primaria</p>	<p style="text-align: center;">Enfoque:</p> <p style="text-align: center;">➤ Cuantitativo</p> <p style="text-align: center;">Validez:</p> <p style="text-align: center;">➤ Por profesionales expertos en el tema.</p>

Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS N°02

Análisis de Laboratorio del Relave Minero de la Mina Huancapetí – Aija – Ancash.



Consultoría, Capacitación, Investigación y Laboratorio
de Caracterización Mineralógica - Metalúrgica
Aplicados a la Minería, Geotecnia y Medio Ambiente.

INFORME DE LABORATORIO
ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X
(DRX), ANÁLISIS DE MULTIELEMENTOS (09 ELEMENTOS) Y DETERMINACIÓN
DE PH CORRESPONDIENTE DE UNA MUESTRA.

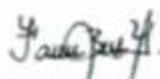
PARA:

MIGUEL ANGEL SOTELO
UNIVERSIDAD SAN PEDRO DE HUARAZ

CSM-416-2016_Rev.0
IL-OTSM-193-2016_Rev.0

Diciembre, 2016.


MSc. José Andrés Yparraguirre
CIP N° 128651
Gerente de Laboratorio


Ing. Fanny Blas Rodríguez
CIP N° 84066
Gerente General

FA INGENIEROS S.A.C.
Av. Angélica Gamara 1385 Urb. Santa Rosa Mz "M" Lote 03 Lima 30 - Perú T. (511) 5318475
www.faingenieros.com



CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. ABREVIATURAS DE LAS ESPECIES MINERALES.....	4
III. RESULTADOS DE ENSAYOS QUÍMICOS.....	5
I.- Análisis Multielemental (9 elementos).....	5
II.- Determinación del PH.....	5
IV. ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X.....	6
Muestra Sotelo.....	6
V. CRITERIOS EN LA CUANTIFICACIÓN MEDIANTE LA TECNICA DE DRX.....	6
VI. CARACTERISTICAS DEL DIFRACTOMETRO DE RAYOS X.....	8
VII. DIFRACTOGRAMAS.....	9
VIII. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....	10



OTSM-193-2016
Rev. 0
Fecha: Diciembre 2016

I. INTRODUCCIÓN

A solicitud de los Sres. Fredy Michael Flores Lucero y Miguel Ángel Sotelo de la Universidad San Pedro de Huaraz se ha realizado el Análisis Mineralógico por Difracción de Rayos X (DRX), Análisis Multielementos (09 elementos) y Determinación del PH correspondiente a una muestra.

En los Análisis Mineralógicos semicuantitativos por DRX se han determinado todos los minerales presentes (fases cristalinas) con un límite de detección (L.D.) de 1.00 %, obtenido del procedimiento de validación del método. Los silicatos de cobre presentan un bajo nivel de cristalinidad por lo que su evaluación por DRX es limitada.

La muestra ha sido proporcionada por el cliente para los fines de estudio descritos anteriormente.



II. ABREVIATURAS DE LAS ESPECIES MINERALES

Abreviaturas, nomenclaturas y composición química de las especies minerales mencionadas en el informe.

Nombre	Símbolo	Composición química	Densidad (g/cm ³)	Dureza Mohs
Arsenopirita	apy	FeAsS	6,10	5,0
Arcilla(Caolinita)	kao	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	2,63	2 – 2,5
Carbonatos (Calcita)	cac	CaCO ₃	2,71	3,0
Cuarzo	cz	SiO ₂	2,62	7,0
Turmalina (Dravita)	dra	NaMg ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄	3,09	7,0
Moscovita (Sericita)	mus	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	2,88	2,5
Pirita	py	FeS ₂	5,01	6,5

Nota: El termino **trazas** se aplica en valores menores a 0.5%.

III. RESULTADOS DE ENSAYOS QUÍMICOS

I.- Análisis Multielemental (9 elementos)

ID Muestras Lab	ELEMENTOS QUÍMICOS								
	Sb	As	Bi	Cu	Fe	Mo	Ag	Pb	Zn
Elementos	%	%	%	%	%	%	gr/tn	%	%
Unidades									
LC Inf.	0.05	0.02	0.02	0.02	0.01	0.5	0.02	0.02	0.02
LC Sup.	10	5	10	10	15	10	100	10	10
MUESTRA SOTELO	<0.05	0.04	<0.02	0.11	5.70	<0.5	21	0.13	0.12

*Elementos sin alcance de acreditación

II.- Determinación del PH.

	PH
Muestra Sotelo	7.03

IV. ANÁLISIS MINERALÓGICO POR DIFRACCIÓN DE RAYOS X.

Muestra Sotelo

Nombre del mineral	Fórmula general	Resultado Aproximado (%)
Cuarzo	SiO ₂	82
Turmalina (Dravita)	NaMg ₃ Al ₆ (BO ₃) ₃ Si ₆ O ₁₈ (OH) ₄	11
Arsenopirita	FeAsS	2
Pirita	FeS ₂	1
Carbonatos (Calcita)	CaCO ₃	1
Moscovita (Sericita)	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	1
Arcilla(Caolinita)	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	1

V. CRITERIOS EN LA CUANTIFICACIÓN MEDIANTE LA TECNICA DE DRX

Las variables de cuantificación Rexp, Rwp y GOF determinan la validez del refinamiento (método cuantificación).

- Los resultados aproximados han sido redondeados a su menor valor entero, por lo que la sumatoria de los resultados no siempre suma el 100%. Este criterio ha sido definido en el procedimiento de validación del método.
- El valor de aproximación ha sido calculado a partir de los resultados obtenidos en los ensayos para la acreditación.
- El presente informe no puede ser utilizado como certificado.
- Los resultados corresponden a las muestras proporcionadas por el cliente, las cuales han sido entregadas en las instalaciones del laboratorio de FA INGENIEROS SAC.
- Está prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de FA INGENIEROS SAC.
- %: Porcentaje masa relativa (g/g)
- L.D: Límite de Detección.



Criterios de ajuste para el refinamiento

Los criterios de ajuste más utilizados son:

a) El residuo del patrón pesado (R_{wp}).- Este criterio muestra el progreso del refinamiento, ya que el numerador contiene la función residuo que está siendo minimizada durante el refinamiento Rietveld. El residuo del patrón pesado se calcula de la siguiente manera:

$$R_{wp} = \left[\frac{\sum W_i (y_{i(obs)} - y_{i(calc)})^2}{\sum W_i (y_{i(obs)})^2} \right]^{1/2}$$

Donde:

y_i (obs) es la intensidad observada en el paso i

y_i (calc) es la intensidad calculada en el punto i

W_i es el peso asignado.

b) El valor esperado (R_{exp}).- Dicho criterio refleja la calidad de los datos obtenidos en la medición del patrón de difracción (conteos estadísticos). La fórmula del residuo del valor esperado es:

$$R_{exp} = \left[\frac{(N - P)}{\sum W_i y_{i(obs)}^2} \right]^{1/2}$$

Donde:

N es el número de datos observados

P el número de parámetros a refinar.

W_i es el peso asignado

y_i (obs) es la intensidad observada en el paso i

c) El ajuste de "bondad" S (goodness of fit).- Si el tiempo de toma de los datos fue suficientemente grande, no dominarán los errores estadísticos, R_{exp} podría ser muy pequeña y la GOF para una estructura cristalina refinada podría ser mayor que 1. Si los datos son obtenidos pobremente, R_{exp} podría ser grande y GOF podría ser menor que 1, el valor de GOF debe estar entre 1 a 1.3. El ajuste de "bondad" se define como:

$$S \text{ (goodness of fit)} = R_{wp}/R_{exp}$$

Donde:

R_{wp} es el residuo del patrón pesado; R_{exp} es el residuo del valor esperado

VI. CARACTERISTICAS DEL DIFRACTOMETRO DE RAYOS X

Equipo: DIFRACTÓMETRO D8 Advance

Tubo Co (38kV, 25mA): KAlfa1: 6930.48eV

KAlfa2: 1.7891 Å

Filtro: Kbeta: Ni

Detector: LynxEye

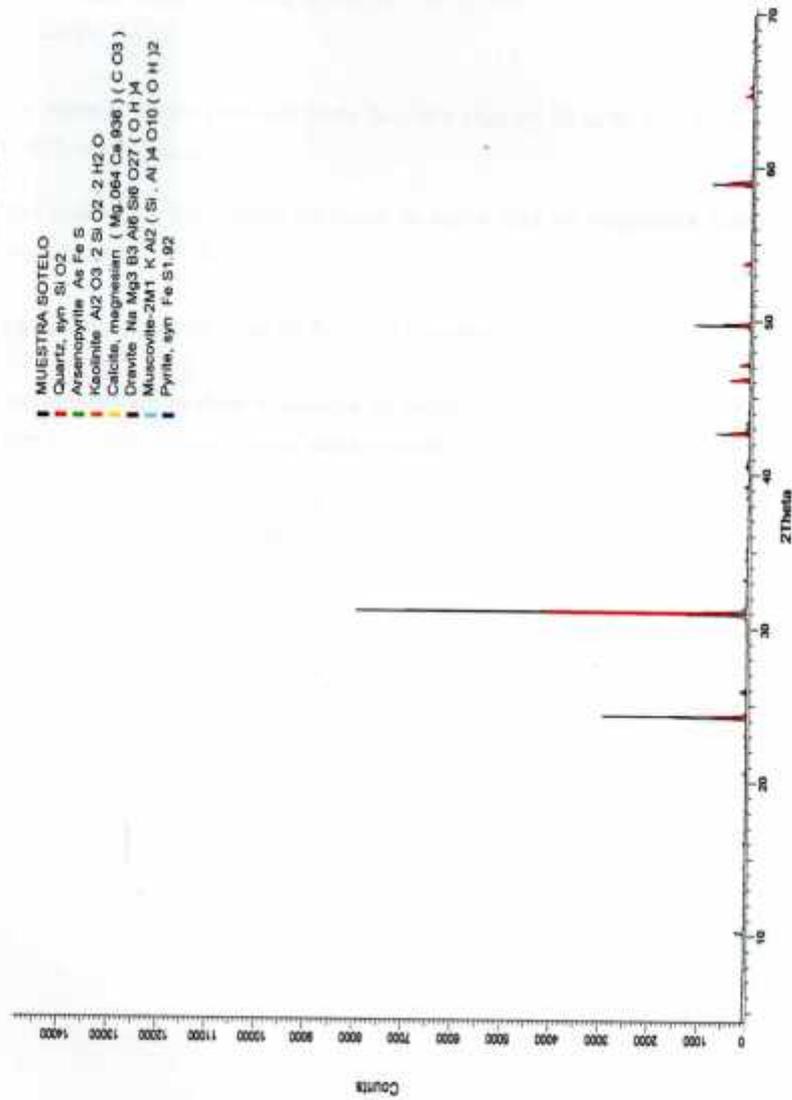
Rango de medida desde $2\theta = 4^\circ$ hasta $2\theta = 70^\circ$

Identificación: Base de datos del Centro Internacional de Datos para Difracción (ICDD).

Cuantificación: Método Refinamiento Rietveld (TOPAS Structure Database y Fiz Karlsruhe ICSD).

VII. DIFRACTOGRAMA

Figura 1. Difractograma de la Muestra Sotelo mostrando los minerales identificados.



VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La muestra Sotelo presenta un PH de 7.03 el cual nos indica que es neutra la solución.
2. La muestra Sotelo presenta leyes de Plata (Ag) de 21 gr/tn que equivalen a 0.672 onzas/Tn_{contas}.
3. Del análisis de ICP Óptico las leyes de cobre (Cu) en la muestra Sotelo es equivalente a 0.11%
4. La muestra presenta leyes de Zinc (Zn) equivalente a 0.12%.
5. Se recomienda realizar muestreos en mayor profundidad (zanjas o trincheras) con el criterio de tener menor contaminación con el material de superficie.

ANEXOS N°02

Análisis de Laboratorio del Relave Minero de la Mina Huancapetí – Aija – Ancash.



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO

Mediante la presente se certifica al Bachiller:

Bachiller: **Sotelo, Miguel Ángel**, haber realizado los ensayos y rotura en la compresión de testigos de cemento para el curso de titulación en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro - SAD Huaraz. Concluyendo satisfactoriamente para el Proyecto de Investigación titulado: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F^{\prime}C=210 \text{ KG/CM}^2$, CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERIA HUANCAPETI, AIJA – ANCASH.

Se emite el siguiente certificado dando fe los ensayos realizados en este laboratorio para los fines que crean conveniente.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118044
JEFE

HUARAZ 09/ AGOSTO / 2017



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO FINO (ARENA)

SOLICITA:

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AJJA – ANCASH.

CANTERA: CHANCADORA TACLLAN – HUARAZ – ANCASH.

MATERIAL: AGREGADO FINO (ARENA)

FECHA: 12/09/2016

PESO: 1562.00

Nº	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERT. (mm)				
Nº 4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 8	2.360	325.50	20.84	20.84	79.16
Nº 16	1.180	251.50	16.10	36.94	63.06
Nº 30	0.600	360.50	23.08	60.02	39.98
Nº 50	0.300	276.00	17.67	77.69	22.31
Nº 100	0.150	160.00	10.24	87.93	12.07
Nº 200	0.075	130.50	8.35	96.29	3.71
FONDO		58.00	3.71	100.00	
(TOTAL)		1562.00	100.00		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - PIJANAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116044
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329446 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarnas - Telf.: 043 312642 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA)

SOLICITA:

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AIJA - ANCASH.

CANTERA: CHANCADORA TACLLAN - HUARAZ - ANCASH.

MATERIAL: AGREGADO GRUESO (GRAVA)

FECHA: 12/09/2016

PESO: 21735.00

N°	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERT. (mm)				
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	1685.00	7.75	7.75	92.25
3/4"	19.100	2422.50	11.15	18.90	81.10
1/2"	12.700	4502.00	20.71	39.61	60.39
3/8"	9.525	3647.50	16.78	56.39	43.61
N° 4	4.760	8655.50	39.82	96.22	3.78
N° 8	2.360	822.50	3.78	100.00	0.00
FONDO		0.00	0.00		
(TOTAL)		21735.00	100.00		



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

GRANULOMETRIA DEL RELAVE MINERO HUANCAPETI

SOLICITA:

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AJJA - ANCASH.

CANTERA: MINERA HUANCAPETI

MATERIAL: RELAVE MINERO

FECHA: 13/10/2016

PESO: 1361.20

Nº	TAMIZ		PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
	ABERT. (mm)					
Nº 4	4.760		0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 8	2.360		0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 16	1.180		0.00	0.00	0.00	91.52
Nº 30	0.600		3.00	23.08	0.19	91.33
Nº 50	0.300		117.10	17.67	7.69	83.83
Nº 100	0.150		331.90	10.24	28.94	62.58
Nº 200	0.075		473.10	8.35	59.23	32.29
FONDO			428.00	3.71	86.64	4.88
(TOTAL)			1361.20	100.00		



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

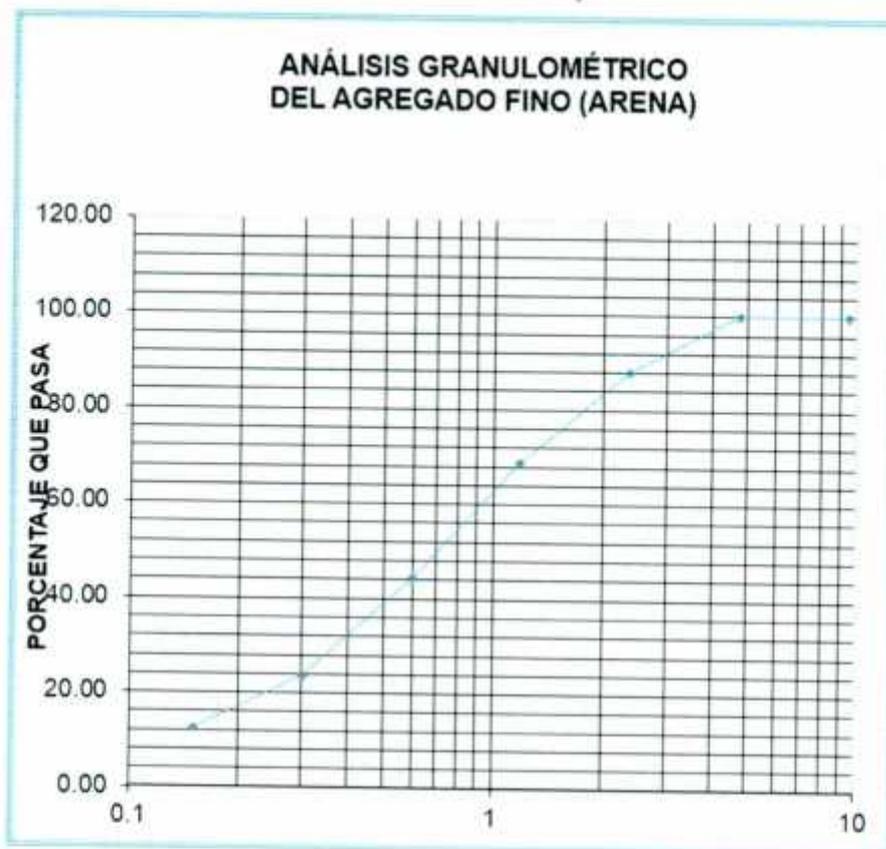
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf. 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf. 345042
- Nuevo Chimbote 01 - Urb. Las Casuarinas - Telf. 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf. 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**



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

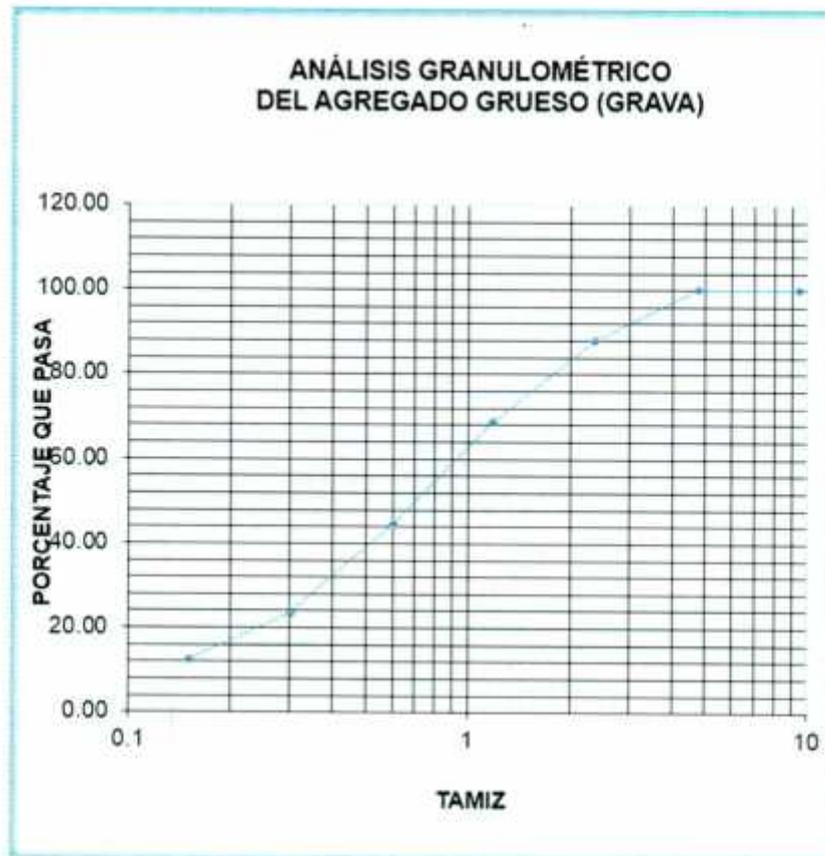
RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
DEL AGREGADO GRUESO (GRAVA)**



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

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

PESO UNITARIO

SOLICITA:

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AJA – ANCASH

CANTERA: CHANCADORA "TACLLAN" - HUARAZ

MATERIAL: AGREGADO FINO (ARENA)

FECHA: 15/09/2016



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



PARA AGREGADO FINO

PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOL	8165	8170	8185	7570	7555	7570
PESO DEL MOLDE	2776	2776	2776	2776	2776	2776
PESO DEL MATERIAL	5389	5394	5409	4794	4779	4794
VOLUMEN DEL MOLDE	3426	3426	3426	3426	3426	3426
PESO UNITARIO	1.573	1.574	1.579	1.399	1.395	1.399
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.575 x 1000 = 1575 kg/m3			1.397 x 1000 = 1397 kg/m3		

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

PESO UNITARIO

SOLICITA:

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $f'c=210 \text{ KG/CM}^2$, CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AJA - ANCASH.

CANTERA: CHANCADORA "TACLLAN" - HUARAZ

MATERIAL: AGREGADO GRUESO (GRAVA)

FECHA: 15/09/2016

PARA AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO	PESO UNITARIO VARILLADO			PESO UNITARIO SUELTO		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N°						
PESO MATERIAL + MOL	21620	21650	21655	21075	21045	21070
PESO DEL MOLDE	5333	5333	5333	5333	5333	5333
PESO DEL MATERIAL	16287	16317	16322	15742	15712	15737
VOLUMEN DEL MOLDE	9341	9341	9341	9341	9341	9341
PESO UNITARIO	1.744	1.747	1.747	1.685	1.682	1.685
PESO UNITARIO PROMEDIO	1.745 x 1000 = 1745 kg/m3			1.684 x 1000 = 1684 kg/m3		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
POLIAI - HUARAZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrósio

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342808 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n, Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y

ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

SOLICITA:

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AJA - ANCASH.

CANTERA: CHANCADORA "TACLLAN" - HUARAZ

MATERIAL: AGREGADO FINO (ARENA)

FECHA: 15/09/2016



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE

PARA AGREGADO FINO

AGREGADO FINO			
IDENTIFICACION		N° 22	N°33
A	Peso Mat. Sat. Sup seca (en Aire)	300 gr	300gr
B	Peso de Frasco + agua	678.5	678.5
C	Peso Frasco + agua + (A) (A + B)	978.5	978.5
D	Peso del Mat. + agua en el Frasco	864.2	864.2
E	Vol. De Masa + vol. De Vacío = C - D	114.3	114.3
F	Peso de Mat. Seco en estufa (105°)	296.3	296.3
G	Vol. De Masa = E - (A - F)	110.6	110.6
	Pe Bulk (Base seca) =D / E	2.592	2.592
	Pe Bulk (Base saturada) = A / E	2.625	2.625
	Pe Aparente (Base seca) =D / E	2.679	2.679
	% de Absorción = ((A - F) / F) * 100	1.249	1.249

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esp. Aquirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS

SOLICITA: BACH.: FLORES LUCERO FREDY MICHAEL

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C=210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AJJA – ANCASH.

CANTERA: CHANCADORA "TACLLAN" - HUARAZ

MATERIAL: AGREGADO GRUESO (GRAVA)

FECHA: 15/09/2016

PARA AGREGADO GRUESO



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
AMBIENTE DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116944
JEFE

AGREGADO GRUESO				
IDENTIFICACION		Nº 9	Nº 17	Nº 23
A	Peso Mat. Sat. Sup. seca (en aire)	1063	1069.5	827
B	Peso Mat. Sat. Sup. seca (en Agua)	655.7	687.5	507
C	Vol. De masas/vol. de vacíos = A - B	407.3	382	320
D	Peso de Mat. Seca en estufa (105°)	1054.5	1060	820
E	Vol. De masa = C -(A-B)	398.8	372.5	2.563
	Pe Bulk (Base seca) = D / C	2.610	2.800	2.584
	Pe Bulk (Base saturada) = A/C	2.644	2.846	2.620
	Pe Aparente (Base seca) =D / E	2.644	2.846	0.854
	% de Absorción = ((A - D)/D) * 100	0.806%	0.896 %	0.854 %



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

CONTENIDO DE HUMEDAD

SOLICITA:

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AJJA – ANCASH.

CANTERA: CHANCADORA "TACLLAN" - HUARAZ

MATERIAL: AGREGADO FINO (ARENA)

FECHA: 15/09/2016

PARA AGREGADO FINO (ARENA)



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116044
JEFE

ARENA FINA		
RECIPIENTE N°	N°34	N°37
PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	1123.50	1022.50
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	1110	1004
PESO DE RECIPIENTE	161.7	169.1
PESO DE AGUA	13.50	18.5
PESO SUELO SECO	948.3	834.9
HUMEDAD (%)	1.42	2.22
HUMEDAD PROMEDIO	1.82	



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES**

CONTENIDO DE HUMEDAD

SOLICITA:

BACH.: SOTELO MIGUEL ANGEL

TESIS:

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'c=210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO, POR RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETI, AJA – ANCASH.

CANTERA: CHANCADORA "TACLLAN" - HUARAZ

MATERIAL: AGREGADO GRUESO (GRAVA)

FECHA: 15/09/2016

PARA AGREGADO GRUESO (GRAVA)



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

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

ARENA GRUESA		
RECIPIENTE N°	N°22	N°22
PESO RECIPENTE + SUELO HUMEDO	1411.5	1339
PESO RECIPENTE + SUELO SECO	1406	1331
PESO DE RECIPIENTE	164.4	168.8
PESO DE AGUA	5.5	8
PESO SUELO SECO	1241.6	1162.2
HUMEDAD (%)	0.443	0.688
HUMEDAD PROMEDIO	0.57	

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Las Pintas B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 328150 / 329486 - Bolognesi Av. Foo. Bolognesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA DE LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO

FC=210KG/CM²

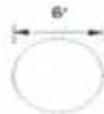
SOLICITA: BACH SOTELO, MIGUEL ANGEL.

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C= 210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO POR EL RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETÍ - AIMA ANCASH.

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE LA USP. - HUARAZ.

FECHA : 05/10/2016.

F'C : 210 KG/CM².



	Medida	Unidad	Medida	Unidad
D	6	Pulg.	15.24	cm
π	3.141592654			Adimensional
l"	=		2.54	cm

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

$$l_m = l \cdot l_a \cdot \alpha^2$$

1. VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN LA EDAD DEL CONCRETO PATRÓN:

DISEÑO DE CONCRETO		CONCRETO PATRÓN		
DESCRIPCIÓN		I (GJ)	II (GJ)	III (GJ)
EDAD	7	27040	36130	35090
	14	39330	38780	39950
	28	55840	66800	69700

2. RESISTENCIA DE COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO PATRÓN:

DESCRIPCIÓN	CARGA (Libras)	CARGA (Kg)	DIAMETRO (Cm)	Área (Cm ²)	F'c = P/A (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)
7 DIAS	I	27040	12265.13	15.24	182.41	67.24 32%
	II	36130	16388.28	15.24	182.41	89.84 43%
	III	35090	15916.54	15.24	182.41	87.26 42%
14 DIAS	IV	39330	17839.77	15.24	182.41	97.80 47%
	V	38780	17590.30	15.24	182.41	96.43 46%
	VI	39950	18121.00	15.24	182.41	99.34 47%
28 DIAS	VII	55840	25328.58	15.24	182.41	138.86 66%
	VIII	66800	30299.95	15.24	182.41	166.11 79%
	IX	69700	31615.36	15.24	182.41	173.32 83%

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CALLE LAZARO DE FIGUEROA N.º 100
HUARAZ - PERÚ
TEL: (043) 345899
WWW.USPEDRO.EDU.PE
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
Cep. 116044
JRE



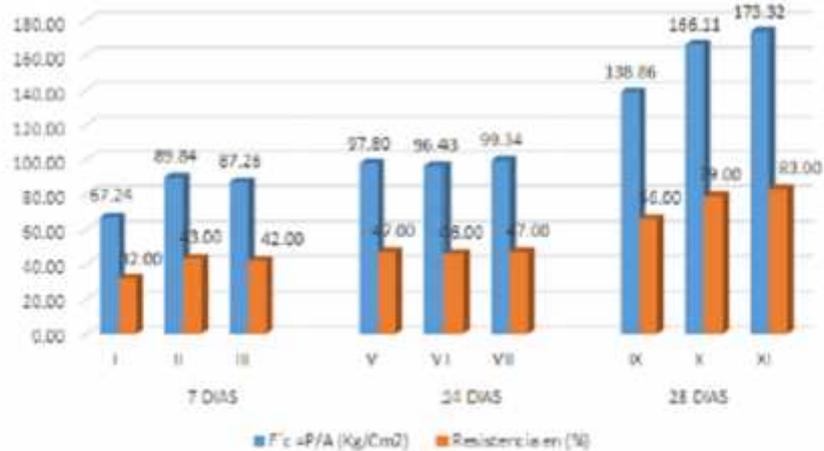


USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE ROTURA DEL CONCRETO PATRÓN F'C = 210 KG/CM²



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON SUSTITUCIÓN DEL RELAVE MINERO AL 10%

SOLICITA: BACH. SOTELO, MIGUEL ANGEL.

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C= 210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO POR EL RELAVE DE LA MINERA HUANCAPETÍ - AJJA ANCASH.

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE LA USP. - HUARAZ.

FECHA : 05/10/2016.

F'C : 210 KG/CM².



Medida	Unidad	Medida	Unidad	
D	6	Pulg.	15.24	cm
π	3.141592654		Adimensional	

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$A_u = ICA \text{ m}^2$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ - HUARAZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

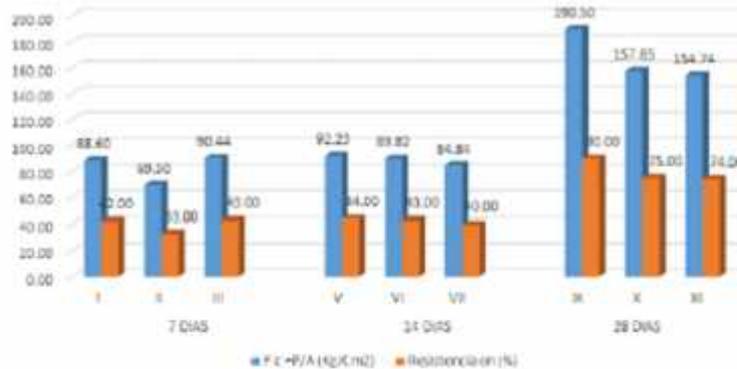
1º- VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON SUTITUCIÓN DE 10%:

DISEÑO DE CONCRETO		RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO		
DESCRIPCIÓN		V (GJ)	VI (GJ)	VII (GJ)
EDAD	7	35630	27950	36370
	14	37090	36120	34120
	28	76610	63480	62230

2º- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN PARA EL CONCRETO CON SUSTITUCIÓN DE 10%:

DESCRIPCIÓN	CARGA (Libras)	CARGA (Kg)	DIAMETRO (Cm)	Área (Cm ²)	F'c = P/A (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)
7 DIAS	I	35630	16161.48	15.24	182.41	88.60
	II	27950	12677.90	15.24	182.41	69.50
	III	36370	16497.14	15.24	182.41	90.44
14 DIAS	IV	37090	16823.73	15.24	182.41	92.23
	V	36120	16383.74	15.24	182.41	89.82
	VI	34120	15476.56	15.24	182.41	84.84
28 DIAS	VII	66610	30213.76	15.24	182.41	165.64
	VIII	63480	28794.02	15.24	182.41	157.85
	IX	62230	28227.03	15.24	182.41	154.74

ENSAYO DE ROTURA DEL CONCRETO F'c = 210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DEL 10 % DE RELAVE MINERO



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES



Ing. Elizabeth María Ambrosio
C.R. 118644

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN CON SUSTITUCIÓN
DEL RELAVE MINERO AL 15 %**

SOLICITA: BACH. IOTELO, MIGUEL ANGEL.

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO F'c= 210 KG/CM², CON
SUSTITUCION DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO POR EL RELAVE DE LA
MINERA HUANCAPETI - AJJA ANCASH.

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE LA USP. - HUARAZ.

FECHA : 05/10/2016.

F'c : 210 KG/CM².



	Medida	Und.	Medida	Und.
D	6	Pulg.	15.24	cm
π	3.141592654		Adimensional	
1"	=	2.54	cm	

$$A = \frac{(\pi)(r^2)}{2}$$

Ares = 182.41 cm²

1º- VALORES DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CON SUTITUCION DE 15%

DISEÑO DE CONCRETO		RELAVE 15% DE REEMPLAZO DE CEMENTO		
DESCRIPCION		IX (GJ)	X (GJ)	XI(GJ)
EDAD	7	23170	22650	20780
	14	40430	34170	40980
	28	52680	69800	68010

2º- RESITENCIA DE COMPRESION PARA EL Cº SUSTITUCION DE 15 %

DESCRIPCION	CARGA (Libras)	CARGA (Kg)	DIAMETRO (Cm)	Area (Cm ²)	F'c = P/A (Kg/Cm ²)	Resistencia en (%)	
7 DIAS	I	23170	10509.73	15.24	182.41	57.62	27%
	II	22650	10273.86	15.24	182.41	56.32	27%
	III	20780	9425.64	15.24	182.41	51.67	25%
14 DIAS	V	40430	18338.72	15.24	182.41	100.54	48%
	VI	34170	15499.24	15.24	182.41	84.97	40%
	VII	40980	18588.20	15.24	182.41	101.90	49%
28 DIAS	IX	52680	23895.23	15.24	182.41	131.00	62%
	X	69800	31660.72	15.24	182.41	173.57	83%
	XI	68010	30848.79	15.24	182.41	169.12	81%

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maxa Ambrosio
CIP: 116944



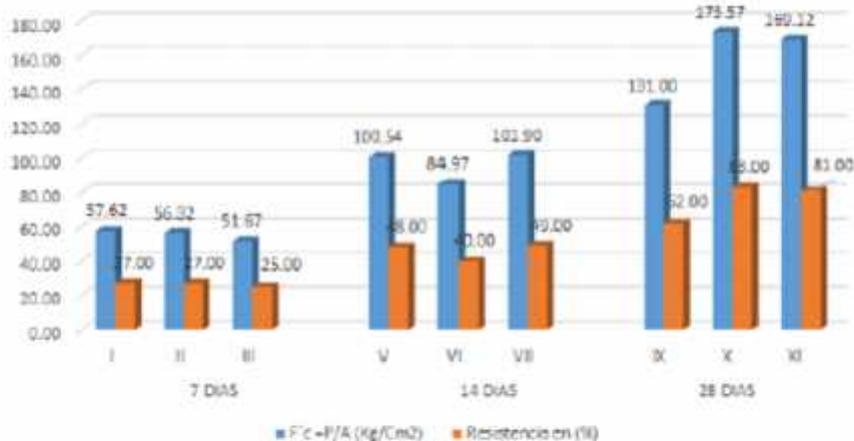


USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

ENSAYO DE ROTURA DEL CONCRETO F'C = 210 KG/CM², CON SUSTITUCIÓN DEL 15% DE RELAVE MINERO



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETAS DEL CONCRETO F'C-210 KG/CM² ASTM C - 39

SOLICITA : BACH SOTELO, MIGUEL ANGEL.

TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO F'C= 210 KG/CM², CON
SUSTITUCIÓN DE UN PORCENTAJE DEL CEMENTO POR EL RELAVE DE LA
MINERA HUANCAPETÍ - AJA ANCASH.

LUGAR : LABORATORIO DE ENSAYO DE LA USP. - HUARAZ.

MATERIAL : AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO.

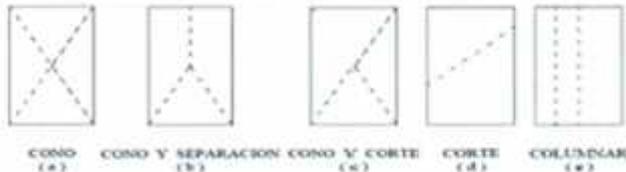
FECHA : 05/10/2016.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
HUARAZ - PERU
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambros
CIP: 116544
JEFE

A.- ANEXO (TIPO DE FALLA)

Gráfico 16.- Tipos de Falla a la Resistencia del Concreto.



RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Peru - Telf: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 3
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Las Pines B s/n. Urb. Los Pinos Telf: 043 322505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf: 3
- Nueva Chimbote 01 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf: 043 3
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf: (043) 345809 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San



USP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

1.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIGUETAS DE 7 DIAS DE CURADO:

PROBETA Nº	DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO PATRÓN	I (FS)	210	05/10/2016	12/10/2016	27040	12265.13	67.24	e
2		II (FS)	210			36130	16388.28	83.84	e
3		III (FS)	210			35090	15916.54	87.26	C
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =								81.45	

PROBETA Nº	DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO	IV (FS)	210	05/10/2016	12/10/2016	35630	16161.48	88.60	b
2		V (FS)	210			27950	12677.90	69.30	e
3		VI (FS)	210			36370	16497.14	90.44	b
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =								82.85	

PROBETA Nº	DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO	VII (FS)	210	05/10/2016	12/10/2016	22170	10000.70	57.62	b
2		VIII (FS)	210			22600	10271.66	56.52	c
3		IX (FS)	210			20780	9420.88	51.67	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =								55.26	

2.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIGUETAS DE 14 DIAS DE CURADO:

PROBETA Nº	DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kgf.)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO PATRÓN	I (FS)	210	05/10/2016	19/10/2016	39330	17839.77	97.80	d
2		II (FS)	210			38780	17590.30	96.43	e
3		III (FS)	210			39950	18121.00	99.34	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =									



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FISICA - INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
DPI: 116244
JDFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAYO DE MATERIALES

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kg)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO	IV (FS)	210	05/10/2016	19/10/2016	37090	16823.73	92.23	b
2		V (FS)	210			36120	16783.74	89.82	c
3		VI (FS)	210			34120	15476.36	84.84	d
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =								88.96	

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kg)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO	VII (FS)	210	05/10/2016	12/10/2016	40000	18211.72	100.54	a
2		VIII (FS)	210			36120	16783.74	89.82	c
3		IX (FS)	210			40880	18381.20	104.95	b
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =								96.81	

3.- RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIGUETAS DE 28 DIAS DE CURADO:

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kg)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO PATRÓN	I (FS)	210	05/10/2016	02/11/2016	55840	25328.58	138.96	a
2		II (FS)	210			66800	30299.95	166.11	a
3		III (FS)	210			69700	31618.36	173.32	b
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =								159.43	

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kg)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	RELAVE 10% DE REEMPLAZO DE CEMENTO	IV (FS)	210	05/10/2016	02/11/2016	75610	34749.68	190.50	a
2		V (FS)	210			63480	28794.02	157.85	a
3		VI (FS)	210			62230	28227.03	154.74	b
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =								167.70	

N°	PROBETA DESCRIPCIÓN	MARCA	DISEÑO (Kg/cm ²)	FECHA		CARGA (Lb.)	CARGA (Kg)	F _c (Kg/cm ²)	TIPO DE FRACTURA
				MOLDEO	ROTURA				
1	RELAVE 15% DE REEMPLAZO DE CEMENTO	X (FS)	210	05/10/2016	02/11/2016	77620	35207.81	193.01	c
2		XI (FS)	210			72040	32678.88	179.14	d
3		XII (FS)	210			65770	29918.84	162.72	b
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESION F _c =								178.29	

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116044

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 32780
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Las Pintas s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 34504
- Nuevo Chimbote 01 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 31970
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345809 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



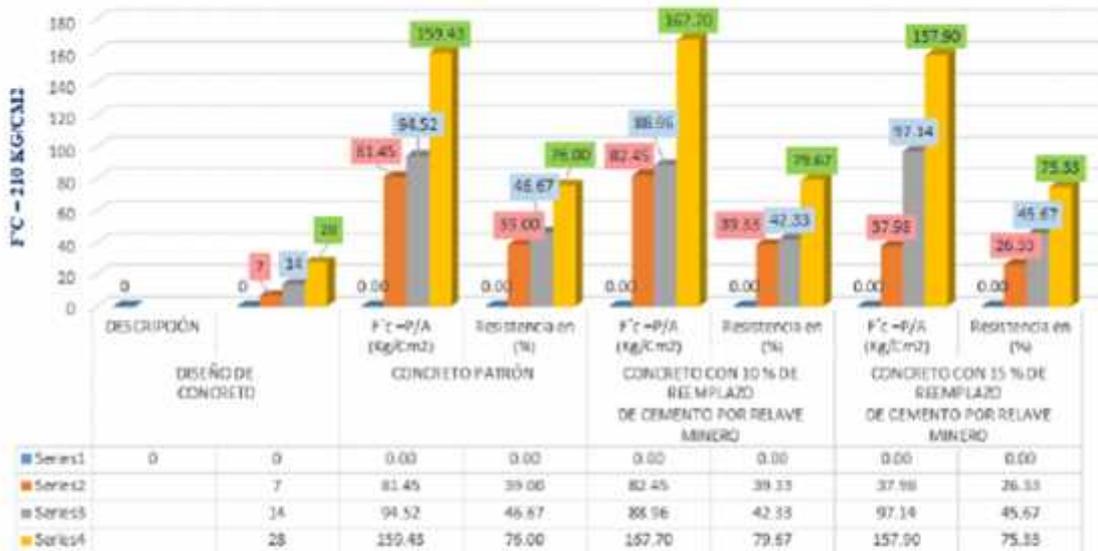
USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAJO DE MATERIALES

**RESÚMEN DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS DE CONCRETO
F'c=210 KG/CM2 ASTM C - 39**

DISEÑO DE CONCRETO	CONCRETO PATRÓN		CONCRETO CON 10 % DE REEMPLAZO DE CEMENTO POR RELAVE MINERO		CONCRETO CON 15 % DE REEMPLAZO DE CEMENTO POR RELAVE MINERO	
	F'c -P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)	F'c -P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)	F'c -P/A (Kg/Cm2)	Resistencia en (%)
EDAD	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	7	81.42	29.00	32.82	37.99	26.22
	14	94.52	46.67	88.96	42.33	41.67
	28	159.42	76.00	167.70	79.67	127.99

RESÚMEN FINAL DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO PATRÓN Y DEL CONCRETO CON REEMPLAZO DE 10 % Y 15 % DE CEMENTO POR EL RELAVE MINERO "HUANCAPETI" A LOS 7, 14 Y 28 DÁS DE CURADO



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y
ENSAJO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116644
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 329034 Fax: 327
CIUDAD UNIVERSITARIA - Las Pinos B s/n Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345
- Nuevo Chimbote 01 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Esplanar - Telf.: (043) 345099 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pi

PANEL FOTOGRAFICO

MINA HUANCAPETÍ – AIJA – ANCASH.



Foto 01: Mina “Huancapetí” – Aija – Ancash, lugar de donde se obtuvo el Relave.



Foto 02: Letrero de bienvenida en la punta de la Mina Huancapetí -Aija-Ancash.

GRANULOMETRÍA

1. Granulometría del Agregado Grueso (Hormigón):



Foto 03: Tomamos la muestra de agregado grueso de $\frac{1}{2}$ " y grava de $\frac{3}{4}$ ", aproximadamente 10 kg de cada una, enseguida se mezclan. Se procede a cuartear la muestra, hasta obtener el espécimen.



Foto 04: Se arma las mallas $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, #4 en según la NTP 400.012, para luego introducir, nuestro espécimen de ensayo y se comienza a agitar los tamices para que así en estos solo quede el material que en verdad es retenido para ser pesados.

1. **Granulometría del Agregado Fino (Arena):**



Foto 05: Tomamos la muestra del agregado fino, aproximadamente unos 10 kg. Luego se procede a cuartear la muestra, hasta obtener el espécimen de laboratorio de 2.315 kg.



Foto 06: Se tamiza el agregado y se arma las mallas en según la NTP 400.012, para luego introducir, nuestro espécimen de ensayo y se comienza a agitar los tamices, para que así en estos solo quede el material que en verdad es retenido.

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN

1. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Grueso:



Foto 07: Realizamos el cuarteo del agregado grueso, y eliminamos toda la materia que pasa por el tamiz #4, luego sumergimos la muestra en un balde por unas 24 horas de ahí lo secamos con un trapo absorbente y llevamos las muestras al horno a una temperatura de 110°C y lo dejamos por 24 horas, así hallamos el peso saturado.



Foto 08: Colocamos la muestra de agregado saturado superficialmente en la canasta metálica para determinar el peso saturado.



Foto 09: Hallamos el peso saturado y llevamos la muestra al horno por 24 horas, sacamos la muestra del horno y dejamos enfriar de 1 a 3 horas para hallar el peso seco final.

2. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino:



Foto 10: Seleccionamos por cuarteo una cantidad aproximada de 1kg que se seca en el horno a una temperatura 100°C- 110°C. Se sujeta firmemente el molde cónico, echando en su interior una cantidad de muestra insuficiente que se apisona ligeramente con 25 golpes de la varilla levantando a continuación con cuidado verticalmente el molde.



Foto 11: Inmediatamente se introduce en el picnómetro aforado 300 gramos del agregado fino y se le añade agua hasta aproximadamente 90% de su capacidad. Para eliminar el aire atrapado se rueda el picnómetro sobre una superficie plana e incluso agitando, manual, mecánica o invirtiendo si es preciso. Se determina su peso total del picnómetro, muestra, agua y así determinamos su peso seco.

PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO

1. Peso Unitario del Agregado Grueso Suelto:



Foto 12: Soltamos el agregado grueso a la Olla hasta el límite de la Olla desde una altura de 15 cm, enrazamos con la varilla y los excedentes de los bordes los limpiamos con una brocha y pesamos la muestra y ese acto lo repetimos 3 veces.



Foto 13: Agregamos el agregado grueso a 1/3 de la altura total de la Olla a una altura 15 cm formando 3 capas y en cada capa se va compactar con 25 golpes con la varilla, enrazamos y los excedentes de los bordes los limpiamos con una brocha y pesamos la muestra y ese acto lo repetimos 3 veces.

PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO

1. Peso Unitario del Agregado Fino Suelto:



Foto 14: Soltamos el agregado grueso a la Olla hasta el límite de la Olla desde una altura de 15 cm, enrazamos con la varilla y los excedentes de los bordes los limpiamos con una brocha y pesamos la muestra y ese acto lo repetimos 3 veces.

2. Peso Unitario del Agregado Fino Varillado:



Foto 15: Echamos el agregado grueso a 1/3 de la altura total de la Olla a una altura 15 cm formando 3 capas y en cada capa se va compactar con 25 golpes con la varilla, enrazamos y los excedentes de los bordes los limpiamos con una brocha y pesamos la muestra y ese acto lo repetimos 3 veces.

DISEÑO DE MEZCLA

1. Elaboración de las probetas de concreto:



Foto 16: Se pesan los elementos según indique el diseño de mezcla.



Foto 17: Mezclamos los agregados en el trompito, llenamos los testigos, chuseamos la mezcla y lo enrazamos hasta el borde de la superficie.



Foto 18: Haciendo el respectivo varillado en las Probetas de Concreto.



Foto 19: Preparando las Probetas de Concreto para el secado del mismo.

ENSAYO SLUMP



Foto 20: Se llena en Cono de Abrams en 3 capas, se chusea y se enraza, para luego levantar el molde y con la ayuda de la varilla se verifica que el asentamiento se encuentre dentro del margen.



Foto 21: Midiendo la consistencia del concreto y se obtuvo un Slump de 3"- 4".

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$



Foto 22: Preparando nuestras probetas de concreto para el respectivo curado.



Foto 23: Curado del concreto en Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales en la USP - Huaraz



Foto 24: Concreto Patrón y Concreto con Sustitución de 10 % y 15 % del Cemento por el Relave Minero “Huancapetí” listos para la rotura en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales en la USP – Huaraz.



Foto 24: Rotura del Concreto Patrón en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales en la USP – Huaraz.



Foto 25: Rotura del Concreto con Sustitución del 10 % de Cemento por el Relave Minero “Huancapetí”, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales en la USP – Huaraz.



Foto 26: Rotura del Concreto con Sustitución del 15 % de Cemento por el Relave Minero “Huancapetí”, en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales en la USP – Huaraz.

ANEXO CON LOS NUEVOS CÁLCULOS DEL DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO PATRÓN $f'_c = 210 \text{ KG/CM}^2$, OBTENIDOS EN EL LABORATORIO, POR EL MÉTODO DEL COMITÉ 211 DEL A.C.I., UTILIZADAS EN LA PRESENTE TESIS.



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

TESIS : Resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de un porcentaje del cemento, por el relave de la minera Huancapeti, Alja - Ancash

TESISTA : Bach. Miguel Angel Sotelo

UBICACIÓN : Huaraz - Huaraz - Ancash Técnico : D.C.M.

FECHA : Setiembre 2020 N° de Registro : CM.D.031-2020

DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO
Método del Comité 211 del ACI

DATOS DE LA MUESTRA

Agregado Fino : Arena Gruesa Cantera : Chancadora Tacllan - Huaraz Muestra proporcionada e identificada por el interesado

Agregado Grueso : Piedra Chancada Cantera : Chancadora Tacllan - Huaraz

RESISTENCIA DE DISEÑO

Resistencia Especificada : $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2 = 20.6 \text{ MPa}$

Resistencia Requerida : $f'_{cr} = 295 \text{ Kg/cm}^2 = 28.9 \text{ MPa}$

DATOS TECNICOS DE LOS MATERIALES

1.0 CEMENTO

MARCA	TIPO	PESO ESPECIFICO	SUPERFICIE ESPECIFICA
Sol	I	3.11	3100

2.0 AGREGADOS

DESCRIPCIÓN	VER	UNIDAD	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
Módulo de Fineza	pág. 3		3.16	--
Contenido de Humedad	pág. 2	%	3.32	0.71
Absorción	pág. 6 y 7	%	2.10	1.00
Peso Especifico de Masa	pág. 6 y 7	Tn/m ³	2.55	2.64
Peso Seco Suelto	pág. 5	Kg/m ³	1520	1380
Peso Seco Compactado	pág. 5	Kg/m ³	1720	1550

VALORES DE DISEÑO

Asentamiento (Pulg.) =	3 - 4	Calculo de factor de cemento (Kg/m ³) =	366
Tamaño Máximo Nom. (Pulg.) =	3/4	Aire incluido (%) =	2.0
Agua de Mezclado (lts.) =	205	Volúmen de Agregado Grueso =	0.58
Relación a/c =	0.56 (Por Resistencia)	Tipos de Aditivos =	--
Relación a/c =	0.50 (Por Durabilidad)		

CANTIDAD DE MATERIALES POR M³ DE CONCRETO

MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	
Cemento	366	Kg/m ³	8.613 bolsas/m ³
Piedra	912	Kg/m ³	
Arena	828	Kg/m ³	
Agua	198	Kg/m ³	

DOSIFICACIÓN POR UNA BOLSA DE CEMENTO

PROPORCIÓN	PESO	VOLUMEN
Cemento	1	1
Arena	2.3	2.2
Piedra	2.5	2.7
Agua	0.54	23.0
Aditivo	--	--

lt/saco

Notas:

- * Se ha diseñado con la recomendación indicada con la relación de a/c por resistencia.
- * La muestra es proporcionado e identificado por el interesado


DAVID HENRRY ZARZOSA CALVO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 17537

Pág. 1 de 7

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
 E-mail: geotecasociados@gmail.com, acalvominaya@gmail.com



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCION DE PROYECTOS DE INGENIERIA

TESIS	: Resistencia a la compresión del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de un porcentaje del cemento, por el relave de la minera Huancapeti, Aija - Ancash	MUESTREADO POR	: Interesado
TESISTA	: Bach. Miguel Angel Sotelo	TÉCNICO	: D.C.M.
LUGAR	: Huaraz - Huaraz - Ancash	N° de Registro	: CM.D.031-2020
FECHA	: Setiembre 2020		

CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL EVAPORABLE DE AGREGADOS POR SECADO (NTP 339.185)

DATOS DE LA MUESTRA			
Agregado :	Fino	Cantera :	Chancadora Tacflan - Huaraz
Agregado :	Grueso	Cantera :	Chancadora Tacflan - Huaraz

RESISTENCIA DE DISEÑO			
Resistencia Especificada :	$f_c = 210$	$\text{Kg/cm}^2 = 20.6$	MPa
Resistencia Requerida :	$f_{cr} = 295$	$\text{Kg/cm}^2 = 28.9$	MPa

AGREGADO FINO			
DESCRIPCIÓN	UNID.	M - 1	M - 2
Masa original + Recipiente	gr	356.48	338.75
Masa Seca + Recipiente	gr	346.82	330.25
Masa de Recipiente	gr	64.92	65.66
Masa de muestra original	gr	281.90	264.59
Masa del Agua	gr	9.66	8.50
Contenido de Humedad Evaporable	%	3.43	3.21
Humedad Evaporable Promedio	%	3.32	
Humedad Superficial	%	1.22	

AGREGADO GRUESO			
DESCRIPCIÓN	UNID.	M - 1	M - 2
Masa original + Recipiente	gr	677.10	637.24
Masa Seca + Recipiente	gr	672.46	633.55
Masa de Recipiente	gr	63.19	67.11
Masa de muestra original	gr	609.27	566.44
Masa del Agua	gr	4.64	3.69
Contenido de Humedad Evaporable	%	0.76	0.65
Humedad Evaporable Promedio	%	0.71	
Humedad Superficial	%	-0.29	



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA
CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCION DE
PROYECTOS DE INGENIERIA

TESIS :	Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de un porcentaje del cemento, por el relave de la minera Huancapeti, Aija - Ancash	
TESISTA :	Bach. Miguel Angel Sotelo	MUESTREADO POR : Interesado
LUGAR :	Huaraz - Huaraz - Ancash	TÉCNICO : D.C.M.
FECHA :	Setiembre 2020	N° de Registro : C.M.D.031-2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.012)

RESISTENCIA DE DISEÑO

Resistencia Especificada :	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	$= 20.6 \text{ Mpa}$	
Resistencia Requerida :	$f'cr = 295 \text{ Kg/cm}^2$	$= 28.9 \text{ MPa}$	

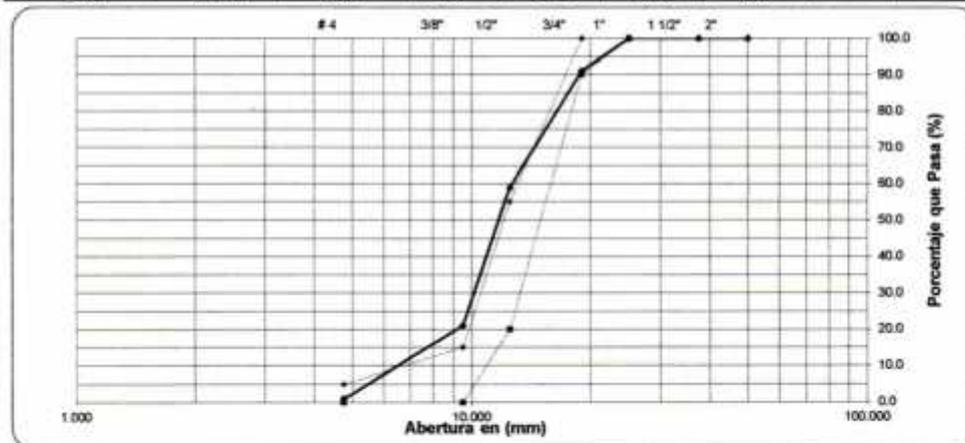
DATOS DE LA MUESTRA

Agregado : Grueso Cantera : Chancadora Taclian - Huaraz

Especificaciones de NTP 400.018

Procedimiento: A - Lavado con Agua	% del mat. más fino que la malla N° 200 por vía húmeda = 0.00
Masa Seca Inicial (gr) = 3036.0	% que pasa N° 4 = 1.0
Masa Seca Lavada (gr) = 3035.0	Masa Retenido en Tamiz 2" (gr) = 0.0
	Según Especificación ASTM C-33 y NTP 400.037 (TM, HUSO): 3/4" - 3/8" 6

Abertura de Tamices		Masa Retenida (gr)	Porcentajes				NTP HUSO: 6	
Pulg	mm		Retenido	Retenido dos mallas	Retenido acumulado	Que Pasa	inferior	Superior
2"	50.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.000	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.000	270.6	9.0	9.0	9.0	91.0	90	100
1/2"	12.500	978.5	32.0	41.0	41.0	59.0	20	55
3/8"	9.500	1145.3	38.0	70.0	79.0	21.0	0	15
# 4	4.750	615.0	20.0	58.0	99.0	1.0	0	5
< # 4	Fondo	25.6	1.0	21.0	100.0	0.0		



D60 (mm) = 12.703	Módulo de Fineza = 6.87
D30 (mm) = 10.211	Coef. Unif. (Cu) = 1.94
D10 (mm) = 6.888	Coef. Conc. (Cc) = 1.19

Nota:

Pág. 4 de 7

DAVID HENRRY ZARZOSA CALVO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 175371

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
E-mail: geotecasociados@gmail.com, acaivominaya@gmail.com



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN DE PROYECTOS DE INGENIERÍA

TESIS	: Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de un porcentaje del cemento, por el relave de la minera Huancapeti, Aija - Ancash	MUESTREADO POR	: Interesado
TESISTA	: Bach. Miguel Angel Sotelo	TÉCNICO	: D.C.M.
LUGAR	: Huaraz - Huaraz - Ancash	Nº de Registro	: CM.D.031-2020
FECHA	: Setiembre 2020		

DETERMINACIÓN DE LA MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN O DENSIDAD "PESO UNITARIO" Y LOS VACÍOS EN LOS AGREGADOS

(NTP 400.017)

RESISTENCIA DE DISEÑO

Resistencia Especificada :	$f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	20.6	MPa
Resistencia Requerida :	$f'cr = 295 \text{ Kg/cm}^2$	28.9	MPa

DATOS DE LA MUESTRA

Agregado :	Fino	Cantera :	Chancadora Tacllan - Huaraz
Agregado :	Grueso	Cantera :	Chancadora Tacllan - Huaraz

AGREGADO FINO

TIPO DE DENSIDAD DE MASA	Densidad Masa Suelto			Densidad Masa Compacto Apisonado		
	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-3
Ensayo N°						
Recipiente N°	1	1	1	1	1	1
Masa Recipiente + Agregado (G)	5928.0	5915.0	5934.0	6495.0	6467.0	6502.0
Masa del Recipiente (T)	1625.0	1625.0	1625.0	1625.0	1625.0	1625.0
Masa del Agregado (G-T)	4303.0	4290.0	4309.0	4870.0	4842.0	4877.0
Volumen del Recipiente (V)	2821.87	2821.87	2821.87	2821.87	2821.87	2821.87
Densidad de Masa (Kg/m ³) (M=(G-T)/V)	1,525	1,520	1,527	1,726	1,716	1,728
Densidad de Masa Promedio (Kg/m ³)	1,520			1,720		
Contenido de Vacíos (%)	41			33		

AGREGADO GRUESO

TIPO DE DENSIDAD DE MASA	Densidad Masa Suelto			Densidad Masa Compacto Apisonado		
	E-1	E-2	E-3	E-1	E-2	E-3
Ensayo N°						
Recipiente N°	2	2	2	2	2	2
Masa Recipiente + Agregado (G)	18542.0	18624.0	18674.0	20241.0	20205.0	20287.0
Masa del Recipiente (T)	5198.0	5198.0	5198.0	5198.0	5198.0	5198.0
Masa del Agregado (G-T)	13344.0	13426.0	13476.0	15043.0	15007.0	15089.0
Volumen del Recipiente (V)	9699.02	9699.02	9699.02	9699.02	9699.02	9699.02
Densidad de Masa (Kg/m ³) (M=(G-T)/V)	1,376	1,384	1,389	1,551	1,547	1,556
Densidad de Masa Promedio (Kg/m ³)	1,380			1,550		
Contenido de Vacíos (%)	48			41		

Observaciones:

Pág. 5 de 7


 DAVID HENRRY ZARZOSA CALVO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 175371

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
 E-mail: geotecasociados@gmail.com, acalvominava@gmail.com



C&M GEOTEC ASOCIADOS S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETOS Y PAVIMENTOS, ESTUDIOS EN GEOTECNIA
CON FINES DE CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS, CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, CONSULTORIA Y CONSTRUCCIÓN DE
PROYECTOS DE INGENIERIA

TESIS	: Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con sustitución de un porcentaje del cemento, por el relave de la minera Huancapeti, Alja - Ancash		
TESISTA	: Bach. Miguel Angel Sotelo	MUESTREADO POR:	Interesado
LUGAR	: Huaraz - Huaraz - Ancash	TÉCNICO:	D.C.M.
FECHA	: Setiembre 2020	N° de Registro:	CM.D.031-2020

DENSIDAD, LA DENSIDAD RELATIVA (PESO ESPECÍFICO) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)

RESISTENCIA DE DISEÑO				
Resistencia Especificada :	$f'c =$	210	$\text{Kg/cm}^2 =$	20.6 MPa
Resistencia Requerida :	$f'cr =$	295	$\text{Kg/cm}^2 =$	28.9 MPa

DATOS DE LA MUESTRA	
Agregado :	Grueso Cantera : Chancadora Tacllan - Huaraz

Descripción	Unid.	Simb.	Ensayo 1	Ensayo 2
Masa de la Muestra saturada superficialmente seca	gr	B	1341.0	1320.6
Masa de la muestra saturada superficialmente seca dentro del agua + Canastilla (gr)	gr		1468.5	1456.8
Masa de la Canastilla dentro del agua (gr)	gr		630.8	630.8
Masa de la muestra saturada dentro del agua	gr	C	837.7	826.0
Masa de la muestra seca	gr	A	1328.4	1307.6
Gravedad Especifica secado al horno ($OD = A / (B - C)$)		OD	2.64	2.64
Gravedad Especifica secado al horno Promedio ($OD = A / (B - C)$)		OD	2.64	
Densidad en base al secado al horno ($OD = 997.5A / (B - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m^3	OD	2633	2637
Densidad en base al secado al horno Promedio ($OD = 997.5A / (B - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m^3	OD	2640	
Gravedad Especifica sobre la base de superficie seca saturada ($SSD = B / (B - C)$)		SSD	2.66	2.67
Gravedad Especifica sobre la base de superficie seca saturada Promedio ($SSD = B / (B - C)$)		SSD	2.67	
Densidad en base de superficie seca saturada ($SSD = 997.5B / (B - C)$, (Temp. del agua 23°C)	kg/m^3	SSD	2658	2663
Densidad en base de superficie seca saturada Promedio ($SSD = 997.5B / (B - C)$, (Temp. del agua 23°C)	kg/m^3	SSD	2660	
Gravedad Especifica Aparente, $Gea = A / (A - C)$		Gea	2.71	2.72
Gravedad Especifica Aparente Promedio $Gea = 997.5A / (A - C)$		Gea	2.71	
Densidad Aparente $Gea = 997.5A / (A - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m^3	Gea	2700	2708
Densidad Aparente Promedio $Gea = 997.5A / (A - C)$, (Temperatura del agua 23°C)	kg/m^3	Gea	2700	
Absorción, $Ab = ((B - A) / A) \times 100$	%	Ab	0.95	0.99
Absorción Promedio (Ab)	%	Ab	1.0	

Observación: *Ensayo del agregado en condición: Seca*

Pág. 7 de 7


DAVID HENRRY ZARZOSA CALVO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 175371

Dirección: Av. Universitaria N° 947 - Shancayan - Independencia - Huaraz - Celular: 943484907 943477750
E-mail: geotecasociados@gmail.com, acalvominaya@gmail.com

PANEL FOTOGRÁFICO DEL ENSAYO DE LABORATORIO RESPECTO A LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO $F'_c = 210 \text{ KG/CM}^2$, EN EL LABORATORIO A LOS 7 DÍAS, 14 DÍAS Y 28 DÍAS DE LA ROTURA.

- ✓ **Fotografías tomadas el día de la preparación de los materiales para las seis probetas cilíndricas de acuerdo a los cálculos realizados por el método A.C.I.**



Foto 27: Pesando los agregados y el cemento utilizados en el diseño del concreto.



Foto 28: Alistando y echando petróleo a las probetas cilíndricas.



Foto 29: Mezclando los agregados y el llenado del mismo en las probetas cilíndricas.



Foto 30: Chuzando las probetas cilíndricas del concreto.



Foto 30: Preparando el Ensayo de Consistencia – SLUMP.



Foto 31: Chuzado y medición del Ensayo de Consistencia – SLUMP.



Foto 32: Sacando las briquetas de concreto de los moldes cilíndricos para el curado.



Foto 32: Las seis briquetas de concreto utilizados para el ensayo de compresión.



Foto 33: Colocando las briquetas de concreto en la poza de curado.

✓ Primera Rotura del Concreto $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7 días de curado.



Foto 34: Sacando las probetas de concreto de la poza de curado a los 7 días.



Foto 35: Colocación de las probetas del concreto para calcular su resistencia.



Foto 36: Rotura visible de las briquetas de la Resistencia del concreto.

✓ Segunda Rotura del Concreto $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 14 días de curado.



Foto 37: Sacando las probetas de concreto de la poza de curado a los 14 días.



Foto 38: Colocación de las probetas del concreto para calcular su resistencia.



Foto 39: Proceso y rotura visible de las briquetas de la Resistencia del concreto.

✓ Tercera Rotura del Concreto $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días de curado.



Foto 40: Sacando las probetas de concreto de la poza de curado a los 28 días.



Foto 41: Colocación de las probetas del concreto para calcular su resistencia.



Foto 42: La rotura de las briquetas de la Resistencia del concreto son mínimas, llegando al objetivo de alcanzar las resistencias requeridas del proyecto de investigación.