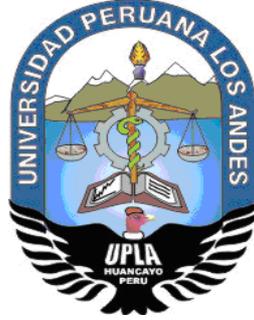


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO
PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f'_c=175\text{kg/cm}^2$, CON FINES
AMBIENTALES**

PRESENTADO POR:

Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi

Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Línea de investigación Institucional:

Nuevas Tecnologías y Procesos

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

HUANCAYO – PERÚ

2019

ASESOR

Ing. NAVARRO VELIZ, Javier Amador

DEDICATORIA

A mis padres Daniel Carhuamaca Loya y Celia Rau Huaman y a mi hermana Daniela por ser ejemplo de perseverancia, quienes son motor de mi vida y por brindarme su apoyo

Denith Akemi Carhuamaca Rau

Con gratitud y el cariño eterno que les profeso. A Americo Coras Merino y Eudosia Quispe Zamudio, mis padres quienes son el aliento de mí vida y gracias a su esfuerzo hicieron de mí una persona de bien; además propicio el apoyo incondicional de mis familiares, hermanos, amigos y catedráticos a quien estimo mucho, quienes me dieron la motivación para alcanzar mis metas y objetivos.

Rocio America Coras Quispe

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos la vida, a nuestros maestros quienes nos inculcaron en el campo académico y personal para ser mujeres de bien, comprometidas con el desarrollo de nuestra región y a nuestros familiares que siempre estuvieron ahí en los buenos y malos momentos que pasamos.

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. Casio Aurelio Torres López.
Presidente

Dr. Juan Jose Bullon Rosas
Jurado revisor

Mg. Henry Gustavo Pautrat Egoavil
Jurado revisor

Ing. Jeannelle Sofia Herrera Montes
Jurado revisor

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales
Secretario docente

INDICE DE CONTENIDOS

	Página
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	vi
INDICE DE CONTENIDOS	vii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Formulación y sistematización del problema	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos	4
1.3 Justificación	5
1.3.1. Justificación social	5
1.3.2. Justificación metodológica	5
1.3.3. Justificación ambiental.....	5
1.4 Delimitaciones.....	6
1.4.1. Delimitación espacial	6
1.4.2. Delimitación temporal	7
1.4.3. Delimitación económica	7
1.5 Limitaciones	7
1.5.1 Limitación económica	7
1.5.2 Limitación de Información	7
1.5.3 Limitación tecnológica.....	7
1.6 Objetivos.....	7
1.6.1. Objetivo general.....	7
1.6.2. Objetivos Específicos.....	8
CAPITULO II MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes	9
2.1.1. A nivel nacional.....	9
2.1.2. A nivel internacional.....	10
2.2 Marco conceptual.....	11
2.2.1. Relave minero:.....	11
2.2.2. Concreto:	21
2.3 Definición de términos	24
2.4 Hipótesis	26
2.4.1. Hipótesis General	26
2.4.2. Hipótesis Específicos	26
2.5 Variables	27
2.5.1. Definición conceptual de las variables	27
2.5.2. Definición operacional de las variables.....	28
2.5.3. Operacionalización de las variables.....	29
CAPITULO III METODOLOGÍA.....	30
3.1 Método de investigación	30

3.2	Tipo de investigación	30
3.3	Nivel de investigación	31
3.4	Diseño de investigación	31
3.5	Población y muestra	32
3.5.1	Población	32
3.5.2	Muestra	32
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos.....	33
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos	35
3.7	Procesamiento de la información.....	35
3.8	Técnicas y análisis de datos	35
3.8.1.	Caracterización de Materiales.....	35
3.8.2.	Elaboración de probetas cilíndricas de concreto con proporciones de relave minero	49
	CAPITULO IV RESULTADOS.....	68
4.1	Componentes químicos	68
4.2	Dosificación.....	69
4.3	Propiedades mecánicas.....	76
4.4	Obras de ingeniería	94
	CAPITULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	95
5.1	Componentes químicos	95
5.2	Dosificación.....	96
5.3	Propiedades Mecánicas.....	97
5.4	Obras de ingeniería	100
	CONCLUSIONES	101
	RECOMENDACIONES	103
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	104
	ANEXOS	106
	Anexo N°01: Matriz de consistencia	107

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Páginas
Tabla 1. Índices de dureza del agua	13
Tabla 2. Clasificación de peligro en el agua	15
Tabla 3. Composición química promedio del carbonato de calcio	18
Tabla 4. Propiedades del carbonato de calcio	19
Tabla 5. Tipos de cementos.....	22
Tabla 6. Límites de granulometría según ASTM del agregado fino	23
Tabla 7. Consistencia de acuerdo al asentamiento del concreto	26
Tabla 8. Operacionalización de las variables.....	29
Tabla 9. Población	32
Tabla 10. Muestra	32
Tabla 11. Datos del cemento	50
Tabla 12. Datos de los agregados	50
Tabla 13. Resistencia media de dosificación	50
Tabla 14. Clase de mezcla según su asentamiento.....	51
Tabla 15. Volumen unitario de agua	51
Tabla 16. Contenido de aire atrapado.....	52
Tabla 17. Relación agua/cemento	52
Tabla 18. (MF) Mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m ³	53
Tabla 19. Valores de diseño seco.....	54
Tabla 20. Valores de diseño húmedo	55
Tabla 21. Datos del cemento	55
Tabla 22. Datos de los agregados	56
Tabla 23. Resistencia media de dosificación	56
Tabla 24. Clase de mezcla según su asentamiento.....	57
Tabla 25. Volumen unitario de agua.....	57
Tabla 26. Contenido de aire atrapado.....	58
Tabla 27. Relación agua/cemento	58
Tabla 28. (MF) Mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m ³	59
Tabla 29. Valores de diseño seco.....	60
Tabla 30. Valores de diseño húmedo	61
Tabla 31. Datos del cemento	61
Tabla 32. Datos de los agregados	62
Tabla 33. Resistencia media de dosificación	62
Tabla 34. Clase de mezcla según su asentamiento.....	63
Tabla 35. Volumen unitario de agua.....	63
Tabla 36. Contenido de aire atrapado.....	64
Tabla 37. Relación agua/cemento	64
Tabla 38. (MF) Mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m ³	65
Tabla 39. Valores de diseño seco.....	66
Tabla 40. Valores de diseño húmedo	67
Tabla 41. Compuestos químicos del Cemento Andino Tipo I.	68
Tabla 42. Resumen del difractómetro de rayos x.....	69

Tabla 43. Dosificación f'c 175 kg/cm ² (0%)	69
Tabla 44. Dosificación f'c 175 kg/cm ² (10%)	70
Tabla 45. Dosificación f'c 175 kg/cm ² (25%)	70
Tabla 46. Dosificación f'c 175 kg/cm ² (50%)	71
Tabla 47. Dosificación f'c 210 kg/cm ² (0%)	71
Tabla 48. Dosificación f'c 210 kg/cm ² (10%)	72
Tabla 49. Dosificación f'c 210 kg/cm ² (25%)	72
Tabla 50. Dosificación f'c 210 kg/cm ² (50%)	73
Tabla 51. Dosificación f'c 280 kg/cm ² (0%)	73
Tabla 52. Dosificación f'c 280 kg/cm ² (10%)	74
Tabla 53. Dosificación f'c 280 kg/cm ² (25%)	74
Tabla 54. Dosificación f'c 280 kg/cm ² (50%)	75
Tabla 55. Dosificación del relave minero f'c 175,210 y 280 kg/cm ²	75
Tabla 56. Resumen del análisis granulométrico por tamizado.....	76
Tabla 57. Resumen de la gravedad específica y absorción.....	77
Tabla 58. Resumen del análisis granulométrico (Agregado fino).....	77
Tabla 59. Peso unitario suelto seco – PUSS (Agregado fino).....	78
Tabla 60. Peso unitario compactado seco – PUCS (Agregado fino).....	79
Tabla 61. Resumen de contenido de humedad (Agregado fino).....	79
Tabla 62. Resumen de datos del peso específico (agregado fino)	80
Tabla 63. Resumen del peso específico (agregado fino)	80
Tabla 64. Resumen del análisis granulométrico del agregado grueso.....	81
Tabla 65. Peso unitario suelto seco – PUSS (Agregado grueso)	82
Tabla 66. Peso unitario compactado seco – PUCS (Agregado grueso)	82
Tabla 67. Resumen de contenido de humedad (Agregado grueso).....	83
Tabla 68. Resumen de datos del peso específico (agregado grueso).....	83
Tabla 69. Resumen del peso específico (agregado grueso).....	84
Tabla 70. Resistencia f'c 175 kg/cm ² (0%).....	84
Tabla 71. Resistencia f'c 175 kg/cm ² (10%).....	85
Tabla 72. Resistencia f'c 175 kg/cm ² (25%).....	85
Tabla 73. Resistencia f'c 175 kg/cm ² (50%).....	86
Tabla 74. Análisis de la varianza del f'c 175 kg/cm ² a los 28 días	86
Tabla 75. Agrupar información utilizando la prueba de Tukey y una confianza de 95%.....	87
Tabla 76. Resistencia f'c 210 kg/cm ² (0%).....	88
Tabla 77. Resistencia f'c 210 kg/cm ² (10%).....	88
Tabla 78. Resistencia f'c 210 kg/cm ² (25%).....	89
Tabla 79. Resistencia f'c 210 kg/cm ² (50%).....	89
Tabla 80. Análisis de la varianza del f'c 175 kg/cm ² a los 28 días	90
Tabla 81. Agrupar información utilizando la prueba de Tukey y una confianza de 95%.....	90
Tabla 82. Resistencia f'c 280 kg/cm ² (0%).....	91
Tabla 83. Resistencia f'c 280 kg/cm ² (10%).....	91
Tabla 84. Resistencia f'c 280 kg/cm ² (25%).....	92
Tabla 85. Resistencia f'c 280 kg/cm ² (50%).....	92
Tabla 86. Análisis de la varianza del f'c 280 kg/cm ² a los 28 días	93
Tabla 87. Agrupar información utilizando la prueba de Tukey y una confianza de 95%.....	93
Tabla 88. Resumen de las resistencias	94

INDICE DE FIGURAS

Figura Nº	Páginas
Figura 1. Delimitación espacial de la investigación.....	6
Figura 2. Presentación del Cemento Andino tipo I.....	33
Figura 3. Secado de agregado fino.....	34
Figura 4. Cantera Tres de Diciembre.....	34
Figura 5. Peso de muestra húmeda.....	37
Figura 6. Secado de la muestra.....	38
Figura 7. Agitado de tamices.....	38
Figura 8. Arena gruesa en el recipiente.....	39
Figura 9. Golpes en forma helicoidal.....	40
Figura 10. Muestras de agregado fino.....	41
Figura 11. Tamizado del agregado fino.....	42
Figura 12. Condición superficial de la.....	43
Figura 13. Eliminación de aire en el matraz.....	44
Figura 14. Agregado grueso.....	45
Figura 15. Golpeando con la varilla de acero.....	46
Figura 16. Cuarteo del agregado grueso.....	47
Figura 17. Secando la superficie del agregado grueso.....	48
Figura 18. Curva granulométrica (Relave minero).....	76
Figura 19. Curva granulométrica (Agregado fino).....	78
Figura 20. Curva granulométrica (Agregado grueso).....	81
Figura 21. Los valores del método ($f'c$ 175 kg/cm ² -28 días).....	87
Figura 22. Los valores del método ($f'c$ 210 kg/cm ² -28 días).....	90
Figura 23. Los valores del método ($f'c$ 280 kg/cm ² -28 días).....	93
Figura 24. Pesado del agua.....	143
Figura 25. Preparando los moldes cilíndricos.....	143
Figura 26. Pesado de los agregados, relave y cemento.....	144
Figura 27. Materiales e instrumentos listos.....	144
Figura 28. Echando agregados a la mezcladora.....	145
Figura 29. Echando la mezcla al cono de Abrams.....	145
Figura 30. Echando relave y cemento a la mezcladora.....	146
Figura 31. Ensayo para medir la consistencia.....	146
Figura 32. Hallando slump.....	147
Figura 33. Golpes para expulsar burbujas de aire.....	147
Figura 34. Echando concreto en los moldes.....	148
Figura 35. Probetas terminadas.....	148
Figura 36. Probetas desencofradas.....	149
Figura 37. Roturado de probetas a los 7 días.....	149
Figura 38. Curado de probetas.....	150
Figura 39. Roturado de probetas a los 28 días.....	150

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cómo influye el relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales, en la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.?, el objetivo general fue: determinar la influencia del relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, y la hipótesis general que se contrastó fue: el relave minero como componente del agregado fino mejora las propiedades de resistencia para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$.

El método general de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, de nivel explicativo - descriptivo y diseño cuasi experimental, la población estuvo conformada por 96 testigos, el tipo de muestra fue aleatorio y la muestra estuvo conformada por 72 testigos.

Se concluyó que el empleo de relave minero como componente del agregado fino mejora las propiedades de resistencia del concreto mayor a $f'c 175 \text{ kg/cm}^2$, cuyos resultados obtenidos son favorables con la sustitución de 10% y 25%, donde se observa mayor semejanza de resistencia con el del diseño patrón asimismo cumple con las normas E.60 y la ASTM C39, y al 50% no llega cumplir los parámetros de resistencia requerida.

Palabras claves: Concreto mayor, relave minero, agregado fino, fines ambientales.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: How does the mining tailings influence as a component of the fine aggregate to produce concrete greater than $f'c = 175\text{kg/cm}^2$, for environmental purposes, in the mining company San Ignacio de Morococha SA?, The general objective it was: to determine the influence of the mining tailings as a component of the fine aggregate to produce concrete greater than $f'c = 175\text{kg/cm}^2$, and the general hypothesis that was contrasted was: the mining tailings as a component of the fine aggregate improves the resistance properties to elaborate concrete greater than $f'c = 175\text{kg/cm}^2$.

The general method of investigation was the scientific one, the type of investigation was applied, of an explanatory - descriptive level and quasi-experimental design, the population was made up of 96 witnesses, the type of sample was randomized and the sample was made up of 72 witnesses.

It was concluded that the use of mining tailings as a component of the fine aggregate improves the strength properties of concrete greater than $f'c = 175\text{kg/cm}^2$, whose results are favorable with the replacement of 10% and 25%, where greater similarity is observed of resistance with that of the standard design also complies with standards E.60 and ASTM C39, and 50% does not meet the required resistance parameters.

Keywords: Major concrete, mining tailings, fine aggregate, ends environmental.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, presenta un estudio real que pretende emplear el relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales y generar alternativas de su uso para la construcción; minimizando así su volumen por exceso de su deposición, elaborar concreto, específicamente mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, en los años 2018 y 2019.

Es conocida la importancia económica de la minería en la región Junín, pero también es conocido que esta actividad genera grandes volúmenes de residuos que pueden ser peligrosos para el ambiente y salud humana; por lo que se deben manejar de una manera íntegra y segura para el ambiente.

La región Junín ocupa el tercer lugar como productor nacional de zinc, plomo y plata, la actividad minera es practicada desde muchos años atrás en el distrito de Vitoc, provincia de Chanchamayo; como preocupación de los grandes espacios destinados a zonas de relave en el sector minero nace la idea de buscar la reutilización de estos.

La siguiente investigación se ha estructurado en cinco capítulos:

El capítulo I, se refiere a los aspectos generales donde se plantea el problema de investigación, se formula y sintetiza el problema general y específico planteando la justificación, delimitaciones, limitaciones, así como los objetivos tanto general como específico de la investigación.

El capítulo II comprende, todo aquello que corresponde al marco teórico, en este caso podemos citar a los antecedentes nacionales e internacionales, el marco conceptual, la definición de términos, y el planteamiento de las hipótesis de la investigación y por último la definición de variables tanto conceptual y operacional.

En el capítulo III, se aborda la metodología de la investigación, método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas y análisis de datos.

En el capítulo IV, se detalla los resultados de la investigación, así como la validación de las hipótesis mediante la aplicación de la estadística.

Dentro del capítulo V, se presenta la discusión de resultados.

Se finaliza con la formulación de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Denith Akemi Carhuamaca Rau

Bach. Rocio America Coras Quispe

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La minería es uno de los sectores más importantes de la economía peruana, el cual ayuda al desarrollo de una ciudad en diversos campos, sin embargo, esta también produce una gran cantidad de relave minero que muchas veces produce un impacto negativo ambiental.

Una muestra representativa en el mundo es la contaminación del río Ullas en Augas de Galicia, la empresa Edwater utiliza una técnica que se conoce como “cianuración del oro”, el cual contamina el 35% de dicho río.

En Latinoamérica, Colombia la minería ha causado grandes estragos, este país presenta una tasa de mortalidad infantil del 18% y en los departamentos de Cesar y La Guajira, se registraron 20 y 32 decesos anuales influenciado directamente por las consecuencias que trae la ejecución de actividades mineras de manera irresponsable, en Venezuela algunas zonas afectadas son la Cuenca del Río Cuyuní, ríos Caroní y Caura, todos ubicados en el Estado Bolívar, se han generado daños tanto en los cauces, corrientes fluviales y vegetación foránea, sin contar la fauna y los habitantes que se encuentran cerca de la zona (mineros e indígenas).

En el Perú según OSINERGMIN a nivel mundial somos el segundo productor de plata, a nivel latinoamericano somos el primer productor de oro y esto hace que se produzca una gran cantidad de relave minero, como es el caso de la compañía minera Lincuna S.A situada en Áncash, el 3 de marzo su presa relavera colapso, deslizando 50.000m³ de relave, afectando a las poblaciones aledañas, por otro lado en Puno la cuenca del río Ramis fue dañada por la minería informal como

consecuencia de los relaves y en la actualidad el color de sus aguas es de un café oscuro que demuestra el daño infligido a la cuenca.

En la región Junín, la minera Concepción SAC productora de zinc, ubicada en la cabecera del río cunas, en el 2018 contamina el 25% del río que sirve de riego para más de 100 comunidades provocando la muerte de truchas y animales, en Yauli, la mina Ariana viene contaminando las aguas de la laguna de Marcapomacocha.

En la provincia de Chanchamayo, se ubica la compañía minera San Ignacio de Morococha que opera la mina San Vicente, el 28 de diciembre, se produjo un derrame en la línea de conducción de tuberías de relaves, entre la planta concentradora hasta la relavera La Esperanza, en un 10% del río Puntayacu, según informes de la OEFA.

Tomando en cuenta lo anterior, el presente estudio propone incorporar relave minero en mezclas de concreto, con objetivos específicos de reciclar relave minero y encontrarle usos sostenibles para el sector de la construcción.

1.2 Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales, en la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.?

1.2.2. Problemas específicos

a) ¿Cuáles son los componentes químicos presentes en el relave minero para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales?

- b) ¿Cuáles son los resultados de la dosificación del relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales?
- c) ¿Cuál es la influencia de las propiedades mecánicas del relave minero como componente del concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales?
- d) ¿En qué tipo de obras de ingeniería se puede emplear concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, elaborado con relave minero?

1.3 Justificación

1.3.1. Justificación social

Con el presente trabajo de investigación se busca reutilizar el relave minero producto de la actividad extractiva de la minería que almacenan diariamente a veces en lugares inapropiados cientos de miles de toneladas de este material, es menester por lo tanto preocuparse qué hacer con estos.

Por otro lado, la investigación busca de igual manera solucionar los problemas que aquejan a toda la población cercana al proyecto minero, y de esta manera mitigar en parte el daño al medio ambiente.

1.3.2. Justificación metodológica

Para el presente estudio las investigadoras realizaron y han propuesto metodologías propias para la toma de datos, para el procesamiento se utilizó el Método de módulo de Fineza en el diseño de mezcla y para la validación de hipótesis se utilizó el ANNOVA, prueba de Tukey, y así se verifico los resultados obtenidos.

1.3.3. Justificación ambiental

El depósito de la relavera La Esperanza ocupa un aproximado de 13 hectáreas, al usar dicho relave minero como componente del agregado fino

para el uso en la construcción este reduciría el área que ocupa y se destinaría para áreas verdes.

1.4 Delimitaciones

1.4.1. Delimitación espacial

- Departamento : Junín
- Provincia : Chanchamayo
- Distrito : Vitoc
- Unidad Minera : Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A - Mina San Vicente SIMSA
- Lugar : Planta de relaves “La Esperanza”

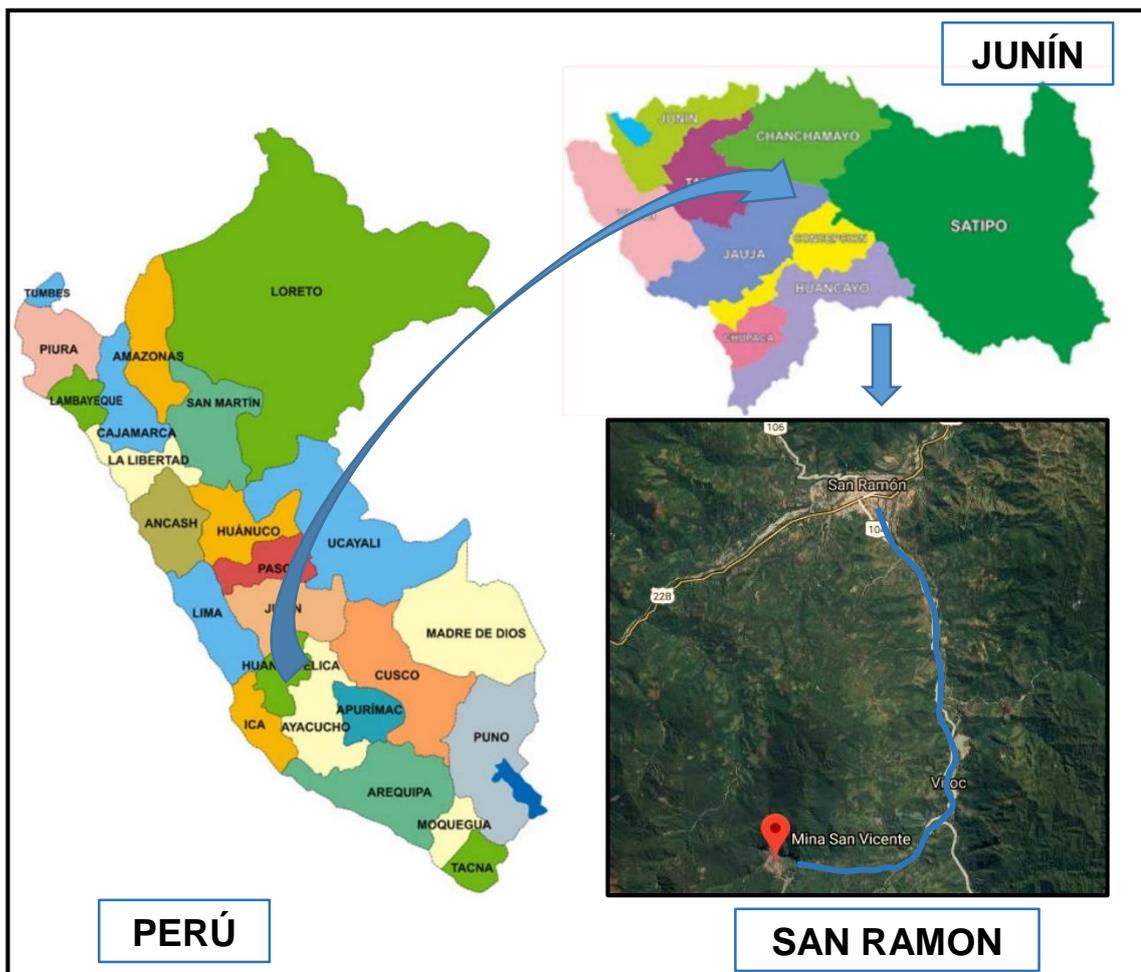


Figura 1. Delimitación espacial de la investigación.
Fuente: Google Maps (2018)

1.4.2. Delimitación temporal

El tiempo de la investigación está delimitada para el año 2018 y 2019.

1.4.3. Delimitación económica

Los gastos que involucre el desarrollo de la tesis será asumida por los investigadores.

1.5 Limitaciones

1.5.1 Limitación económica

Es importante señalar, que debido a la limitación económica no se realizaron pruebas a mayor escala en la toma de muestras de la relavera del yacimiento minero.

1.5.2 Limitación de Información

La presente investigación, se limita a la escasa información bibliográfica de la relavera “La Esperanza” y así mismo el uso de este relave minero en el concreto, dado que las bibliografías existentes pertenecen a otras relaveras fuera de la región Junín.

1.5.3 Limitación tecnológica

En el Perú aún no se cuenta con un laboratorio que realice la prueba de reología con SGS para relave minero, por ende, solo se realizó la caracterización de materiales.

1.6 Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Determinar la influencia del relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales, en la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Analizar los componentes químicos del relave minero en la elaboración del concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales.

- b) Determinar la dosificación de los relaves mineros a emplear como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$.

- c) Determinar la influencia de las propiedades mecánicas del relave minero como componente del concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales.

- d) Evaluar en qué tipo de obras de ingeniería se puede emplear concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, elaborado con relaves mineros con fines ambientales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1. A nivel nacional

- a) Rojas y Ventura (2017) realizó la investigación: Utilización del relave minero como elaboración de bloques de concreto tipo ensamblaje, en la Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Plantea como objetivo general: Determinar la incidencia del uso del relave minero en bloques de concreto tipo ensamblable. Metodología de la investigación: tipo de investigación aplicada, nivel explicativo, método científico y diseño cuasi experimental, se realizaron tratamientos (T) incorporando el RM como sustituto al agregado fino en porcentajes de 25%, 50%, 75% y 100% en la dosificación de mezcla de concreto para un $f'c=150$ kg/cm². La conclusión general es: El concreto que contenía el 25% mostro consistentemente una resistencia a la compresión mayor al concreto de referencia, esto en todas las edades de 7, 14 y 28 días.
- b) Animaca, (2010) realizó la investigación: Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios, en la Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. El objetivo general de la presente tesis es: Dentro de un grupo de 3 muestras de relave minero, verificar a través de ensayos experimentales la factibilidad del uso de los mismos en concreto. Metodología de la investigación: tipo de investigación aplicada, nivel explicativo, consistió en preparar mezclas de concreto con diferentes porcentajes de reemplazo de cemento por relave (se han propuesto reemplazos del orden del 10%, 15% y para algunos casos reemplazos de 20% y 25%). La conclusión general

es: Una de las principales características de los diseños obtenidos fue su simplicidad ya que pueden adaptarse en cualquier parte de nuestro país.

- c) Gutiérrez (2018) realizó la investigación: Fabricación de morteros geo poliméricos eco amigables a partir de residuos inorgánicos mineros como producto alternativo a morteros de cemento portland, en la Universidad Católica San Pablo. Chimbote. Objetivo general es: Encontrar una metodología adecuada para la fabricación de morteros geo poliméricos a partir de residuos inorgánicos mineros, con resistencias a la compresión uniaxial mayores al 20% respecto de sus contrapartes de cemento Portland convencional. Metodología de la investigación: tipo de investigación cuantitativa y el método de investigación cuantitativa, consiste en triturar el agregado fino y el residuo inorgánico minero, elaborar una solución activadora y mezclar los polvos con la solución activadora hasta obtener el mortero. La conclusión general es: La metodología adecuada, se determinó la matriz de mezclas con el software Statgraphics Centurion XV y el diseño experimental Simplex Lattice

2.1.2. A nivel internacional

- a) García (2010) realizó la investigación: Uso de residuos mineros de una mina de Fe en la industria de la construcción, en la Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo general es: Determinar el posible potencial de los residuos mineros provenientes de Peña Colorada en Colima, México; como materia prima para elaboración de concreto. Metodología de la investigación: tipo de investigación aplicada, nivel explicativo, consistió en la caracterización química y física de los jales, en el caso de los terreros se hizo la caracterización química. Y concluye que: Los terreros no son peligrosos de acuerdo a las pruebas de potencial de generación de drenaje ácido y sus concentraciones de EPT solubles están por debajo del límite establecido por la NOM-157-SEMARNAT-2009.
- b) Céspedes, (2012), realizó la investigación: Uso del reciclaje de relave minero, de acuerdo a los estudios mineralógicos y químicos, la presencia de alúmina (Al_2O_3), sílice (SiO_2) y un activador alcalino tal como hidróxido de sodio ($NaOH$) permiten la creación de geo polímeros, este artículo

publicado en la Universidad Andrés Bello(Chile).Estos son cementos que se caracterizan por presentar resistencia química y térmica, buenas propiedades mecánicas, bajos niveles de emisiones de CO2 y menores costos de producción, sin embargo, se aclara que no existe una sola técnica de reciclaje si no que cada tipo de relave tiene sus propias características, por ellos las técnicas de uso como cemento serán distintas .

c) Umara, (2016), *Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete .The major aim ofthis study is to evaluate IOT as replacement for river sand in concrete and compare with the result of conventional concrete. Concrete mixtures containing 25%, 50%, 75% and 100% IOT as river sand replacementwere prepared with 0.5 water-to-cement ratio (W/C).* (Pag.72-79).

2.2 Marco conceptual

2.2.1. Relave minero:

Ministerio de minería de Chile, (2019, pag2), “Corresponde al residuo, mezcla de mineral molido con agua y otros compuestos, que queda como resultado de haber extraído los minerales sulfurados en el proceso de flotación. Este residuo, también conocido como cola, es transportado mediante canaletas”.

a) Composición química

Moreno, I. (2016). Estado actual de los Relaves en Chile. Chile. Ministerio de minería. Recuperado de:

https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/ignacio_moreno_subsecretario

En la composición de un relave el 99% son minerales formadores de roca, y en el 1% restante se puede encontrar otro tipo de elementos como cobre, oro o plata. Otro tipo de elementos contaminantes, se pueden encontrar por partes por millón.

➤ Difractómetro de rayos x:

Arriortua y Pizarro (2014, pág. 2). Afirma: “(...) La difracción de rayos X se basa en la dispersión coherente del haz de rayos X por parte de la materia (se mantiene la longitud de onda de la radiación) y en la interferencia constructiva de las ondas que están en fase y que se dispersan en determinadas direcciones del espacio (...)”.

➤ Carbonato de calcio y magnesio $\text{CaMg}(\text{CO}_2)_2$:

Hernández y Salinas (2014, pág. 18). Afirma: “La dolomía es una roca compuesta por dolomita, el cual es un mineral ampliamente distribuido en la naturaleza compuesto de un doble carbonato de calcio o magnesio y algunas veces manganeso, de color grisáceo de origen puramente sedimentario. Por esta razón, siempre está asociado con rocas sedimentarias calcáreas y en raras ocasiones con otros sedimentos.”

- *Propiedades del carbonato de calcio:*

Carbonato de calcio (2019) Recuperado de:
<https://acidoclorhidrico.org/carbonato-de-calcio/>

- Alta pureza
- Alto grado de blancura.
- Maleabilidad
- Bajo índice de refracción
- Buena dispersabilidad
- Bajo costo

- *Usos del carbonato de calcio:*

Hernández y Salinas (2014, pág. 18). Afirma: “El carbonato de calcio se presenta en dos variantes comerciales que son el molido y el precipitado.”

- *El carbonato de calcio molido:*

Hernández y Salinas (2014, pág. 18). Afirma: “(...) obtenido por la molienda directa de la roca caliza y que cumple con las especificaciones químicas, físicas, granulométricas y mecánicas requeridas. Está totalmente proscrita como mineral en el Clinker del hormigón por el contenido en MgO ya que da una alta expansividad. En cambio, como árido de hormigón valdría, siempre que se analice su reacción con el cemento.”

- *Parámetros de seguridad:*

Revisión bibliográfica (2019) Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/valenzuela_m_td/capitulo3.pdf

“La concentración de carbonatos contenidos en el agua este puede clasificar en niveles de dureza, a siguiente tabla indica las cantidades de sal.”

Tabla 1. Índices de dureza del agua

DENOMINACION	ppm de CaCo ₃
Muy suaves	0-15
Suaves	16-75
Medias	76-150
Duras	150-300
Muy duras	Mayor a 300

Nota: En la investigación el porcentaje de carbonato de calcio fue de 97.23, el cual se clasifica en concentración de carbonatos nivel medio. Fuente: Norma ASTM C 150.

- *El carbonato de calcio precipitado:*

Hernández y Salinas (2014, pág. 18). Afirma: “(...) obtenido por la precipitación del calcio en forma de carbonato. Tiene menos impurezas, más brillo y morfología controlada, teniendo composición química superior al 99% de CaCO₃, es usado como relleno y extensor en plástico, pintura, papel y adhesivos; así como en productos para aplicación en alimentos y farmacéutica.

Otras aplicaciones en que puede usarse es en recubrimientos y elastómeros.

➤ Cloruro de cobre (CuCl):

Wikipedia, enciclopedia libre (2019) Recuperado de:
[https://es.wikipedia.org/wiki/Cloruro_de_cobre_\(I\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Cloruro_de_cobre_(I))

El cloruro de cobre (I) o cloruro cuproso es una combinación química de cobre +1 y cloro -1 de fórmula empírica CuCl.

• *Propiedades del cloruro de cobre:*

Cloruro de cobre (2019). Cosmos. Recuperado de:
<https://cloruro.com.mx/>

- Tiene una apariencia de un polvo cristalino, sin olor.
- Es sólido de color marrón claro en su forma anhidra (CuCl_2) $2 \text{H}_2\text{O}$.
- También es sólido de color verde amarillento que absorbe lentamente la humedad para formar un dihidrato de color azul verdoso.
- Su densidad relativa es de 3.39 g/cm^3 .
- Tiene una masa molecular de 134.45 g/mol .
- Su punto de fusión es de 620°C .
- Su punto de ebullición es de 993°C .
- El cloruro de cobre es soluble en agua.
- Su fórmula molecular es CuCl_2 .

• *Parámetros del cloruro de cobre (I):*

New jersey departamento of health and senior services, (2019, pág. 3)

Según Osha (2007, pág. 3): El límite legal de exposición admisible en el aire es de 1 mg/m^3 , para polvos y neblinas de cobre y de 0.1 mg/m^3 para humos de cobre, como promedio para un turno laboral de 8 horas.

Según NIOSH (2007, pág. 3): El límite legal de exposición admisible en el aire es de 1mg/m³, para polvos y neblinas de cobre y de 0.1 mg/m³ para humos de cobre, como promedio para un turno laboral de 10 horas.

Según la ficha de datos de seguridad conforme al reglamento (CE) (2015, pag1), afirma:

Cloruro de cobre (I) ≥98 %, p.a., ACS

Tabla 2. Clasificación de peligro en el agua

SECCION	CLASE DE PELIGRO	CLASE Y CATEGORIA DE PELIGRO	INDICACION DE PELIGRO
4.1A	Peligros para el medio ambiente acuatico - peligro agudo	(Aquatic Acute 1)	H400
4.1C	Peligros para el medio ambiente acuatico - peligro cronico	(Aquatic Chronic 1)	H410

Nota: En la investigación el cloruro de cobre es de 0.3, por lo cual no representa ningún peligro según los parámetros de seguridad. Fuente: Según la SGA.

- *Usos del cloruro de cobre:*

Cloruro de cobre (2019). Cosmos. Recuperado de: <https://cloruro.com.mx/>

- En la extracción de cobre a partir de la calcopirita (CuFeS₂)
- Es utilizado en pirotecnia como colorante azul y verde
- Colorante para pinturas
- Como catalizador en reacciones de polimerización del cloruro de vinilo
- Como pigmento de vidrio y cerámica
- En la fabricación de acronitrilo
- En reacciones de desulfuración
- Cloruro de Cobre en productos agrícolas

- Cloruro de Cobre en síntesis de compuestos orgánicos
- Cloruro de Cobre en la fabricación de papel fotosensible

➤ Oxido de silicio (SiO₂) :

Martínez (2011, pág.) Afirma:“(...) dióxido de silicio (SiO₂) es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice. Es uno de los componentes de la arena. Una de las formas en que aparece naturalmente es el cuarzo (...)”

• *Propiedades del óxido de silicio (SiO₂):*

Propiedades físicas: según oxido de silicio (2019). Ecured.
Recuperado de: https://www.ecured.cu/%C3%93xido_de_Silicio

- Estado de agregación: sólido
- Apariencia: transparente
- Densidad: 2634 kg/m³; 2,634 g/cm³
- Masa molar: 60,0843 g/mol
- Punto de fusión: 1986 K (-271,164 °C)
- Punto de ebullición: 2503 K (-270,647 °C)
- Estructura cristalina: Cuarzo, cristobalita o tridimita.

Propiedades químicas: Según oxido de silicio (2019). Ecured.
Recuperado de: https://www.ecured.cu/%C3%93xido_de_Silicio

- Solubilidad en agua; 0,012 g en 100 g de agua.

• *Usos del óxido de silicio (SiO₂):*

Según dióxido de silicio (2019). Recuperado de:
http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Dixido_de_Silicio.pdf.

- Fabricación de vidrio y productos de vidrio
- Fabricación de productos de cerámica.
- Fabricación de cemento.
- Fabricación de pinturas y barnices.
- Fabricación de otros productos químicos.

- Construcción, acondicionamiento y terminación de edificaciones.
- Se ha comenzado a utilizar para producir adhesivos estructurales con tecnologías avanzadas.
- Utilizado en la fabricación de gel sílice como desecante.

- *Parámetros del óxido de silicio (SiO₂):*

Según dióxido de silicio (2019). Recuperado de: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Dixido_de_Silicio.pdf.

Promedio ponderado en el tiempo TLV-TWA: 0.025 MG/M3.

➤ Carbonato de calcio (Ca(CO)₂) :

Definición del carbonato de calcio (2019) Wikipedia la encontrara en: https://es.wikipedia.org/wiki/Carbonato_de_calcio

“El carbonato de calcio es un compuesto químico, de fórmula CaCO₃. Se trata de un compuesto ternario, que entra en la categoría de las oxosales. Es una sustancia muy abundante en la naturaleza, formando rocas, como componente principal, en todas partes del mundo y es el principal componente de conchas y esqueletos de muchos organismos.”

- *Usos del carbonato de calcio en agregados pétreos:*

Según Hernández y Salinas (2015, pág. 18) .Afirma: “Son materiales naturales seleccionados que pasan por un proceso de trituración, molienda, cribado o lavado o producidos por expansión, calcinación y fusión del excipiente que se mezclan con cemento Portland para formar concreto hidráulico.”

- *Usos del carbonato de calcio en agregados pétreos:*

Según Hernández y Salinas (2015, pág. 18) .Afirma: “Son materiales naturales seleccionados que pasan por un proceso de trituración, molienda, cribado o lavado o producidos por

expansión, calcinación y fusión del excipiente que se mezclan con cemento Portland para formar concreto hidráulico.”

- *Propiedades del carbonato de calcio:*

- Propiedades químicas:

Según Hernández y Salinas (2015, pág. 17) .Afirma: “(...) las composiciones químicas promedio del carbonato de calcio y las pérdidas por calcinación, son las referencias para determinar algunas de sus propiedades y usos a nivel industrial (...)”.

Tabla 3. Composición química promedio del carbonato de calcio

MINERAL	%(en peso)	MINERAL	%(en peso)
Carbonato de Calcio (CaCO₃)	98.0 mínimo	Pentóxido de Fósforo (P ₂ O ₅)	trazas
Óxido de Manganeso (MgO)	0.55	Óxido de Potasio (K ₂ O)	0.05
Sílice (SiO₂)	0.27	Óxido de Sodio (Na ₂ O)	0.21
Alúmina (Al₂O₃)	0.2	Insolubles en HCl	1.00 máximo
Trióxido de Hierro III (Fe₂O₃)	0.09 máximo	Pérdidas por calcinación	43.15
Dióxido de Titanio (TiO₂)	0.03	pH (suspensión acuosa al 10%)	8.5-9.5
Trióxido de Azufre (SO₃)	0.25		

Nota: En la investigación el carbonato de calcio es de 1.4, es uno de los componentes químicos del cemento. Fuente: Según libro de características geológicas, mineralógicas y aplicaciones.

- Propiedades físicas:

Según Hernández y Salinas (2015, pág. 18) .Afirma: “(...) El carbonato de calcio es un polvo blanco o cristales incoloros, inodoros e insípidos, insoluble en alcohol, con baja solubilidad en agua (1-2mg/100ml); altamente soluble en ácidos diluidos y cloruro de amonio (...)”.

Tabla 4. Propiedades del carbonato de calcio

PROPIEDAD	ESPECIFICACION
Brillo (Colorímetro)	95 min (Escala L*a*b*)
Densidad	2.6 a 2.95 g/cm ³
Dureza	3 a 4 escala de Mohs
Estructura Cristalina	Romboédrica – Piramidal, Romboédrica – Cúbica con forma de aguja
Humedad	0.09% máxima

Nota: El carbonato de calcio otorga dureza en 3 a 4 a escala de Mohs, el cual es una de las características del cemento. Fuente: Según libro de características geológicas, mineralógicas y aplicaciones.

b) Dosificación de relave minero

Según Romero y Hernández (2014, pág. 57) afirma: "(...) Cualquier tipo de diseño de mezclas de concreto tiene como finalidad encontrar las proporciones adecuadas de los diferentes tipos de materiales, que al mezclarse posean características de resistencia, durabilidad y trabajabilidad."

Se realizó la dosificación del relave tomando en cuenta, los ensayos ya hechos en el laboratorio y porcentajes propuestos.

c) Resistencia a la compresión:

Manual de ensayo de materiales (2016) afirma: "El ensayo consiste en aplicar una carga axial de compresión a cilindros moldeados, a una velocidad de carga prescrita, hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste". (pág. 635).

d) Análisis de varianza:

El análisis de varianza o ANOVA es una prueba de hipótesis que se usa para comparar si las medias de dos o más poblaciones son iguales entre sí o no lo son. Se basa en que el procedimiento utiliza las varianzas para de esta manera poder determinar si las medias difieren entre sí. El

procedimiento se lleva a cabo comparando la varianza entre las medias de los grupos y la varianza dentro de los grupos como una forma para determinar si los grupos son parte de una población más grande o si son parte de poblaciones separadas con características diferentes.

(Minitab, 2016, pág.15).

e) *Propiedades mecánicas relave:*

➤ Análisis granulométrico:

Manual de ensayo de materiales (2016) afirma: “Se aplica para determinar la gradación de materiales propuestos para uso como agregados o los que están siendo usados como tales. Los resultados serán usados para determinar el cumplimiento de la distribución del tamaño de partículas y proporcionar datos necesarios para el control de producción de agregados”. (pág. 303).

➤ Módulo de finura:

Manual de ensayo de materiales (2016) afirma: “Número empírico que se obtiene sumando los porcentajes retenidos en cada una de las mallas que se indican más abajo y luego dividiendo el resultado entre 100”. (pág. 11).

La norma ASTM C 125 (2016) “(...) El módulo de finura es un índice de la finura del agregado, entre mayor sea el módulo de finura, más grueso será el agregado. (...)” (pág. 12).

➤ Gravedad específica:

Manual de ensayo de materiales (2016) afirma: “(...) El peso específico (gravedad específica) es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas que contienen agregados incluyendo concreto de cemento Portland (...)” (pág. 309).

➤ Absorción de agregados finos:

Manual de ensayo de materiales (2016) afirma: “(...) Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas constituyentes (...)” (pág. 309).

2.2.2. Concreto:

Real academia Española (2019). Real academia de la lengua española (22. ° ed.) consultado en <https://dle.rae.es/?id=KeqZ0FM|KevGmFd> afirma que :La palabra concreto, etimológicamente derivada del término latino “concretus”, que significa algo que se endurece por acumulación de partículas agregadas, es un vocablo utilizado en el ámbito de la construcción, para nombrar una mezcla de cemento, arena y agua, u otros materiales similares.

Instituto Mexicano de cemento y concreto (noviembre, 2018). Boletín informativo de ingeniería civil Imcyc. Recuperado de <http://www.iccg.org.gt/index.php/noticias-y-boletines/boletine-informativos/84-boletin-informativo-noviembre-2018>: El concreto de uso común, o convencional, se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo.

a) Propiedades del concreto:

➤ En estado endurecido: Resistencia:

Aceros Arequipa. (Julio, 2015) boletín de aceros Arequipa. Recuperado de http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion_17/mucho-ojo-al-reglamento-resistencia-a-la-compresion-del-concreto.html: Es la capacidad del concreto para soportar las cargas que se le apliquen.

b) Cemento

“Cemento portland es un polvo finamente molido, compuesto principalmente por silicatos de calcio y, en menor proporción, por

aluminatos de calcio, que, mezclado con agua se combina, fragua y endurece a temperatura ambiente, tanto al aire como bajo el agua". Barbudo y Chinchon 2014, pag4).

➤ Peso específico del cemento portland tipo I "Andino":

Norma NTP 334.005 (2010) afirma: "Para los cementos Portland el peso específico normalmente está comprendido entre 3.00 gr/cm³ a 3.20 gr/cm³ El cemento Portland de escorias de altos hornos puede tener pesos específicos de aproximadamente 2.90 gr/cm³. El peso específico del cemento Portland Tipo 1 "Andino" es 3.11 gr/cm³." (pág. 4).

Tabla 5. Tipos de cementos

TIPO DE CEMENTO	DENOMINACION
I	Uso general, alto calor f'c rápido.
II	Mediana Resistencia Sulfatos, calor moderado, f'c lento.
III	Alto calor, f'c muy rápido, baja resistencia sulfatos.
IV	Muy bajo calor, f'c muy lento.
V	Muy resistente sulfatos bajo calor, f'c lento.

Nota: El tipo de cemento que se utilizó en la investigación fue I, que es el de uso general. Fuente: Norma ASTM C 150.

c) Agregado grueso

Manual de ensayo de materiales (2016) afirma: "Los agregados gruesos consisten en una grava o una combinación de gravas o agregado triturado cuyas partículas sean predominantemente mayores que 5 mm y generalmente entre 9.5 mm y 38 mm". (pag.21).

d) Agregado fino

López y Sepúlveda (2014). Caracterización física de diferentes muestras de agregados pétreos para el concreto - zona norte de Bogotá. Universidad Católica de Colombia. Colombia : “Los agregados son materiales pétreos naturales seleccionados; materiales sujetos a tratamientos de disgregación, cribado, trituración o lavado, o materiales producidos por la expansión, calcinación o fusión excipiente, que se mezclan con cemento y agua, para formar concreto hidráulico”.(pág. 20)

Tabla 6. Límites de granulometría según ASTM del agregado fino

Malla	Porcentaje que pasa (Acumulativo)
3/8"(9.5mm)	100%
N°4(4.75mm)	95 A 100%
N°8(2.36mm)	80 A 100%
N°16(1.18mm)	50 A 85%
N°30(600um)	25 A 60%
N°40(425um)	15 A 35%
N°50(300um)	10 A 15%
N°60(250um)	5 A 10%
N°100(300um)	2 A 5%
N°200(75um)	1 A 2%

Nota: Se realizó en la investigación el análisis granulométrico el cual determina la distribución del tamaño de las partículas que constituyen un material. Esta distribución se analiza en base a su porcentaje de su peso total. Fuente: Norma ASTM C136

e) Agua

Cuando se refiere la presencia del agua para este trabajo, se menciona que es imprescindible el uso del agua, porque se utiliza en la mezcla, para la reacción química los materiales agregados y el cemento.

Real academia Española (2019). Real academia de la lengua española (22.º ed) consultado en <https://dle.rae.es/?id=1BKpQj3> afirma: el agua (del latín agua) es la “(...) es el componente más abundante en la superficie terrestre y más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares; es parte constituyente de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales (...)”.

2.3 Definición de términos

a) Residuos sólidos mineros:

Según Vega (2015), afirma: “Los residuos sólidos mineros, que resultan del proceso de flotación (...) Son conocidos en la minería como relaves mineros, existiendo estos en sus dos modalidades, (...). Dichos residuos son depositados en grandes espacios de terreno, adyacentes de la planta generadora de residuos”. (pag16).

b) Reaprovechamiento:

Según (“Reaprovechamiento de los recursos”, 2012, pag484): En la gestión de los residuos sólidos, el reaprovechamiento es el proceso que se realiza con técnicas por el cual se obtiene un beneficio del material aprovechado. Son técnicas de reaprovechamiento: el reciclaje, la recuperación, la reutilización y reducir. El reaprovechamiento también se enfoca en realizar un proceso de transformación de los residuos para obtener una vida útil en un área.

Según ello permitiría minimizar los residuos, de esta forma se mejoran el manejo adecuado de desechos de la industria minera.

c) Relave minero:

Según Rojas(2007) afirma: “(...)Toda planta de concentración de minerales, produce o genera un volumen de relaves que es por lo general, en dos terceras partes superior al volumen original de mineral extraído de las galerías mineras o de las superficies, por lo que para el tratamiento debe contar con un área suficientemente grande.(...)” (pg18).

d) Agregados:

Concreto y otros materiales para a la construcción (2003) afirma: Proviene de la explotación de canteras o son producto del arrastre de los ríos. Según la forma de obtenerse los podemos clasificar como Material de cantera y Material de río. Conviene hacer la distinción porque el material de río al sufrir los efectos de arrastre.

, adquiere una textura lisa y una forma redondeada que lo diferencian del material de cantera que por el proceso de explotación tiene superficie rugosa y forma angulosa. (pág. 16).

e) Cemento portland:

Pliego de prescripciones técnicas particulares (2003) afirma: Se denomina cemento Portland al producto obtenido por mezcla íntima de calizas y arcillas, cocción de la mezcla hasta la sinterización y molienda del producto resultante, con una pequeña adición de yeso, a un grado de finura elevado. El clinker de cemento Portland está compuesto principalmente por silicato tricálcico (SC3), silicato bicálcico (SC2), aluminato tricálcico (AC3) y aluminoferrito tetracálcico (AFC4), además de componentes secundarios como el yeso, los álcalis, la cal libre y la magnesia libre. (pag.1)

f) Prueba de resistencia a la compresión:

El concreto en la obra, problemas, causas y soluciones (2015) afirma: "(...) La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión (...)" (pag2)

g) Ensayos de caracterización de materiales:

Técnicas de Caracterización. Conceptos Generales (2014), afirma: La caracterización de materiales se refiere a la identificación de un material a partir del estudio de sus propiedades físicas, químicas, estructurales, etc. Existen para ello distintas técnicas de caracterización, de acuerdo al interés que despierte dicho material. Una vez conocidas las características del material puede establecerse la naturaleza del mismo, así como sus posibles aplicaciones. (pag60)

h) Ensayo de concreto fresco:

Ministerio de transportes y comunicaciones (ed.) (2016). Manual de ensayo de materiales (vol., pp766).Perú, afirma: Ensayo que se encuentran normado según: Slump ASTM C143

i) Ensayo de asentamiento – Cono de Abrams:

Laboratorio de ensayo de materiales, universidad nacional del litoral (2014) afirma: “(...) El cono de Abrams es un ensayo muy sencillo de realizar y permite medir la consistencia de un hormigón fresco, no requiriendo equipo costoso ni personal especializado y proporcionando resultados satisfactorios (...)”. (pag1).

Tabla 7. Consistencia de acuerdo al asentamiento del concreto

Consistencia Asentamiento [cm]
Seca 0 a 2
Plástica 3 a 5
Blanda 6 a 9
Fluida 10 a 15
Líquida ≥ 16

Nota: Se utilizó en las pruebas de laboratorio el ensayo del cono de abrams para ver la consistencia de asentamiento. Fuente: Mecánica de suelos. Elaboración propia.

j) Ensayo de concreto endurecido:

Ministerio de transportes y comunicaciones (ed.) (2016). Manual de ensayo de materiales (vol., pp814).Perú, afirma: Ensayo que se encuentran normado según: ASTM C39

2.4 Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

El relave minero como componente del agregado fino mejora las propiedades de resistencia para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales, en la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. - Vitoc – 2018.

2.4.2. Hipótesis Específicos

a) Los componentes químicos del relave minero a emplear causan efecto en la elaboración de concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales.

- b) La dosificación del relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, incide significativamente en la reducción del porcentaje de cemento requerido por el diseño patrón.
- c) Las propiedades mecánicas mejora significativamente en la resistencia a la compresión, empleando el relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$.
- d) El concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$ elaborado con relaves mineros con fines ambientales, se puede emplear en obras de ingeniería.

2.5 Variables

2.5.1. Definición conceptual de las variables

a) Relave minero

Para Cárdenas Ticlavilca, Félix José (2019) “El relave o cola es un conjunto de desechos tóxicos subatómicos de procesos mineros y de concentración de minerales usualmente constituido por tierra, minerales, agua y rocas.

Los relaves contienen altas concentraciones de químicos y elementos que afectan el medio ambiente, por lo que su transporte y disposición final debe ser estables tanto físico, hidrológico y químico en el transcurso del tiempo”. (pag.14).

b) Concreto mayor

Para Gerardo A. Rivera L. (2015) “(piedra artificial que tiene la ventaja de dejarse moldear), es un material muy utilizado en las obras civiles, es un material durable y resistente, pero, dado que se trabaja en su forma líquida, prácticamente puede adquirir cualquier forma”. (pág. 257).

2.5.2. Definición operacional de las variables

➤ VARIABLE INDEPENDIENTE (X):

Relaves mineros:

Cárdenas Ticlavilca, Félix José (2019)

- Componentes químicos
- Dosificación de relaves
- Propiedades mecánicas
- Obras de ingeniería

➤ VARIABLE DEPENDIENTE (Y):

Concreto mayor:

Gerardo A. Rivera L. (2015)

- Cemento
- Agregados
- Agua

2.5.3. Operacionalización de las variables

Tabla 8. Operacionalización de las variables

VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente	Relave minero “Propuesta de uso de relaves de mina polimetálica en la fabricación de unidades de albañilería - caso ex unidad minera Mercedes 3”. Cárdenas Ticlavilca, Félix José (2018)	Componentes químicos Moreno, I. (2016). Estado actual de los Relaves en Chile. Chile. Ministerio de minería. Recuperado de: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/ignacio_moreno_subsecretario	Carbonato de calcio y magnesio CaMg (CO ₃) ₂ %
			Cloruro de cobre (CuCl) %
			Oxido de silicio (SiO ₂) %
			Carbonato de calcio Ca (CO ₃) %
		Dosificación de relaves Según Aci-Peru	10%
			25%
			50%
		Propiedades mecánicas Manual de ensayo de materiales (2016).	Resistencia a la compresión
			Granulometría
			Gravedad específica y absorción
		Obras de ingeniería https://www.ecured.cu/Construcci%C3%B3n_civil	Obras viales
			Obras civiles
			Obras complementarias
Variable Dependiente	Concreto mayor “Concreto Simple”. Ing. Gerardo A. Rivera L. (2015)	Cemento Polanco, 2014.	Kg.
		Agregado Fino y Agregado Grueso Polanco, 2014 y Ministerio de transportes y comunicaciones (ed.) (2016). Manual de ensayo de materiales	Granulometría
			Limite liquido
			Limite plástico
			Índice de plasticidad
			Ensayo a compresión
			Peso específico
			Contenido de humedad
		Agua Real academia de la lengua española (22.º ed.) consultado en https://dle.rae.es/?id=1BKpQj3	Litros

Nota: En la tabla 8 se observa las variables: independiente y dependiente, las dimensiones y los indicadores.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método de investigación

El método de investigación fue científico por que se siguió una serie de pasos sistematizados, técnicas y procedimientos que ayudaron a lograr los objetivos de la presente investigación.

Según Arias (2006) “es el conjunto de pasos, técnicas y procedimientos que se emplean para formular y resolver problemas de investigación mediante la prueba o verificación de hipótesis”. Arias (pag.19)

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicativo porque toma los conocimientos de la investigación básica. En un primer intento para transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito fundamental es dar solución a problemas práctico.

Según Cazau (2006) “La investigación aplicada busca o perfecciona recursos de aplicación del conocimiento ya obtenido mediante la investigación pura, y, por tanto, no busca la verdad, como la investigación pura, sino la utilidad. En otras palabras, se trata aquí de investigar las maneras en que el saber científico producido por la investigación pura puede implementarse o aplicarse en la realidad para obtener un resultado práctico”. Cazau (pag.18)

3.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación fue explicativo-descriptivo. Porque se orienta a establecer las causas que originan un fenómeno determinado y describe el fenómeno que son enmarcados en un espacio geográfico y temporal.

Según Hernández (2006) “su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste, o por qué dos o más variables están relacionadas (causa – efecto)”. Hernández (p.66)

Según Supo (2009) “el nivel descriptivo aparecen los objetivos estadísticos, y por tanto, es el origen de la investigación cuantitativa, requiere de análisis estadístico para completar los objetivos del estudio. Supo (p.23)

3.4 Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue cuasi experimental por que se realizaron toma de datos y observaciones de campo, ensayos en laboratorio y trabajos en gabinete para el procesamiento de la información.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2013) “Los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes”. Hernández (p.58)

ESQUEMA

GE= X O1 O2 O3

GC= O4 O5 O6

Donde:

GE= Grupo experimental

X = Variable independiente

O1 O2 O3 = Mediciones pre-test de la variable independiente

GC= Grupo de control

O1 O2 O3 = Mediciones pre-test

3.5 Población y muestra

3.5.1 Población

La población para la presente investigación estuvo comprendida por 96 testigos de concreto de la relavera “La Esperanza”, lo cual conlleva hacer cuatro diferentes mezclas con dicho relave.

Tabla 9. Población

	f'c= 175 kg/cm²	f'c= 210 kg/cm²	f'c= 280 kg/cm²
Dosificación	Numero de probetas		
0%	8	8	8
10%	8	8	8
25%	8	8	8
50%	8	8	8
Sumatoria	32	32	32
96 PROBETAS			

Nota: En la tabla 9 se observa el número de probetas realizadas por cada dosificación y por la resistencia (f'c). Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Muestra

La muestra probalística por lo tanto aleatoria está comprendida por 72 testigos.

Tabla 10. Muestra

	f'c= 175 kg/cm²	f'c= 210 kg/cm²	f'c= 280 kg/cm²
Dosificación	Numero de probetas roturadas		
0%	6	6	6
10%	6	6	6
25%	6	6	6
50%	6	6	6
Sumatoria	24	24	23
72 PROBETAS			

Nota: En la tabla 10 se observa el número de probetas roturadas por cada dosificación y por la resistencia (f'c). Fuente: Elaboración propia.

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se realizó en forma manual, las muestras y materiales utilizados se detallará a continuación.

3.6.1.1 *Cemento Portland Tipo I (Andino)*

En la investigación se utilizó el cemento portland Tipo I de la marca Andino, la cual se adquirió de una ferretería ubicada en la Avenida Huancavelica de la ciudad de Huancayo.

El cemento portland tipo I se recomienda usar para estructuras y acabados de edificaciones en general, estructuras industriales, conjuntos habitacionales, puentes; es un producto obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso con bajo contenido de álcalis. Este cemento viene presentado en bolsas de 42.5 kg (3 pliegos) y a granel.



Figura 2. Presentación del Cemento Andino tipo I.
Página Oficial UNACEM

3.6.1.2 *Relave Minero*

El relave minero fue extraído de la Relavera La Esperanza de la Compañía Minera San Ignacio de Morococha S.A., en el distrito de Vitoc, de la

provincia de Chanchamayo, a una distancia de 17 km de la ciudad de San Ramón con un tiempo de recorrido de 30 min en moto y 1 hora de caminata.

3.6.1.3 Agregado fino

El agregado fino que se utilizó fue del río Mantaro - Huancayo, de la cantera Orcotuna, el material es arena gruesa, el cual fue estudiado en el Laboratorio de Mecánica de suelos “Dosed” en Huancayo.



Figura 3. Secado de agregado fino.
Fuente: Propia. Foto referencial

3.6.1.4 Agregado grueso

El agregado grueso que se utilizó fue de Chupaca - Huancayo, de la cantera Tres de diciembre, el material es piedra chancada, el cual fue estudiado en el Laboratorio de Mecánica de suelos “Dosed” en Huancayo.



Figura 4. Cantera Tres de Diciembre.
Fuente: Propia. Foto referencial.

3.6.1.5 Agua

Para la investigación se utilizó agua proveniente de la red urbana de El Tambo – Huancayo.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Para el desarrollo de la presente investigación se hizo uso de:

- Flexómetro.
- Cámara fotográfica.
- Costales y bolsas.

3.7 Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se realizó de forma computarizada. Una vez se hizo la recolección de las muestras en campo, se llevó cada muestra a los respectivos laboratorios para su análisis correspondiente. Se usó de los siguientes programas y equipos que ayudaron a procesar y/o obtener datos:

- Difractómetro de rayos x
- Ensayos en laboratorio de suelos.
- Microsoft Excel

3.8 Técnicas y análisis de datos

Se hará uso de las siguientes técnicas de datos que ayudarán a procesar y/o analizar datos:

3.8.1. Caracterización de Materiales

Incorporación de relave minero como componente del agregado fino para la elaboración de concreto mayor a $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$, esto se realiza considerando los resultados de sus componentes químicos y físicos de los relaves mineros, para realizar el análisis granulométrico por tamizado - ATSM C 136, gravedad específica y absorción del agregado fino ASTM C-128, difractómetro de rayos x panalytical, empyream.

3.8.1.1 Relave minero

➤ Análisis químicos.

El relave minero fue llevado al Laboratorio N° 12 de Análisis químico, consultoría e investigación “Labicer” de la Facultad de Ciencias en Lima, de la Universidad Nacional de Ingeniería para su análisis de composición química.

➤ Análisis granulométrico por tamizado - ATSM C 136.

Para la gradación del relave minero fue llevado al Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil en Lima, de la Universidad Nacional de Ingeniería; se realiza semejante al de un agregado fino en la cual se utilizan una serie de tamices, a través de estos se seleccionaran los tamaños y procedimiento en gabinete para hallar el módulo de finura.

- *Materiales:* Se emplea tamices para la separación en tamaños de las partículas del suelo. Producido bajo los parámetros de una producción sustentable.
- *Ensayo:* el ensayo es usado para la clasificación de los suelos según ATSM C 136.

➤ Gravedad específica y absorción - ASTM C 128.

La gravedad específica es relación de un peso específico de la materia que constituye las partículas del suelo y el peso específico del agua a una temperatura determinada.

La absorción en cambio es la cantidad de agua que puede penetrar en los poros permeables de los agregados en 24 horas, cuando estos se encuentren sumergidos en agua.

Para ello el relave minero fue llevado al Laboratorio N° 2 de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil en Lima, de la Universidad Nacional de Ingeniería.

3.8.1.2 Agregado fino

➤ Análisis granulométrico por tamizado

La granulometría por tamizado consiste en confeccionar la curva granulométrica de una muestra, la cual es representativa de la distribución de los tamaños de las partículas. Para ello se hace pasar una muestra ya sea inalterada o alterada por tamices o mallas por vía seca con diferentes aberturas.

- *Materiales:* Se emplea tamices para la separación en tamaños de las partículas del suelo, balanza, recipientes.
- *Procedimiento del ensayo:*
 - Lavar la muestra de agregado fino para eliminar limos y arcillas y pesar la muestra húmeda.



Figura 5. Peso de muestra húmeda.
Fuente: Propia. Foto referencial.

- Se seca la muestra de agregado fino en una cocina a fuego $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.



Figura 6. Secado de la muestra.
Fuente: Propia. Foto referencial.

- Se arma las mallas según la Norma C-136, luego agitar aproximadamente por 5 min.



Figura 7. Agitado de tamices.
Fuente: Propia. Foto referencial.

- Pesar el agregado retenido de cada tamiz
- Peso unitario del agregado fino
- Se realizó el análisis del peso unitario suelto seco (PUSS) y el peso unitario compactado seco (PUCS), según los parámetros establecidos por la Norma C-136 que sirve para realizar un adecuado diseño de mezcla.

➤ Peso unitario suelto seco (PUSS):

● *Materiales:*

- Arena gruesa
- Balanza electrónica
- Cucharas
- Recipientes
- Agua
- Varilla de acero Ø 5/8" x 60 cm

● *Procedimiento del ensayo:*

- Pesar el recipiente cilíndrico vacío, en donde se colocará la muestra.
- Colocar la arena gruesa en un recipiente.



Figura 8. Arena gruesa en el recipiente.
Fuente: Propia. Foto referencial.

- Agregar la arena gruesa en el recipiente cilíndrico, en forma helicoidal a una altura no mayor de 5cm de la superficie del recipiente, hasta que esté completamente lleno.

- Con la varilla de acero se quita el exceso de arena para que quede a nivel del recipiente cilíndrico (enrasado).
- Luego pesar el recipiente cilíndrico con la arena gruesa.

➤ Peso unitario compactado seco (PUCS):

• *Procedimiento del ensayo:*

- Pesar el recipiente cilíndrico vacío, en donde se colocará la muestra, la balanza debe de tener una exactitud del 0.1% es decir, 0.01g de precisión.
- Colocar la arena gruesa en un recipiente.
- Agregar la arena gruesa en el recipiente cilíndrico, hasta 1/3 de su capacidad. Seguidamente con una varilla de acero de Ø5/8" procedemos a golpear 25 veces en forma helicoidal.



Figura 9. Golpes en forma helicoidal.
Fuente: Propia. Foto referencial.

- Se agrega la arena gruesa hasta llenar el recipiente.
- Con la varilla de acero se quita el exceso de arena para que quede a nivel del recipiente cilíndrico (enrasado).
- Luego pesar el recipiente cilíndrico con la arena gruesa.

➤ Contenido de humedad

En los agregados existen poros, los cuales encuentran en la intemperie y pueden estar llenos con agua, estos poseen un grado de humedad, el cual es de gran importancia ya que con él podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla.

• *Materiales:*

- Balanza electrónica de precisión de +/- 0.1gr
- Cucharas
- Recipientes
- Muestra mayor a 1000 gr.

• *Procedimiento del ensayo:*

- Extraer la muestra y cuartear (coger partes opuestas).
- Depositar la muestra en un recipiente y pesar.
- Luego llevar la muestra para que sea sometido a una temperatura de 110°C en el horno y extraer la humedad.



*Figura 10.*Muestras de agregado fino.
Fuente: Propia. Foto referencial

- Sacar el material del horno inmediatamente después que este seco y pesar.

➤ Peso específico y absorción del agregado fino

El peso específico es la relación, a una temperatura estable, de la masa (peso en el aire) de un volumen unitario de material, a la masa del mismo volumen de agua a las temperaturas indicadas, que sirve para realizar un adecuado diseño de mezcla.

La absorción es la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas en esta. El procedimiento se realizó de acuerdo a los parámetros de la N.T.P. 400.021.

• *Materiales:*

- Balanza electrónica
- Arena gruesa
- Tamiz de 4,75 mm (N°4)
- Estufa u horno
- Balde de agua
- Molde cónico
- Bandejas

• *Procedimiento del ensayo:*

- Tamizar el material por la malla N°4, todo lo pasante se selecciona para hacer el ensayo.



Figura 11. Tamizado del agregado fino.
Fuente: Propia. Foto referencial.

- Sumergir al agua como mínimo 1000 gr de la muestra, por 24 horas aproximadamente para llenar los poros esencialmente.
- Después se retira el agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa.
- Luego se hace la prueba de cono para verificar que se haya hecho bien el ensayo, se llena el cono y se apisona 25 veces con la ayuda de un pisón, dejándolo caer desde una altura de 5mm.
- Retirar el molde cónico cuidadosamente, se ve el desmoronamiento superficial.
- Extraer 500 gr de la muestra e introducir en la pipeta y llenar con agua hasta el 90% de su capacidad calibrada.
- Se realiza movimientos al matraz con el fin de que se expulse las burbujas de aire atrapado.



Figura 12. Condición superficial de la muestra seca. Foto referencial

- Para pesarlo, el nivel del agua debe alcanzar la línea calibrada.
- Extraer todas las partículas y el agua a una bandeja para colocarlo en el horno 24 horas a $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Pesar la muestra seca.



Figura 13. Eliminación de aire en el matraz.
Fuente: Propia. Foto referencial.

3.8.1.3 Agregado grueso

➤ Análisis granulométrico por tamizado

- *Materiales:*

- Tamices para la separación en tamaños de las partículas
- Balanza
- Recipientes
- Piedra de 3/8"

- *Procedimiento del ensayo:*

- Lavar la muestra de agregado grueso para eliminar limos y arcillas y pesar la muestra húmeda.
- Se seca la muestra de agregado grueso en un horno o estufa a fuego $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- Se arma las mallas según la Norma C-136, luego agitar aproximadamente por 5 min.
- Pesarse el agregado retenido de cada tamiz



Figura 14. Agregado grueso.
Fuente: Propia. Foto referencial.

➤ Peso unitario del agregado grueso

Se realizó el análisis del peso unitario suelto seco (PUSS) y el peso unitario compactado seco (PUCS), según los parámetros establecidos por la Noma C-136 que sirve para realizar un adecuado diseño de mezcla.

➤ Peso unitario suelto seco (PUSS):

● *Materiales:*

- Piedra chancada
- Balanza electrónica
- Cucharas
- Recipientes
- Agua
- Varilla de acero Ø 5/8" x 60 cm

● *Procedimiento del ensayo:*

- Pesar el recipiente cilíndrico vacío, en donde se colocará la muestra.

- Colocar la agregado grueso en un recipiente.
- Agregar la agregado grueso en el recipiente cilíndrico, en forma helicoidal a una altura no mayor de 5cm de la superficie del recipiente, hasta que esté completamente lleno.
- Con la varilla de acero se quita el exceso de piedra chancada para que quede a nivel del recipiente cilíndrico (enrasado).
- Luego pesar el recipiente cilíndrico con la piedra chancada.

➤ Peso unitario compactado seco (PUCS):

● *Procedimiento del ensayo:*

- Pesar el recipiente cilíndrico vacío, en donde se colocará la muestra, la balanza debe de tener una exactitud del 0.1% es decir, 0.01g de precisión.
- Colocar la piedra chancada en un recipiente.
- Agregar la piedra chancada en el recipiente cilíndrico, hasta 1/3 de su capacidad. Seguidamente con una varilla de acero de Ø5/8" procedemos a golpear 25 veces en forma helicoidal.



*Figura 15. Golpeando con la varilla de acero.
Fuente: Propia. Foto referencial.*

- Se agrega la piedra chancada hasta llenar el recipiente.
- Con la varilla de acero se quita el exceso de piedra para que quede a nivel del recipiente cilíndrico (enrasado).
- Luego pesar el recipiente cilíndrico con la muestra.

➤ Contenido de humedad

• *Materiales:*

- Balanza electrónica de precisión de +/- 0.1/gr
- Cucharas
- Recipientes
- Muestra mayor a 5000 gr.

• *Procedimiento del ensayo:*

- Extraer la muestra y cuartear (coger partes opuestas).
- Depositar la muestra en un recipiente y pesar.
- Luego llevar la muestra para que sea sometido a una temperatura de 110°C en el horno y extraer la humedad.
- Sacar el material del horno inmediatamente después que este seco y pesar.



Figura 16. Cuarteo del agregado grueso.
Fuente: Propia. Foto referencial

➤ Peso específico y absorción del agregado grueso

El procedimiento se realizó de acuerdo a los parámetros de la N.T.P. 400.021.

• *Materiales:*

- Balanza electrónica
- Piedra chancada
- Tamiz de 4,75 mm (N°4)
- Estufa u horno
- Balde de agua
- Molde cónico
- Bandejas

• *Procedimiento del ensayo:*

- Tamizar el material por la malla N°4, todo lo pasante se selecciona para hacer el ensayo.
- Sumergir al agua como mínimo 3000 gr de la muestra, por 24 horas aproximadamente para llenar los poros esencialmente.
- Después se retira el agua, se seca el agua de la superficie de las partículas, y se pesa.



Figura 17. Secando la superficie del agregado grueso.
Fuente: Propia. Foto referencial.

- Luego se coloca en una canastilla metálica para determinar el peso sumergido

- Extraer todas las partículas colocarlo en el horno 24 horas a $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Pesar la muestra seca.

3.8.2. Elaboración de probetas cilíndricas de concreto con proporciones de relave minero

Se realizó la dosificación del relave minero, en función al diseño patrón sin relave (0%), con porcentajes del 10%, 25% y 50%, variando solo la cantidad de cemento y utilizándolo como un componente del agregado fino, basándonos en un concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$.

3.8.2.1 Diseño de mezcla de concreto

Una mezcla se debe diseñar tanto para estado fresco como para estado endurecido. Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

Existen diferentes métodos de diseño de mezcla de concreto, cada método señala un procedimiento para la elección de los porcentajes respectivos pero en general o como regla general los porcentajes definitivos deben basarse en pruebas bajo.

En la presente investigación usaremos el método de Módulo de fineza de la combinación de agregados.

3.8.2.2 Método de Módulo de fineza de la combinación de agregados

El módulo de finura se calcula sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar 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 .

➤ Diseño de mezcla para concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$

- *Datos:*

Tabla 11. Datos del cemento

CEMENTO	
Tipo	I
$f'c$	175 kg/cm ²
Peso específico	3.15 gr/cm ²

Nota: Datos para el diseño de mezcla.
Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Datos de los agregados

DATOS	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
Peso unitario compactado (kg/m ³)	2029	1564
Peso específico (kg/m ³)	2.860	2.660
Módulo de Fineza	2.539	6.982
Tamaño máximo nominal		3/4"
% absorción	2.420	1.020
Contenido de Humedad %	0.300	0.230

Nota: Datos para el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia

- *Procedimiento:*

- Cálculo de $f'cr$ (Resistencia promedio requerida)

$$f'c=175 \text{ kg/cm}^2$$

Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras.

Tabla 13. Resistencia media de dosificación

$f'c$	$f'cr$
Menos de 210	$f'c + 70$
210 - 350	$f'c + 84$
Mayor 350	$f'c + 98$

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto: $f'_{cr} = 175 + 70$

$$f'_{cr} = 245 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallar el slump con el siguiente cuadro

Tabla 14. Clase de mezcla según su asentamiento

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

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

- Volumen unitario del agua

Tabla 15. Volumen unitario de agua

Agua en l/m ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicada									
Asentamiento o Slump	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
Concreto sin aire incorporado									
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125	
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140	
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	---	
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
Concreto con aire incorporado									
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120	
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135	
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	---	

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. El slump es 4" por ello el volumen unitario de agua que usaremos para este diseño es mezcla es 200.
Fuente: Elaboración propia

- Contenido de aire atrapado

Tabla 16. Contenido de aire atrapado

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI.
Fuente: Elaboración propia

- Relación agua/cemento $f'_{cr}=245 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 17. Relación agua/cemento

$(f'c)(\text{kg/cm}^2)$	Relación Agua/Cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

Se realiza la interpolación y da como resultado 0.628 lo cual nos servirá para el cálculo del contenido del cemento.

Al sustituir los valores con el de la fórmula para el contenido de cemento da como resultado 311.00 kg, la bolsa de cemento que utilizamos Cemento Portland Tipo I pesa 42.5 kg, por lo tanto se utilizaran 7.32 bolsas de cemento.

- Cálculo del módulo de fineza (MF)

Tabla 18. (MF) Mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m³

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulos fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en (sacos/metro cubico de concreto).			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

Se realiza la interpolación y da como resultado 5.074.

- Calculo del volumen absoluto de la pasta

CEMENTO	=	311 / 3.15 x 1000	= 0.099 m ³
AGUA	=	200 / 1 x 1000	= 0.200 m ³
AIRE	=	2.00 %	= 0.020 m ³
Sumatoria	=		0.319 m³

- El volumen de los agregados se determinó restando 1 a la sumatoria del volumen absoluto de la pasta que dio como resultado 0.664 m³.
- Se calcula el porcentaje (%) agregado fino el cual es 42.34% y del grueso es 57.66% y el volumen del Agregado fino es 0.298 m³ y del grueso es de 0.390 m³. con los resultados del volumen del agregado fino y grueso se multiplica por el peso específico, dando como resultado los siguientes valores:

- Determinar el peso del agregado fino seco

$$\begin{aligned} \text{A. FINO SECO} &= 0.298 \quad \times \quad 2.86 \times 1000 \\ \text{AGREGADO FINO SECO} &= \mathbf{851.00 \quad \text{kg/m}^3} \end{aligned}$$

- Valores de diseño

Tabla 19. Valores de diseño seco

Cemento	311.00 kg
Agua	200 lt
Agregado fino	851.00 kg
Agregado grueso	1038.00 kg

Nota: Datos para el diseño de mezcla.
Fuente: Elaboración propia

- Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Ag. Fino} = (\text{Peso Ag. Fino}) \times \left(\left(\frac{\%W}{100} \right) + 1 \right)$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado
Agregado fino igual 867.00 kg.

$$\text{Ag. Grueso} = (\text{Peso Ag. Grueso}) \times \left(\left(\frac{\%W}{100} \right) + 1 \right)$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado
Agregado grueso igual 1059.00 kg.

- Humedad superficial

$$\text{Ag. fino} = (\%W. \text{ fino}) - (\% A. \text{ fino})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado
Humedad superficial del agregado fino igual -2.120%.

$$\text{Ag. grueso} = (\%W. \text{ grueso}) - (\% A. \text{ grueso})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado
Humedad superficial del agregado grueso -0.790%.

- Aporte de humedad

Al reemplazar los valores a las formulas nos da como resultado aporte de humedad del Agregado fino -17.638 lt/m^3 y agregado grueso -8.126 lt/m^3 , al realizar la sumatoria un total de -25.764 lt/m^3 .

- Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - (\text{Aporte de humedad})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado que el agua efectiva es 214.00 lt/m^3 .

Tabla 20. Valores de diseño húmedo

Cemento	317.00 kg
Agua	214.00 lt
Agregado fino	867.00 kg
Agregado grueso	1059.00 kg

Nota: Datos para el diseño de mezcla.
Fuente: Elaboración propia

➤ Diseño de mezcla para concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$

- *Datos:*

Tabla 21. Datos del cemento

CEMENTO	
Tipo	I
$f'c$	210 kg/cm^2
Peso especifico	3.15 gr/cm^2

Nota: Datos para el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Datos de los agregados

DATOS	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
Peso unitario compactado (kg/m ³)	2029	1564
Peso específico (kg/m ³)	2.860	2.660
Módulo de Fineza	2.539	6.982
Tamaño máximo nominal		3/4"
% absorción	2.420	1.02
Contenido de Humedad %	0.300	0.23

Nota: Datos para el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia

- *Procedimiento:*

- Cálculo de f'_{cr} (Resistencia promedio requerida)

$$f'_{c}=210 \text{ kg/cm}^2$$

Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras.

Tabla 23. Resistencia media de dosificación

f'_{c}	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_{c} + 70$
210 - 350	$f'_{c} + 84$
Mayor 350	$f'_{c} + 98$

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI.
Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto: $f'_{cr} = 210+84$

$$f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallar el slump con el siguiente cuadro

Tabla 24. Clase de mezcla según su asentamiento

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

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

- Volumen unitario del agua

Tabla 25. Volumen unitario de agua.

Agua en l/m ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicada									
Asentamiento o Slump	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
Concreto sin aire incorporado									
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125	
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140	
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	---	
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
Concreto con aire incorporado									
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120	
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135	
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	---	

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. El slump es 4" por ello el volumen unitario de agua que usaremos para este diseño es mezcla es 205.
Fuente: Elaboración propia.

- Contenido de aire atrapado

Tabla 26. *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

- Relación agua/cemento $f'_{cr}=294 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 27. *Relación agua/cemento*

$(f'c)(\text{kg/cm}^2)$	Relación Agua/Cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

Se realiza la interpolación y da como resultado 0.558 lo cual nos servirá para el cálculo del contenido del cemento.

Al sustituir los valores con el de la fórmula para el contenido de cemento da como resultado 351.00 kg, la bolsa de cemento que utilizamos Cemento Portland Tipo I pesa 42.5 kg, por lo tanto se utilizaran 8.26 bolsas de cemento.

- Cálculo del módulo de fineza (MF)

Tabla 28. (MF) Mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m³

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulos de fineza de la combinación de agregados que da las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en (sacos/metro cubico de concreto)			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

Se realiza la interpolación y da como resultado 0.514.

- Calculo del volumen absoluto de la pasta

CEMENTO	=	351 / 3.15 x 1000	= 0.111 m ³
AGUA	=	200 / 1 x 1000	= 0.200 m ³
AIRE	=	2.00 %	= 0.020 m ³
Sumatoria	=		0.311 m³

- El volumen de los agregados se determinó restando 1 a la sumatoria del volumen absoluto de la pasta que dio como resultado 0.689 m³.
- Se calcula el % agregado fino el cual es 41.668% y del grueso es 58.332% y el volumen del Agregado fino es 0.262 m³ y del grueso es de 0.392 m³. con los resultados del volumen del agregado fino y grueso se multiplica por el peso específico, dando como resultado los siguientes valores:

- Determinar el peso del agregado fino seco

$$\begin{aligned} \text{A. FINO SECO} &= 0.262 \times 2.86 \times 1000 \\ \text{A. FINO SECO} &= \mathbf{805.00 \text{ kg/m}^3} \end{aligned}$$

- Valores de diseño

Tabla 29. Valores de diseño seco

Cemento	351.00 kg
Agua	200.00 lt
Agregado fino	805.00 kg
Agregado grueso	1044.00 kg

Nota: Datos para el diseño de mezcla.
Fuente: Elaboración propia

- Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Ag. Fino} = (\text{Peso Ag. Fino}) \times \left(\left(\frac{\%W}{100} \right) + 1 \right)$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado Agregado fino igual 836.00 kg.

$$\text{Ag. Grueso} = (\text{Peso Ag. Grueso}) \times \left(\left(\frac{\%W}{100} \right) + 1 \right)$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado Agregado grueso igual 1084.00 kg.

- Humedad superficial

$$\text{Ag. fino} = (\%W. \text{ fino}) - (\% A. \text{ fino})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado Humedad superficial del agregado fino igual -2.12%.

$$\text{Ag. grueso} = (\%W. \text{ grueso}) - (\% A. \text{ grueso})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado Humedad superficial del agregado grueso -2.91%.

- Aporte de humedad

Al reemplazar los valores a las formulas nos da como resultado aporte de humedad del Agregado fino -16.674 lt/m^3 y agregado grueso -8.192 lt/m^3 , al realizar la sumatoria un total de -24.866 lt/m^3 .

- Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - (\text{Aporte de humedad})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado que el agua efectiva es 217.00 lt/m^3 .

Tabla 30. Valores de diseño húmedo

Cemento	365.00 kg
Agua	217.00 lt
Agregado fino	836.00 kg
Agregado grueso	1084.00 kg

Nota: Datos para el diseño de mezcla.
Fuente: Elaboración propia

➤ Diseño de mezcla para concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$

- *Datos:*

Tabla 31. Datos del cemento

CEMENTO	
Tipo	I
$f'c$	280 kg/cm^2
Peso especifico	3.15 gr/cm^2

Nota: Datos para el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Datos de los agregados

DATOS	AGREGADOS	
	FINO	GRUESO
Peso unitario compactado (kg/m ³)	2029	1564
Peso específico (kg/m ³)	2.860	2.660
Módulo de Fineza	2.539	6.983
Tamaño máximo nominal		3/4"
% absorción	2.420	1.020
%W	0.300	0.230

Nota: Datos para el diseño de mezcla. Fuente: Elaboración propia

• *Procedimiento:*

- Cálculo de f'_{cr} (Resistencia promedio requerida)

$$f'_{c}=280 \text{ kg/cm}^2$$

Cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras.

Tabla 33. Resistencia media de dosificación

f'_{c}	f'_{cr}
Menos de 210	$f'_{c} + 70$
210 - 350	$f'_{c} + 84$
Mayor 350	$f'_{c} + 98$

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI.

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto: $f'_{cr} = 280+84$

$$f'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$$

- Hallar el slump con el siguiente cuadro

Tabla 34. Clase de mezcla según su asentamiento

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

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

- Volumen unitario del agua

Tabla 35. Volumen unitario de agua.

Agua en l/m ³ , para los tamaños máx. Nominales de agregado grueso y consistencia indicada									
Asentamiento o Slump	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"	
Concreto sin aire incorporado									
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125	
3" a 4"	225	215	200	195	175	170	160	140	
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	---	
% Aire atrapado	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2	
Concreto con aire incorporado									
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120	
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135	
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	---	

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. El slump es 4" por ello el volumen unitario de agua que usaremos para este diseño es mezcla es 205. Fuente: Elaboración propia

- Contenido de aire atrapado

Tabla 36. *Contenido de aire atrapado*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
4"	0.20%

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

- Relación agua/cemento $f'_{cr}=364 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 37. *Relación agua/cemento*

$(f'c)(\text{kg/cm}^2)$	Relación Agua/Cemento de diseño en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
450	0.38	-
400	0.43	-
350	0.48	0.4
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.7	0.61
150	0.8	0.71

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

Se realiza la interpolación y da como resultado 0.466 lo cual nos servirá para el cálculo del contenido del cemento.

Al sustituir los valores con el de la fórmula para el contenido de cemento da como resultado 440.00 kg, la bolsa de cemento que utilizamos Cemento Portland Tipo I pesa 42.5 kg, por lo tanto se utilizaran 10.35 bolsas de cemento.

- Cálculo del módulo de fineza (MF)

Tabla 38. (MF) Mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en sacos/m³

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Módulo de fineza de la combinación de agregados que dan las mejores condiciones de trabajabilidad para los contenidos de cemento en (sacos/metro cubico de concreto).			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.69
3/4"	4.96	5.04	5.11	5.19
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.39

Nota: Recopilación de Comité 211 del ACI. Fuente: Elaboración propia

Se realiza la interpolación y da como resultado 0.5248.

- Calculo del volumen absoluto de la pasta

CEMENTO	=	440 / 3.15 x 1000	= 0.139 m ³
AGUA	=	200 / 1 x 1000	= 0.200 m ³
AIRE	=	2.00 %	= 0.020 m ³
Sumatoria	=		0.339 m³

- El volumen de los agregados se determinó restando 1 a la sumatoria del volumen absoluto de la pasta que dio como resultado 0.661 m³.
- Se calcula el % agregado fino el cual es 39.035% y del grueso es 60.965% y el volumen del Agregado fino es 0.243 m³ y del grueso es de 0.393 m³. con los resultados del volumen del agregado fino y grueso se multiplica por el peso específico, dando como resultado los siguientes valores:

- Determinar el peso del agregado fino seco

$$\begin{aligned} \text{AGREGADO FINO SECO} &= 0.243 \quad \times \quad 2.86 \times 1000 \\ \text{AGREGADO FINO SECO} &= \quad \mathbf{696} \quad \text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Valores de diseño

Tabla 39. Valores de diseño seco

Cemento	440.00 kg
Agua	200.000 lt
Agregado fino	696.00 kg
Agregado grueso	1046.00 kg

Nota: Datos para el diseño de mezcla.
Fuente: Elaboración propia

- Corrección por humedad de los agregados

$$\text{Ag. Fino} = (\text{Peso Ag. Fino}) \times \left(\left(\frac{\%W}{100} \right) + 1 \right)$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado Agregado fino igual 707.00 kg.

$$\text{Ag. Grueso} = (\text{Peso Ag. Grueso}) \times \left(\left(\frac{\%W}{100} \right) + 1 \right)$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado Agregado grueso igual 1063.00kg.

- Humedad superficial

$$\text{Ag. fino} = (\%W. \text{ fino}) - (\% A. \text{ fino})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado Humedad superficial del agregado fino igual -2.12%.

$$\text{Ag. grueso} = (\%W. \text{ grueso}) - (\% A. \text{ grueso})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado Humedad superficial del agregado grueso -2.91%.

- Aporte de humedad

Al reemplazar los valores a las formulas nos da como resultado aporte de humedad del Agregado fino -15.195 lt/m^3 y agregado grueso -8.225 lt/m^3 , al realizar la sumatoria un total de -23.419 lt/m^3 .

- Agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - (\text{Aporte de humedad})$$

Al reemplazar los valores a la formula nos da como resultado que el agua efectiva es 222.00 lt/m^3 .

Tabla 40. *Valores de diseño húmedo*

Cemento	447.00 kg
Agua	222.00 lt
Agregado fino	707.00 kg
Agregado grueso	1063.00 kg

Nota: Datos para el diseño de mezcla.
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Componentes químicos

4.1.1 Cemento Portland

El resultado de los compuesto químico del cemento portland tipo I se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 41. *Compuestos químicos del Cemento Andino Tipo I.*

Compuesto	Fórmula química	Resultado
Óxido de calcio	(CaO)	64%
Dióxido de silicio	(SiO ₂)	20%
Trióxido de aluminio	(Al ₂ O ₃)	5%
Óxido férrico	(Fe ₂ O ₃)	5%
Óxido de magnesio	(MgO)	5%

Nota: Recopilación de la página Oficial UNACEM. Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Relave Minero

El relave minero fue llevado al Laboratorio N° 12 de Análisis químico, consultoría e investigación “Labicer” de la Facultad de Ciencias en Lima, de la Universidad Nacional de Ingeniería para su análisis de composición química.

Tabla 42. Resumen del difractómetro de rayos x.

Compuesto	Fórmula química	Resultado	Método de Utilización
Carbonato de calcio y magnesio (%)	CaMg(CO ₂) ₂	97.2	DIFRACTOMETRO DE RAYOS X
Cloruro de cobre (%)	CuCl	0.3	
Óxido de silicio (%)	SiO ₂	1.1	
Carbonato de calcio (%)	Ca(CO) ₂	1.4	

Nota: Resultados "LABICER". Fuente: Elaboración propia

Resultado del Ensayo

Del ensayo se concluye que dentro de los resultados salió 1.1 % de óxido de silicio, este es un compuesto del cemento que absorbe la humedad del lugar en que se encuentra.

4.2 Dosificación

4.2.1. Diseño de mezcla de concreto f'c 175 kg/cm²

Tabla 43. Dosificación f'c 175 kg/cm² (0%)

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
317.00 kg	867.00 kg	1059.00 kg	214.00 lt
1 kg	2.74 kg	3.34kg	29.24 lt
Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021			
6.66 kg	18.21 kg	22.24 kg	4.49 lt

Nota: En la tabla 44 se observa las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021. Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Dosificación $f'c$ 175 kg/cm² (10%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (0%)				
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	
6.66 kg	18.21 kg	22.24 kg	4.49 lt.	

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (10%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
5.99 kg	0.67 kg	18.21 kg	22.24 kg	4.49 lt

Nota: En la tabla 45 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 10% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 44), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

Tabla 45. Dosificación $f'c$ 175 kg/cm² (25%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (0%)				
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	
6.66 kg	18.21 kg	22.24 kg	4.49 lt.	

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (25%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
4.66 kg	2.00 kg	18.21 kg	22.24 kg	4.49 lt

Nota: En la tabla 46 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 25% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 44), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

Tabla 46. Dosificación f'c 175 kg/cm² (50%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (50%)				
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	
6.66 kg	18.21 kg	22.24 kg	4.49 lt.	
Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (50%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
3.33 kg	3.33 kg	18.21 kg	22.24 kg	4.49 lt

Nota: En la tabla 47 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 50% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 44), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Diseño de mezcla de concreto f'c 210 kg/cm²

Tabla 47. Dosificación f'c 210 kg/cm² (0%)

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
365.00 kg	836.00 kg	1084.00 kg	217.00 lt
1.00 kg	2.29 kg	2.902 kg	26.683 lt
Mezcla para una probeta cilíndrica 0.21			
7.67 kg	17.56 kg	22.76 kg	4.56 lt

Nota: En la tabla 48 se observa las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021. Fuente: Elaboración propia

Tabla 48. Dosificación $f'c$ 210 kg/cm² (10%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (0%)				
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	
7.67 kg	17.56 kg	22.76 kg	4.56 lt.	
Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (10%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
6.90 kg	0.77 kg	17.56 kg	22.76 kg	4.56 lt

Nota: En la tabla 49 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 10% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 48), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

Tabla 49. Dosificación $f'c$ 210 kg/cm² (25%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (0%)				
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	
7.67 kg	17.56 kg	22.76 kg	4.56 lt.	
Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (25%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
5.37 kg	2.30 kg	17.56 kg	22.76 kg	4.56 lt

Nota: En la tabla 50 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 25% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 48), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

Tabla 50. Dosificación f'c 210 kg/cm² (50%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (0%)				
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	
7.67 kg	17.56 kg	22.76 kg	4.56 lt.	
Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (50%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
3.83 kg	3.83 kg	17.56 kg	22.76 kg	4.56 lt

Nota: En la tabla 51 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 50% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 48), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Diseño de mezcla de concreto f'c 280 kg/cm²

Tabla 51. Dosificación f'c 280 kg/cm² (0%)

Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
447.00 kg	707.00 kg	1063.00 kg	222 lt
1.00 kg	1.58 kg	2.38 kg	21.44 lt
Mezcla para una probeta cilíndrica 0.21			
9.39 kg	14.85 kg	22.32 kg	4.66 lt

Nota: En la tabla 52 se observa las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021. Fuente: Elaboración propia

Tabla 52. Dosificación $f'c$ 280 kg/cm² (10%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (0%)			
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
9.39 kg	14.85 kg	22.32 kg	4.66 lt.

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (10%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
8.45 kg	0.94 kg	14.85 kg	22.32 kg	4.66 lt.

Nota: En la tabla 53 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 10% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 52), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

Tabla 53. Dosificación $f'c$ 280 kg/cm² (25%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (0%)			
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
9.39 kg	14.85 kg	22.32 kg	4.66 lt.

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (25%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
6.57 kg	2.82 kg	14.85 kg	22.32 kg	4.66 lt.

Nota: En la tabla 54 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 25% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 52), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

Tabla 54. Dosificación f'c 280 kg/cm² (50%)

Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (0%)				
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua	
9.39 kg	14.85 kg	22.32 kg	4.66 lt.	
Mezcla para una probeta cilíndrica 0.021 al (50%)				
Cemento	Relave minero	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
4.69 kg	4.69 kg	14.85 kg	22.32 kg	4.66 lt.

Nota: En la tabla 55 se observa que las proporciones de mezcla para una probeta cilíndrica, tanda 0.021 agregando el relave minero como componente del agregado fino al 50% son las mismas que la de dosificación al 0% (tabla 52), cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Resumen del diseño de mezcla de concreto para el f'c 175 ,210 y 280 kg/cm²

Tabla 55. Dosificación del relave minero f'c 175,210 y 280 kg/cm²

	f'c(kg/cm²)	Cemento (kg)	A. Fino (kg)	A. Grueso (kg)	Agua (litros)	Relave (kg)
PATRON	175	6.660	18.210	22.440	4.490	
CON RELAVE	175 AL 10%	5.99	18.210	22.440	4.490	0.670
	175 AL 25%	4.66	18.210	22.440	4.490	2.000
	175 AL 50%	3.33	18.210	22.440	4.490	3.330
PATRON	210	7.670	17.560	22.760	4.560	
CON RELAVE	210 AL 10%	6.900	17.560	22.760	4.560	0.770
	210 AL 25%	5.370	17.560	22.760	4.560	2.300
	210 AL 50%	3.830	17.560	22.760	4.560	3.830
PATRON	280	9.390	14.850	22.320	4.660	
CON RELAVE	280 AL 10%	8.450	14.850	22.320	4.660	0.940
	280 AL 25%	6.570	14.850	22.320	4.660	2.820
	280 AL 50%	4.690	14.850	22.320	4.660	4.690

Nota: En la tabla 56 se observa que las proporciones del patrón y para cada dosificación, cambiando únicamente la proporción de cemento. Fuente: Elaboración propia.

4.3 Propiedades mecánicas

Se determinó las propiedades mecánicas del empleo de los relaves mineros como componente del concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales, en la cual se concluye que la resistencia optima es $f'c$ 210 al 25% con relave minero, esto se obtuvo a través de los siguientes resultados del ensayo a compresión.

4.4.1. Relave Minero

a) Análisis granulométrico por tamizado - ATSM C 136

Tabla 56. Resumen del análisis granulométrico por tamizado.

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido)	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
3/8"	9.5	-	0	0
N°4	4.75	-	0	0
N°8	2.36	-	0	0
N°16	1.18	-	0	100
N°30	0.6	0.5	0.5	99.5
N°50	0.3	8.7	9.2	90.8
N°100	0.15	36.5	45.7	54.3
Fondo		54.3		

Nota: Resultados del Laboratorio N° 2. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la curva granulométrica del relave minero.

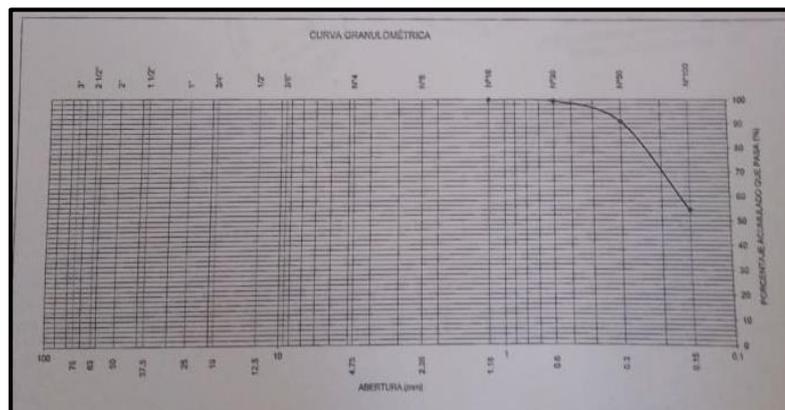


Figura 18. Curva granulométrica (Relave minero).
Fuente: Resultados del laboratorio N°2 – Mecánica de suelos.
Foto referencial.

Resultado del Ensayo

Del ensayo se concluye que el módulo de fineza ASTM C-125 es 0.6

b) Gravedad específica y absorción - ASTM C 128

Tabla 57. Resumen de la gravedad específica y absorción

P.e. BULK (BASE SECA)	2.84
P.e. BULK (BASE SATURADA)	2.845
P.e. APARENTE (BASE SECA)	2.88
% DE ABSORCION	0.482

Nota: Resultados del Laboratorio N° 2. Fuente: Elaboración propia

4.4.2. Agregado fino

a) Análisis granulométrico por tamizado

Resultado del Ensayo

Del ensayo se concluye que el módulo de fineza es de 2.539, lo que corresponde a arena gruesa, el cual será utilizado en el diseño de mezclas por el método de fineza.

Tabla 58. Resumen del análisis granulométrico (Agregado fino)

PESO:		1544 kg.	
Tamiz	Peso retenido	% Retenido	% Acumulado retenido
1 1/2"	0	0	0
1"	0	0	0
3/4"	0	0	0
1/2"	0	0	0
3/8"	1.4	0.1	0.1
N°4	22	1.4	1.5
N°8	205.3	13.3	14.8
N°16	168.1	10.9	25.7
N°30	220.6	14.3	40
N°50	576.2	37.3	77.3
N°100	266.1	17.2	94.5
*100	84.8	5.5	100
MF:		2539	

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la curva granulométrica del agregado fino.

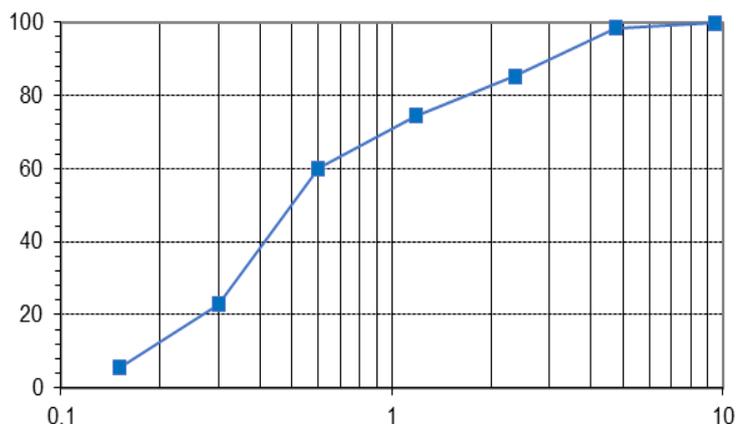


Figura 19. Curva granulométrica (Agregado fino).
Fuente: Propia. Foto referencial.

b) Peso unitario del agregado fino

Resultado del Ensayo

Del ensayo se concluye que el peso unitario suelto (kg/m^3) es de 1899 y el peso unitario compactado (kg/m^3) es de 2029.

Tabla 59. *Peso unitario suelto seco – PUSS (Agregado fino)*

	MUESTRA N°01		
Peso de muestra suelta + Vasija (kg)	14.375	14.27	14.3
Peso de la Vasija (kg)	8.145	8.145	8.145
Peso de la muestra suelta (kg)	6.23	6.125	6.155
Constante (1/Vol. Molde)	308.7	308.7	308.7
Peso aparente suelto (kg/m^3)	1923	1891	1900
Promedio peso unitario suelto húmedo (kg/m^3)	1904		
Promedio peso unitario suelto seco (kg/m^3)	1899		

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

Tabla 60. *Peso unitario compactado seco – PUCS (Agregado fino)*

	MUESTRA N°01		
Peso de muestra compactada + Vasija (kg)	14.375	14.745	14.73
Peso de la Vasija (kg)	8.145	8.145	8.145
Peso de la muestra compactada (kg)	6.59	6.6	6.585
Constante (1/Vol. Molde)	308.7	308.7	308.7
Peso aparente compactada (kg/m ³)	2034	2037	2033
Promedio peso unitario compactado húmedo (kg/m ³)	2035		
Promedio peso unitario compactado seco (kg/m ³)	2029		

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

c) *Contenido de humedad*

Resultado del Ensayo

Del ensayo se concluye que a través del promedio de las dos muestras, el contenido de humedad es de 0.30 en el agregado fino.

Tabla 61. *Resumen de contenido de humedad (Agregado fino)*

	MUESTRA N°01	
Peso de la muestra húmeda (gr) + Tara	610.3	640.9
Peso de la muestra seca al horno (gr) + Tara	609	639
Tara	89	88.9
Contenido de agua (kg)	1.3	1.9
Contenido de humedad (%)	0.25	0.35
Promedio (%)	0.3	

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

d) *Peso específico y absorción del agregado fino*

Resultados del Ensayo

Del ensayo se concluye que el peso específico de la muestras es de 2.86 y el porcentaje de absorción es de 2.42 %.

Tabla 62. *Resumen de datos del peso específico (agregado fino)*

	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la arena superficialmente seca + peso del matraz + peso del agua	980.7	979.9
Peso de la arena superficialmente seca + peso del matraz del agua	651.1	651.1
Peso del agua (W=1-2)	329.6	328.8
Peso de la arena secada al horno + peso del matraz	639.4	639.2
Peso del balón	151.1	151.1
Peso de la arena secada al horno (A=4-5)	488.3	488.1
Volumen del matraz V=500 ml	500	500

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

Tabla 63. *Resumen del peso específico (agregado fino)*

	PROMEDIO		
Peso específico de masa [P.E.M. = $A / (V - W)$]	2.87	2.85	2.86
Peso específico de masa saturado superficialmente seco [P.E.M.S.S.S. = $500 / (V - W)$]	2.93	2.92	2.93
Peso específico aparente [P.E.A. = $A / (V - W) - (500 - A)$]	3.08	3.06	3.07
Porcentaje de absorción [$(500 - A) / A * 100$]	2.4	2.44	2.42

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

4.4.3. Agregado grueso

a) Análisis granulométrico por tamizado

Resultado del Ensayo

Del ensayo se concluye que el módulo de fineza es de 6.982 y el tamaño máximo nominal es $\frac{3}{4}$ ", los cuales se utilizaran en el diseño de mezclas por el método de fineza.

Tabla 64. Resumen del análisis granulométrico del agregado grueso

PESO:		2159.50 kg.	
Tamiz	Peso retenido	% Retenido	% Acumulado retenido
2"	0	0	0
1 1/2"	0	0	0
1"	0	0	0
3/4"	401.5	18.6	18.6
1/2"	1018.5	47.2	65.8
3/8"	392.2	18.2	83.9
N°4	331.7	15.4	99.3
N°8	0	0	99.3
N°16	0	0	99.3
N°30	0	0	99.3
N°50	0	0	99.3
N°100	0	0	99.3
*100	15.7	0.7	100
MF:		6.982	

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra la curva granulométrica del agregado grueso.



Figura 20. Curva granulométrica (Agregado grueso).
Fuente: Propia. Foto referencial.

b) *Peso unitario del agregado grueso*

Resultado del Ensayo

Del ensayo se concluye que el peso unitario suelto (kg/m^3) es de 1460 y el peso unitario compactado (kg/m^3) es de 1564.

Tabla 65. *Peso unitario suelto seco – PUSS (Agregado grueso)*

	MUESTRA N° 01		
Peso de la muestra suelta + Vasija (kg)	18.55	18.425	18.525
Peso de la Vasija (kg)	4.56	4.56	4.56
Peso de la muestra suelta (kg)	13.99	13.865	13.965
Constante (1/Vol. molde)	105	105	105
Peso aparente suelto (kg/m^3)	1469	1456	1466
Promedio peso unitario suelto húmedo (kg/m^3)	1464		
Promedio peso unitario suelto seco (kg/m^3)	1460		

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

Tabla 66. *Peso unitario compactado seco – PUCS (Agregado grueso)*

	MUESTRA N° 01		
Peso de la muestra compactada + Vasija (kg)	19.575	19.445	19.46
Peso de la vasija (kg)	4.56	4.56	4.56
Peso de la muestra compactada (kg)	15.015	14.885	14.9
Constante (1/Vol. molde)	105	105	105
Peso aparente compactado (kg/cm^3)	1577	1563	1565
Promedio peso unitario suelto húmedo (kg/m^3)	1568		
Promedio peso unitario compactado seco (kg/m^3)	1564		

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

c) *Contenido de humedad*

Resultado del Ensayo

Del ensayo se concluye que a través del promedio de las dos muestras, el contenido de humedad es de 0.23 en el agregado grueso.

Tabla 67. *Resumen de contenido de humedad (Agregado grueso)*

	MUESTRA N°01	
Peso de muestra húmeda (kg)	843.5	782.5
Peso de la muestra secada al horno (kg)	841.8	780.8
Tara	65.1	63
Contenido de agua (kg)	1.7	1.7
Contenido de humedad (kg)	0.22	0.237
Promedio (%)	0.23	

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

d) *Peso específico y absorción del agregado grueso*

Tabla 68. *Resumen de datos del peso específico (agregado grueso)*

	MUESTRA N°01	MUESTRA N°02
Peso de la muestra secada al horno (A)	2969.9	2969.3
Peso de la muestra saturada con superficie seca (B)	3000	3000
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla dentro del agua	2789	2799
Peso de la canastilla dentro del agua	911	911
Peso de la muestra saturada dentro del agua (C)	1878	1888

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

Tabla 69. Resumen del peso específico (agregado grueso)

			PROMEDIO
Peso específico de masa [P.E.M. = A / (B - C)]	2.65	2.67	2.66
Peso específico de masa saturado superficialmente seco [P.E.M.S.S.S. = B / (B - C)]	2.67	2.7	2.69
Peso específico aparente [P.E.A. = A / (A - C)]	2.72	2.75	2.73
Porcentaje de absorción [(B - A) / A * 100]	1.01	1.03	1.02

Nota: Resultados. Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Resistencia a la compresión

Tabla 70. Resistencia f'c 175 kg/cm² (0%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	f'c Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	f'c (kg/cm ²)
1	Diseño 175 al 0%	15.24	383.83	175	23/11/2018	30/11/2018	7	214.49
2	Diseño 175 al 0%	15.24	367.68	175	23/11/2018	30/11/2018	7	205.47
3	Diseño 175 al 0%	15.24	434.88	175	23/11/2018	07/12/2018	14	243.02
4	Diseño 175 al 0%	15.24	421.32	175	23/11/2018	07/12/2018	14	235.44
5	Diseño 175 al 0%	15.24	546.45	175	23/11/2018	21/12/2018	28	305.37
6	Diseño 175 al 0%	15.24	531.87	175	23/11/2018	21/12/2018	28	297.22

Nota: Se observa en la tabla 71 el diseño de concreto f'c 175kg/cm² al 0% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 305.37 kg/cm² y 297.22 kg/cm², respectivamente, lo cual es apto para que sea nuestro diseño patrón. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 71. Resistencia $f'c$ 175 kg/cm² (10%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 175 al 10%	15.24	289.6	175	04/01/2019	11/01/2019	7	161.83
2	Diseño 175 al 10%	15.24	293.5	175	04/01/2019	11/01/2019	7	164.01
3	Diseño 175 al 10%	15.24	359.45	175	04/01/2019	18/01/2019	14	200.87
4	Diseño 175 al 10%	15.24	351.62	175	04/01/2019	18/01/2019	14	196.49
5	Diseño 175 al 10%	15.24	471.42	175	04/01/2019	01/02/2019	28	263.44
6	Diseño 175 al 10%	15.24	472.1	175	04/01/2019	01/02/2019	28	263.82

Nota: Se observa en la tabla 72 el diseño de concreto $f'c$ 175kg/cm² al 10%, a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 263.44 kg/cm² y 263.82 kg/cm², lo cual tiene una mínima diferencia a la resistencia obtenida a los 28 días del diseño patrón Tabla 71. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 72. Resistencia $f'c$ 175 kg/cm² (25%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 175 al 25%	15.24	307.1	175	03/01/2019	10/01/2019	7	171.61
2	Diseño 175 al 25%	15.24	311.45	175	03/01/2019	10/01/2019	7	174.04
3	Diseño 175 al 25%	15.24	375.15	175	03/01/2019	17/01/2019	14	209.64
4	Diseño 175 al 25%	15.24	369.6	175	03/01/2019	17/01/2019	14	206.54
5	Diseño 175 al 25%	15.24	441.67	175	03/01/2019	31/01/2019	28	246.81
6	Diseño 175 al 25%	15.24	453.51	175	03/01/2019	31/01/2019	28	253.43

Nota: Se observa en la tabla 73 el diseño de concreto $f'c$ 175kg/cm² al 25% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 246.81 kg/cm² y 253.43 kg/cm², en lo cual se observa que la resistencia va disminuyendo a comparación con el diseño al 10% Tabla 72, tiene una diferencia aceptable a la resistencia obtenida a los 28 días del diseño patrón Tabla 71. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 73. Resistencia $f'c$ 175 kg/cm² (50%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 175 al 50%	15.24	139.74	175	04/02/2019	11/02/2019	7	78.09
2	Diseño 175 al 50%	15.24	137.25	175	04/02/2019	11/02/2019	7	76.70
3	Diseño 175 al 50%	15.24	146.49	175	04/02/2019	18/02/2019	14	81.86
4	Diseño 175 al 50%	15.24	154.75	175	04/02/2019	18/02/2019	14	86.48
5	Diseño 175 al 50%	15.24	204.67	175	04/02/2019	04/03/2019	28	114.42
6	Diseño 175 al 50%	15.24	196.23	175	04/02/2019	04/03/2019	28	109.70

Nota: Se observa en la tabla 74 el diseño de concreto $f'c$ 175kg/cm² al 50% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 114.42 kg/cm² y 109.70 kg/cm², en lo cual se observa que la resistencia disminuyó considerablemente a comparación con los diseños al 10% y 25% Tabla 73 y 72, Por lo tanto no llega a la resistencia requerida del diseño patrón Tabla N°71. Fuente: Elaboración propia.

Resultados con análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza, utilizando el método de Tukey, con una confianza de 95%, para el diseño $f'c=175,210$ y 280 kg/cm², y adicionando relave al 10%,25% y 50%, para los 7,14 y 28 días de la rotura de las probetas.

Valores de las letras:

- **A=0%** (diseño patrón)
- **B=10%** (diseño con relave)
- **C=25%** (diseño con relave)
- **D=50%** (diseño con relave)

Tabla 74. Análisis de la varianza del $f'c$ 175 kg/cm² a los 28 días

Fuente	GL	SC Ajuste.	MC Ajuste.	Valor F	Valor p
Método (175 – 28 días)	3	41032	13677.3	824.74	0.0003
Error	4	66.3	16.6		
Total	7	41098.3			

Nota: Se observa en la tabla 75 el diseño de concreto $f'c$ 175 kg/cm² el valor de “p” a los 28 días es de 0.000, el cual significa que no tiene errores. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 75. Agrupar información utilizando la prueba de Tukey y una confianza de 95%.

Método (f'c 175 kg/cm2 -28 días)	GL	SC Ajuste.	MC Ajuste.
A	2	301.295	A
B	2	263.63	B
C	2	250.12	B
D	2	112.06	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Fuente: Elaboración propia

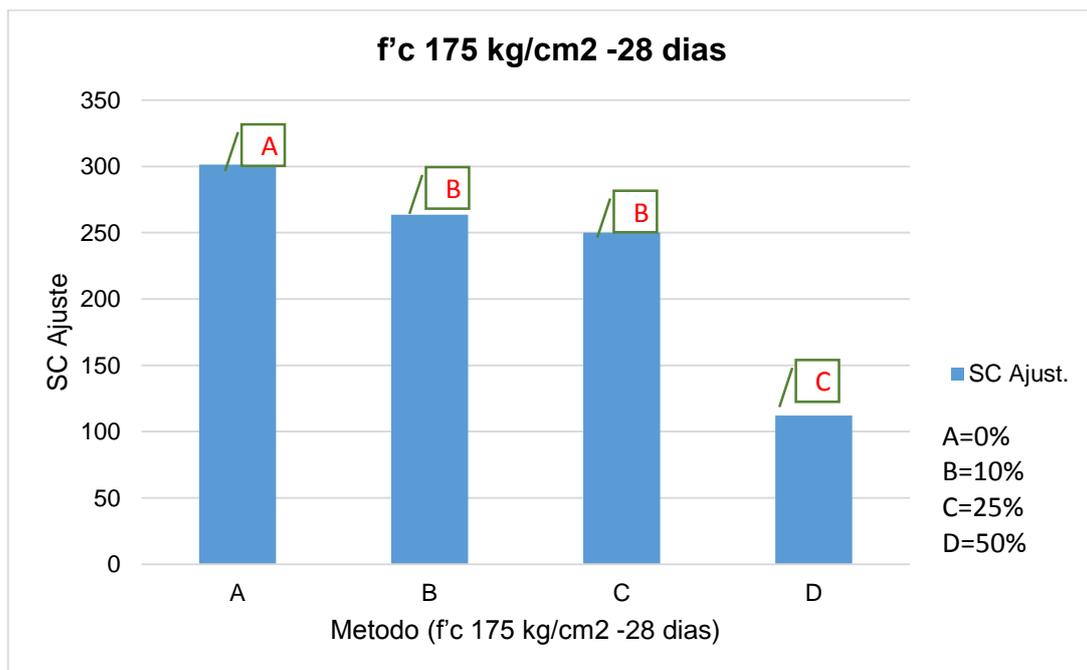


Figura 21. Los valores del método (f'c 175 kg/cm2 -28 días), B y C que son los diseños al 10% y 25 %, dan las mismas resistencias, mientras que el diseño A y D son diferentes.

Fuente: Propia.

Tabla 76. Resistencia $f'c$ 210 kg/cm² (0%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 210 al 0%	15.24	457.45	210	23/11/2018	30/11/2018	7	255.63
2	Diseño 210 al 0%	15.24	466.96	210	23/11/2018	30/11/2018	7	260.95
3	Diseño 210 al 0%	15.24	526.36	210	23/11/2018	07/12/2018	14	294.14
4	Diseño 210 al 0%	15.24	511.24	210	23/11/2018	07/12/2018	14	285.69
5	Diseño 210 al 0%	15.24	640.96	210	23/11/2018	21/12/2018	28	358.18
6	Diseño 210 al 0%	15.24	641.58	210	23/11/2018	21/12/2018	28	358.53

Nota: Se observa en la tabla 77 el diseño de concreto $f'c$ 210kg/cm² al 0% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 358.18 kg/cm² y 358.53 kg/cm², respectivamente, lo cual es apto para que sea nuestro diseño patrón. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 77. Resistencia $f'c$ 210 kg/cm² (10%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 210 al 10%	15.24	439.14	210	04/01/2019	11/01/2019	7	245.4
2	Diseño 210 al 10%	15.24	422.85	210	04/01/2019	11/01/2019	7	236.3
3	Diseño 210 al 10%	15.24	488.72	210	04/01/2019	18/01/2019	14	273.11
4	Diseño 210 al 10%	15.24	473.67	210	04/01/2019	18/01/2019	14	264.7
5	Diseño 210 al 10%	15.24	611.15	210	04/01/2019	01/02/2019	28	341.7
6	Diseño 210 al 10%	15.24	602.37	210	04/01/2019	02/02/2019	28	336.62

Nota: Se observa en la tabla 78 el diseño de concreto $f'c$ 210kg/cm² al 10%, a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 341.70 kg/cm² y 336.62 kg/cm², lo cual tiene una mínima diferencia a la resistencia obtenida a los 28 días del diseño patrón Tabla 77. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 78. Resistencia $f'c$ 210 kg/cm² (25%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 210 al 25%	15.24	376.91	210	05/01/2019	12/01/2019	7	210.62
2	Diseño 210 al 25%	15.24	365.3	210	05/01/2019	12/01/2019	7	204.14
3	Diseño 210 al 25%	15.24	474.22	210	05/01/2019	19/01/2019	14	265.00
4	Diseño 210 al 25%	15.24	476.73	210	05/01/2019	19/01/2019	14	266.41
5	Diseño 210 al 25%	15.24	503.79	210	05/01/2019	02/02/2019	28	281.53
6	Diseño 210 al 25%	15.24	509.22	210	05/01/2019	02/02/2019	28	284.56

Nota: Se observa en la tabla 79 el diseño de concreto $f'c$ 210 kg/cm² al 25% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 281.53 kg/cm² y 284.56 kg/cm², en lo cual se observa que la resistencia va disminuyendo a comparación con el diseño al 10% Tabla 78, tiene una diferencia aceptable a la resistencia obtenida a los 28 días del diseño patrón Tabla 77. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 79. Resistencia $f'c$ 210 kg/cm² (50%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 210 al 50%	15.24	140.16	210	06/02/2019	13/02/2019	7	78.32
2	Diseño 210 al 50%	15.24	143.65	210	06/02/2019	13/02/2019	7	80.27
3	Diseño 210 al 50%	15.24	210.53	210	06/02/2019	20/02/2019	14	117.65
4	Diseño 210 al 50%	15.24	215.23	210	06/02/2019	20/02/2019	14	120.27
5	Diseño 210 al 50%	15.24	253.32	210	06/02/2019	06/03/2019	28	148.18
6	Diseño 210 al 50%	15.24	276.87	210	06/02/2019	06/03/2019	28	141.56

Nota: Se observa en la tabla 80 el diseño de concreto $f'c$ 210kg/cm² al 50% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 148.18 kg/cm² y 141.56 kg/cm², en lo cual se observa que la resistencia a disminuido considerablemente a comparación con los diseños al 10% y 25% Tabla 79 y 78, Por lo tanto no llega a la resistencia requerida del diseño patrón Tabla N°77. Fuente: Elaboración propia.

Resultados con análisis estadístico

Tabla 80. Análisis de la varianza del $f'c$ 175 kg/cm² a los 28 días

Fuente	GL	SC ajuste.	MC ajuste.	Valor F	Valor p
Método ($f'c$ 210 kg/cm ² - 28 días)	3	55802.90	18601.0	1885.21	0.0003
Error	4	39.5	9.90		
Total	7	55842.3			

Nota: Se observa en la tabla 81 el diseño de concreto $f'c$ 210 kg/cm² el valor de “p” a los 28 días es de 0.000, el cual significa que no tiene errores. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 81. Agrupar información utilizando la prueba de Tukey y una confianza de 95%.

Método ($f'c$ 210 kg/cm ² - 28 días)	GL	SC Ajuste.	MC Ajuste.
A	2	358.355	A
B	2	339.070	A
C	2	283.045	B
D	2	144.870	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

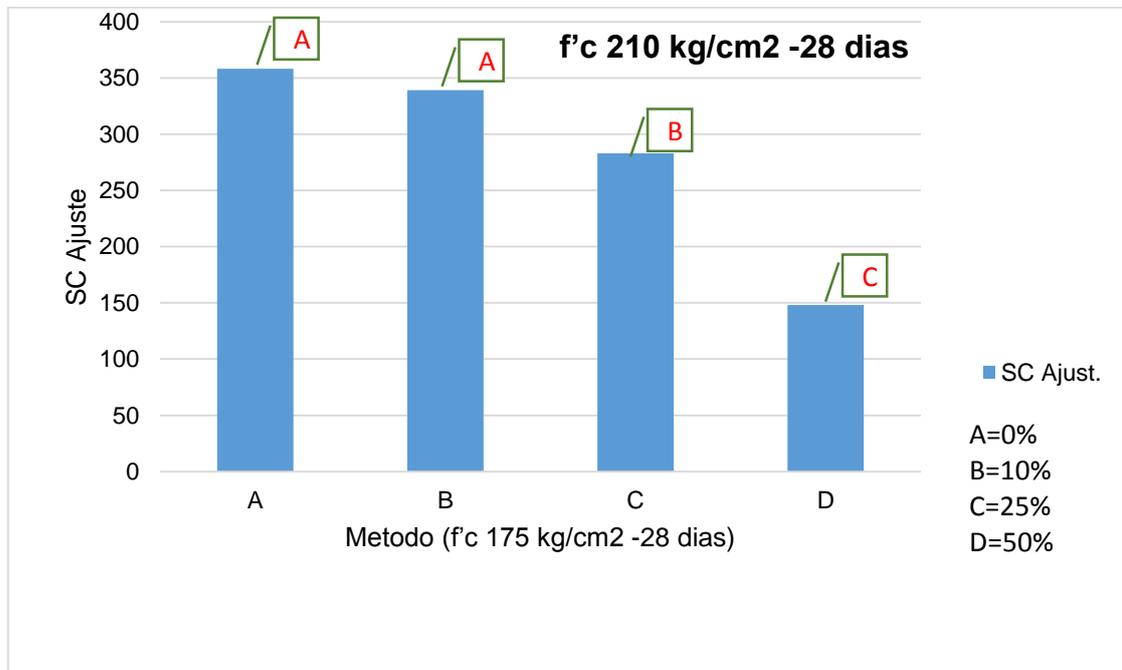


Figura 22. Los valores del método ($f'c$ 210 kg/cm² -28 días), A y B que son los diseños al 0% y 10 %, dan las mismas resistencias, mientras que el diseño C y D son diferentes.

Fuente: Propia.

Tabla 82. Resistencia $f'c$ 280 kg/cm² (0%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 280 al 0%	15.24	625.39	280	23/11/2018	30/11/2018	7	349.48
2	Diseño 280 al 0%	15.24	620.44	280	23/11/2018	30/11/2018	7	346.71
3	Diseño 280 al 0%	15.24	715.29	280	23/11/2018	07/12/2018	14	399.72
4	Diseño 280 al 0%	15.24	723.4	280	23/11/2018	07/12/2018	14	404.25
5	Diseño 280 al 0%	15.24	754.23	280	23/11/2018	21/12/2018	28	421.48
6	Diseño 280 al 0%	15.24	751.56	280	23/11/2018	21/12/2018	28	419.99

Nota: Se observa en la tabla 83 el diseño de concreto $f'c$ 280 kg/cm² al 0% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión axial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 421.48 kg/cm² y 419.99 kg/cm², respectivamente, lo cual es apto para que sea nuestro diseño patrón. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 83. Resistencia $f'c$ 280 kg/cm² (10%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 280 al 10%	15.24	444.44	280	07/01/2019	14/01/2019	7	248.69
2	Diseño 280 al 10%	15.24	432.5	280	07/01/2019	14/01/2019	7	241.69
3	Diseño 280 al 10%	15.24	627.01	280	07/01/2019	21/01/2019	14	319.85
4	Diseño 280 al 10%	15.24	527.99	280	07/01/2019	21/01/2019	14	325.59
5	Diseño 280 al 10%	15.24	662.72	280	07/01/2019	04/02/2019	28	418.65
6	Diseño 280 al 10%	15.24	751.13	280	07/01/2019	04/02/2019	28	422.58

Nota: Se observa en la tabla 84 el diseño de concreto $f'c$ 280 kg/cm² al 10%, a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 418.65 kg/cm² y 422.58 kg/cm², lo cual tiene una mínima diferencia a la resistencia obtenida a los 28 días del diseño patrón Tabla 83. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 84. Resistencia $f'c$ 280 kg/cm² (25%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 280 al 25%	15.24	508.31	280	10/01/2019	17/01/2019	7	284.05
2	Diseño 280 al 25%	15.24	511.25	280	10/01/2019	17/01/2019	7	285.7
3	Diseño 280 al 25%	15.24	551.32	280	10/01/2019	24/01/2019	14	308.09
4	Diseño 280 al 325%	15.24	553.79	280	10/01/2019	24/01/2019	14	309.47
5	Diseño 280 al 25%	15.24	692.02	280	10/01/2019	07/02/2019	28	386.71
6	Diseño 280 al 25%	15.24	695.36	280	10/01/2019	07/02/2019	28	388.58

Nota: Se observa en la tabla 85 el diseño de concreto $f'c$ 280 kg/cm² al 25% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 386.71 kg/cm² y 388.58 kg/cm², en lo cual se observa que la resistencia va disminuyendo a comparación con el diseño al 10% Tabla 84, tiene una diferencia aceptable a la resistencia obtenida a los 28 días del diseño patrón Tabla 83. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 85. Resistencia $f'c$ 280 kg/cm² (50%)

N°	Descripción	D	Carga Máxima (kn)	$f'c$ Diseño kg/cm ²	Fecha Vaciado	Fecha Rotura	Edad	$f'c$ (kg/cm ²)
1	Diseño 280 al 50%	15.24	227.67	280	07/02/2019	14/02/2019	7	127.23
2	Diseño 280 al 50%	15.24	218.37	280	07/02/2019	14/02/2019	7	122.03
3	Diseño 280 al 50%	15.24	245.24	280	07/02/2019	21/02/2019	14	142.85
4	Diseño 280 al 50%	15.24	275.32	280	07/02/2019	21/02/2019	14	153.85
5	Diseño 280 al 50%	15.24	285.49	280	07/02/2019	07/03/2019	28	159.54
6	Diseño 280 al 50%	15.24	297.07	280	07/02/2019	07/03/2019	28	166.01

Nota: Se observa en la tabla 86 el diseño de concreto $f'c$ 280 kg/cm² al 50% que a los 28 días se presentó mayor resistencia a la compresión uniaxial entre las dos probetas N° 5 y N°6, con valores de 159.54 kg/cm² y 166.01 kg/cm², en lo cual se observa que la resistencia a disminuido considerablemente a comparación con los diseños al 10% y 25% Tabla 84 y 85, Por lo tanto, no llega a la resistencia requerida del diseño patrón Tabla N°83. Fuente: Elaboración propia.

Resultados con análisis estadístico

Tabla 86. Análisis de la varianza del $f'c$ 280 kg/cm² a los 28 días

Fuente	GL	SC ajuste.	MC ajuste.	Valor F	Valor p
Método ($f'c$ 280 kg/cm ² - 28 días)	3	92886.7	30962.2	4898.0	0.0003
Error	4	25.3	6.3	4	
Total	7	92911.9			

Nota: Se observa en la tabla 87 el diseño de concreto $f'c$ 280 kg/cm² el valor de “p” a los 28 días es de 0.000, el cual significa que no tiene errores. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 87. Agrupar información utilizando la prueba de Tukey y una confianza de 95%.

Método ($f'c$ 280 kg/cm ² - 28 días)	GL	SC ajuste.	MC ajuste.
A	2	420.735	A
B	2	420.615	A
C	2	387.645	B
D	2	162.775	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia.

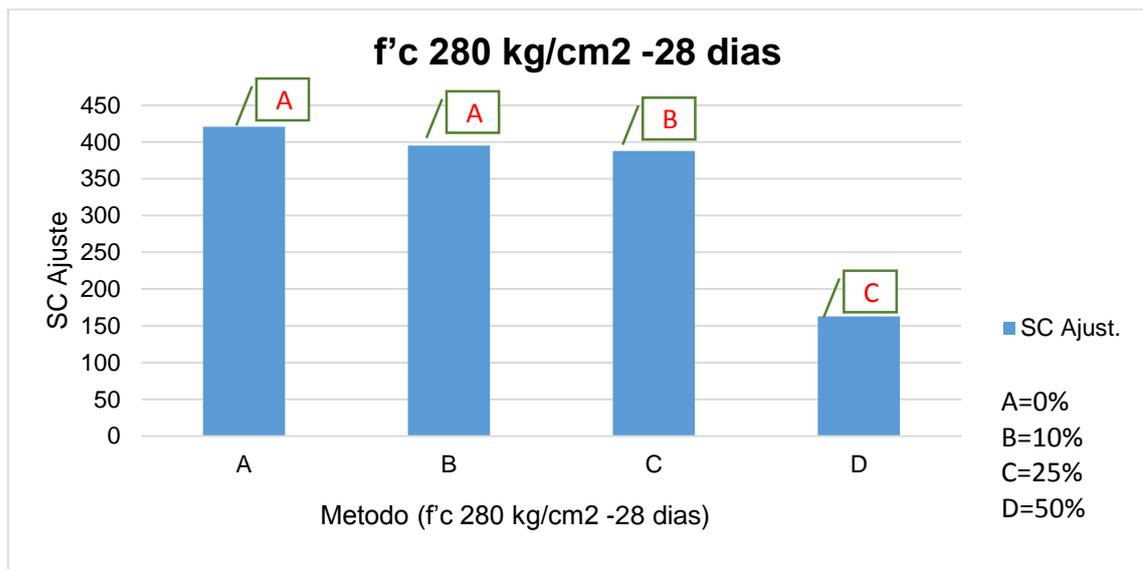


Figura 23. Los valores del método ($f'c$ 280 kg/cm² -28 días), A y B que son los diseños al 0%, 10 %, dan las mismas resistencias, mientras que el diseño C y D es diferente a los demás. Fuente: Propia. Foto referencial.

4.4.2. Resumen de la resistencia a la compresión

Tabla 88. Resumen de las resistencias

f'c (kg/cm ²)	DIAS	PATRON(kg/cm ²)	PORCENTAJE DE RELAVE		
			10%	25%	50%
DISEÑO 175	28	301.295	263.63	250.12	112.06
DISEÑO 210	28	358.355	339.07	283.045	148.870
DISEÑO 280	28	420.735	420.615	387.645	162.775

Nota: Resultado de las resistencias de cada diseño, para los 28 días. Fuente: Propia

4.4 Obras de ingeniería

De acuerdo al ensayo de resistencia a la compresión, emplear concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, elaborado con relave minero, se pueden realizar obras complementarias que se encuentren al aire libre.

Tabla 89. Elementos estructurales

Tipos de obras	f'c resistencia a los 28 días		
	175 kg/cm ²	210 kg/cm ²	280 kg/cm ²
Obras civiles	Sobrecimiento	x	
	Losa de concreto - losa deportiva	x	
	Falso piso	x	
	Muros de concreto		x
Obras viales	Pavimento rígido capa de rodadura de concreto de cemento portland I		x
Obras complementarias	Sardinell	x	
	Veredas	x	

Nota: Recopilación de la página Oficial UNACEM /los diseños son para el tamaño nominal del agregado grueso. Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la actualidad no existe ninguna norma que indique el método para los ensayos del relave minero, por ello se realizaron las pruebas tomando en cuenta las normas aplicadas al agregado fino.

5.1 Componentes químicos

Los componentes químicos del relave de la Mina San Vicente, influyen en la composición del cemento ya que su mineralogía de la ganga está representada por dolomita (carbonato de calcio y magnesio 97.2%, según la tabla 43), en cantidades menores de calcita, el cual es uno de los componentes más importantes del cemento, tabla 42.

- El óxido de sílice SiO_2 es un desecante, es decir que absorbe la humedad, en el análisis químico del relave, la tabla 43, dio como resultado 1.1 y según la composición del cemento que nos da la unacem y descrito en la tabla 42, menciona que debería de ser 20%.
- Carbonato de calcio $\text{Ca}(\text{CO})_2$, otorga dureza y durabilidad es un componente químico muy importante dentro de los componentes del cemento, el resultado del análisis químico según la tabla 43 es de 1.4 y según la página oficial unacem y lo descrito en la tabla 42 es de 65%.
- Carbonato de calcio y magnesio $\text{CaMg}(\text{CO}_2)_2$ y Carbonato de calcio, otorga dureza y durabilidad es un componente químico muy importante dentro de los componentes del cemento, el resultado del análisis químico según la tabla 43 es de 97.3% y 1.4% y según la página oficial unacem y lo descrito en la tabla 42 es de 65%.
- El porcentaje del cloruro de cobre según la tabla 43 es de 0.3 y según el OSHA la exposición al aire es de 1 %, por lo cual es menor al límite legal admisible y no representa ningún peligro.

Por lo tanto se puede afirmar lo expuesto en la tesis de García (2015) realizó la investigación: *Uso de residuos mineros de una mina de fe en la industria de la construcción*, México, universidad nacional Autónoma de México:” la cual en su composición química menciona que el relave minero presenta carbonato de calcio “ , sin embargo en la tesis de Anicama (2010) realizó la investigación : *Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios* , Perú-Lima, Pontificia universidad católica del Perú, menciona que :”el relave minero presenta 1000 ppm de sulfatos y no puede ser utilizado como relleno volumétrico”, esto depende del mineral que extrae la mina.

5.2 Dosificación

Los resultados de la dosificación de los relaves mineros en diferentes porcentajes que va desde el 10%, 25% y el 50%, con tres $f'c=175 - 210 - 280$ kg/cm².

La tabla 44 del diseño patrón del $f'c=175$ kg/cm², nos da 6.660 kg de cemento ,18.210 kg de agregado fino, 22.24 kg de agregado grueso y agua 4.49 lt , mientras que para una dosificación del 30 % según la tabla 46 el cemento es de 4.99 kg y del relave minero es de 1.66 kg , y los valores de los agregados y el agua sigue siendo el mismo para diferentes proporciones, mientras que en la tabla 47 el relave cemento es de 3.33 kg y el relave minero es de 3.33 kg , viendo una reducción de casi el 50% en cemento, en la cual se nota la disminución del cemento en diversos porcentajes , que va hacer remplazado por el relave minero.

En la dosificación del 25% para un $f'c=210$ kg/cm² según la tabla 50 menciona que la dosificación del cemento es de 5.75 kg, y el relave minero es de 1.92 kg , el agregado grueso es de 212.76 kg , el fino es de 17.56 kg y de agua es 4.56lt, mientras que para una dosificación del $f'c=175$ kg/cm² según la tabla 46 el cemento es de 4.99 kg y del relave minero es de 1.66 kg , y los valores de los agregados y el agua sigue siendo el mismo de la tabla 45, siempre trabajando con el slump de 4”, por lo tanto se podría afirmar la tesis de Anicama (2010)

realizo la investigación :*Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios*, Lima, Pontificia universidad católica del Perú:” Los relaves en las proporciones trabajadas no hacen variar significativamente el slump del concreto.”

La tesis de Curo y Rashuaman (2015) realizo la investigación: *Diseño de mezclas de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, adicionando relave minero de la relavera N°09-Acchilla-ccochoaccasa , para el transito ligero (método ACI)*, en el distrito de Lircay provincia de Angaraes-Huancavelica, universidad nacional de Huancavelica :“La cual en su diseño patrón uso 7.306 kg de cemento, adquiriendo una resistencia a la compresión a los 28 días , mientras que adicionando 20% de relave minero en el diseño de mezcla obtenida , utiliza 6.131 kg de cemento”, mientras que esta investigación para un $f'c$ de 175 kg/cm^2 , según la tabla 44 se utilizó 6.66 kg de cemento, mientras adicionando relave minero al 25%, se utilizó solo 4.99 kg de cemento y de relave minero 1.66 kg , el cual nos hace concluir que hay una diferencia de 1.67 kg de cemento del patrón con el diseño con relave.

5.3 Propiedades Mecánicas

Investigaciones anteriores solo llegaban a un $f'c=175\text{kg/cm}^2$, como es la tesis de *Diseño de mezclas de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, adicionando relave minero de la relavera N°09-Acchilla-Ccochoaccasa , para el transito ligero (método ACI)*, en el distrito de Lircay provincia de Angaraes-Huancavelica, “su resistencia a la compresión a los 7,14 y 28 días en el diseño patrón salió de 176.72kg/cm^2 y el diseño adicionando el relave minero en 20% su resistencia es de 170.73 kg/cm^2 ”, con nuestra investigación queremos resaltar que no solo se puede llegar a esa resistencia con el relave sino que se puede llegar al $f'c=280\text{kg/cm}^2$ al 10% con relave, llegando a su resistencia optima a los 7 días, con una su resistencia a la compresión de 245.19kg/cm^2 .

La resistencia a la compresión de la tabla 72 del $f'c=175\text{ kg/cm}^2$ al 10%, nos menciona que la resistencia promedio alcanzada a los 28 días fue de 263.63 kg/cm^2

cm², mientras que en la tabla 74 al 50%, nos menciona que la resistencia es de 112.06 kg/ cm² del cual se puede afirmar lo expuesto por Melgarejo (2018) “(...) la resistencia conforme se sustituía mayor porcentaje de relave minero al cemento”.

La tabla 75 del análisis de varianza del f'c=175 kg/ cm² a los 28 días tiene un valor de p de 0.000 el cual significa que no hay error y en la tabla 76 los diseños del B (10%) y del C (25%) las resistencias son iguales, mientras que en un f'c=280 kg/ cm² de la tabla 88 los diseños A(0%) ,B(10%) sus resistencias son diferentes, por lo cual se puede afirmar lo expuesto por Melgarejo (2018): “La resistencia obtenida a compresión en los testigos cilíndricos del patrón, se visualizó que superó la resistencia de f´c = 210 kg/cm², de la misma forma se visualizó la disminución de la resistencia conforme se sustituía mayor porcentaje de relave minero al cemento”.

De la tabla 71 el promedio de la resistencia a la compresión a los 28 días es de 301.295 kg/cm², mientras que en las tablas 72 es de 262.63 kg/cm², la tabla 73 es de 250.12 kg/cm² y de la tabla 74 es de 112.06 kg/cm², del cual se puede afirmar lo realizado en la varianza, tabla 76, que las resistencias B y C son las mismas.

De la tabla 77 la resistencia promedio a la compresión a los 28 días es de 358.355 kg/cm², mientras que en las tablas 78 es de 339.160 kg/cm², la tabla 79 es de 283.045 kg/cm² y de la tabla 80 es de 144.87 kg/cm², del cual se puede afirmar lo realizado en la varianza, tabla 82, que las resistencias A y B son las mismas.

De la tabla 83 la resistencia promedio a la compresión a los 28 días es de 420.735 kg/cm², mientras que en las tablas 84 es de 420.615 kg/cm², la tabla 85 son de 387.645 kg/cm² y de la tabla 86 es de 162.775 kg/cm² del cual se puede afirmar lo realizado en la varianza, tabla 88, que las resistencias A y B son las mismas.

5.3.1. Módulo de finura del relave minero

Según la NTP 400.012 el valor del módulo de finura del agregado fino ensayado debería indicar una variación $2.3 < mf < 3$, mientras que nuestro resultado del relave minero de la tabla 57 indica un valor de 0.6, que hace referencia que el valor del agua será menor, en cada diseño.

Las tesis: “Medición de las propiedades geoquímicas y mecánicas del pasivo ambiental relave mina paredones para su propuesta de utilización como relleno en pasta para labores mineras subterráneas – Cajamarca – setiembre 2015”, de la mina Paredones que extrae plomo y zinc, su módulo de finura es de 2.04, mientras que el de la tesis “Diseño de mezclas de concreto $f'c=175$ kg/cm² adicionando relave minero de la relavera N°09-Acchilla-ccoaccasa , para el tránsito ligero (método ACI), en el distrito de Lircay provincia de Angaraes-Huancavelica”, de la mina buenaventura que extrae oro y plata, su módulo de finura es de 0.56 , y de la mina estudiada en esta investigación (mina san Vicente) que se dedica a la extracción de Plomo y Zinc, su módulo de finura es de 0.6.

5.3.2. Peso específico y absorción del relave minero

Las normas NTP 400.021 Y NTP 400.022., indican que el valor para el agregado fino para la absorción debe variar entre 0.87% a 2.75%. Según los ensayos realizados en el laboratorio n°2 –mecánica de suelos –UNI, el resultado de porcentaje de absorción de la tabla 57 es de 0.482 %, el cual indica que no tiene la capacidad de absorción o retener la humedad.

La tabla 58 la capacidad de absorción es de 0.482, mientras que en la tesis *Resistencia del concreto $f'c=210$ kg/cm² con sustitución del cemento en 4% y 8% por relave de la mina Potosí*, afirma que: “su peso específico es de 2.66, el cual indica una buena capacidad de absorción, esto depende a la calidad del relave minero”.

5.3.3. Granulometría

La curva granulométrica del grueso y fino según las figuras 23 y 24, demuestran que están dentro del parámetro, establecido en el manual de ensayos de materiales en la que se afirma que:” La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto, deberá ser continua (...)”.

5.4 Obras de ingeniería

Investigaciones anteriores solo llegaban a un $f'c=175\text{kg/cm}^2$, como es la tesis de ”Diseño de mezclas de concreto $f'c=175\text{kg/cm}^2$, adicionando relave minero de la relavera N°09-Acchilla-ccoaccasa , para el tránsito ligero (método ACI), en el distrito de Lircay provincia de Angaraes-Huancavelica”, solo propone la utilización de estos para obras viales de tránsito ligero mientras que en la investigación realizada de la tabla 82 , propone para obras complementarias, obras de civiles y obras viales (pavimento rígido).

En la tabla 90 se hace una evaluación de los tipos de obra que se pueden utilizar de acuerdo a la tabla x , en la que se evalúa las resistencia a los 28 días del $f'c=175\text{kg/cm}^2$, 210kg/cm^2 y 280kg/cm^2 ,por lo tanto se puede afirmar la tesis de García(2015) :*Uso de residuos mineros de una mina de fe en la industria de la construcción*, México, universidad nacional autónoma de México, :”(...)de acuerdo a su resistencia a la compresión pueden ser utilizados para viviendas de poca altura y el celular, el cual de acuerdo a su densidad tiene varios usos como: bloques y paneles de concreto para las capas externas de edificios, paredes divisoras, losas de concreto para techos y pisos”.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que el empleo del relave minero como componente del agregado fino mejora las propiedades de resistencia del concreto mayor a $f'c$ 175 kg/cm^2 , en la dosificación del diseño patrón como el de los diseños al 10%, 25% y 50% , para cada resistencia , según el análisis de varianza y el método tukey utilizado, demuestra que al 10% cumple la resistencia requerida según el E.60 y la ASTM C39, mientras que al 25% solo cumple la resistencia para el 175 kg/cm^2 y 210 kg/cm^2 y en una dosificación del 50% no cumple para ninguna resistencia, por lo cual esta dosificación no puede ser utilizada para ninguno de los tipos de construcciones mencionadas anteriormente.
2. Los componentes químicos del relave minero son el carbonato de calcio y magnesio 97.2 %, el óxido de silicio 1.1% y el carbonato de calcio 1.4 %, causaron efecto en las propiedades químicas del cemento ya que otorgan dureza y durabilidad al concreto.
3. La dosificación de diseño patrón y del relave minero en diferentes porcentajes (10%, 25% y 50%), no vario en la cantidad del agregado fino, grueso y el agua, el slump para el cual se diseñó se mantuvo, sino incidió significativamente en la reducción del porcentaje de cemento requerido para cada diseño, reemplazándolo por el relave minero.
4. El resultado de resistencia a compresión del diseño de mezcla patrón del $f'c$ 280 kg/cm^2 obtenido, utiliza en el concreto 9.390 kilos de cemento, adquiriendo una resistencia a compresión los 28 días, de 420.735 kg/cm^2 que equivale al 100%, mientras adicionando relave minero (25%) en el diseño de mezclas obtenidas, utiliza 7.040 kilos de cemento, adquiriendo una resistencia a compresión a los 28 días de 387.645 kg/cm^2 que equivale al 92.14 %, y al 50% del diseño con relave, es de 162.775 que equivale a 38.69%, del cual se puede concluir que las propiedades mecánicas mejora

significativamente la resistencia hasta un 25% y mayores a este no cumple la resistencia requerida.

Los resultados del análisis de varianza, por el método Tukey confirman que las propiedades mecánicas mejora significativamente la resistencia a la compresión, del porcentaje del relave hasta el 10% y con mayor significancia en el tratamiento $f'c$ 210 y 280 kg/cm^2 , el cual los diseño a y b son iguales, por ende, con cualquiera de estos dos tipos de diseño, se puede lograr la misma resistencia.

5. Se evaluó de acuerdo a los ensayos realizados de resistencia a la compresión para cada diseño y porcentajes, que estos debían ser utilizados para obras civiles, viales y complementarias.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un adecuado estudio de los agregados a utilizar, para poder realizar bien los diseños de mezcla, así mismo mandar a realizar el estudio de los componentes químicos del relave en un laboratorio que cuente con las herramientas y equipos necesarios.
2. Se recomienda trabajar con porcentajes de reemplazo de cemento por relave menores a 10% para obtener resistencias altas. Se recomienda trabajar con porcentajes de reemplazo de cemento por relave del orden de 25% para obtener resistencias bajas.
3. Se propone innovar e utilizar el relave minero en construcciones civiles, para de esta manera poder disminuir la cantidad de este desecho minero y crear una conciencia ambiental.

Se puede utilizar también para obras de saneamiento como cunetas, reservorios, plantas de tratamiento, canales de riego, presas, etc., en edificaciones en las cimentaciones, tomando en cuenta que este tipo de obras van a ser afectadas por los sulfatos, se propone en la investigación utilizar aditivos, así como proteger con selladores penetrantes y sistemas de encapsulamiento de pilotes para protegeré la superficie.

De la misma forma a la Escuela Profesional De Ingeniería Civil, como institución de formación profesional, propiciar la investigación del uso de materiales como desechos de actividades mineras, obras civiles, etc. Para poder contribuir al cuidado del medio ambiente.
4. Los diseños preparados han sido efectuados en una zona de clima templado. Para trabajarlos en zonas con bajas temperaturas se deberían usar aditivos plastificantes para climas fríos y tener las consideraciones necesarias para los ciclos de hielo y deshielo (Incorporar aire adicional si fuese necesario).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Rojas Huamaní, Lissette Evelyn & Ventura Huamán, Liz Edith (2017). Utilización del relave minero como elaboración de bloques de concreto tipo ensamblaje (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
2. Animaca Acosta Gerson,(2010) . Estudio experimental del empleo de materiales de desecho de procesos mineros en aplicaciones prácticas con productos cementicios (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
3. Bicher Luis Gutiérrez López (2018: Fabricación de morteros geo poliméricos eco amigables a partir de residuos inorgánicos mineros como producto alternativo a morteros de cemento portland (tesis de pregrado). Universidad Católica San Pablo. Chimbote, Perú.
4. Nadia García Luna (2015). Uso de residuos mineros de una mina de fe en la industria de la construcción (tesis de pregrado). Universidad Nacional Autónoma De México.
5. El artículo científico, Céspedes, J (2012). Uso del reciclaje de relave minero, de acuerdo a los estudios mineralógicos y químicos, la presencia de alúmina (Al_2O_3), sílice (SiO_2) y un activador alcalino tal como hidróxido de sodio (NaOH) permiten la creación de geo polímeros p (7).
6. Ali Umara,Shettima (13 de September,2016), *Evaluation of iron ore tailings as replacement for fine aggregate in concrete* .p(72-79)
7. Ministerio de minería de Chile, (2019).gobierno de chile.
8. Moreno, I. (2016). Estado actual de los Relaves en Chile. Chile. *Ministerio de minería*. Recuperado de: https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/ignacio_moreno_subsecretario

9. Arriortua y Pizarro (2014).relación entre la estructura cristalina de rayos x .Vasco: Departamento de mineralogía y petrología de la UPC/EHU.
- 10.Romero y Hernández (2014). Diseño de mezclas de hormigón por el método a.c.i. y efectos de la adición de cenizas volantes de termotasajero en la resistencia a la compresión. Universidad santo tomas. Bogotá.
- 11.Ministerio de transportes y comunicaciones (ed.) (2016). Manual de ensayo de materiales (vol., pp814).Perú, afirma: Ensayo que se encuentran normado según: ASTM C39
- 12.Real academia Española (2019). Real academia de la lengua española (22.º ed.)consultado en <https://dle.rae.es/?id=KeqZ0FM|KevGmFd>
- 13.Instituto Mexicano de cemento y concreto (Noviembre, 2018).Boletín informativo de ingeniería civil Imcyc .Recuperado de <http://www.iccg.org.gt/index.php/noticias-y-boletines/boletines-informativos/84-boletin-informativo-noviembre-2018>.
- 14.Aceros Arequipa. (Julio, 2015) boletín de aceros Arequipa. Recuperado de http://www.acerosarequipa.com/construccion-de-viviendas/boletin-construyendo/edicion_17/mucho-ojo-al-reglamento-resistencia-a-la-compresion-del-concreto.html.
- 15.Barbudo y Chinchon (2014).Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland .España. Editorial UNE.
- 16.Lopez y Sepúlveda (2014). Caracterización física de diferentes muestras de agregados pétreos para el concreto - zona norte de Bogotá. Universidad Católica de Colombia. Colombia

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f'c=175\text{kg/cm}^2$, CON FINES AMBIENTALES.”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cómo influye el relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales, en la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: a) ¿Cuáles son los componentes químicos presentes en el relave minero para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales? b) ¿Cuáles serían los resultados de la dosificación del relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales? c) ¿Cuál es la influencia de las propiedades mecánicas del relave minero como componente del concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales? d) ¿En qué tipo de obras de ingeniería se puede emplear concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, elaborado con relave minero?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Determinar la influencia del relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales, en la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: a) Analizar los componentes químicos del relave minero en la elaboración del concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales. b) Determinar la dosificación de los relaves mineros a emplear como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$. c) Determinar la influencia de las propiedades mecánicas del relave minero como componente del concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales. d) Evaluar en qué tipo de obras de ingeniería se puede emplear concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, elaborado con relaves mineros con fines ambientales.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL El relave minero como componente del agregado fino mejora las propiedades de resistencia para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales, en la compañía minera San Ignacio de Morococha S.A. - Vitoc – 2018.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: a) Los componentes químicos del relave minero a emplear causan efecto en la elaboración de concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, con fines ambientales. b) La dosificación del relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$, incide significativamente en la reducción del porcentaje de cemento requerido por el diseño patrón. c) Las propiedades mecánicas mejora significativamente en la resistencia a la compresión, empleando el relave minero como componente del agregado fino para elaborar concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$. d) El concreto mayor a $f'c=175\text{kg/cm}^2$ elaborado con relaves mineros con fines ambientales, se puede emplear en obras de ingeniería.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X)</p> <p>Relave Minero</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Componentes químicos • Dosificación de relaves • Propiedades mecánicas • Obras de Ingeniería <p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y)</p> <p>Concreto mayor</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cemento • Agregado Fino • Agregado grueso • Agua 	<p>Método de investigación Científico</p> <p>Tipo de investigación Aplicada</p> <p>Nivel de investigación Explicativo-descriptivo</p> <p>Diseño de investigación Cuasi - Experimental</p> <p>Población y Muestra Población: Conformada por 96 testigos de concreto.</p> <p>Muestra: Aleatoria está conformada por 72 testigos.</p>

ANEXO N°02

CERTIFICADOS



INFORME N° S18 - 745-1

SOLICITANTE : CARHUAMACA RAU DENITH AKEMI Y CORAS QUISPE ROCIO AMERICA
PROYECTO : "EMPLEO DE RELAVES MINEROS COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO
PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A F'c = 175 KG/CM2 CON FINES DE
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNIN
FECHA : 21 DE SETIEMBRE 2018

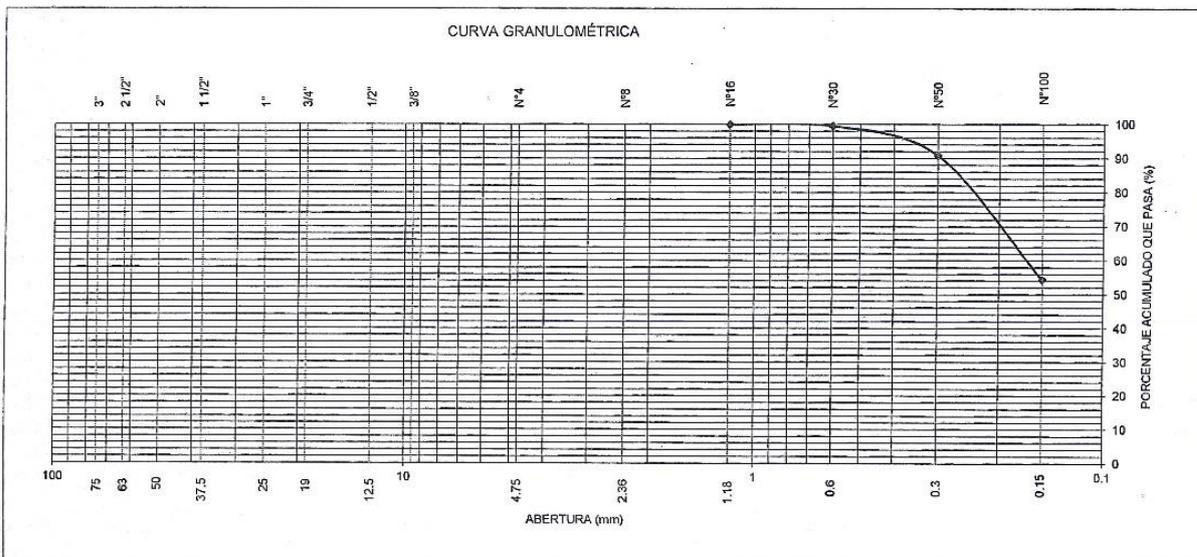
REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : Única

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM C 136

Table with 5 columns: Tamiz, Abertura (mm), (%) Parcial Retenido, (%) Acumulado Retenido, (%) Acumulado Pasa. Rows include sieve sizes from 3/8" to FONDO.

Módulo de Fineza ASTM C-125 : 0.6



Nota: Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecución : Téc. R. Puchuri P.
Revisión : Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Signature of Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



ABET

INFORME N° S18 - 745-2

SOLICITANTE : CARHUAMACA RAU DENITH AKEMI Y CORAS QUISPE ROCIO AMERICA
PROYECTO : "EMPLEO DE RELAVES MINEROS COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO
PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A F'C = 175 KG/CM2 CON FINES DE
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA : 21 DE SETIEMBRE 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : Única

ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216

Contenido de Humedad (%) : 5.6

Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante

Ejecutado por : Téc. R. Puchuri P.

Revisado por : Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



ABET

INFORME N° S18 - 745-3

SOLICITANTE : CARHUAMACA RAU DENITH AKEMI Y CORAS QUISPE ROCIO AMERICA
PROYECTO : "EMPLEO DE RELAVES MINEROS COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO
PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A F/C = 175 KG/CM2 CON FINES DE
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA : 21 DE SETIEMBRE 2018

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : Única

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C - 128

P.e. BULK (BASE SECA)	:	2.840
P.e. BULK (BASE SATURADA)	:	2.854
P.e. APARENTE (BASE SECA)	:	2.880
% DE ABSORCIÓN	:	0.482

Nota. Muestra remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecución : Téc. R. Puchuri P.

Revisión : Ing. D. Basurto R. / B.R.P.




Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos



INFORME N° S18 - 745-4

SOLICITANTE : CARHUAMACA RAU DENITH AKEMI Y CORAS QUISPE ROCIO AMERICA
PROYECTO : "EMPLEO DE RELAVES MINEROS COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO
PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A F'C = 175 KG/CM2 CON FINES DE
SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL"
UBICACIÓN : HUANCAYO - JUNÍN
FECHA : 21 DE SETIEMBRE 2018

RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra : Única

PESO UNITARIO VARILLADO ASTM C-29

Peso Unitario Varillado (gr/cm³) : 1.730

PESO UNITARIO SUELTO ASTM C-29

Peso Unitario Suelto (gr/cm³) : 1.504

Nota.- La muestra fue remitida e identificada por el Solicitante.

Ejecución : Téc. R. Puchuri P.

Revisión : Ing. D. Basurto R. / B.R.P.



[Signature]
Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI



INFORME TÉCNICO N° 1327 – 18 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : DENITH CARHUAMACA RAU
 - 1.2 D.N.I. : 76724918
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 01 / 08 / 2018
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 03 / 08 / 2018
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 09 / 08 / 2018
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EN RELAVE MINERO
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE RELAVE MINERO
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 18.6 °C; Humedad relativa: 70%
7. EQUIPO UTILIZADO : DIFRACTÓMETRO DE RAYOS X. PANALYTICAL, EMPYREAN
8. RESULTADOS

COMPUESTO	FÓRMULA QUÍMICA	RESULTADOS	MÉTODO DE UTILIZADO
Carbonato de calcio y magnesio, %	CaMg(CO ₃) ₂	97.2	Difracción de Rayos X ^(*)
Cloruro de cobre, %	CuCl	0.3	
Óxido de silicio, %	SiO ₂	1.1	
Carbonato de calcio, %	Ca(CO ₃)	1.4	

^(*) Ver difractograma en ANEXO.

^(*) El análisis por difracción de rayos X se realizó en base seca.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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

Bach. Kevin Sulca Q.
Analista
LABICER –UNI

Otilia Acra de la Cruz
Responsable de Análisis
Jefe de laboratorio
CQP 202

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

ANEXO

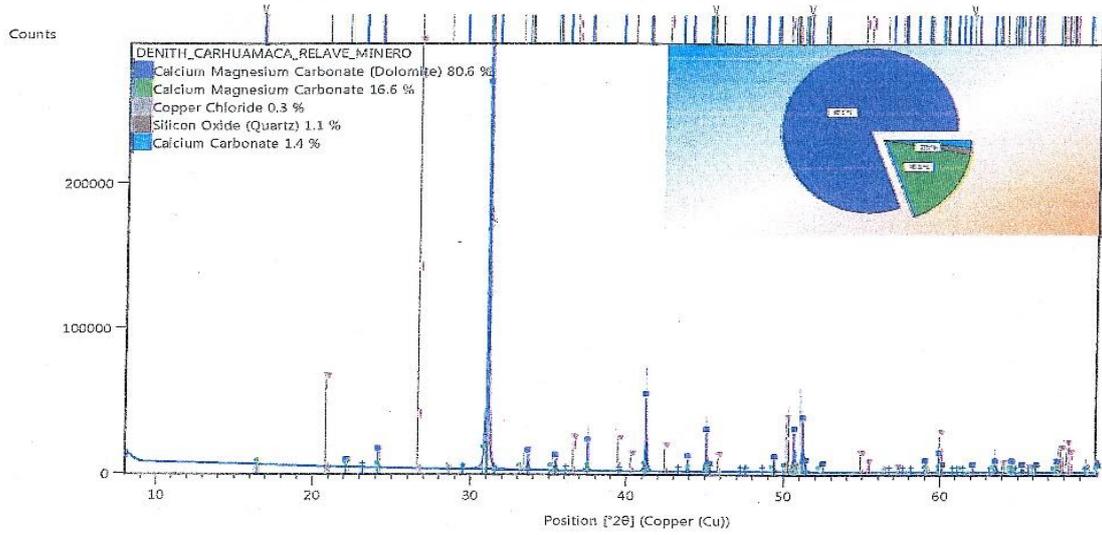


FIGURA 1: difractograma de la muestra de relave minero.





DS0068213082018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
MECANICA DE SUELOS Y ASFALTO

INFORME N° DS0068213082018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES
Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America
Fecha de recepción : viernes, 16 de Noviembre de 2018
Fecha de emisión : viernes, 23 de Noviembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 400.012:13 - ASTM C 136-96a

Código ASTM C 136-96a

Standard Test Method for Sieve Analysis of
Fine and Coarse Aggregates.

Código NTP 400.012:13

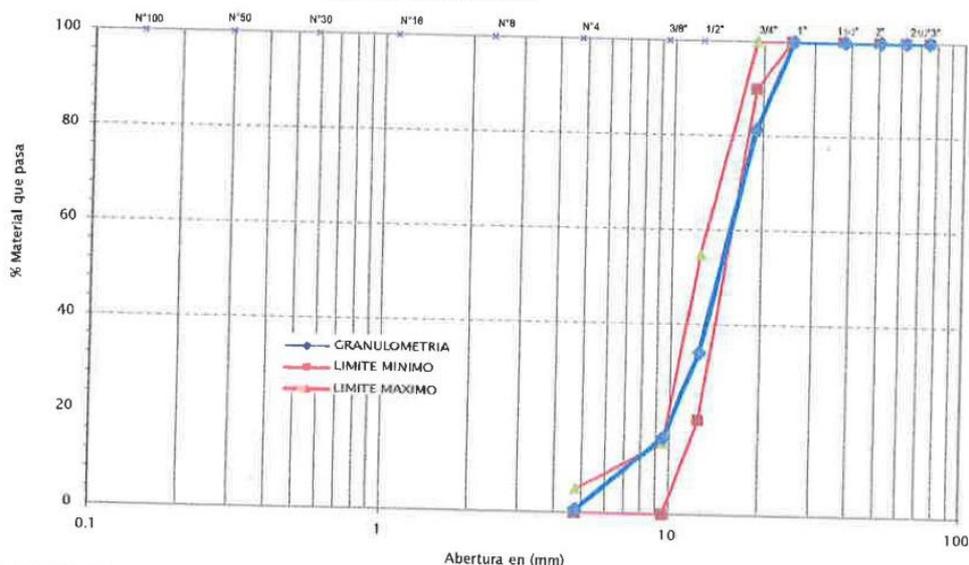
Título AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado
fino, grueso y global

GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Abertura (mm)	Material retenido			%Muestra que Pasa.	Especif. Huso 6	
		Peso Ret.	%Ret.	%Ret Acum.		min. %	max %
3"	75.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2 1/2"	62.00	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.00	401.5	18.6	18.6	81.4	90.0	100.0
1/2"	12.50	1018.5	47.2	65.8	34.25	20.0	55.0
3/8"	9.50	392.20	18.16	83.91	16.09	0.0	15.0
N°4	4.76	331.70	15.36	99.28	0.72	0.0	5.0
FONDO	0.00	15.65	0.72	100.00	-	-	-
TOTAL		2159.45	100.00				

Lugar 3 DE DICIEMBRE
Muestra M1

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES

Muestras provista e identificada por el interesado

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICATION (FORNEY)

Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N° 17014-2019)

Balanza OHAUS SP36001, N° Serie B411400957 - 6000gr, Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N° 17014-2019)

Tel.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 973729505 / 957320674

E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES
 Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
 : Bach. CORAS QUISPE, Rocio America
 Fecha de recepción : viernes, 16 de Noviembre de 2018
 Fecha de emisión : viernes, 23 de Noviembre de 2018

ANALISIS GRANULOMETRICO NTP 400.012:13 - ASTM C 136-96a

Código ASTM C 136-96a
 Standard Test Method for Sieve Analysis of
 Título Fine and Coarse Aggregates.

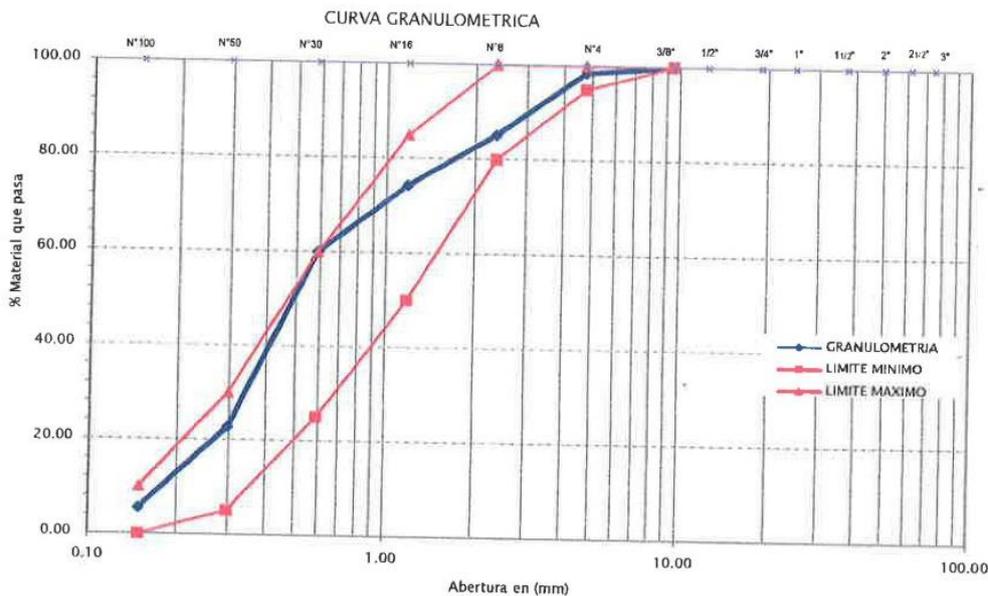
Código NTP 400.012:13
 Título AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADO FINO

Tamiz	Abertura (mm)	Material retenido			%Muestra que Pasa.	Especif.	
		Poso Ret.	%Ret.	%Ret Acum.		min. %	max %
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50	1.40	0.09	0.09	99.91	100.00	100.00
N°4	4.75	22.00	1.42	1.52	98.48	95.00	100.00
N°8	2.36	206.25	13.29	14.81	85.19	80.00	100.00
N°16	1.18	168.10	10.88	25.69	74.31	50.00	85.00
N°30	0.59	220.60	14.28	39.97	60.03	5.00	30.00
N°50	0.30	576.15	37.31	77.28	22.72	0.00	10.00
N°100	0.15	266.10	17.23	94.51	5.49	0.00	0.00
FONDO	0.00	84.75	5.49	100.00	-	-	-
TOTAL		1544.35	100.00				

Lugar	ORCOTUNA
Muestra	M1

Módulo de finura 2.54



OBSERVACIONES : Muestras provista e identificada por el interesado
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad. (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP 004: 1993)

EQUIPO UTILIZADO:

Tamices ESTANDAR TEST SIEVE ASTM E-11 ESPECIFICACION (FORNEY)
 Estufa utilizada: Modelo STHX-2A-120°C, Serie 13018 - Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LT - 141 - 2019)
 Balanza OHAUS SPJ6001, N° Serie B411400997 - 6000gr. Calibrada por METROTEC (Certificado de Calibración N°MT - LM - 261 - 2019)



DS0069123112018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO**

INFORME N° DS0069123112018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR
CONCRETO MAYOR A $f'c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"
Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America
Fecha de recepción : viernes, 16 de Noviembre de 2018
Fecha de emisión : viernes, 23 de Noviembre de 2018

DISEÑO DE MEZCLAS ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$)

CEMENTO : ANDINO TIPO I
Peso específico : 3.15

AGREGADO FINO
ARENA GRUESA
CANTERA: ORCOTUNA

Peso específico de masa : 2.86
Peso específico de masa S.S.S. : 2.93
Peso específico de aparente : 3.07
Peso unitario suelto : 1899 Kg/m^3
Peso unitario compactado : 2029 Kg/m^3

AGREGADO GRUESO
PIEDRA CHANCADA 3/4"
CANTERA: 3 DE DICIEMBRE

Peso específico de masa : 2.66
Peso específico de masa S.S.S. : 2.69
Peso específico de aparente : 2.73
Peso unitario suelto : 1460 Kg/m^3
Peso unitario compactado : 1564 Kg/m^3

GRANULOMETRIA

Malla	% Retenido
1/2"	0.0
3/8"	0.1
N°4	1.4
N°8	13.3
N°16	10.9
N°30	14.3
N°50	37.3
N°100	17.2
FONDO	5.5

Malla	% Retenido
2"	0.0
1 1/2"	0.0
1"	0.0
3/4"	18.6
1/2"	47.2
3/8"	18.2
N°4	15.4
FONDO	0.7

Modulo de fineza : 2.539
Absorción : 2.42
Humedad : 0.30

Tamaño Maximo Nominal : 0.75
Absorción : 1.02%
Humedad : 22.79%

Van...///



Vienen...///



DS0069123112018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 AGREGADOS Y CONCRETO**
INFORME N° DS0069123112018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR
 CONCRETO MAYOR A $f'c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"
 Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
 : Bach. CORAS QUISPE, Rocio America
 Atención : Ing. Jose Meza Figueroa
 Fecha de recepción : viernes, 16 de Noviembre de 2018
 Fecha de emisión : viernes, 23 de Noviembre de 2018

DOSIFICACION ($f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$)

ASENTAMIENTO : 4 Pulg.
 FACTOR CEMENTO : 7.45 bc/m^3
 RELACION AGUA CEMENTO DE OBRA : 0.675
 RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO : 0.628
 PROPORCION EN PESO : 1 : 2.74 : 3.34 / 28.68 lt/bolsa de cemento
 PROPORCION EN VOLUMEN : 1 : 2.16 : 3.43 / 28.68 lt/bolsa de cemento

CANTIDAD DE MATERIALES SECOS POR METRO CUBICO P.U.C. = 2409 kg/m^3

CEMENTO	:	311 kg	:	ANDINO TIPO I
AGUA	:	200 L	:	POTABLE
AGREGADO FINO	:	851 kg	:	CANTERA: ORCOTUNA
AGREGADO GRUESO	:	1038 kg	:	CANTERA: 3 DE DICIEMBRE

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO, CORREGIDOS POR HUMEDAD Y POR PESO UNITARIO DEL CONCRETO: P.U.C. = 2457 kg/m^3

CEMENTO	:	317 kg	:	ANDINO TIPO I
AGUA	:	214 L	:	POTABLE
AGREGADO FINO	:	867 kg	:	CANTERA: ORCOTUNA
AGREGADO GRUESO	:	1059 kg	:	CANTERA: 3 DE DICIEMBRE

*MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)


Nataly Lucia Cordova Zorrilla

 CIP: 142899
 Gerente de Mecánica de Suelos y Geotecnia

Jr. Aguirre Morales N° 562 El Tambo - Huancayo
 Telf.: 064-247389 / Cel: 955736451 / 975729909 / 957920674
 E-mail: proyectos@dosedperu.com / www.dosedperu.com



DS0069123112018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO**

INFORME N° DS0069123112018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO
PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f'c=175\text{kg/cm}^2$ CON
Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America
Fecha de recepción : viernes, 16 de Noviembre de 2018
Fecha de emisión : viernes, 23 de Noviembre de 2018

DISEÑO DE MEZCLAS ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

CEMENTO : ANDINO TIPO I
Peso específico : 3.15

AGREGADO FINO
ARENA GRUESA
CANTERA: ORCOTUNA

Peso específico de masa : 2.86
Peso específico de masa S.S.S. : 2.93
Peso específico de aparente : 3.07
Peso unitario suelto : 1899 Kg/m^3
Peso unitario compactado : 2029 Kg/m^3

AGREGADO GRUESO
PIEDRA CHANCADA 3/4"
CANTERA: 3 DE DICIEMBRE

Peso específico de masa : 2.66
Peso específico de masa S.S.S. : 2.69
Peso específico de aparente : 2.73
Peso unitario suelto : 1460 Kg/m^3
Peso unitario compactado : 1564 Kg/m^3

GRANULOMETRIA

Malla	% Retenido
1/2"	0.0
3/8"	0.1
N°4	1.4
N°8	13.3
N°16	10.9
N°30	14.3
N°50	37.3
N°100	17.2
FONDO	5.5

Malla	% Retenido
2"	0.0
1 1/2"	0.0
1"	0.0
3/4"	18.6
1/2"	47.2
3/8"	18.2
N°4	15.4
FONDO	0.7

Modulo de fineza : 2.539
Absorción : 2.42
Humedad : 0.25

Tamaño Maximo Nominal : 0.75
Absorción : 1.02%
Humedad : 0.22%

Van...///



Vienen...///



DS0069123112018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO**

INFORME N° DS0069123112018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR
CONCRETO MAYOR A $f'c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"
Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America
Fecha de recepción : viernes, 16 de Noviembre de 2018
Fecha de emisión : viernes, 23 de Noviembre de 2018

DOSIFICACION ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$)

ASENTAMIENTO : 4 Pulg.
FACTOR CEMENTO : 8.58 bc/m^3
RELACION AGUA CEMENTO DE OBRA : 0.596
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO : 0.558
PROPORCION EN PESO : 1 : 2.29 : 2.97 / 25.34 lt/bolsa de cemento
PROPORCION EN VOLUMEN : 1 : 1.81 : 3.05 / 25.34 lt/bolsa de cemento

CANTIDAD DE MATERIALES SECOS POR METRO CUBICO P.U.C. = 2409 kg/m^3

CEMENTO	:	351 kg	:	ANDINO TIPO I
AGUA	:	200 L	:	POTABLE
AGREGADO FINO	:	805 kg	:	CANTERA: ORCOTUNA
AGREGADO GRUESO	:	1044 kg	:	CANTERA: 3 DE DICIEMBRE

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO, CORREGIDOS POR HUMEDAD Y POR PESO UNITARIO
DEL CONCRETO: P.U.C. = 2502 kg/m^3

CEMENTO	:	365 kg	:	ANDINO TIPO I
AGUA	:	217 L	:	POTABLE
AGREGADO FINO	:	836 kg	:	CANTERA: ORCOTUNA
AGREGADO GRUESO	:	1084 kg	:	CANTERA: 3 DE DICIEMBRE

*MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



DS0069123112018

**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
 AGREGADOS Y CONCRETO**
INFORME N° DS0069123112018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR
 CONCRETO MAYOR A $f'c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
 : Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : viernes, 16 de Noviembre de 2018

Fecha de emisión : viernes, 23 de Noviembre de 2018

DISEÑO DE MEZCLAS ($f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$)

CEMENTO : ANDINO TIPO I
 Peso específico : 3.15

AGREGADO FINO
 ARENA GRUESA
 CANTERA: ORCOTUNA

Peso específico de masa : 2.86
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.93
 Peso específico de aparente : 3.07
 Peso unitario suelto : 1899 Kg/m^3
 Peso unitario compactado : 2029 Kg/m^3

AGREGADO GRUESO
 PIEDRA CHANCADA 3/4"
 CANTERA: 3 DE DICIEMBRE

Peso específico de masa : 2.66
 Peso específico de masa S.S.S. : 2.69
 Peso específico de aparente : 2.73
 Peso unitario suelto : 1460 Kg/m^3
 Peso unitario compactado : 1564 Kg/m^3

GRANULOMETRIA

Malla	% Retenido	Malla	% Retenido
1/2"	0.0	2"	0.0
3/8"	0.1	1 1/2"	0.0
N°4	1.4	1"	0.0
N°8	13.3	3/4"	18.6
N°16	10.9	1/2"	47.2
N°30	14.3	3/8"	18.2
N°50	37.3	N°4	15.4
N°100	17.2	FONDO	0.7
FONDO	5.5		

Modulo de fineza : 2.539	Modulo de fineza : 6.982
Absorcion : 2.42 %	Tamaño Maximo Nominal : 3/4"
Humedad : 0.30 %	Absorcion : 1.02%
	Humedad : 0.23%



Vienen...///



DS0069123112018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AGREGADOS Y CONCRETO

INFORME N° DS0069123112018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR
CONCRETO MAYOR A $f'c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"
Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America
Fecha de recepción : viernes, 16 de Noviembre de 2018
Fecha de emisión : viernes, 23 de Noviembre de 2018

DOSIFICACION ($f'c = 280\text{ kg/cm}^2$)

ASENTAMIENTO : 4 Pulg.
FACTOR CEMENTO : 10.52 bc/m^3
RELACION AGUA CEMENTO DE OBRA : 0.496
RELACION AGUA CEMENTO DE DISEÑO : 0.466
PROPORCION EN PESO : 1 : 1.58 : 2.38 / 21.06 lt/bolsa de cemento
PROPORCION EN VOLUMEN : 1 : 1.25 : 2.44 / 21.06 lt/bolsa de cemento

CANTIDAD DE MATERIALES SECOS POR METRO CUBICO

P.U.C. = 2400 kg/m^3

CEMENTO	:	440 kg	:	ANDINO TIPO I
AGUA	:	200 L	:	POTABLE
AGREGADO FINO	:	696 kg	:	CANtera: ORCOTUNA
AGREGADO GRUESO	:	1046 kg	:	CANtera: 3 DE DICIEMBRE

CANTIDAD DE MATERIALES POR METRO CUBICO, CORREGIDOS POR HUMEDAD Y POR PESO UNITARIO DEL CONCRETO:

P.U.C. = 2440 kg/m^3

CEMENTO	:	447 kg	:	ANDINO TIPO I
AGUA	:	200 L	:	POTABLE
AGREGADO FINO	:	707 kg	:	CANtera: ORCOTUNA
AGREGADO GRUESO	:	1063 kg	:	CANtera: 3 DE DICIEMBRE

*MUESTREO E IDENTIFICACION REALIZADOS POR EL PETICIONARIO.

*EN OBRA CORREGIR POR HUMEDAD.

*EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)



Nataly Cordova
Nataly Lucia Cordova Zorrilla

CIP. 148899
Gerente de Mecánica de Suelos y Costeosis



DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
 : Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : viernes, 30 de Noviembre de 2018

Fecha de emisión : viernes, 30 de Noviembre de 2018

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 175 AL 0%	15.24	383.83	175	23/11/2018	30/11/2018	7	214.49
2	DISEÑO 175 AL 0%	15.24	367.68	175	23/11/2018	30/11/2018	7	205.47
3	DISEÑO 175 AL 0%	15.24	434.88	175	23/11/2018	7/12/2018	14	243.02
4	DISEÑO 175 AL 0%	15.24	421.32	175	23/11/2018	7/12/2018	14	235.44
5	DISEÑO 175 AL 0%	15.24	546.45	175	23/11/2018	21/12/2018	28	305.37
6	DISEÑO 175 AL 0%	15.24	531.87	175	23/11/2018	21/12/2018	28	297.22

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibración MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory of Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibración LEDI-PUCP INF-LE-030-19A

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : viernes, 11 de Enero de 2019

Fecha de emisión : viernes, 11 de Enero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 175 AL 10%	15.24	289.6	175	4/01/2019	11/01/2019	7	161.83
2	DISEÑO 175 AL 10%	15.24	293.5	175	4/01/2019	11/01/2019	7	164.01
3	DISEÑO 175 AL 10%	15.24	359.45	175	4/01/2019	18/01/2019	14	200.87
4	DISEÑO 175 AL 10%	15.24	351.62	175	4/01/2019	18/01/2019	14	196.49
5	DISEÑO 175 AL 10%	15.24	471.42	175	4/01/2019	1/02/2019	28	263.44
6	DISEÑO 175 AL 10%	15.24	472.1	175	4/01/2019	1/02/2019	28	263.82

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Presna de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : jueves, 10 de Enero de 2019

Fecha de emisión : jueves, 10 de Enero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas, 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 175 AL 25%	15.24	307.1	175	3/01/2019	10/01/2019	7	171.61
2	DISEÑO 175 AL 25%	15.24	311.45	175	3/01/2019	10/01/2019	7	174.04
3	DISEÑO 175 AL 25%	15.24	375.15	175	3/01/2019	17/01/2019	14	209.64
4	DISEÑO 175 AL 25%	15.24	369.6	175	3/01/2019	17/01/2019	14	206.54
5	DISEÑO 175 AL 25%	15.24	441.67	175	3/01/2019	31/01/2019	28	246.81
6	DISEÑO 175 AL 25%	15.24	453.51	175	3/01/2019	31/01/2019	28	253.43

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Presna de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standars Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : lunes, 11 de Febrero de 2019

Fecha de emisión : lunes, 11 de Febrero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm^2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 175 AL 50%	15.24	139.74	175	4/02/2019	11/02/2019	7	78.09
2	DISEÑO 175 AL 50%	15.24	137.25	175	4/02/2019	11/02/2019	7	76.70
3	DISEÑO 175 AL 50%	15.24	146.49	175	4/02/2019	18/02/2019	14	81.86
4	DISEÑO 175 AL 50%	15.24	154.75	175	4/02/2019	18/02/2019	14	86.48
5	DISEÑO 175 AL 50%	15.24	204.75	175	4/02/2019	4/03/2019	28	114.42
6	DISEÑO 175 AL 50%	15.24	196.31	175	4/02/2019	4/03/2019	28	109.70

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-96/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standars Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



DS0069101092018

INFORME N° DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARIHUAMACA RAU, Demith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : viernes, 30 de Noviembre de 2018

Fecha de emisión : viernes, 30 de Noviembre de 2018

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 210 AL 0%	15.24	457.45	210	23/11/2018	30/11/2018	7	255.63
2	DISEÑO 210 AL 0%	15.24	466.96	210	23/11/2018	30/11/2018	7	260.95
3	DISEÑO 210 AL 0%	15.24	526.36	210	23/11/2018	7/12/2018	14	294.14
4	DISEÑO 210 AL 0%	15.24	511.24	210	23/11/2018	7/12/2018	14	285.69
5	DISEÑO 210 AL 0%	15.24	640.96	210	23/11/2018	21/12/2018	28	358.18
6	DISEÑO 210 AL 0%	15.24	641.58	210	23/11/2018	21/12/2018	28	358.53

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibración MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory of Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibración LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



DS0069101092018

INFORME N° DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : viernes, 11 de Enero de 2019

Fecha de emisión : viernes, 11 de Enero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO (kg/cm ²)	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 210 AL 10%	15.24	439.14	210	4/01/2019	11/01/2019	7	245.40
2	DISEÑO 210 AL 10%	15.24	422.85	210	4/01/2019	11/01/2019	7	236.30
3	DISEÑO 210 AL 10%	15.24	488.72	210	4/01/2019	18/01/2019	14	273.11
4	DISEÑO 210 AL 10%	15.24	473.67	210	4/01/2019	18/01/2019	14	264.70
5	DISEÑO 210 AL 10%	15.24	611.15	210	4/01/2018	1/02/2018	28	341.52
6	DISEÑO 210 AL 10%	15.24	602.37	210	4/01/2018	1/02/2018	28	336.62

Observaciones: Muestras provista e identificada por el Interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



DS0069101092018

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES
AGREGADOS Y CONCRETO

INFORME N° DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : sábado, 12 de Enero de 2019

Fecha de emisión : sábado, 12 de Enero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm^2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 210 AL 25%	15.24	376.91	210	5/01/2019	12/01/2019	7	210.62
2	DISEÑO 210 AL 25%	15.24	365.3	210	5/01/2019	12/01/2019	7	204.14
3	DISEÑO 210 AL 25%	15.24	474.22	210	5/01/2019	19/01/2019	14	265.00
4	DISEÑO 210 AL 25%	15.24	476.73	210	5/01/2019	19/01/2019	14	266.41
5	DISEÑO 210 AL 25%	15.24	503.79	210	5/01/2019	2/02/2019	28	281.53
6	DISEÑO 210 AL 25%	15.24	509.22	210	5/01/2019	2/02/2019	28	284.56

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolución N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibración MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibración LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : miércoles, 13 de Febrero de 2019

Fecha de emisión : miércoles, 13 de Febrero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 210 AL 50%	15.24	140.16	210	6/02/2019	13/02/2019	7	78.32
2	DISEÑO 210 AL 50%	15.24	143.65	210	6/02/2019	13/02/2019	7	80.27
3	DISEÑO 210 AL 50%	15.24	210.53	210	6/02/2019	20/02/2019	14	117.65
4	DISEÑO 210 AL 50%	15.24	215.23	210	6/02/2019	20/02/2019	14	120.27
5	DISEÑO 210 AL 50%	15.24	253.32	210	6/02/2019	6/03/2019	28	141.56
6	DISEÑO 210 AL 50%	15.24	276.87	210	6/02/2019	6/03/2019	28	154.72

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEDEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



DS0069101092018

INFORME N° DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARIHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : viernes, 30 de Noviembre de 2018

Fecha de emisión : viernes, 30 de Noviembre de 2018

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm^2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 280 AL 0%	15.24	625.39	280	23/11/2018	30/11/2018	7	349.48
2	DISEÑO 280 AL 0%	15.24	620.44	280	23/11/2018	30/11/2018	7	346.71
3	DISEÑO 280 AL 0%	15.24	715.29	280	23/11/2018	7/12/2018	14	399.72
4	DISEÑO 280 AL 0%	15.24	723.4	280	23/11/2018	7/12/2018	14	404.25
5	DISEÑO 280 AL 0%	15.24	754.23	280	23/11/2018	21/12/2018	28	421.48
6	DISEÑO 280 AL 0%	15.24	751.56	280	23/11/2018	21/12/2018	28	419.99

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : lunes, 14 de Enero de 2019

Fecha de emisión : lunes, 14 de Enero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm^2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 280 AL 10%	15.24	444.44	280	7/01/2019	14/01/2019	7	248.36
2	DISEÑO 280 AL 10%	15.24	432.5	280	7/01/2019	14/01/2019	7	241.69
3	DISEÑO 280 AL 10%	15.24	627.01	280	7/01/2019	21/01/2019	14	350.39
4	DISEÑO 280 AL 10%	15.24	527.99	280	7/01/2019	21/01/2019	14	295.05
5	DISEÑO 280 AL 10%	15.24	662.72	280	7/01/2019	4/02/2019	28	370.34
6	DISEÑO 280 AL 10%	15.24	751.13	280	7/01/2019	4/02/2019	28	419.75

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



DS0069101092018


INFORME N° DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"
 Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
 : Bach. CORAS QUISPE, Rocio America
 Fecha de recepción : jueves, 17 de Enero de 2019
 Fecha de emisión : jueves, 17 de Enero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a
Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	f_c DISEÑO kg/cm ²	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Días)	f_c (kg/cm ²)
1	DISEÑO 280 AL 25%	15.24	508.31	280	10/01/2019	17/01/2019	7	284.05
2	DISEÑO 280 AL 25%	15.24	511.25	280	10/01/2019	17/01/2019	7	285.70
3	DISEÑO 280 AL 25%	15.24	551.32	280	10/01/2019	24/01/2019	14	308.09
4	DISEÑO 280 AL 25%	15.24	553.79	280	10/01/2019	24/01/2019	14	309.47
5	DISEÑO 280 AL 25%	15.24	692.02	280	10/01/2019	7/02/2019	28	386.71
6	DISEÑO 280 AL 25%	15.24	695.36	280	10/01/2019	7/02/2019	28	388.58

Observaciones: Muestras provista e identificada por el interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 200000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A



DS0069101092018

INFORME N° DS0069101092018

Tesis : "RELAVE MINERO COMO COMPONENTE DEL AGREGADO FINO PARA ELABORAR CONCRETO MAYOR A $f_c=175\text{kg/cm}^2$ CON FINES AMBIENTALES"

Solicitante : Bach. CARHUAMACA RAU, Denith Akemi
: Bach. CORAS QUISPE, Rocio America

Fecha de recepción : jueves, 14 de Febrero de 2019

Fecha de emisión : jueves, 14 de Febrero de 2019

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN NTP 339.034 - ASTM C39 / C39M - 14a

Código : NTP 339.034:2008. (revisada el 2013)

Título : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3a. ed.

Código : ASTM C39 / C39M - 14a

Título : Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens

Esta Norma consiste en aplicar una carga axial de compresión a testigos preparados a una velocidad de carga prescrita hasta que se presente la falla. La resistencia a la compresión del espécimen se determina dividiendo la carga aplicada durante el ensayo por la sección transversal de éste.

MUESTRA N°	DESCRIPCION	DIÁMETRO	CARGA MÁXIMA (KN)	Fc DISEÑO kg/cm2	FECHA VACIADO	FECHA ROTURA	EDAD (Dias)	Fc (kg/cm2)
1	DISEÑO 280 AL 50%	15.24	227.67	280	7/02/2019	14/02/2019	7	127.23
2	DISEÑO 280 AL 50%	15.24	218.37	280	7/02/2019	14/02/2019	7	122.03
3	DISEÑO 280 AL 50%	15.24	245.24	280	7/02/2019	21/02/2019	14	137.04
4	DISEÑO 280 AL 50%	15.24	275.32	280	7/02/2019	21/02/2019	14	153.85
5	DISEÑO 280 AL 50%	15.24	285.49	280	7/02/2019	7/03/2019	28	159.54
6	DISEÑO 280 AL 50%	15.24	297.07	280	7/02/2019	7/03/2019	28	166.01

Observaciones: Muestras provista e identificada por el Interesado

* EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

* LOS RESULTADOS DE ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTOS O COMO CERTIFICADOS DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE (Resolucion N°002-98/INDECOPI - CRT del 07.01.1998)

Equipo Utilizado

Prensa de Concreto: A&A Instruments, Serie N°131121, Capacidad 20000kg, Indicador Digital MC, Modelo 315-X5, serie N°0332565, Certificado de calibracion MT-LF-170-2019 (Abril 2019), Trazabilidad NSTLM-USA (National Standars Testing Laboratory de Maryland - USA), patron utilizado Celda de Carga Calibrado a 15000 KN Con Incertidumbre del Orden de 0,6%, Calibrado de Acuerdo a la Norma UNE-EN ISO 7500-1, certificado de calibracion LEDI-PUCP INF-LE-030-19A

ANEXO N°03

ANÁLISIS DE

VARIANZA (ANOVA)

Diseño f'c 175 kg/cm²

Análisis de varianza a los del f'c 175 a los 7 días:

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC ajuste.	MC ajuste.	Valor F	Valor p
Método (175- 7 días)	3	18846.7	6282.24	534.94	0.000
Error	4	47.0	11.74		
Total	7	18893.7			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (175- 7 días)	N	Media	Agrupación
A	2	209.980	A
C	2	172.825	B
B	2	162.920	B
D	2	77.395	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza a los del f'c 175 a los 14 días:

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC ajuste.	MC ajuste.	Valor F	Valor p
Método (175 – 14 días)	3	27607.4	9202.48	684.23	0.000
Error	4	53.8	13.45		
Total	7	27661.2			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (175 – 14 días)	N	Media	Agrupación
A	2	239.23	A
C	2	208.09	B
B	2	198.68	B
D	2	84.17	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de varianza a los del f'c 175 a los 28 días:

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC ajuste.	MC ajuste.	Valor F	Valor p
Método (175 – 28 días)	3	41032.0	13677.3	824.74	0.000
Error	4	66.3	16.6		
Total	7	41098.3			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (175 – 28 días)	N	Media	Agrupación
A	2	301.295	A
B	2	263.630	B
C	2	250.120	B
D	2	112.060	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Fuente: Elaboración propia.

Diseño f'c 210 kg/cm²

Análisis de varianza a los del f'c 210 a los 7 días:

Análisis de Varianza

Fuente	G L	SC ajuste.	MC ajuste.	Valor F	Valor p
Método (210 – 7 días)	3	39280.6	13093.5	667.59	0.000
Error	4	78.5	19.6		
Total	7	39359.1			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (210- 7días)	N	Media	Agrupación
A	2	258.290	A
B	2	240.850	A
C	2	207.380	B
D	2	79.295	C

Notas: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Fuente: Elaboración propia

Análisis de varianza a los del f'c 210 a los 14 días:

Análisis de Varianza

Fuente	G L	SC ajuste.	MC ajuste.	Valor F	Valor p
Método (210 – 14 días)	3	37140.5	12380.2	655.9 8	0.000
Error	4	75.5	18.9		
Total	7	37216.0			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (210-14 días)	N	Media	Agrupación
A	2	289.915	A
B	2	268.905	B
C	2	265.705	B
D	2	118.960	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de varianza a los del f'c 210 a los 28 días:

Análisis de Varianza

Fuente	G L	SC ajuste.	MC ajuste.	Valor F	Valor p
Método (210 – 28 días)	3	54033.6	18011.2	691.7 6	0.000
Error	4	104.1	26.0		
Total	7	54137.8			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (210-28 días)	N	Media	Agrupación
A	2	358.355	A
B	2	339.160	A
C	2	283.045	B
D	2	144.870	C

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

Diseño f'c 280 kg/cm²

Análisis de varianza a los del f'c 280 a los 7 días:

Análisis de Varianza

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Método (280 – 7 días)	3	53155.4	17718.5	1639.9 3	0.000
Error	4	43.2	10.8		
Total	7	53198.7			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (280 – 7 días)	N	Media	Agrupación
A	2	348.095	A
C	2	284.875	B
B	2	245.190	C
D	2	124.630	D

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de varianza a los del f'c 280 a los 14 días:

Análisis de Varianza

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Método (280 – 14 días)	3	75325.0	25108.3	2645.9 7	0.000
Error	4	38.0	9.5		
Total	7	75363.0			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (280 – 14 días)	N	Media	Agrupación
A	2	401.985	A
B	2	322.720	B
C	2	308.780	B
D	2	145.445	C

Notas: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Fuente: Elaboración propia

Análisis de varianza a los del f'c 280 a los 28 días:

Análisis de Varianza

Fuente	G L	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Método (280 – 28 días)	3	92886.7	30962.2	4898.0 4	0.000
Error	4	25.3	6.3		
Total	7	92911.9			

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Método (280 – 28 días)	N	Media	Agrupación
A	2	420.735	A
B	2	420.615	A
C	2	387.645	B
D	2	162.775	C

Notas: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Fuente: Elaboración propia

ANEXO N°04

PANEL

FOTOGRAFICO



Figura 24. Pesado del agua
Fuente: Propia. Foto referencial



Figura 25. Preparando los moldes cilíndricos
Fuente: Propia. Foto referencial

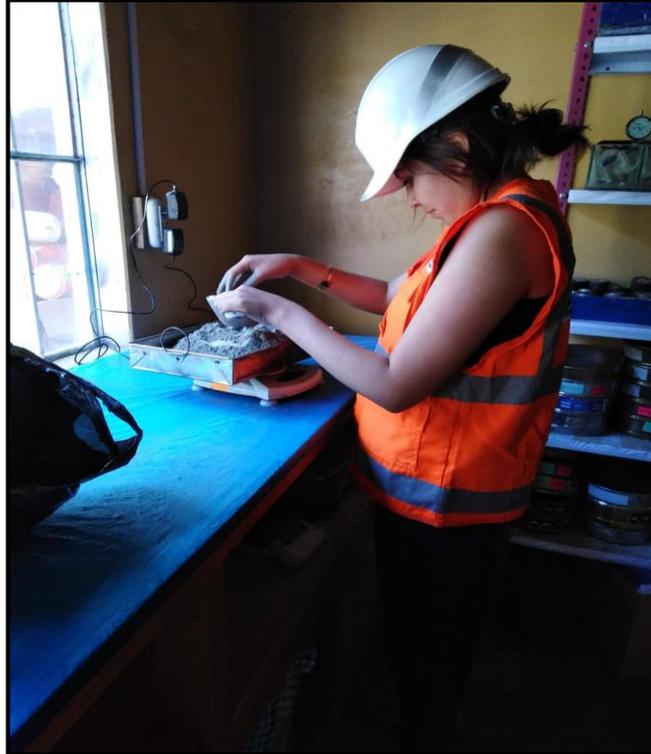


Figura 26. Pesado de los agregados, relave y cemento.
Fuente: Propia. Foto referencial



Figura 27. Materiales e instrumentos listos.
Fuente: Propia. Foto referencial



*Figura 28 Echando agregados a la mezcladora
Fuente: Propia. Foto referencial*



*Figura 29 Echando la mezcla al cono de Abrams
Fuente: Propia. Foto referencial*



Figura 30. Echando relave y cemento a la mezcladora.
Fuente: Propia. Foto referencial

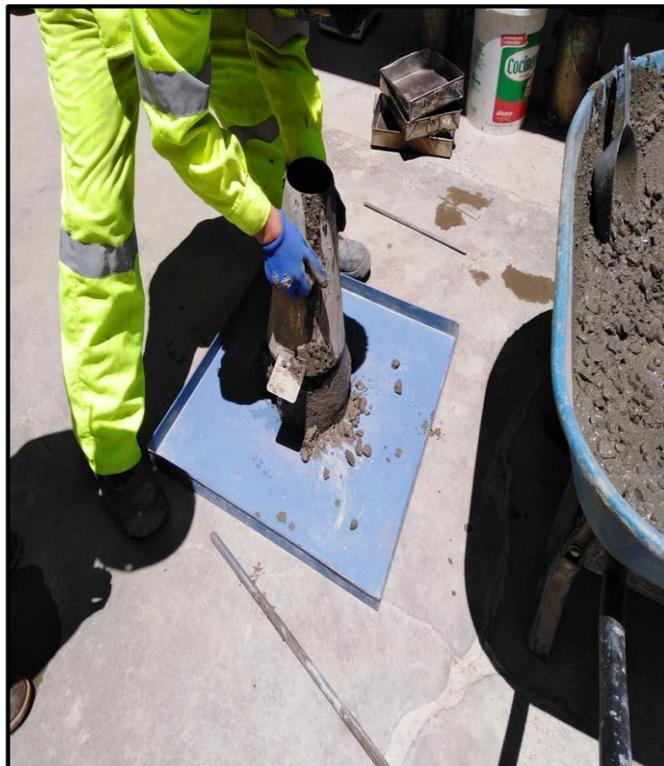


Figura 31. Ensayo para medir la consistencia
Fuente: Propia. Foto referencial



Figura 32 Hallando slump
Fuente: Propia. Foto referencial



Figura 33 Golpes para expulsar burbujas de aire
Fuente: Propia. Foto referencial

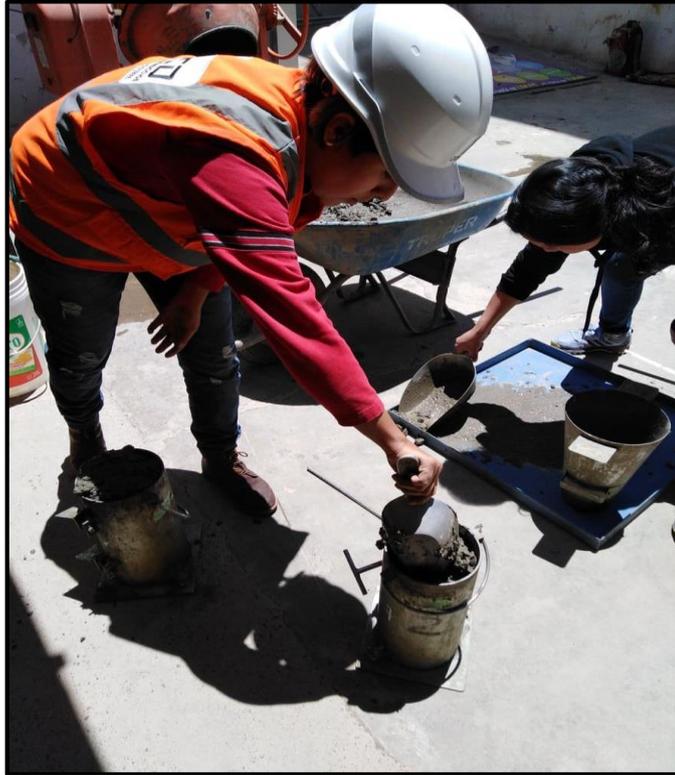


Figura 34. Echando concreto en los moldes.
Fuente: Propia. Foto referencial



Figura 35. Probetas terminadas
Fuente: Propia. Foto referencial



Figura 36 Probetas desencofradas
Fuente: Propia. Foto referencial



Figura 37 Roturado de probetas a los 7 días
Fuente: Propia. Foto referencial



*Figura 38. Curado de probetas
Fuente: Propia. Foto referencial*



*Figura 39. Roturado de probetas a los 28 días
Fuente: Propia. Foto referencial*