



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ANCASH

“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON
AGREGADOS DE LA CANTERA CHURITA S.A.C Y LA CANTERA DE CERRO
(TINAJAS) DEL SUR DE LIMA - 2019**

TESIS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO**

ASESOR:

Dr. REYNALDO REYES ROQUE

Huaraz – Ancash – Perú

2020

Conformidad del Asesor



FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: _____

Código de alumno: _____ Teléfono: _____

E-mail: _____ D.N.I. n°: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

8. Referencia bibliográfica: _____

9. Tipo de acceso al Documento:

Acceso público* al contenido completo. Acceso

restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:



10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia Creative Commons, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

12. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:



Varillas Wiliam Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



REGISTRO	
LIBRO	FOLIO
01	258

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS VIRTUAL N° 252

En la ciudad de Huaraz, al (a los) **VEINTE** día (s) del mes de **AGOSTO** del **DOS MIL VEINTIUNO**, siendo las **20**:**00** horas, se reunieron el Jurado Examinador integrado por:

PRESIDENTE : **ING. JOHN FRAYLUIS BARRETO PALMA**
 SECRETARIO : **Ing. DANILO ENRIQUE MONTORO VERGARA**
 VOCAL : **Ing. RAMON TEODORO URTECHO CASIMIRO**
 y;
 ASESOR : **Ing. REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE**
 CO - ASESOR :

Para proceder al Acto de Sustentación para optar el Título Profesional de INGENIERO(A) CIVIL, bajo la modalidad: Tesis Proyecto Proyecto de Experiencia Profesional, del (de la) Bachiller: **FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO** del (de la) (Tesis) - (Proyecto) - (Proyecto de Experiencia Profesional):

"RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO ELABORADO CON AGREGADOS DE LA CANTERA CHURITA S.A.C. Y LA CANTERA DE CERRO (TINAJAS) DEL SUR DE LIMA - 2019"

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil; se procedió a recepcionar la exposición del aspirante; luego de las interrogantes, objeciones y aclaraciones y su absolución, el Jurado Examinador determinó la calificación de:

APROBADO

Siendo las **21**:**22** horas del mismo día, se dio por concluido el Acto de Sustentación, firmando la presente por triplicado, en señal de conformidad.

PR.ESIDENTE
ING. JOHN FRAYLUIS BARRETO PALMA

SECRETARIO
Ing. DANILO ENRIQUE MONTORO VERGARA

VOCAL
Ing. RAMON TEODORO URTECHO CASIMIRO

ASESOR
Ing. REYNALDO MELQUIADES REYES ROQUE

CO - ASESOR

SUSTENTANTE
FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO



DEDICATORIA

A mis padres y hermanos

Porque ellos han dado razón a mi vida, por sus consejos, apoyo incondicional, paciencia, por haberme forjado como la persona que soy, y que quienes han sido mis pilares para seguir adelante y en especial a mi hija Valentina quien me da la fortaleza para continuar con todos los proyectos de mi vida.

A Dios

Por darme la vida, fortaleza, guiarme e iluminarme por el buen camino.

A mi alma máter, FIC - UNASAM

Por haberme permitido formarme en sus aulas. A mis maestros por sus enseñanzas para desarrollarme profesionalmente y haberme brindado todos sus conocimientos.

RESUMEN

La presente investigación consiste en la determinación de la resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ del concreto elaborado con agregado grueso y agregado fino de la cantera de río “Churita SAC”, ubicado en el distrito de Pachacamac y la elaboración de especímenes de concreto con la combinación de agregado grueso de la cantera de río “Churita SAC” y agregado fino de la cantera de cerro “Tinajas” ubicada en el distrito de Cieneguilla, a partir de la evaluación de sus propiedades y la comparación con NTP, con el fin de verificar si cumplen con los diseños estructurales de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, seguido del análisis de sus propiedades físicas y mecánicas de los agregados.

Se realizó la evaluación de sus propiedades físicas de los agregados de cada cantera según la NTP, obteniendo como resultado que los agregados de la cantera de río Churita S.A.C cumple con los parámetros establecidos con la NTP, con respecto a la cantera de cerro Tinajas existen 2 parámetros ensayados que no cumplen con lo establecido en la norma; el módulo de fineza 3.20 que sobrepasa lo establecido en la norma y el % de finos pasante el tamiz N°200 con un valor del 10.54 % que sobrepasa al 5% establecido en la norma.

Se realizó la verificación de la resistencia a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, de los concretos elaborados con agregados de las canteras mencionadas, dando como resultados que el concreto elaborado con los agregados de la cantera Churita S A.C., sobrepasan los valores de diseño y con respecto al concreto elaborado con agregado fino de la cantera de cerro Tinajas.

PALABRAS CLAVES: Concreto, agregado, combinación, diseño, resistencia, ensayo, briquetas, compresión.

ABSTRACT

The present investigation consists of determining the compressive strength $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ and $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$ of the concrete made with coarse aggregate and fine aggregate from the river quarry "Churita SAC", located in the district of Pachacamac and the elaboration of concrete specimens with the combination of coarse aggregate from the quarry of river "Churita SAC" and fine aggregate of the quarry of cerro "Tinajas" located in the district of Cieneguilla, from the evaluation of their properties and comparison with NTP, in order to verify if they comply with the structural designs of compressive strength $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ and $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$, followed by the analysis of their physical and mechanical properties of the aggregates.

The physical properties of the aggregates of each quarry were evaluated according to the NTP, where the aggregates of the Churita SAC river quarry comply with the parameters established with the NTP, with respect to the Cerro Tinajas quarry there are 2 parameters tested that do not comply with the provisions of the standard; the fineness modulus 3.20 that exceeds what is established in the standard and the % of fines through the sieve No. 200 with a value of 10.54% that exceeds the 5% established in the standard.

The verification of the compressive strength $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ and $f'c = 280 \text{ kg / cm}^2$, of the concretes made with aggregates from the quarries mentioned, was carried out, giving as results that the concrete made with the aggregates from the quarry Churita SAC exceed the design values, with respect to the concrete made with fine aggregate from the Cerro Tinajas quarry.

KEY WORDS: concrete, aggregate, combination, design, resistance, test, briquettes, compression.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los pobladores de los distritos de Villa El Salvador, Cieneguilla, Lurín y Pachacamac usan al concreto como parte fundamental para toda construcción. De acuerdo a esta realidad es evidente que el consumo y demanda del concreto en nuestro país va aumentando drásticamente, por lo que, se debe de contar con materiales que tengan un adecuado desempeño dentro de las mezclas para la fabricación del concreto.

La presente investigación consiste en la determinación de la resistencia a la compresión del concreto elaborado con (agregado grueso y agregado fino) de la cantera Churita SAC, ubicado en el distrito de Pachacamac y la elaboración de especímenes de concreto con la combinación de (agregado grueso) de la cantera Churita SAC y (agregado fino) de la cantera Tinajas ubicada en el distrito de Cieneguilla empleando el método del instituto americano del concreto (ACI), con el fin de verificar si cumplen con los diseños estructurales de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, seguido del análisis de sus propiedades físicas de los agregados.

La utilización de estos agregados provenientes de las canteras antes mencionadas en especial el agregado fino proveniente de las faldas del cerro del distrito de Cieneguilla es seleccionados y utilizados empíricamente, por lo que no existe un control e información técnica de que estos agregados estén dentro de los parámetros establecidos en la norma peruana para la elaboración de concreto.

SUMARIO

DEDICATORIA.....	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	v
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.1. Situación Problemática.....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problema específico.....	16
1.3. Justificación.....	16
1.4. Hipótesis y variables.....	17
1.4.1. Hipótesis general.....	17
1.4.2. Hipótesis específicas.....	18
1.4.3. Variables.....	18
1.4.4. Operacionalización de variables.....	19
1.5. Objetivos de la investigación.....	20
1.5.1. Objetivo general.....	20
1.5.2. Objetivos específicos.....	20
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. Marco referencial.....	21
2.2. Antecedentes de la investigación.....	23



2.3. Bases teóricas.....	27
CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	63
3.1. Perspectiva de la metodología y el tipo de investigación.....	63
3.1.1. Perspectiva metodológica.....	63
3.1.2. Tipo de investigación.....	63
3.2. Población y muestra.....	63
3.3. Descripción de recursos empleados.....	64
3.4. Procedimiento de recolección y análisis de datos.....	65
CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	129
4.1. Resultados de ensayos de laboratorio.....	129
4.2. Características del agregado grueso.....	133
4.3. Prueba de resistencia a compresión.....	135
CONCLUSIONES.....	152
RECOMENDACIONES.....	154
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	155



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Tipos de fallas en la prueba de resistencia a la Comprensión</i>	40
Figura 2. <i>Materias Primas del Cemento Portland</i>	42
Figura 3. <i>Clasificación del tipo de Cemento en Finura o Fineza</i>	44
Figura 4. <i>Los Cementos en el Perú</i>	48
Figura 5. <i>Tamices Estándar ASTM</i>	52
Figura 6. <i>Requisitos Granulométricos de Agregado Grueso Según La NTP 400.037</i> ...	53
Figura 7. <i>Requisitos Granulométricas De Agregado Fino Según NTP 400.037</i>	54
Figura 8. <i>Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado según la Norma NTP 339.088</i>	61
Figura 9. <i>Ubicación de la cantera Churita S.A.C</i>	66
Figura 10 <i>Vista panorámica de la extracción de agregado fino y grueso de la Cantera Churita S.A.C</i>	67
Figura 11. <i>Ubicación de la cantera Tinajas - Distrito de Cieneguilla</i>	68
Figura 12. <i>Se observa la selección de agregado fino mediante una zaranda de la cantera Tinajas</i>	68
Figura 13. <i>Lavado del material para pasar la malla N° 200</i>	69
Figura 14. <i>Material retenido en la malla N.° 200</i>	70
Figura 15. <i>Muestras de agregado grueso y fino en el horno</i>	71
Figura 16. <i>Peso del picnómetro para el cálculo del peso específico</i>	73
Figura 17. <i>Agregado fino de la Cantera Tinajas junto a los equipos para la obtención del % de absorción</i>	74

Figura 18. <i>Se observa el picnómetro con el agregado fino para la determinación del % de absorción.....</i>	75
Figura 19. <i>Grupo de tamices para el ensayo de granulometría</i>	78
Figura 20. <i>Granulometría Cantera Tinajas y Churita S.A.C</i>	79
Figura 21. <i>Granulometría del agregado fino Cantera Tinajas.</i>	80
Figura 22. <i>Granulometría del agregado fino Cantera Churita S.A.C.</i>	82
Figura 23. <i>Remojado del agregado grueso para la obtención del peso específico % de absorción.....</i>	84
Figura 24. <i>Ensayo de granulometría del agregado grueso</i>	86
Figura 25. <i>Pesos retenidos por degradación.....</i>	87
Figura 26. <i>Granulometría del agregado grueso Churita S.A.C Módulo de fineza</i>	88
Figura 27. <i>Se muestra el enrasado y varillado del agregado fino para el Peso Unitario Suelto y Compactado.....</i>	90
Figura 28. <i>Peso del material fino Suelto y Compactado.....</i>	90
Figura 29. <i>Varillado del agregado grueso para la determinación del P.U Suelto y Compactado.....</i>	93
Figura 30. <i>Determinación del P.U suelto y Compactado del agregado grueso</i>	93
Figura 31. <i>Agrupamiento de moldes metálicos para la elaboración de briquetas</i>	121
Figura 32. <i>Determinación del Slump del concreto de diseño</i>	122
Figura 33. <i>Varillado del concreto en los moldes metálicos</i>	123
Figura 34. <i>Encofrado y desencofrado de las briquetas de concreto</i>	124

Figura 35. <i>Identificación de las briquetas por fecha de desencofrado</i>	125
Figura 36. <i>Curado de briquetas por inmersión en la posa de agua</i>	126
Figura 37. <i>Ensayo de briquetas y lectura de cargas</i>	127
Figura 38. <i>Tipos de rotura de briquetas</i>	128
Figura 39. <i>Granulometría del agregado fino de la cantera Tinajas</i>	131
Figura 40. <i>Granulometría del agregado fino cantera Churita S.A.C</i>	132
Figura 41. <i>Granología del agregado grueso Churita S.A.C.</i>	134
Figura 42. <i>Comparación de Resistencia en Días - Cantera Churita S.A.C</i>	138
Figura 43. <i>Variación de la resistencia del concreto</i>	139
Figura 44. <i>Comparación de Resistencia en Días – Ag grueso Cantera Churita S.A.C y Ag fino Cantera Tinajas</i>	142
Figura 45. <i>Variación de la resistencia del concreto</i>	143
Figura 46. <i>Comparación de Resistencia en Días – Ag grueso Cantera Churita S.A.C y Ag fino Cantera Tinajas</i>	146
Figura 47. <i>Variación de la resistencia del concreto</i>	147
Figura 48. <i>Comparación de Resistencia en Días – Ag grueso Cantera Churita S.A.C y Ag fino Cantera Tinajas</i>	150
Figura 49. <i>Variación de la resistencia del concreto.</i>	151

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Determinación del número de población y muestra</i>	63
Tabla 2. <i>Valores de Contenido de Humedad Obtenidos en el Laboratorio</i>	71
Tabla 3. <i>Valores de contenido de humedad obtenidos en el laboratorio</i>	72
Tabla 4. <i>Cálculo del peso específico del agregado fino de la Cantera Tinajas</i>	76
Tabla 5. <i>Cálculo del % de Absorción del agregado fino de la Cantera Tinajas</i>	76
Tabla 6. <i>Cálculo del peso específico del agregado fino de la Cantera Churita S.A.C</i>	77
Tabla 7. <i>Cálculo del % de Absorción del agregado fino de la Cantera Churita S.A.C</i>	77
Tabla 8. <i>Granulometría del agregado fino de la Cantera Tinajas</i>	79
Tabla 9. <i>Granulometría cantera Churita S.A.C</i>	81
Tabla 10. <i>Contenido de humedad del agregado grueso Cantera Churita S.A.C</i>	83
Tabla 11. <i>Cálculo del Peso específico del agregado grueso</i>	85
Tabla 12. <i>Cálculo del % de absorción del agregado grueso de la cantera Churita S.A.C.</i>	85
Tabla 13. <i>Cálculo de la granulometría del agregado grueso</i>	87
Tabla 14. <i>Cálculo de Peso unitario Suelto y Compactado del Agregado fino- Cantera Tinajas</i>	91
Tabla 15. <i>Cálculo de P. U. Suelto y Compactado del Agregado fino Cantera Churita S.A.C.</i>	91
Tabla 16. <i>Cálculo del P.U Suelto y Compactado del Agregado grueso Cantera Churita S.A.C.</i>	94
Tabla 17. <i>Cálculo de asentamiento de acuerdo al tipo de estructura</i>	95
Tabla 18. <i>Cálculo de aire atrapado en TNM del agregado grueso</i>	95



Tabla 19. <i>Cálculo del contenido de agua en lts/ m³, para TNM agregados y consistencia indicadas</i>	96
Tabla 20. <i>Relación a/c en peso por f'c Kg/cm²</i>	96
Tabla 21. <i>Cálculo del contenido de cemento (e)/(f)</i>	97
Tabla 22. <i>Materiales usados para la mezcla</i>	98
Tabla 23. <i>Datos del agregado fino</i>	98
Tabla 24. <i>Datos del agregado grueso</i>	99
Tabla 25. <i>Valores de diseño de mezcla para f'c 210 kg/cm²</i>	99
Tabla 26. <i>Cantidad de materiales por kg/m³</i>	100
Tabla 27. <i>Proporciones de materiales peso/ volumen</i>	100
Tabla 28. <i>Diseño de mezcla</i>	101
Tabla 29. <i>Datos del agregado fino</i>	101
Tabla 30. <i>Datos del agregado grueso</i>	101
Tabla 31. <i>Valores de diseño f'c 210 kg/cm²</i>	102
Tabla 32. <i>Cantidad de materiales del concreto kg/m³</i>	102
Tabla 33. <i>Proporciones para la mezcla</i>	103
Tabla 34. <i>Materiales para la mezcla</i>	103
Tabla 35. <i>Datos del agregado fino kg/cm³</i>	104
Tabla 36. <i>Datos porcentuales del agregado grueso</i>	104
Tabla 37. <i>Valores de diseño f'c 210 kg/cm²</i>	104
Tabla 38. <i>Cantidad de materiales por m³ de concreto</i>	105



Tabla 39. <i>Proporciones para la mezcla</i>	105
Tabla 40. <i>Cantidad de materiales para la mezcla</i>	106
Tabla 41. <i>Cantidad de materiales para la mezcla</i>	106
Tabla 42. <i>Datos del agregado grueso</i>	106
Tabla 43. <i>Valores de diseño</i>	107
Tabla 44. <i>Cantidad de materiales por m3 de concreto</i>	107
Tabla 45. <i>Proporciones</i>	107
Tabla 46. <i>Materiales para el diseño de mezcla</i>	108
Tabla 47. <i>Datos del agregado fino para el diseño de mezcla</i>	109
Tabla 48. <i>Datos del agregado grueso para el diseño de mezcla</i>	109
Tabla 49. <i>Valores del diseño de mezcla</i>	109
Tabla 50. <i>Cantidad de materiales por m3 de concreto</i>	110
Tabla 51. <i>Proporciones</i>	110
Tabla 52. <i>Cantidad de materiales</i>	111
Tabla 53. <i>Datos del agregado fino</i>	111
Tabla 54. <i>Datos del agregado grueso</i>	112
Tabla 55. <i>Valores de diseño de la mezcla</i>	112
Tabla 56. <i>Cantidad de materiales por m3 de concreto</i>	113
Tabla 57. <i>Proporciones</i>	113
Tabla 58. <i>Materiales para el diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$</i>	114
Tabla 59. <i>Datos del agregado fino para para el diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$</i>	114



Tabla 60.	<i>Datos del agregado grueso para para el diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$...</i>	115
Tabla 61.	<i>Valores de diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.....</i>	115
Tabla 62.	<i>Valores de diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$.....</i>	116
Tabla 63.	<i>Proporciones.....</i>	116
Tabla 64.	<i>Materiales para el diseño de mezcla.....</i>	117
Tabla 65.	<i>Datos del agregado fino.....</i>	117
Tabla 66.	<i>Datos del agregado grueso.....</i>	118
Tabla 67.	<i>Valores de diseño de mezcla.....</i>	118
Tabla 68.	<i>Cantidad de materiales por m³ de concreto.....</i>	118
Tabla 69.	<i>Proporciones.....</i>	119
Tabla 70.	<i>Propiedades Físicas del agr. fino - Cantera Churita S.A.C.....</i>	129
Tabla 71.	<i>Propiedades Físicas del agr. fino de la Cantera Tinajas.....</i>	129
Tabla 72.	<i>Propiedades Físicas del agr. grueso de la Cantera Churita S.A.C.....</i>	133
Tabla 73.	<i>Resistencia a compresión $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.56$.....</i>	136
Tabla 74.	<i>Rsistencia a compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.65$.....</i>	137
Tabla 75.	<i>Resistencia a compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.47$.....</i>	140
Tabla 76.	<i>Resistencia a compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.52$.....</i>	141
Tabla 77.	<i>Resistencia a compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.56$.....</i>	144
Tabla 78.	<i>Resistencia a compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.65$.....</i>	145
Tabla 79.	<i>Resistencia a compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.47$.....</i>	148
Tabla 80.	<i>Resistencia a compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.52$.....</i>	149



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Situación Problemática

Los problemas de las construcciones informales en el Perú vienen causando serias consecuencias, atentando contra el bienestar y seguridad de las personas, sumado esto una situación económica precaria que ha llevado a la población a no contratar asistencia técnica la cual conlleva a la existencia de viviendas con deficiencias estructurales (calidad del concreto), cuya característica juega un papel protagónico en la dimensión de una catástrofe.

De acuerdo a nuestra realidad local, es evidente que son muy pocos los responsables de obras de construcción que conocen en profundidad y disponen de las normas ACI y el Reglamento Nacional de Edificaciones, aplicables para el control de calidad del concreto.

La autoconstrucción e informalidad establecida en la zona sur de Lima, *se observa la fabricación de un concreto estructural elaborado con agregado grueso de las canteras establecidas en las riberas del río Lurín (Cantera Churita SAC) y agregado fino de las canteras informales (Cantera Tinajas) situados en el distrito de Cieneguilla, esta última cantera solo expende agregado fino obtenidas de las faldas del cerro de forma empírica sin sustento técnico*, donde no se tiene conocimiento de las propiedades físicas y mecánicas, las cuales probablemente no sean aptos para fabricar un concreto estructural $f'c$ 210 kg/cm², $f'c$ 280 kg/cm², que garantice resistencia, durabilidad y sobre todo seguridad.

Los distritos que se abastecen de dichos materiales de las canteras informales son: Pachacamac, Lurín, Villa el Salvador y Cieneguilla, pues es adquirido por el usuario directo para la construcción informal, por un tema de ahorro y cercanía proporcionando un producto final sin garantía.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cumplirá la resistencia a compresión de diseño estructural $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, del concreto elaborado con los agregados fino y grueso de la cantera Churita S.A.C y agregado fino de la cantera de Cerro (Tinajas) del sur de Lima – 2019?

1.2.2. Problema específico

- ¿Cuáles serán las características físicas de los agregados de la cantera Churita SAC (Pachacamac) y la cantera Tinajas (Cieneguilla) del sur de Lima - 2019?
- ¿Cuál es el diseño de mezcla elaborado con los agregados de la cantera Churita SAC, para uso como concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, sur de Lima – 2019?
- ¿Cuál es el diseño de mezcla elaborado con la combinación de agregado fino de la cantera Tinajas y agregado grueso de la cantera Churita S.A.C, para uso como concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, sur de Lima – 2019?

1.3. Justificación

En nuestro país hay un número indeterminado de canteras informales e ilegales que producen materiales que son insumo para la construcción, que no garantiza que los agregados sean aptos para el tipo de obra a emplear, que por un tema de “ahorro” es comprada por el usuario para la construcción informal.

Según el presidente de la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco), "el 70% de las viviendas construidas en Lima y, por consiguiente, una proporción de un poco más alta en el resto del país son construidas sin pasar por ningún proceso formal " (Angulo, 2017).

El incremento de la autoconstrucción y el uso de concreto como principal material para dicho propósito, ha generado gran demanda de los materiales utilizados para su elaboración, lo que conlleva a no mantener un control de calidad y un diseño adecuado del agregado que se dará uso para su mezcla.

Esta investigación tiene como justificación técnica en el plano de la construcción, elaborar especímenes de concreto con (agr. grueso y agr. fino) de la cantera Churita SAC, ubicado en el distrito de Pachacamac y la elaboración de especímenes de concreto con la combinación de (agr. grueso) de la cantera Churita SAC y (agr. fino) de la cantera Tinajas esta última ubicada en el distrito de Cieneguilla con el fin de verificar si cumplen con los diseños estructurales de resistencia a la compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$, a partir del análisis de sus propiedades establecidas en la NTP y diseño de mezclas con el método A.C.I.

El Perú es una zona sísmica. Lima es una de las regiones que ha sido azotada por sismos de gran magnitud, es por ello que la calidad del concreto no debe ser dejada de lado, pues es un riesgo a mediano y largo plazo.

1.4. Hipótesis y Variables

1.4.1. Hipótesis general

La resistencia a compresión del concreto elaborado con los agregados fino y grueso de la cantera Churita S.A.C y agregado fino la cantera de Cerro (Tinajas), alcanzan

una resistencia a compresión menor al diseño estructural de concreto $f'c = 210$ kg/cm² y $f'c = 280$ kg/cm² - Sur de Lima-2019.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las características físicas del agregado de las canteras; Tinajas y Churita S.A.C no cumplen con los parámetros establecidos en la NTP - del Sur de Lima 2019.
- El diseño de mezcla $f'c = 210$ kg/cm² y $f'c = 280$ kg/cm² del concreto elaborado con los agregados de la cantera Churita S.A.C (Pachacamac), alcanza la resistencia compresión requerida sur de Lima 2019.
- El diseño de mezcla $f'c = 210$ kg/cm² y $f'c = 280$ kg/cm² del concreto elaborado con la combinación de agregado fino de la cantera Tinajas y agregado grueso de la cantera Churita S.A.C, no alcanza la resistencia a compresión requerida - sur de Lima – 2019.

1.4.3. Variable

1.4.3.1. Variable Independiente

- Agregados de la cantera Churita S.A.C del sur de Lima -2019.
- Agregado fino de la cantera Tinajas del sur de Lima -2019.

1.4.3.2. Variable Dependiente

- Resistencia a la compresión.
- Características físicas

1.4.4. Operacionalización de variables

CUADRO DE OPERALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	DIMENCIONES	INDICADORES	ITEM	INSTRUMENTOS
Agregado (Grueso – Fino) de la Cantera Churita S.A.C y (Agregado Fino) de la Cantera Tinajas	Características físicas	Porcentaje de humedad (%)	(NTP 339.185) /ASTM C566	Ensayos de laboratorio
		granulometría	(NTP 400.012) /ASTM C136	
		peso unitario (kg/cm3)	(NTP 400.017/ASTM C29/C29M	
		porcentaje de absorción (%)	(NTP 400.021-NPT 400.022/ ASTM C127-C128	
		peso especifico	(NTP400.021-NTP400.022) /ASTM C127-C128	
Resistencia a la compresión	compresión axial	Esfuerzo (kg/cm2)	NTP339.033-2015 ASTM C31/C31M	Ensayos de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Determinar el cumplimiento de la resistencia a compresión de diseño estructural $f'c=210\text{Kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{Kg/cm}^2$ del concreto elaborado con agregado fino y grueso de la cantera Churita S.A.C y agregado fino la cantera de Cerro (Tinajas) del sur de Lima – 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físicas de los agregados de la cantera Churita S.A.C (Pachacamac) y la Cantera Tinajas (Cieneguilla) del Sur de Lima – 2019.
- Realizar el diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ del concreto elaborado con los agregados de la cantera Churita SAC (Pachacamac) del sur de Lima -2019.
- Realizar el diseño de mezcla $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ del concreto elaborado con la combinación de agregado Fino de la Cantera Tinajas y agregado Grueso de la Cantera Churita SAC del sur de Lima – 2019.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Referencial

NORMA TÉCNICA PERUANA (N.T.P.).

El INDECOPI, a través de la Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias, en su calidad de Organismo Nacional de Normalización, a través de un proceso convoca a los interesados a formular observaciones y propuestas de los productores, consumidores; todos ellos aportan su experiencia y conocimientos para establecer soluciones a problemas reales para luego elaborar un documento técnico llamado "Proyecto de Norma Técnica", por el cual se aprueba el proyecto denominado Normas Técnicas Peruanas que han sido elaborados por los Comités Técnicos de Normalización.

Las normativas para determinar las características de los agregados son:

- ✓ NTP 400.010-2011; Extracción y preparación de las muestras de los agregados.
- ✓ NTP 400.018 Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado Cantidad de 75um (N.º 200) por lavado en agregados.
- ✓ NTP 339.185-2018: Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.
- ✓ NTP 400.012-2018; Método de Ensayo para Análisis granulométrico de Agregado fino y agregado grueso
- ✓ NTP 400.017-2011; Método de ensayo para Peso Unitario y vacíos en agregados.

- ✓ NTP 400.022-2018; Método de ensayo Peso Específico y Absorción de Agregado fino.
- ✓ NTP 400.021-2018; Método de ensayo para Peso específico y absorción del agregado grueso.

Norma de la Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM).

Desde su fundación en 1898, ASTM International es una de las organizaciones internacionales de desarrollo de normas más grandes del mundo. En ASTM se reúnen productores, usuarios y consumidores, entre otros, de todo el mundo, para crear normas de consenso voluntarias. Las normas de ASTM se crean usando un procedimiento que adopta los principios del Convenio de barreras técnicas al comercio de la Organización Mundial del Comercio (World Trade Organization Technical Barriers to Trade Agreement).

El proceso de creación de normas de ASTM es abierto y transparente; lo que permite que tanto individuos como gobiernos participen directamente, y como iguales, en una decisión global consensuada.

Las normativas para determinar las características de los agregados son:

- ✓ ASTM D 75; Extracción y preparación de las muestras de los agregados.
- ✓ ASTM 033; Agregado de Peso Normal.
- ✓ ASTM C330; Agregado de peso Liviano.
- ✓ ASTM C 566: Método de ensayo para Contenido de humedad total de agregado por secado.
- ✓ ASTM C 136; Método de Ensayo para Análisis granulométrico del Agregado fino y agregado grueso

- ✓ ASTM C29/C29M; Método de ensayo para Peso Unitario y vacíos en agregados.
- ✓ ASTM C 128; Método de ensayo Peso Específico y Absorción de Agregado fino.
- ✓ ASTM C 127; Método de ensayo para Peso específico y absorción del agregado grueso.

2.2. Antecedentes de la Investigación

Román y Pillpinto (2016) en su investigación *“Análisis Comparativo de la Resistencia a la Compresión de un Concreto F’C 210kg/Cm2, Elaborado con Agregado Hormigón y Agregado Clasificado, en el Distrito de Maranura- La Convención - Cusco”*, tuvo como objetivo principal analizar comparativamente la resistencia a la compresión, de un concreto f’c 210kg/cm2, elaborado con agregado hormigón respecto a un concreto elaborado con agregado clasificado, en el distrito de Maranura- La Convención - Cusco. demostrando que la resistencia a la compresión del concreto fabricado con agregado hormigón alcanza resistencia menor a 210kg/cm2 con promedios de 157.83 kg/cm2 para el álveo Santa María y 164.97 kg/cm2 para el álveo Paqcha Uchumayo, por tanto, los promedios para el concreto elaborado con agregado clasificado para el álveo Paqcha Uchumayo es de 335.46 kg/cm2 y para el álveo Santa-María es de 305.95 kg/cm2.

Corrales y Villegas (2012) en su investigación *“Resistencias y costos unitarios de concretos elaborados con agregado grueso, piedra partida y canto rodado de la cantera Tacllán”*, realizó un procedimiento para analizar las ventajas de resistencia y las económicas del concreto fabricado con agregado grueso, piedra partida y canto rodado, procedentes de la cantera Tacllan. Con base en las características físicas de los agregados, se ha diseñado mezclas de concreto para establecer resistencias a la compresión de 175, 210 y 280 kg/cm2, empleando el método ACI; se elaboró briquetas, se ensayó en el laboratorio mediante la máquina de carga uniaxial y se ha realizado el análisis de costos

unitarios. Obtuvo como resultado que los concretos fabricados con piedra partida tienen resistencias de 15 % y costos unitarios de 7.8 % mayores que los fabricados con canto rodado; los concretos fabricados con piedra partida para resistencias equivalentes a los fabricados con canto rodado, tienen costos unitarios de 2.2 % mayores.

Pfuyo (2015) en su investigación "*Adaptación Del Método Del Diseño De Mezclas Aci 211.1 Mediante Reajuste de Valores de Relación A/C para Cemento Portland Puzolánico Tipo Ip y Agregado de las Canteras de Vicho y Huambutío*", consistió en adaptar el método de diseño de mezclas ACI 211.1 para agregados mal gradados procedentes de las canteras de Vicho y Huambutío, (tal como se venden en cantera) y cemento Portland Puzolánico tipo IP.

Donde mencionan que el agregado mal gradado estudiado, aporta menores resistencias a la compresión del concreto con respecto a las esperadas (según las tablas de desarrollo de la resistencia para cemento IP) lo que implicó la utilización de mayores cantidades de cemento para igualar la resistencia que aporta un concreto elaborado con buena gradación.

En la tesis mencionada muestran las tablas obtenidas de relación a/c vs f'_{cr} para agregado mal gradado, para diseños de consistencias plásticas, fluidas y secas de manera similar a la tabla que indica el método de diseño de mezclas ACI 211.1 que deberán ser utilizadas para una adecuada dosificación de mezclas de concreto que cumpla con la resistencia de diseño requerido, llegando a una conclusión de que esta investigación está enfocada en el análisis y comparación de los diferentes diseños de mezcla con resistencias a la compresión de 175 kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm², que son posibles realizar con diferentes tipos de revenimiento (Slump 1"-2", 3"-4", 6"-7") con la utilización cemento Portland Puzolánico tipo IP, y agregados de la cantera de Vicho y la de Huambutío, para

posteriormente buscar una mejora en la curva de la relación agua/ cemento versus resistencia a la compresión para cada diseño de mezcla.

Contreras (2014) en su investigación “*Influencia de la Forma y Textura del Agregado Grueso de la Cantera Olano en la Consistencia y Resistencia a la Compresión del Concreto en el Distrito de Jaén- Cajamarca*”, tuvo como objetivo medir la influencia de la forma y textura del agregado grueso de la Cantera Olano en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto, tomando los dos perfiles de agregado grueso más conocidos y utilizados en el distrito de Jaén.

El primero es la piedra chancada de forma irregular y textura áspera y el otro la grava de río de forma redondeada y textura lisa, que muchas veces son reemplazados uno por el otro sin hacer ajustes en los diseños de mezclas, desconociendo los cambios que producen en las propiedades del concreto. Para demostrar dicha influencia se realizaron dos diseños de mezcla para concretos de $f'c=175$ y 210 Kg/cm^2 , con propiedades de la piedra chancada. Cada tanda de mezcla se hizo para tres testigos de concreto más una prueba slump y las proporciones se consideraron iguales para ambas formas de agregado, es decir: la misma relación agua/cemento, el mismo peso de arena de río, el mismo peso de agregado grueso y la misma granulometría.

Los resultados de consistencias fueron plásticas para mezclas con piedra chancada y coincidieron con lo diseñado, pero las mezclas con grava redondeada arrojaron una consistencia fluida, diferenciándose de los asentamientos anteriores hasta en 3". En los resultados a compresión los especímenes con piedra chancada superaron la resistencia de los especímenes de grava redondeada en porcentajes que varían entre 8 y 16% más. De esta manera quedó demostrado que tanto la forma como la textura de estos dos agregados influyen en gran medida en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto.

Calderón (2015) en su investigación "Diseño de Hormigón con Cantos Rodados Provenientes del Río Chanchan a Través de los Métodos ACI y O'reilly" Guayaquil – Ecuador, tuvo como objetivo presentar dos diseños de hormigón para asegurar resistencia, funcionalidad, durabilidad y economía, esto es, resistencias a la compresión de 210 y 280 Kg/cm², a través de los métodos ACI y O'Reilly, utilizando agregados pétreos tipo canto rodado, provenientes del río Chanchan.

Muestra las propiedades físicas, mecánicas, químicas y mineralógicas de los materiales provenientes del río Chanchan, obtenidas a través de los diferentes ensayos de laboratorio. Así mismo, se encontrarán los diseños de hormigón utilizando los métodos ACI y O'Reilly y los análisis de precios unitarios para determinar la conveniencia económica de los dos métodos.

La investigación analiza dos métodos para la dosificación de hormigones hidráulicos como son: el del A.C.I que es uno de los métodos más utilizados en nuestro país y el otro casi nunca utilizado, el del Dr. O'Reilly, en ambos casos se utilizó canto rodado proveniente del río Chanchan

Los diseños de hormigón con el método del A.C.I dan una resistencia a los 28 días de 212,26 Kg/cm² con una dosificación por volúmenes de 1:5 y con el diseño utilizando el método O'Reilly su resistencia a la compresión a los 28 días es de 225.79 Kg/cm², utilizando una dosificación de 1: 2: 3, donde se observa que la cantidad de cemento a utilizarse según método del ACI es de 6.17 bolsas y con el método de O'Reilly es de 6.19 bolsas de cemento.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Concreto

Pasquel (1998) sostiene que:

el concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes lo que hace un material ideal para la construcción, que para poder dominar el uso de este material, no solo se debe de conocer las manifestaciones del producto resultante, sino adicional, la de los componentes y su interrelación, ya que son en primera instancia los que le confieren su particularidad. (p.11)

Por otro lado, Torre (2004), manifiesta que el concreto es de uso común, o convencional, que se va a producir en la mezcla de tres componentes esenciales como: el agua, y agregados, que eventualmente se va a incorporar a estas un cuarto elemento que designamos **aditivo**.

Para Abanto (S.F) el concreto es una mezcla de cemento Portland, agregado fino, aire, agua en proporciones convenientes para lograr obtener propiedades prefijadas, lo más importante **la resistencia**.

2.3.1.1. Características del concreto

Abanto (S.F) considera las siguientes características que hacen del concreto un material de construcción universal y estas son:

- ✓ La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.

- ✓ Su elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- ✓ Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua. Pero el concreto también tiene desventajas como, por ejemplo:
- ✓ Con frecuencia el concreto se prepara en el sitio en condiciones en donde no hay un responsable absoluto de su producción, es decir el control de calidad no es tan bueno. (p.11)

2.3.1.2. Composición del concreto

Torre (2004) el concreto endurecido se compone de la **pasta y el agregado**

2.3.1.3. La pasta

La pasta de cemento (cemento más agua), llena los espacios libres entre partículas de áridos, que durante el proceso de fraguado esta va a generar cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados. La formación de estos cristales es una reacción química exotérmica, que genera calor, donde siempre requiere del elemento agua, siendo mucho más intensa la reacción (la creación de los cristales cohesivos) en los primeros días posteriores a la fabricación del hormigón, y luego va disminuyendo progresivamente en su intensidad con el tiempo. Normalmente, dentro del hormigón, una parte del cemento no alcanza a combinarse con el agua, por lo que permanece como cemento no hidratado. (p. 77)

- ✓ el Gel, nombre con el que se conoce al producto resultante de la reacción química e hidratación del cemento. Así asegurar que las reacciones de fraguado continúen, a partir del endurecimiento inicial del hormigón (que

normalmente se produce en las primeras doce horas después del mezclado), se requiere dotar continuamente de agua de curado al hormigón, la que sirve para reponer el agua de amasado evaporada por el calor emanado como producto de las reacciones químicas.

- ✓ Los poros incluidos en ella
- ✓ El cemento hidratado si lo hay
- ✓ Los cristales de hidróxido de calcio, o cal libre que pueden haberse formado durante la hidratación del cemento.

a) Funciones de la pasta

Rivva (2010) la pasta tiene cuatro grandes funciones en el concreto

- ✓ Contribuir a dar las propiedades requeridas al producto endurecido
- ✓ Separa las partículas del agregado
- ✓ Llenar los vacíos entre las partículas de agregado y adherirse fuertemente a ellas.
- ✓ Proporcionar lubricación a la masa cuando está aún no ha endurecido. (p. 9)

b) Propiedades de la pasta

Rivva (2010) menciona que las propiedades de la pasta dependen de:

- ✓ Las propiedades físicas y químicas del cemento
- ✓ Las proporciones relativas de cemento y agua en la mezcla
- ✓ El grado de hidratación del cemento dado por la efectividad de la combinación química entre este y el agua.

c) Influencia de la pasta en el concreto

El comportamiento del concreto como material de construcción está directamente influenciado por las características de la pasta y las propiedades finales de las mismas; sin desconocer el papel del agregado en las características finales del concreto. (Rivva, 2010, p. 10)

Siguiendo la posición de Rivva (2010) que, para un cemento dado, las características y porosidad de la pasta dependen fundamentalmente de la relación agua cemento y del grado de hidratación del cemento, siendo mejores las propiedades del concreto y menor su porosidad cuanto más baja es la relación agua cemento de una mezcla trabajable y cuanto mayor es el grado de hidratación del cemento.

2.3.1.3.1. El gel

Torres (2004) define como:

La parte sólida de la pasta la cual es el resultado de la reacción química del cemento con el agua durante el proceso de hidratación. El gel es una aglomeración porosa de partículas sólidamente entrelazadas en su mayoría escamosas o fibrosas el conjunto de las cuales forma una red eslabonada que contiene material más o menos amorfos. En su composición el gel comprende: La masa cohesiva de cemento hidratado en su estado de pasta más densa, el hidróxido de calcio cristalino y los poros gel. (p. 79)

Desempeñando así un rol muy importante en el comportamiento del concreto principalmente en las resistencias mecánicas y elasticidad, donde intervienen dos clases de adherencia cohesivas como son: Atracción física y adherencia química.

2.3.1.3.2. Hidratación y Curado del Concreto

Rivva (2010) y Torres (2004) en sus investigaciones mencionan a la hidratación y curado como procesos, definiéndolos como:

a) Hidratación

Se define como hidratación al proceso de reacción química del cemento en presencia del agua. La hidratación requiere de presencia de humedad condiciones de curado favorables y tiempo. (Rivva, 2010, p.12)

b) Curado

Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr la hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia seleccionada. (Rivva, 2010, p.12)

2.3.1.3.3. Porosidad de la pasta

Citando a torres (2004) existen vacíos denominados poros los cuales no contienen materia sólida, sin embargo, bajo determinadas circunstancias algunos podrían estar totalmente llenos de agua. Clasificándolos así en cuatro categorías definidas por su origen, su tamaño promedio o ubicación, los poros pueden ser:

- ✓ Poros por aire atrapado
- ✓ Poros por aire incorporado
- ✓ Poros capilares
- ✓ Poros gel

a) Poros por aire atrapado

Durante el proceso de mezclado una pequeña cantidad de aire del orden del 1% es aportada por los materiales y queda atrapada en la masa del concreto, no siendo eliminada por los procesos de mezclado, colocación o compactación. Estos espacios que este aire forma en la masa de concreto son parte inevitable de toda pasta. Y contribuyen a la disminución en la resistencia y durabilidad del concreto, varían en tamaños desde aquellos que son perceptibles a simple vista hasta aquellos de un centímetro o más de diámetro. (Rivas, 2010, p. 13)

b) Poros por aire incorporado

Por razones de incremento en la durabilidad del concreto puede incorporarse intencionalmente aire mediante el empleo de aditivos químicos, insignificantes burbujas de aire conocido como poros de aire incorporado. (Torres, 2004)

Es así que las burbujas de aire incorporado serán de perfil esférico con valores promedio de 0.10 mm donde su volumen puede ocupar hasta más del 5%. La razón principal del empleo de burbujas incorporadas es que este sistema de poros espaciados permite un incremento significativo de la durabilidad del concreto al crear un gran número de cámaras en las que se puede congelar el agua presente en los poros capilares evitando que las tensiones por expansión contribuyan a agrietar el concreto. (Rivas, 2010, p. 13)

c) Poros capilares

Se define como poros capilares a los espacios originalmente ocupados por el agua en el concreto fresco, los cuales en el proceso de hidratación del cemento no han sido ocupados por el gel. El gel solo puede desarrollarse en los espacios

originalmente llenos de agua. Por tanto, si la relación agua-cemento es alta o el curado es pobre la cantidad de espacios ocupables por el gel será durante el proceso de hidratación quedando los espacios residuales en la condición de poros capilares. (Rivas, 2010, p. 14)

La importancia de estos poros radica en:

- ✓ Conforme aumentan, disminuyen las resistencias mecánicas de la pasta endurecida.
- ✓ Aumentan la porosidad, permeabilidad y capacidad de absorción de la pasta. (Torres, 2004, p. 80)

2.3.2. Clasificación

Torre (2004, p. 81) clasifica el concreto por el peso específico, según su aplicación, por su composición y por su resistencia, que en seguida serán especificadas.

a) Por el peso específico

- ✓ Ligero, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 1200 – 2000 Kg/m³.
- ✓ Normal, cuyo Peso Unitario se encuentre entre 2000 – 2800 Kg/m³.
- ✓ Pesado, cuyo Peso Unitario se encuentre entre >2800 Kg/m³.

b) Según su aplicación

- ✓ Simple: Concreto sin ninguna armadura. Buena resistencia a compresión.
- ✓ Armado: Con acero. Buena resistencia a compresión y a flexión.
- ✓ Pretensado: Resistencia a tracción: viguetas.
- ✓ Postensado: Resistencia a tracción: se introducen fundas.

c) Por su composición

- ✓ Ordinario.
- ✓ Ciclópeo: con áridos de 50 cm.

- ✓ Cascotes: Hormigón de desechos y ladrillos.
- ✓ Inyectado: en un molde el agregado y le metemos la pasta árida >25 mm.
- ✓ Con aire incorporado: en el hormigón se le inyecta aire >6% V.
- ✓ Ligero: 1,2 – 2 = 2 N/mm² Pesado: áridos de densidad muy grande.
- ✓ Refractario: resistente a altas temperaturas (cemento de aluminato cálcico), etc.

d) Por su resistencia:

- ✓ Convencional: 10% agua, 15% cemento, 35% arena, 40% grava.
- ✓ De alta resistencia: 5% agua, 20% cemento, 28% arena, 41% grava, 2% adiciones,
- ✓ 2% aditivos.

2.3.3. Propiedades del Concreto

Abanto (S.F) considera como propiedades del concreto a la trabajabilidad y consistencia, la segregación, la exudación y la contracción.

a) Trabajabilidad y Consistencia

Es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin segregación y exudación durante estas operaciones. No existe prueba alguna hasta el momento que permita cuantificar esta propiedad, generalmente se le aprecia en los ensayos de consistencia. La consistencia está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. Se determina mediante el ensayo de Slump mediante la utilización del Cono de Abrahams. (Abanto, S.F, p. 47)

b) Segregación

Propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero. Las diferencias de densidades entre los componentes del concreto provocan una tendencia natural a que las partículas más pesadas descendan.

Así mismo, la segregación es un fenómeno perjudicial para el concreto, produciéndose en el elemento llenado, bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejeras, etc. La segregación está en función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta, y menor cuanto más seca lo es. Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas. (Abanto, S.F, p. 50)

c) Exudación

Propiedad por la cual una parte del agua de mezcla se separa de la masa y sube hacia la superficie del concreto. Fenómeno que se muestra después de que el concreto fue colocado en el encofrado; pues la exudación es una propiedad inherente a la estructura donde lo importante es evaluarlo y controlarlo en cuanto a los efectos negativos que se pudieran presentar. (Abanto, S.F)

Por ello, es un caso típico de sedimentación en que los sólidos se asientan dentro de la masa plástica; influenciada por la cantidad de finos en los agregados y la finura del cemento, por lo que cuanto más fina la molienda de este y mayor es el porcentaje de material menor que la malla Nro. 100, la exudación será menor, pues se retiene el agua de mezcla. (Pasquel,1998)

d) Contracción

Es una de las propiedades más importantes en función de los problemas de fisuración que acarrea con frecuencia. La pasta de cemento necesariamente se contrae debido a la reducción del volumen original de agua por combinación química, y a esto se le llama contracción intrínseca que es un proceso irreversible. Pero además existe otro tipo de contracción inherente también a la pasta de cemento, y es la contracción por secado, que es la responsable de la mayor parte de los problemas de fisuración, dado que ocurre tanto en el estado plástico como el endurecido si se permite la pérdida de agua en la mezcla. Este proceso no es irreversible, ya que, si se repone el agua perdida por secado, se recupera gran parte de la contracción acaecida. (Pasquel, 1998, p. 142)

2.3.3.1. Propiedades del concreto en estado endurecido

a) Elasticidad

Es la capacidad del concreto de deformarse bajo carga, sin tener deformación permanente. (Pasquel, 1998, p. 142)

Rivva (2010) sostiene que el concreto no es un material completamente elástico y la relación esfuerzo deformación para una carga en constante incremento adopta generalmente la forma de una curva. Generalmente se conoce como Módulo de Elasticidad a la relación del esfuerzo a la deformación medida en el punto donde la línea se aparta de la recta y comienza a ser curva.

Los módulos de elasticidad normales oscilan entre 250.000 a 350,000 kg/cm², y están en relación directa con la resistencia en compresión del concreto, y en relación inversa con la relación agua/cemento. Conceptualmente, las mezclas más

ricas tienen módulos de elasticidad mayores, y mayor capacidad de deformación que las mezclas pobres. (Pasquel, 1998, p. 142)

b) Resistencia

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

La resistencia, depende principalmente de la concentración de la pasta de cemento, que se acostumbra expresar en términos de la relación Agua/Cemento en peso. La afectan además los mismos factores que influyen en las características de la pasta, como son la temperatura y el tiempo, aunados a otros elementos adicionales constituidos por el tipo y características resistentes del cemento en particular que se use y de la calidad de los agregados, que completan la estructura del concreto. (Pasquel, 1998, p. 143)

Recordar que la resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión. (Abanto, S.F, p. 50)

c) Extensibilidad

Es la propiedad del concreto de deformarse sin agrietarse, Se define en función de la deformación unitaria máxima que puede asumir el concreto sin que ocurran fisuraciones.

Depende de la elasticidad y del flujo plástico, constituido por las deformaciones que tiene el concreto bajo carga constante en el tiempo. El flujo plástico tiene la

particularidad de ser parcialmente recuperables, estando relacionado también con la contracción, pese a ser dos fenómenos nominalmente independientes. (Pasquel, 1998, p. 145)

d) Durabilidad

Es la resistencia a los agentes externos como las bajas temperaturas, la penetración del agua, desgaste por abrasión, retracción al secado, eflorescencias, agentes corrosivos, o choques térmicos, entre otros, sin deterioro de sus condiciones físico-químicas con el tiempo. El concreto debe ser capaz de resistir a la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo de 2% a 6% de aire con un agente incluso de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie. (Abanto, S.F, p. 57)

e) Impermeabilidad

Es la característica de dejar filtrar ya sea aire o agua. Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades, después de la evaporación, y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire, así como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (Abanto, S.F, p. 58)

2.3.4. Resistencia especificada a la compresión del concreto (f'_c)

Este método de ensayo es usado para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos preparados y curados de manera estándar.

La interpretación de resultados es delicada debido a que la resistencia no es una propiedad característica o intrínseca del concreto realizado con materiales proporcionados, sino depende de muchos factores como tamaño y forma del espécimen, la mezcla, el procedimiento de batido, los métodos de muestreo, el moldeado y fabricación. Además de la edad, temperatura, y condiciones de curado de los especímenes.

Los resultados de este método son usados como base para un control de calidad de la proporción, mezclado, y colocación del concreto; determinación de la conformidad de las especificaciones y control para evaluar la efectividad de las adiciones. Estos ensayos se realizarán de acuerdo a las normas NTP 339.034, ASTM C39.

Normalmente, el ensayo se realiza bajo control de carga y termina cuando se alcanza la carga máxima de rotura, la que se utiliza para calcular la resistencia a compresión, suponiendo que el esfuerzo de compresión se distribuya uniformemente en la sección transversal de la probeta de esta manera se tiene

R_c = Resistencia de Rotura a la Compresión.

P = Carga Máxima de Rotura en Kilogramos.

A = Área de la superficie de Contacto

$$R_c = P/A \dots\dots (1)$$

Figura 1

Tipos de fallas en la prueba de resistencia a la Comprensión

TIPOS DE FALLAS	
	CÓNICA Se presenta cuando se logra una carga de compresión bien aplicada sobre un espécimen de prueba bien preparado.
	TRANSVERSAL Se presenta comúnmente cuando las caras de aplicación de carga se encuentra en el límite de desviación (Perpendicular) Tolerada específica de 0.5 grados.
	COLUMNAR Se presenta en especímenes que presentan una superficie de carga convexa y deficiente del material de refrenado, también por concavidad del plato de cabecero o convexidad en una de las plagas cargadas.
	CÓNICA Y DIVIDIDA Se presentan en especímenes que se presentan una cara de aplicación de carga convexa y deficiencias del material de refrenado o rugosidades del plato de refrenado.
	CÓNICA Y TRANSVERSAL Se presentan cuando las caras de aplicación de carga del especímenes están ligeramente fuera de las tolerancias de paralelismo establecidas o por ligeras desviaciones en el centrado del especímenes con respecto al eje de carga de la máquina.

Fuente: ASTM C39/C39M-99, citado en Benites (2014).

2.3.5. Materiales componentes del concreto

Los componentes característicos del concreto son:

- ✓ Cemento Portland.
- ✓ Agua.
- ✓ Agregados.

2.3.6. Cemento Pórtland

Según la Norma Técnica Peruana (INDECOPI, CEMENTOS NTP 334.009, 2018) citado en Torres (2004), el cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

$$\text{Cemento Portland} = \text{Clinker Portland} + \text{Yeso}$$

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad. (Torre, 2004, p. 6)

Materias primas del cemento Portland

Las principales materias primas necesarias para la fabricación de un cemento Portland son según Torre (2004) los siguientes:

- ✓ Materiales calcáreos: Deben tener un adecuado contenido de carbonato de calcio (Co_3Ca) que será entre 60% a 80%, y no deberá tener más de 1.5% de magnesia. Aquí tenemos a las margas, cretas y calizas en general estos materiales suministran el óxido de calcio o cal.

- ✓ Materiales arcillosos: Deben contener sílice en cantidad entre 60% y 70%. Estos materiales proveen el dióxido de silicio o sílice y también el óxido de aluminio o alúmina, aquí tenemos a las pizarras, esquistos y arcillas en general.
- ✓ Minerales de hierro: Suministran el óxido férrico en pequeñas cantidades. En algunos casos éstos vienen con la arcilla.
- ✓ Yeso: Aporta el sulfato de calcio. (p.6)

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. No obstante, hay cuatro compuestos que constituyen más del 90 % del peso del cemento, y son:

Figura 2

Materias Primas del Cemento Portland

	Abreviación
a) Silicato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C_3S
b) Silicato dicálcico ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)	C_2S
c) Aluminato tricálcico ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)	C_3A
d) Alumino ferrita tricálcica ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)	C_4AF

Fuente: Tecnología del Concreto, (Abanto, S.F)

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland, como señala Abanto (S.F), contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación. Por ejemplo:

- ✓ **El silicato tricálcico (C3S)** es el que produce la alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado. La reacción del C3S con agua desprende gran

cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.

- ✓ **El silicato dicálcico (C₂S)** es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.
- ✓ **El aluminato tricálcico (C₃A)**, el yeso agregado al cemento Portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el C₃A para controlar el tiempo de fraguado.
- ✓ **La Alumino ferrita tricálcica C₄AF** es semejante al C₃A porque se hidrata con rapidez y sólo desarrolla baja resistencia.

2.3.7. Propiedades del Cemento

Las propiedades que hace mención Torre (2004) son las siguientes:

a) **Finura o Fineza**

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m²/kg. En el laboratorio existen 2 ensayos para determinarlo.

- ✓ Permeabilímetro de Blaine
- ✓ Turbidímetro de Wagner

Importancia: A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.

Figura 3

Clasificación del tipo de Cemento en Finura o Fineza

Tipo de cemento	Finura Blaine m ² / kg
I	370
II	370
III	540
IV	380
V	380

Fuente: Curso básico de Tecnología, (Torre, 2004).

b) **Peso Especifico**

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm³. En el laboratorio se determina por medio de:

- ✓ Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005)

Importancia: Se usa para los cálculos en el diseño de mezclas.

Los pesos específicos de los cementos Portland son de aproximadamente 3.15

c) **Tiempo de Fraguado**

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta.

Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de Fraguado Inicial y El tiempo de Fraguado Final.

En el laboratorio existen 2 métodos para calcularlo

- ✓ Agujas de Vicat: NTP 334.006 (97)
- ✓ Agujas de Gillmore: NTP 334.056 (97)

Importancia: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

d) Estabilidad de Volumen

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

- ✓ Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99)

e) Resistencia a la Compresión

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de compresión.

Es una de las más importantes propiedades, se expresa en Kg/cm². En el laboratorio se determina mediante:

- ✓ Ensayo de compresión en probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334.051 Se prueba a diferentes edades: 1,3,7, 28 días.

Importancia: Propiedad que decide la calidad de los cementos.

f) Contenido de aire

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048 *Importancia:* Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1 %).

g) Calor de Hidratación

Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. y depende principalmente del C3A y el C3S. En el laboratorio se determina mediante:

- ✓ Ensayo del Calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064

2.3.8. Tipos de cementos

a) Cementos Portland sin adición

Constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas:

Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo

Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación

Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales

Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación

Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfates.

b) Cementos Portland Adicionados

Contienen además de Clinker Portland y Yeso, 2 o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ej.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire). Aquí tenemos según Normas técnicas:

- ✓ Cementos Portland Puzolánicos (NTP 334.044)

- ✓ Cemento Portland Puzolánico Tipo IP: Contenido de puzolana entre 15% y 40%.
- ✓ Cemento Portland Puzolánico Modificado Tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15%.
- ✓ Cementos Portland de Escoria (NTP 334.049)
- ✓ Cemento Portland de Escoria Tipo IS: Contenido de escoria entre 25% y 70%
- ✓ Cemento Portland de Escoria Modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25%
- ✓ Cementos Portland Compuesto Tipo 1 (Co) (NTP 334.073): Cemento adicionado
- ✓ obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertino), hasta un 30% de peso.
- ✓ Cemento de Albañilería (A) (NTP 334.069): Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Portland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.
- ✓ Cementos de Especificaciones de la Performance (NTP 334.082): Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos.

2.3.9. Los Cementos en el Perú

Torre (2004) en el Perú, actualmente tenemos las siguientes empresas cementeras, como se muestran en la siguiente:

Figura 4

Los Cementos en el Perú

NOMBRE	UBICACIÓN
Cementos Lima S A	Atocongo – Lima
Cementos Pacasmayo S A A	Pacasmayo - La Libertad
Cemento Andino S A	Condorcocha - Tarma (Junin)
Yura SA	Yura - Arequipa
Cemento Sur S A	Caracote - Juliaca (Puno)
Cemento Rioja	Pucallpa - Ucayali

Fuente: Tecnología Del Concreto, Torre (2004).

2.3.10. Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la (INDECOPI, Agregados NTP 400.011 , 2008).

Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. (Torre, 2004, p. 43)

2.3.10.1. Clasificación Por Su Origen

Por su origen los agregados se clasifican en Agregados Naturales Agregados Artificiales. Se considera como:

a) Agregados Naturales

Son los formados por los procesos geológicos naturales que han ocurrido en el planeta durante miles de años, y que son extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su empleo en la producción de concreto.

b) Agregados Artificiales

Proviene de un proceso de transformación de materiales naturales, que proveen productos secundarios que con un tratamiento adicional se habilitan para emplearse en la producción de concreto.

2.3.10.2. Clasificación Por Su Tamaño

Rivva (2010) de acuerdo a su tamaño los agregados se clasifican en: Agregado Fino y Agregado Grueso (p. 171, 172).

a) Agregado Fino

Es aquel que pasa íntegramente el tamiz de 3/8" y como mínimo en un 95% el Tamiz N° 4, quedando retenido en el Tamiz N° 200.

b) Agregado Grueso

Es aquel que queda retenido, como mínimo, en un 95% en el Tamiz N° 4.

2.3.10.3. Características físicas de los agregados

En general son primordiales en los agregados las características de densidad, resistencia, porosidad, y la distribución volumétrica de las partículas, que se acostumbra denominar granulometría o gradación.

Asociadas a estas características se encuentran una serie de ensayos o pruebas estándar que miden estas propiedades para compararlas con valores de referencia establecidos o para emplearlas en el diseño de mezclas.

Es importante para evaluar estos requerimientos el tener claros los conceptos relativos de las siguientes características físicas de los agregados y sus expresiones numéricas. (Pasquel, 1998)

a) Contenido De Humedad

El contenido de agua dentro de un agregado, expresado en porcentaje del peso de agua en una masa dada de suelo al peso de las partículas sólidas.

$$W = \frac{W_w - W_s}{W_s} 100\%. \dots (2)$$

Donde:

w = Contenido de humedad expresado en %.

W_w = Peso de las partículas sólidas húmedas.

W_s = Peso de las partículas sólidas secas.

b) Absorción

Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a la condición de, saturado superficialmente se expresa en porcentaje.

$$\% \text{ de absorcion (abs)} = \frac{\text{Peso sss} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} 100\% \dots (3)$$

Donde:

Peso sss = Pesos del material saturado superficialmente seco.

Nota. Agua libre y agua que le falta a un agregado para encontrarse en la condición ideal:

Si $\% w > \text{Abs.}$

Tenemos en este caso el agregado aporta agua a la mezcla (agua libre) y dicha cantidad debe ser disminuida del agua de diseño para encontrar el agua efectiva o neta.

$$\text{Agua libre} = \frac{W - \text{Abs}}{100} * \text{peso seco} \dots\dots (4)$$

Si % w < Abs.

Tenemos en este caso el agregado tomará agua de la mezcla (agua que le falta) para llegar a la condición ideal, debiendo aumentarse dicha cantidad de agua a la mezcla para no modificar el agua de diseño.

$$\text{Agua que falta} = \frac{W - \text{Abs}}{100} * \text{peso seco} \dots\dots (5)$$

La cantidad de agua absorbida estima la porosidad de las partículas de agregado. Conocer la cantidad de agua que puede ser alojada por el agregado siempre resulta de mucha utilidad, en ocasiones se emplea como un valor que se especifica para aprobar o rechazar el agregado en una cierta aplicación.

c) **Peso Específico**

Es el cociente entre el peso de las partículas dividido entre el volumen de los sólidos únicamente, es decir, no incluye los vacíos entre ellas. Su valor para agregados normales oscila entre 2,500 y 2,750 Kg/m³.

2.3.10.4. Análisis granulométrico

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños. Como sería sumamente difícil medir el volumen de los diferentes tamaños de partículas, se usa una manera indirecta, la cual es tamizarlas por una serie de mallas de aberturas conocidas y pesar los materiales retenidos refiriéndolos en porcentaje con respecto al peso total. Los valores hallados se representan gráficamente en un sistema coordinado semilogarítmico que permite apreciar la distribución acumulada.

Figura 5.

Tamices Estándar ASTM

DENOMINACION DEL TAMIZ	ABERTURAS EN PULGADAS	ABERTURAS EN MILIMETROS
3"	3.0	75.00
1 1/2"	1.50	37.50
3/4"	0.750	19.00
3/8"	0.375	9.50
Nº4	0.1870	4.75
Nº8	0.0937	2.36
Nº16	0.0469	1.18
Nº30	0.0234	0.59
Nº50	0.0117	0.30
Nº100	0.0059	0.15
Nº200	0.0029	0.037

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de Mezcla (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)

2.3.10.5. Granulometría del agregado grueso

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la Norma ITINTEC 400.037 o en la norma ASTM C-33, los cuales están indicados en la siguiente tabla:

Figura 6

Requisitos Granulométricos de Agregado Grueso Según La NTP 400.037

HUSO	TAMAÑO MAXIMO NIMINAL	REQUISITOS GRANULOMETRICOS DEL A GREGADO GRUESO PROCENTAJE QUE PASA POR LOS TAMCES NORMALIZADOS														
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37.5 mm	25.0 mm	19.0 mm	12.5 mm	9.5 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	300µm	
		4 pulg	3 1/2 pul	3 pulg	2 1/2 pul	2 pulg	1 1/2 pul	1 pulg	3/4 pulg	1/2 pulg	3/8 pulg	N° 4	N° 8	N° 16	N° 50	
1	90mm a 37.5mm	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	100	90 a 100	—	25 a 60	—	0 a 15	—	0 a 15	—	—	—	—	—	
2	63mm a 37.5mm	3 1/2 pulg a 1 1/2 pulg	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 5	—	—	—	—	—	
3	50mm a 25.0mm	2 pulg a 1 pulg	—	—	—	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	—	0 a 15	—	—	—	—	
357	50mm a 4.75mm	2 pulg a N° 4	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	—	0 a 5	—	—	
4	37.5mm a 19.0mm	1 1/2 pulg a 1/4 pulg	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	—	0 a 5	—	—	—	
467	37.5mm a 4.75mm	1 1/2 pulg a N° 4	—	—	—	—	100	95 a 100	—	35 a 70	—	10 a 30	0 a 5	—	—	
5	25mm a 9.5mm	1 pulg a 1/2 pulg	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	—	—	—	—	
56	25mm a 9.5mm	1 pulg a 3/8 pulg	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	—	—	—	—	
57	25mm a 4.75mm	1 pulg a N°4	—	—	—	—	—	100	95 a 100	—	25 a 60	—	—	—	—	
6	19mm a 9.5mm	3/4 pulg a 3/8 pulg	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	—	—	
67	19mm a 4.75mm	3/4 pulg a N° 4	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	—	20 a 55	0 a 10	0 a 5	—	
7	12.5mm a 4.75mm	1/2 pulg a N°4	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	—	
8	9.5mm a 2.36mm	3/8 pulg a N°8	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	
89	9.5mm a 1.18mm	3/8 pulg a N°16	—	—	—	—	—	—	—	—	100	90 a 100	25 a 65	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9	4.75mm a 1.18mm	N°4 a N°16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: Riva López Enrique, Diseño de Mezcla (INDECOPI, NTP 400.037, 2002)

2.3.10.6. Granulometría Del Agregado Fino

Agregado fino se le denomina aquel agregado que pasa la malla 3/8 y el N° 4 y es retenido casi completamente en la malla N°200 y que cumple con los requisitos establecidos en la norma. En general es recomendable que la granulometría se encuentre dentro de los siguientes límites:

Figura 7

Requisitos Granulométricas De Agregado Fino Según NTP 400.037

Malla	% Que Pasa
3/8	100
N° 4	95-100
N° 8	80-100
N° 16	50-85
N°30	25- 60
N°50	05-30
N°100	0-10

Fuente: Diseño de mezcla Rivva (2010).

2.3.10.7. Módulo De Fineza Del Agregado Fino

Es un índice aproximado del tamaño medio de los agregados. Cuando este índice es bajo quiere decir que el agregado es fino, cuando es alto es señal de lo contrario. El módulo de fineza, no distingue las granulometrías, pero en caso de agregados que estén dentro de los porcentajes especificados en las normas granulométricas, sirve para controlar la uniformidad de los mismos. El módulo de fineza de un agregado se calcula sumando los porcentajes acumulativos retenidos en la serie de

las mallas estándar: 3", 1 3/8", N°4, N°16, N°30, N°50, N°100 y dividiendo entre 100.

Según la norma ASTM la arena debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1.

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos de 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y que las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia. (Castillo Flavio, 2009)

a) Tamaño Máximo Nominal Del Agregado Grueso

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (INDECOPI, Agredados .400.012, 2018)

b) Tamaño máximo nominal del agregado grueso

Es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido. (INDECOPI, Agredados .400.012, 2018)

c) Peso Unitario

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, está influenciado por la manera en que se acomodan estas, lo que lo convierte en un parámetro hasta cierto punto relativo.

La norma NTP 400.017 (ASTM C-29) define el método estándar para evaluarlo, en la condición de acomodo de las partículas luego de compactarlas en un molde metálico apisonándolas con 25 golpes con una varilla de 5/8" en 3 capas. El valor

obtenido, es el que se emplea en algunos métodos de diseño de mezcla para estimar las proporciones y también para hacer conversiones de dosificaciones en peso a dosificaciones en volumen.

En este último caso hay que tener en cuenta que estas conversiones asumen que el material en estado natural tiene el peso unitario obtenido en la prueba estándar, lo cual no es cierto por las características de compactación indicadas. Algunas personas aplican el mismo ensayo, pero sin compactar el agregado para determinar el "peso unitario suelto", sin embargo, este valor tampoco es necesariamente el del material en cancha, por lo que se introducen también errores al hacer conversiones de diseños peso a volumen. (Pasquel, 1998)

d) Porcentaje de vacíos

Es la medida del volumen expresada en porcentaje de espacios entre las partículas de agregados. Depende también del acomodo entre partículas, por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario.

2.3.10.8. Funciones del agregado en el concreto

Los agregados en el concreto cumplen una de su principal función que es la resistencia que ofrece los agregados en la mezcla que es el concreto, y también reducen el contenido de cemento en la mezcla y esto hace que sea menos costosa.

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones:

- ✓ Como esqueleto o relleno adecuado para la pasta (cemento y agua), reduciendo el contenido de pasta en el metro cúbico.
- ✓ Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que puedan actuar sobre el concreto.

- ✓ Reducir los cambios de volumen resultantes de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.
- ✓ Los agregados finos y gruesos ocupan comúnmente de 60% a 75% del volumen del concreto (70% a 85% en peso), e influyen notablemente en las propiedades del concreto recién mezclados y endurecidos, en las proporciones de la mezcla y en la economía.
- ✓ El esqueleto granular está formado por los agregados que son elementos inertes, generalmente más resistentes que la pasta cementante y además económicos. Por lo tanto, conviene colocar la mayor cantidad posible de agregados para lograr un concreto resistente, que no presente grandes variaciones dimensionales y sea económico.
- ✓ Pero hay un límite en el contenido de agregados gruesos dado por la trabajabilidad del concreto. Si la cantidad de agregados gruesos es excesiva la mezcla se volverá difícil de trabajar y habrá una tendencia de los agregados gruesos a separarse del concreto (segregación). Llegado este caso se suele decir que el concreto es "áspero", "pedregoso" y "poco dócil".
- ✓ En el concreto fresco, es decir recién elaborado y hasta que comience su fraguado, la pasta cementante tiene la función de lubricar las partículas del agregado, permitiendo la movilidad de la mezcla. En este aspecto también colabora el agregado fino (arena).
- ✓ La arena debe estar presente en una cantidad mínima que permita una buena trabajabilidad y brinde cohesión a la mezcla. Pero no debe estar en exceso porque perjudicará las resistencias.

- ✓ Se debe optimizar la proporción de cada material de forma tal que se logren las propiedades deseadas al mismo costo. (Pasquel, 1998)
- ✓ Las funciones en el concreto son de ser el esqueleto, reduciendo el contenido de pasta, también les proporciona resistencia a las acciones mecánicas y reduce los cambios de volumen. La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Los agregados de menor tamaño demandan mayor cantidad de pasta, por lo tanto, conviene poner mayor cantidad de agregado grueso para lograr un concreto resistente, pero al incorporar mayor cantidad de agregado grueso este será menos trabajable y se producirá la segregación, llegando al caso de ser un concreto áspero pedregoso y poco dócil. (Enrique Pasquel, 1998)

2.3.11. Características resistentes

Están constituidas por aquellas propiedades que le confieren la capacidad de soportar esfuerzos o tensiones producidos por agentes externos (Pasquel, 1988, p. 78). Las principales son:

a) Resistencia

“Capacidad de asimilar la aplicación de fuerzas de compresión, corte, tracción y flexión. Normalmente se mide por medio de la resistencia en compresión, para lo cual se necesita ensayar testigos cilíndricos o cúbicos de tamaño adecuado al equipo de ensayo, que se perforan o cortan de una muestra lo suficientemente grande”. (Pasquel, 1988, p. 78)

b) Tenacidad

Se denomina así en general a la resistencia al impacto. Esta más relacionada con la sollicitación en flexión que en compresión, así como con la angularidad y aspereza de la superficie

“Tiene trascendencia en las propiedades del concreto ante impactos, que son importantes en términos prácticos, al momento de evaluar las dificultades en el procesamiento por chancado del material. Su estimación es más cualitativa que cuantitativa”. (Pasquel, 1988, p. 78).

c) Dureza

Es la resistencia al desgaste por la acción de unas partículas sobre otras o por los agentes externos. (Pasquel, 1988, p. 78).

2.3.12. El agua en el concreto

El agua es un elemento fundamental en la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales:

- ✓ Reaccionar con el cemento para hidratarlo.
- ✓ Actuar como lubricante, para contribuir a la trabajabilidad del conjunto.
- ✓ Procurar la estructura de vacíos, necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse. Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de lo necesario para la hidratación del cemento.

El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de estas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. Una regla empírica que sirve para estimar si determinada agua sirve o no para emplearse en la producción de concreto, consiste en establecer su habilidad para el consumo humano, ya que lo que no daña al hombre no daña al concreto.

Existe evidencia experimental que el empleo de aguas con contenidos individuales de cloruros, sulfatos y carbonatos sobre las 5,000 ppm, ocasiona reducción de resistencias hasta del orden del 30 % con relación a concretos con agua pura.

La materia orgánica por encima de las 1,000 ppm reduce resistencia e incorpora aire. El criterio que establece la Norma ITINTEC 339.088 y el Comité ACI-318, para evaluar la habilidad de determinada agua para emplearse en concreto, consiste en preparar cubos de mortero de acuerdo con la norma ASTM C-109, usando el agua dudosa y compararlos con cubos similares elaborados con agua potable. Si la resistencia en compresión a 7 y 28 días de los cubos con el agua en prueba no es menor del 90% de la de los cubos de control, se acepta el agua como apta para su uso en concreto.

Figura 8

Límites Permisibles para el Agua de Mezcla y Curado según la Norma NTP 339.088

SUSTANCIAS DISUELTAS	VALOR MAXIMO ADMISIBLE
cloruros	300 ppm
sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
sales solubles	1500 ppm
P.H	mayor de 7
sólidos en suspensión	1500 ppm
materia orgánica	10 ppm

Fuente: norma NTP 339.088

a) Normas Técnicas peruanas para el agua del concreto

Para el ensayo del agua se tendrán en consideración las siguientes Normas:

NTP 339.070: Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland.

NTP 339.071: Ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas.

NTP 339.072: Método de ensayo para determinar por oxidabilidad el contenido de materia orgánica de las aguas.

NTP 339.073: Método de ensayo para determinar el pH de las aguas.

NTP 339.074: Método de ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las aguas.

NTP 339.075: Método de ensayo para determinar el contenido de hierro de las aguas.

NTP 339.076: Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros de las aguas.

b) Requisitos del comité 318 del ACI

- ✓ El agua empleada en el mezclado del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el refuerzo.
- ✓ El agua de mezclado para concreto premezclado o para concreto que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la porción del agua de mezclado que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ion cloruro.
- ✓ No deberá emplearse en el concreto aguas no potables, salvo que las siguientes condiciones sean satisfechas.
- ✓ La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.
- ✓ Los cubos de ensayo de morteros preparados con aguas de mezclado no potables deberán tener a los 7 y 28 días resistencias iguales a por lo menos el 90% de la resistencia de especímenes similares preparados con agua potable. Los ensayos de comparación de resistencia deberán ser preparados con morteros, idénticos con excepción del agua de mezclado, preparados y ensayados de acuerdo con la Norma ASTM C 109 "Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortar" (Empleando especímenes cúbicos de 2" o 50 mm). (Ing. Ana Torre, 2004, pág. 41)

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION

3.1. Perspectiva de la metodología y el tipo de investigación

3.1.1. Perspectiva metodológica

La investigación tiene una perspectiva cuantitativa, ya que en base a cantidades y estadísticas se probará las diferentes hipótesis propuestas para la investigación

3.1.2. Tipo de investigación

Es una Investigación aplicada, porque para la solución del problema se emplea conocimientos científicos existentes, con enfoque descriptivo correlacional, ya que se utiliza la relación de causa-efecto entre variables, y diseño descriptivo, porque se describe la variación de características que causa la variable independiente sobre las variables dependientes.

3.2. Población y Muestra

Tabla 1

Determinación del número de población y muestra

DETERMINACIÓN DEL NUMERO DE POBLACIÓN Y MUESTRA		
F'c:	210 kg/cm ²	280 kg/cm ²

Briquetas normales

- ✓ Periodo de ensayo de concreto normal = 4 (a los 7, 14, 21 y 28 días)
- ✓ Numero de briquetas por periodo = 3 briquetas
- ✓ Relación A/C = 2

- ✓ Numero de resistencias de concreto = 2 resistencias

N° de briquetas en total: $4 \times 3 \times 2 \times 2 = 48$ briquetas.

Briquetas con la combinación de arena de la Cantera Tinajas con agregado grueso de la Cantera Churita SAC

- ✓ Numero de resistencias: 2 resistencias.
- ✓ Numero de briquetas: 3 briquetas.
- ✓ Relación A/C = 2
- ✓ Numero de periodos de ensayo: 4 (a los 7, 14, 21 y 28 días)

N° de briquetas en total: $2 \times 3 \times 4 \times 2 = 48$ briquetas.

La población y muestra es la misma, por convenir a la investigación y estará determinada por **96 briquetas de concreto**, fabricadas con cemento portland tipo I, agua potable, agregados de la Cantera Churita SAC, así como la combinación de arena de la Cantera Tinajas y agregado grueso de la cantera Churita SAC.

3.3. Descripción de recursos empleados:

a) Cemento Portland

El cemento Portland es un cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda, es decir:

Cemento Portland = Clinker Portland + Yeso

El cemento empleado en la investigación para la fabricación del concreto, son de este tipo y se detalla a continuación:

- ✓ Cemento sol

Agregados

Se usó:

- ✓ Agregado fino (arena gruesa); agregado grueso (piedra chancada), provenientes de la cantera Lurín (Churita SAC).
- ✓ Agregado fino de la cantera Tinajas

Agua para mezcla y curado del concreto

- ✓ El agua a emplearse para la fabricación de concretos y los curados respectivos, será agua potable de la ciudad de Huaraz.

3.3.1. Instrumentos de Investigación

- ✓ Planos de ubicación de las canteras en estudio
- ✓ Laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, para la determinación de las características físicas de los agregados.
- ✓ Especificación técnica del cemento a emplear.
- ✓ Medios bibliográficos y normas para realizar el diseño de mezclas de concreto
- ✓ Laboratorio de FIC - UNASAM, para la fabricación, curado y ensayos a la compresión uniaxial de las briquetas de concreto.
- ✓ Fichas para recopilar y organizar la información de la investigación.

3.4. Procedimiento de recolección y análisis de datos

En la presente investigación se determinarán las propiedades físicas de los agregados y realizarán dosificaciones de concreto de resistencias $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$;

utilizando agregados pétreos de las canteras que se detallan a continuación: Los bancos en estudio se escogieron debido a su importancia referente a su ubicación geográfica y volumen de extracción.

3.4.1. Estudio de las Canteras.

Cantera Churita S.A.C

La cantera de Churita SAC se ubicada en la coordenada $12^{\circ}11'39.65''$ Sur y $76^{\circ}51'38.86''$ Oeste, localizado al Noroeste del distrito de Pachacamac, en el Centro Poblado Guayabo, que está a 15 min desde la plaza de armas del distrito de Pachacamac, a una distancia aproximada de 4.80 km. esta cantera explota , tiempo en el cual ha sido removido un gran volumen de su capacidad; hoy en día se explota alrededor de 150 a 200 m³ de material pétreo diarios y mensualmente está entre los 5000 y 6000 m³; los agregados son clasificados por Zarandeo Mecánico y Trituradora, el agregado grueso pasa por el proceso de trituración y el agregado fino son seleccionados mediante zarandas.

Figura 9

Ubicación de la cantera Churita S.A.C.



Fuente: Fotografía extraída de Google Earth 2019.

Figura 10

Vista panorámica de la extracción de agregado fino y grueso de la Cantera Churita S.A.C.



Fuente: Fotografía realizada por el tesista.

Cantera Tinajas

La cantera de Tinajas se ubicada en la coordenada $12^{\circ} 7'57.94''$ Sur y $76^{\circ}45'54.83''$ Oeste, localizado al Noroeste del distrito de Cieneguilla, en el barrio La Isla, que está a 23 min desde la comisaría del distrito de Cieneguilla, a una distancia aproximada de 8.1 km, el tipo de explotación aplicado en esta cantera es a cielo abierto, realizan la selección del agregado mediante zarandas; explotan un volumen diario aproximado de 1,000 m³ y mensualmente entre 25,000 y 30,000 m³.

Figura 11

Ubicación de la cantera Tinajas - Distrito de Cieneguilla.



Fuente: Fotografía extraída de Google Earth 2019.

Figura 12

Se observa la selección de agregado fino mediante una zaranda de la cantera Tinajas.



Fuente: Fotografía realizada por el tesista.

3.4.2. Características físicas de los agregados determinados en el laboratorio

La obtención de las características de las canteras en estudio se solicitó el uso del laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, una vez ingresado los materiales en estudio al laboratorio se procedió al secado de las muestras en la intemperie todo ello aplicando la N.T.P 400.010-2011; Extracción y preparación de las muestras de los agregados.

3.4.3. Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (n.º 200) por lavado

✓ Referencias normativas

NTP 400.018 Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado Cantidad de 75 μm (N.º 200) por lavado en agregados. Durante el ensayo se separan de la superficie del agregado, por lavado, las partículas que pasan el tamiz de 75 μm (N.º 200), tales como: arcillas, agregados muy finos, y materiales solubles en el agua.

Figura 13

Lavado del material para pasar la malla N° 200.



Fuente: fotografía realizada en el tesista.

Figura 14

Material retenido en la malla N.º 200.



Fuente: fotografía realizado por el tesista

3.4.4. Porcentaje de contenido de humedad

De la arena (Cantera Churita S.A.C)

- ✓ Por el método de cuarteo se seleccionó 1000g de arena en estado natural ($P_H=1000g$)
- ✓ secar la muestra a $110^{\circ}C$ aproximadamente durante 24 horas hasta peso constante (P_S)
- ✓ se calcula:

$$CH\% = \left(\frac{P_H - P_S}{P_S} \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots (6)$$

Figura 15

Muestras de agregado grueso y fino en el horno



Fuente: fotografía realizado por el tesista en el laboratorio.

Tabla 2

Valores de Contenido de Humedad Obtenidos en el Laboratorio.

AGREGADO	Fino (Tinajas)	
	M - 1	M - 2
Descripción		
p. suelo húmedo + recipiente	611.00	613.00
p. suelo seco + recipiente	605.60	607.65
peso de recipiente	111.00	113.00
peso suelo seco	494.60	494.65
peso de agua	5.40	5.35
% contenido de humedad	1.09	1.08
humedad promedio	1.09	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3

Valores de contenido de humedad obtenidos en el laboratorio.

AGREGADO	Fino (Churita S.A.C)	
	M - 1	M - 2
Descripción		
p. suelo húmedo + recipiente	611.00	613.00
p. suelo seco + recipiente	605.21	607.19
peso de recipiente	111.00	113.00
peso suelo seco	494.21	494.19
peso de agua	5.79	5.81
% contenido de humedad	1.17	1.18
humedad promedio	1.17	

Fuente: Elaboración Propia

3.4.5. Peso específico y porcentaje de absorción

Referencias normativas

NTP 400.022: Peso Específico y absorción del agregado Fino.

Procedimiento:

- ✓ Se anotó el peso del picnómetro con agua hasta el nivel de 500 ml.

Figura 16

Peso del picnómetro para el cálculo del peso específico.



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio.

- ✓ se cubre la muestra con agua durante 18 a 24 horas.
- ✓ Transcurrido ese tiempo se vierte el agua, con mucho cuidado para que no se pierda el material.
- ✓ Colocar la muestra en una mesa, expandirla y removerla para garantizar un secado uniforme
- ✓ Se colocó el agregado hasta rebalsar el cono metálico, y se le da unos cuantos golpes con el apisonador.
- ✓ Se realizó esta operación 3 veces, debiendo sumar 25 el número de golpes en las tres veces que se se apisona la muestra.

- ✓ Levantar el molde verticalmente. Si existe humedad superficial el cono de agregado fino mantendrá su forma.
- ✓ Si se queda con forma tronco-cónica, tiene más humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
- ✓ Si se desmorona, tiene menos humedad que la correspondiente al estado saturado superficialmente seco.
- ✓ En este caso la muestra ha alcanzado la condición de saturado y superficialmente seco (sss). Pesar 500g (sss)
- ✓ Se añadió agua hasta el nivel de 500 ml y se anota su peso.
- ✓ Seguidamente se saca el agregado fino del picnómetro y se pone a secar al horno a 100°C hasta un peso constante y se anota el peso final.

Figura 17

Agregado fino de la Cantera Tinajas junto a los equipos para la obtención del % de absorción.





Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio.

Figura 18

Se observa el picnómetro con el agregado fino para la determinación del % de absorción



Fuente: fotografía realizado por el ayudante del laboratorio.

Tabla 4*Cálculo del peso específico del agregado fino de la Cantera Tinajas.*

PESO ESPECIFICO (Agr. Fino Tinajas)				
DESCRIPCIÓN	A	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
		01	02	03
	$\frac{A}{(B + S - C)}$			
Peso de la muestra saturada superficie seca (gr)	S	500	500	500
peso del picnómetro + agua (gr)	B	678.87	678.87	678.87
peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	C	981.1	981.1	981.1
peso de la muestra seca en el horno (gr)	A	480.5	478.75	476.24
PESO ESPECIFICO (gr/cm3)		2.43	2.42	2.41
PROMEDIO DE PESO ESPECÍFICO (gr/cm3)			2.42	

Tabla 5*Cálculo del % de Absorción del agregado fino de la Cantera Tinajas*

% DE ABSORCIÓN (Agr. Fino Tinajas)				
DESCRIPCIÓN	$\frac{(S-A)}{A} * 100$	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
		01	02	03
Peso de la muestra saturada superficie seca (gr)	S	500	500	500
peso del picnómetro + agua (gr)	B	678.87	678.87	678.87
peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	C	981.1	981.1	981.1
peso de la muestra seca en el horno (gr)	A	480.5	478.75	476.24
ABSORCION (%)		4.06	4.44	4.99
PROMEDIO DE ABSORCIÓN (%)			4.50	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6*Cálculo del peso específico del agregado fino de la Cantera Churita S.A.C*

PESO ESPECÍFICO (Agr. Fino Churita S.A.C)				
DESCRIPCIÓN	$\frac{A}{(B + S - C)}$	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
		01	02	03
Peso de la muestra saturada superficie seca (gr)	S	500	500	500
peso del picnómetro + agua (gr)	B	678.87	678.87	678.87
peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	C	986.1	985.2	985.36
peso de la muestra seca en el horno (gr)	A	494.5	493.36	495.24
PESO ESPECIFICO (gr/cm3)		2.57	2.55	2.56
PROMEDIO DE PESO ESPECÍFICO (gr/cm3)		2.56		

Tabla 7*Cálculo del % de Absorción del agregado fino de la Cantera Churita S.A.C*

% DE ABSORCIÓN (Agr. Fino Churita S.A.C)				
DESCRIPCIÓN	$\frac{(S-A)}{A} \times 100$	MUESTRA	MUESTRA	MUESTRA
		01	02	03
Peso de la muestra saturada superficie seca (gr)	S	500	500	500
peso del picnómetro + agua (gr)	B	678.87	678.87	678.87
peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	C	986.1	985.2	985.36
peso de la muestra seca en el horno (gr)	A	494.5	493.36	495.24
ABSORCION (%)		1.11	1.35	0.96
PROMEDIO DE ABSORCIÓN (%)		1.14		

Fuente: Elaboración Propia

3.4.6. Granulometría del agregado fino

Referencias normativas

ASTM C-136; NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso.

Procedimiento

- ✓ Secar la muestra por 24 horas a una temperatura constante de $110^{\circ}\pm C$. luego pesar el agregado fino ya retirado del horno.
- ✓ Acoplar y seleccionar los tamices para realizar el ensayo N°4, N°8, N°40, N°100 y N°200.
- ✓ Colocar la muestra de 500 gr, agitar por un tiempo aproximado de 5 min.
- ✓ Pesar la cantidad retenida en cada tamiz para que al final se pueda obtener el peso de 500 gr que se usó en un principio.
- ✓ Lavar la arena retenida en la malla N° 200, para eliminar arcillas y limos del agregado. Secar a temperatura de 110° por 24 horas. Y pesar la arena puesta en el horno y obtener el peso de la malla N°200.

Figura 19

Grupo de tamices para el ensayo de granulometría.



Figura 20

Granulometría Cantera Tinajas y Churita S.A.C.



Fuente: fotografía capturada en el laboratorio de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo 2019.

Tabla 8

Granulometría del agregado fino de la Cantera Tinajas

Peso inicial seco =	3000.00 gr
Peso lavado seco =	2683.75 gr

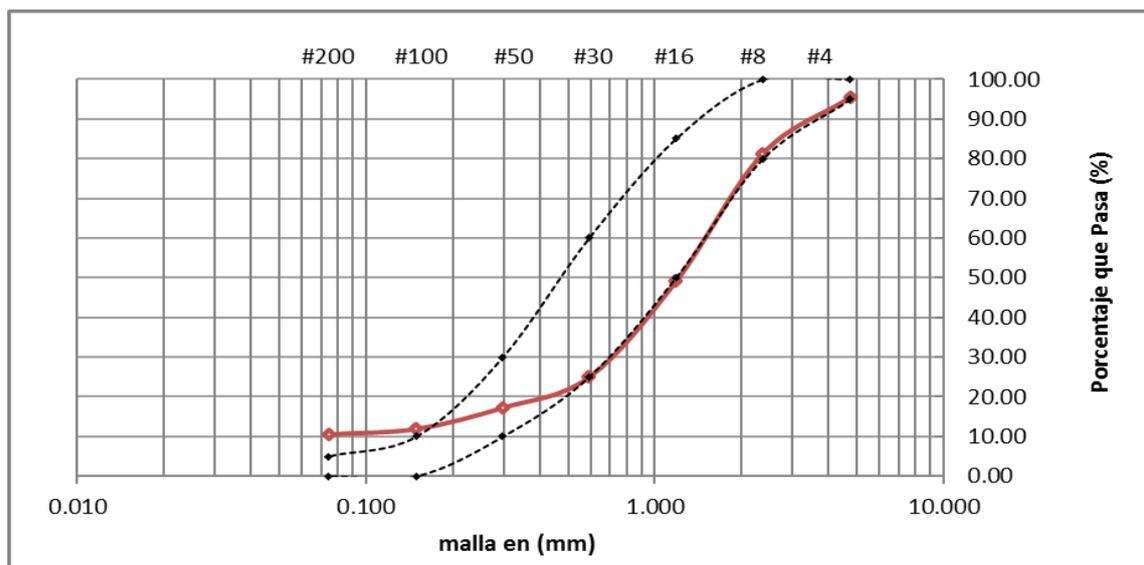
% que pasa N.º 200 =	10.54
P. retenido N.º 4 (gr) =	135.38

Mallas	ABERTURA (mm)	Peso retenido	% Ret. Parcial	Acumulado		Gradación C-33	
				% Retenido	% que pasa	Inferior	Superior
# 4	4.750	135.38	4.51	4.51	95.49	95.00	100.00
# 8	2.360	425.98	14.20	18.71	81.29	80.00	100.00
# 16	1.180	965.00	32.17	50.88	49.12	50.00	85.00
# 30	0.590	725.00	24.17	75.05	24.95	25.00	60.00
# 50	0.297	230.76	7.69	82.74	17.26	10.00	30.00
# 100	0.149	160.31	5.34	88.08	11.92	0.00	10.00
# 200	0.074	41.32	1.38	89.46	10.54	0.00	5.00
< # 200	Fondo	7.41	0.25	89.71	10.29		

Fuente: elaboración propia

Figura 21

Granulometría del agregado fino Cantera Tinajas. Módulo de Fineza = 3.20



Fuente: elaboración propia

Tabla 9

Granulometría cantera Churita S.A.C

peso inicial seco =	1000.00 gr
peso inicial seco =	986.29 gr

% que pasa N.º 200 =	1.37
P. retenido N.º 4 (gr) =	21.55

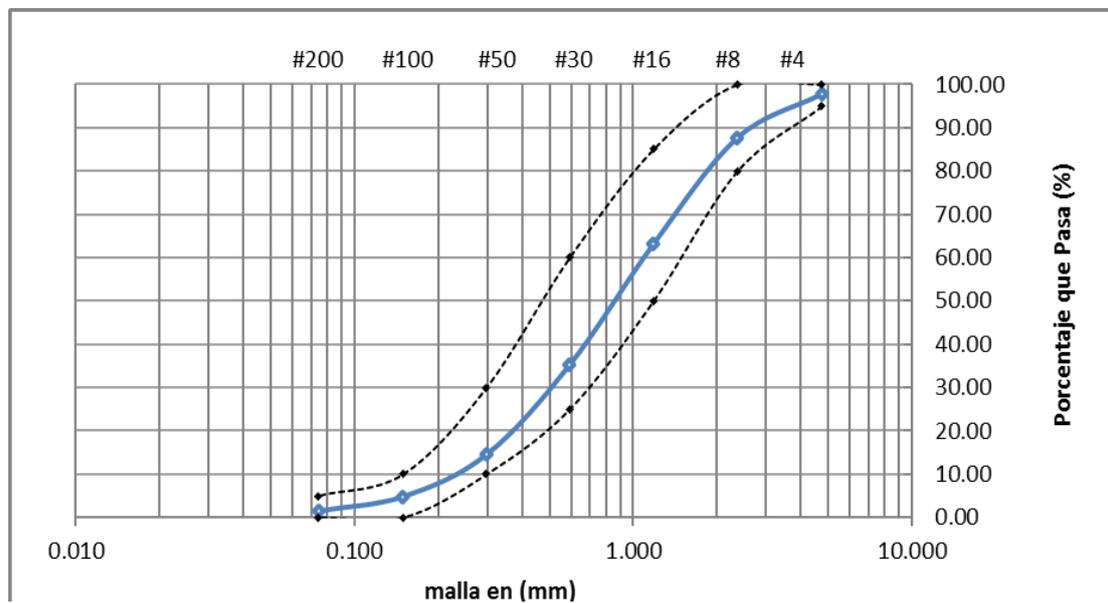
Mallas	ABERTURA (mm)	Peso retenido	% Ret. Parcial	Acumulado		Gradación C-33	
				% Retenido	% que pasa	Inferior	Superior
# 4	4.750	21.55	2.16	2.16	97.85	95.00	100.00

# 8	2.360	101.23	10.12	12.28	87.72	80.00	100.00
# 16	1.180	245.35	24.54	36.81	63.19	50.00	85.00
# 30	0.590	279.87	27.99	64.80	35.20	25.00	60.00
# 50	0.297	207.34	20.73	85.53	14.47	10.00	30.00
# 100	0.149	97.45	9.75	95.28	4.72	0.00	10.00
# 200	0.074	33.50	3.35	98.63	1.37	0.00	5.00
< #							
200	Fondo	13.41	1.34	99.97	0.03		

Fuente: elaboración propia

Figura 22

Granulometría del agregado fino Cantera Churita S.A.C. Módulo de Fineza = 2.97



Fuente: elaboración propia

De la piedra

- ✓ Seleccionar por el método de cuarteo aproximadamente 5000g de piedra en estado natural.
- ✓ Llevar la muestra al horno a una temperatura de 110°C hasta peso constante (PS)
- ✓ Calcular

$$CH\% = \left(\frac{P_H - P_S}{P_S} \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots (7)$$

Tabla 10

Contenido de humedad del agregado grueso Cantera Churita S.A.C

AGREGADO	Grueso (Churita S.A.C)	
	M - 1	M - 2
Descripción		
p. suelo húmedo + recipiente	4428.61	4428.91
p. suelo seco + recipiente	4407.93	4408.81
peso de recipiente	428.61	428.91
peso suelo seco	3979.32	3979.90
peso de agua	20.68	20.10
% contenido de humedad	0.52	0.51
humedad promedio	0.51	

Fuente: elaboración propia

Peso específico y absorción del agregado grueso

Referencias normativas (NTP 400.021)

- ✓ Sumergir la muestra en agua durante 18 a 24 horas.
- ✓ Al pasar las 24 horas de saturación, se vació el agua, y se le quito la humedad con una franela haciéndola rodar sobre un paño hasta conseguir que toda su superficie quede sin agua, pero no seca, sino superficialmente seca.
- ✓ Se anotó el peso de material en estado saturado superficialmente, con aproximación de 0.5 gr. Seguidamente se puso a secar la muestra en horno a 110°C hasta peso constante, se enfría a temperatura ambiente por 1 a 3 horas y se anotó el peso.
- ✓ Seguidamente se colocó la muestra pesada en la canastilla de alambre, seguidamente se determinó el peso de la muestra sumergida completamente dentro del balde, conectando la canastilla a la balanza.
- ✓ Seguidamente se hace secar la muestra en horno a 110°C hasta obtener un peso constante, se enfría a temperatura ambiente y anota el peso.

Figura 23

Remojado del agregado grueso para la obtención del peso específico % de absorción



Fuente: fotografía realizado por el tesista en el laboratorio de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Tabla 11

Cálculo del Peso específico del agregado grueso.

PESO ESPECIFICO (Agr. Grueso Churita S.A.C)				
DESCRIPCION	$\frac{A}{(B - C)}$	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Muestra Seca Final (g)	A	2997	2996	2997

Muestra saturada con superficial seca	B	3020	3018	3021
peso de la muestra sumergida	C	1870	1872.3	1871
PESO ESPECIFICO (gr/cm3)		2.61	2.61	2.61
PROMEDIO DE PESO ESPECIFICO (gr/cm3)		2.61		

Fuente: elaboración propia

Tabla 12

Cálculo del % de absorción del agregado grueso de la cantera Churita S.A.C..

% DE ABSORCION (Agr. Grueso Churita S.A.C)				
DESCRIPCION	$\frac{(B-A)}{A} \times 100$	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Muestra Seca Final (g)	A	2997	2996	2997
Muestra saturada con superficie seca	B	3020	3018	3021
peso de la muestra sumergida	C	1870	1872.3	1871
ABSORCION (%)		0.77	0.73	0.80
PROMEDIO DE ABSORCIÓN (%)		0.77		

Fuente: elaboración propia

3.4.7. Granulometría del agregado grueso

Referencias normativas

ASTM C-136; NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino, grueso.

Procedimiento:

- ✓ Pesar la muestra del agregado grueso. Secar la muestra por 24h a una temperatura constante de $110^{\circ} \pm C^{\circ}$.

- ✓ Seleccionar los tamices para realizar el ensayo: 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y N°4.
- ✓ Colocar la muestra de agregado en varias partes para tamizarlo uniforme y cuidadosamente tratando de no perder material.
- ✓ Se realizó el pesado de agregado retenido en cada tamiz tanto para el grueso, agregado fino. Luego se procede a colocar cada porción retenida en la superficie de la mesa del laboratorio para ver su gradación **$MF = \Sigma\% \text{RETENIDO ACUMULADO}$** (2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 N° 200)

Figura 24

Ensayo de granulometría del agregado grueso.



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la UNASAM – Huaraz,

Figura 25

Pesos retenidos por degradación.



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la UNASAM – Huaraz.

Tabla 13

Cálculo de la granulometría del agregado grueso

peso inicial seco =	5000.00 gr
peso lavado seco =	4980.00 gr

% que pasa N.º 4 =	0.40
P. retenido 2" (gr) =	0.00

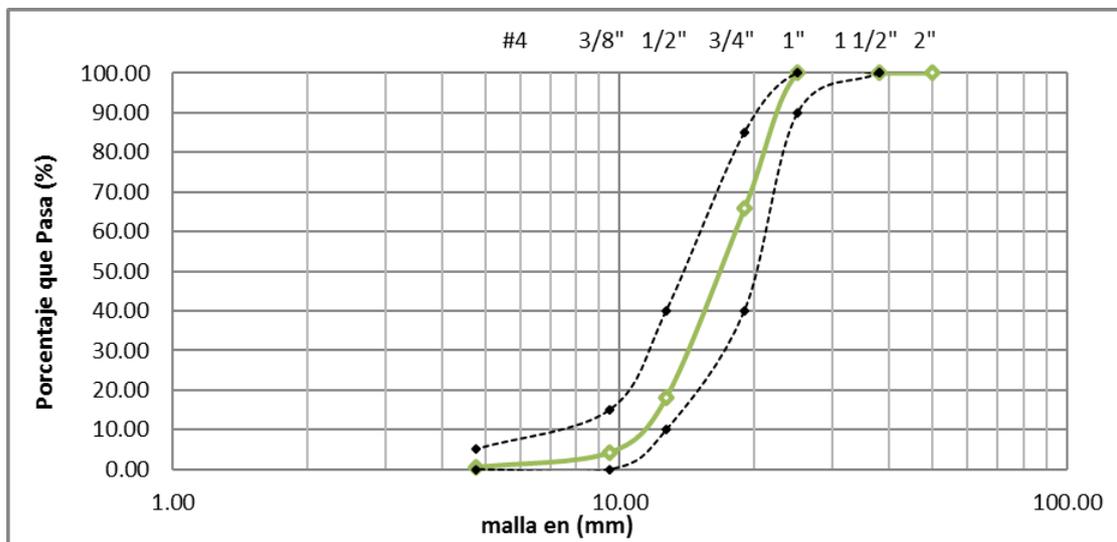
ABERTURA	Peso	% Ret.	Gradación C-33
Mallas (mm)	retenido	Parcial	"56"
		Acumulado	

				% Retenido	% que pasa	% que Inferior	% que Superior
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	90.00	100.00
3/4"	19.000	1710.00	34.20	34.20	65.80	40.00	85.00
1/2"	12.700	2385.00	47.70	81.90	18.10	10.00	40.00
3/8"	9.500	695.00	13.90	95.80	4.20	0.00	15.00
# 4	4.760	190.00	3.80	99.60	0.40	0.00	5.00
< # 4	Fondo	0.00	0.00	99.60	0.40		

Fuente: elaboración propia.

Figura 26

Granulometría del agregado grueso Churita S.A.C Módulo de fineza 7.30



Fuente: elaboración propia.

3.4.8. Peso Unitario o Volumétrico Seco Suelto (PVSS)

Referencias normativas

ASTM C 29/C-29M, NTP400.017

Procedimiento:

- ✓ Seleccionamos una muestra representativa por cuarteo (Suponiendo que ya estaba seleccionada con este método) del agregado a ensayar (Grava o Arena).
- ✓ La muestra debe estar previamente seca (Secada al Horno) a una temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- ✓ Pesamos el recipiente volumétrico.
- ✓ Calculamos el volumen del recipiente para el cálculo del peso unitario suelto y compactado.
- ✓ Depositamos el material en el recipiente y procuramos efectuar esta operación con ayuda de un recipiente volumétrico pequeño, utilizando una altura constante no mayor a 5 cm desde la parte superior del molde.
- ✓ Se enrasa el material a nivel del borde superior del molde, con la ayuda de la varilla.
- ✓ Se realizó el cálculo del Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS) con la siguiente ecuación.

$$PVSS = \frac{(\text{Peso del material+recipiente})-\text{peso de recipiente}}{\text{Volumen de recipiente}} \dots\dots\dots (8)$$

Figura 27

Se muestra el enrasado y varillado del agregado fino para el Peso Unitario Suelto y Compactado



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la UNASAM – Huaraz.

Figura 28

Peso del material fino Suelto y Compactado



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la UNASAM -Huaraz.

Tabla 14

Cálculo de Peso unitario Suelto y Compactado del Agregado fino- Cantera Tinajas

TIPO DE PESO						
UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
MUESTRA N. °	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde	12200.00	12200.00	12300.00	13000.00	13100.00	13100.00
Peso del Molde	7900.00	7900.00	7900.00	7900.00	7900.00	7900.00
Peso del Material	4300.00	4300.00	4400.00	5100.00	5200.00	5200.00
Volumen del Molde	2933.46	2933.46	2933.46	2933.46	2933.46	2933.46
Peso Unitario (kg/m ³)	1466	1466	1500	1739	1773	1773
Peso Unitario Promedio (kg/m ³)		1477			1761	

Fuente: elaboración propia

Tabla 15

Cálculo de Peso unitario Suelto y Compactado del Agregado fino Cantera Churita S.A.C

TIPO DE PESO						
UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
MUESTRA N. ^a	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde	20307.00	20260.00	20310.00	21446.00	21470.00	21465.00
Peso del Molde	5082.00	5082.00	5082.00	5082.00	5082.00	5082.00
Peso del Material	15225.00	15178.00	15228.00	16364.00	16388.00	16383.00
Volumen del Molde	9742.89	9742.89	9742.89	9742.89	9742.89	9742.89
Peso Unitario (kg/m ³)	1563	1558	1563	1680	1682	1682
Peso Unitario Promedio (kg/m ³)		1561			1681	

Fuente: elaboración propia

3.4.9. Determinación del Peso Unitario o Volumétrico Seco Compacto (PVSC).

- ✓ Seleccionamos una muestra representativa por cuarteo (Suponiendo que ya estaba seleccionada con este método) del agregado a ensayar (Grava o Arena).
- ✓ La muestra debe estar previamente seca (Secada al Horno) a una temperatura constante de 110 ± 5 °C.
- ✓ Pesamos el recipiente volumétrico y determinamos el volumen del recipiente.
- ✓ Depositamos el material en el recipiente y procuramos efectuar esta operación con ayuda de un recipiente volumétrico pequeño, utilizando una altura constante no mayor a 5 cm desde la parte superior del molde.
- ✓ Depositamos el material hasta 1/3 hasta de la capacidad, del recipiente aplicándole 25 golpes con ayuda de la varilla punta de bala, distribuida en toda el área. Luego llenamos con material hasta 2/3 y lo golpeamos 25 veces con la misma varilla. A continuación, llenamos completamente el recipiente y lo guapeamos nuevamente 25 veces.
- ✓ Una vez llenado el recipiente habiéndole aplicado los 25 golpes a la última capa en rase, tomando en cuenta para realizar esta operación cuando el material era grava utilizamos los dedos de la mano y en el caso de la arena nos auxiliamos de un enrazado.
- ✓ Luego se realizó el cálculo del Peso Volumétrico Seco Suelto (PVSS) con la siguiente ecuación.

$$PVSC = \frac{(Peso\ del\ material + recipiente) - peso\ de\ recipiente}{Volumen\ de\ recipiente} \dots\dots (9)$$

Figura 29

Varillado del agregado grueso para la determinación del P.U Suelto y Compactado.



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la UNASAM – Huaraz.

Figura 30

Determinación del P.U suelto y Compactado del agregado grueso



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la UNASAM – Huaraz.

Tabla 16

Cálculo del P.U Suelto y Compactado del Agregado grueso Cantera Churita S.A.C

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Compactado		
	1	2	3	1	2	3
MUESTRA N. ^a						
Peso Material + Molde	12200.00	12100.00	12100.00	12700.00	12700.00	12600.00
Peso del Molde	7404.00	7404.00	7404.00	7404.00	7404.00	7404.00
Peso del Material	4796.00	4696.00	4696.00	5296.00	5296.00	5196.00
Volumen del Molde	2933.46	2933.46	2933.46	2933.46	2933.46	2933.46
Peso Unitario (kg/m ³)	1635	1601	1601	1805	1805	1771
Peso Unitario Promedio (kg/m³)		1612		1794		

Fuente: elaboración propia

3.4.10. Práctica para Elaboración y Curado de Probetas Cilíndricas de Concreto en el Laboratorio (ASTM C -31 NTP 339.033).

a) Secuencias de los Principales Métodos de Diseños de Mezclas

Método Aci 211

Este procedimiento propuesto por el comité ACI 211, está basado en el empleo de tablas confeccionadas por el Comité ACI 211; la secuencia de diseño es la siguiente:

- ✓ Selección de la resistencia requerida (f'_{cr})

Resistencia en planos

210 a 350 Kg/cm²

Resistencia afectadas por el factor de seguridad

$f'_{c} +84$ Kg/cm²

- ✓ Selección del TMN del agregado grueso
- ✓ Selección del asentamiento

Tabla 17*Cálculo de asentamiento de acuerdo al tipo de estructura*

TIPO DE ESTRUCTURA	SLUMP MÁXIMO	SLUMP MÍNIMO
Zapatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Seleccionar el contenido de aire atrapado.

Tabla 18*Cálculo de aire atrapado en TNM del agregado grueso*

TNM del agregado Grueso	Aire Atrapado %
3/8"	3
1/2"	2.5
3/4"	2
1"	1.5
1 1/2"	1
2"	0.5
3"	0.3
4"	0.2

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Seleccionar el contenido de agua

Tabla 19

Cálculo del contenido de agua en lts/ m³, para TNM agregados y consistencia indicadas.

Asentamiento	Agua en lts/m ³ , para TNM agregados y consistencia indicadas							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	--
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	154	--

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia a compresión o por durabilidad.

Tabla 20

Relación a/c en peso por f'c Kg/cm²

f'c Kg/cm ²	Relación a/c en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: elaboración propia.

- ✓ Cálculo del contenido de cemento (e)/(f)

- ✓ Seleccionar el peso del agregado grueso proporciona el valor de b/b_0 , donde b_0 y b son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso).

Tabla 21

Cálculo del contenido de cemento (e)/(f)

TNM del agregado Grueso	Volumen del agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto para diversos Módulos de fineza del fino (b/b ₀)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: elaboración propia

- a) Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.
- b) Cálculo del volumen del agregado fino.
- c) Cálculo del peso en estado seco del agregado fino.
- d) Presentación del diseño en estado seco.
- e) Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- f) Presentación del diseño en estado húmedo.

3.4.11. Diseño de mezcla

ESPECIFICADA : $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

REQUERIDA : $f_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$

A/C : 0.56

a) Materiales

Tabla 22

Materiales usados para la mezcla

Agregado Fino	Cantera de cerro (Tinajas)
Agregado Grueso	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Cemento sol	Portland Tipo I ASTM C-150
Peso Específico del cemento	3.11 gr/cm ³

Fuente: elaboración propia.

b) Datos del agregado fino

Tabla 23

Datos del agregado fino

Módulo de fineza	3.20	Peso Específico (Tn/m ³)	2.42
Contenido de Humedad (%)	1.09	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1477
Absorción (%)	4.50	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1761

Fuente: elaboración propia.

c) Datos del agregado grueso

Tabla 24*Datos del agregado grueso*

			Peso Específico (Tn/m ³)	2.61
Contenido de Humedad (%)	de	0.51	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1612
Absorción (%)		0.77	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1794

*Fuente: elaboración propia.***d) Valores de diseño****Tabla 25***Valores de diseño de mezcla para f'c 210 kg/cm²*

Resistencia a la Compresión (f'c)	210 kg/cm ²	Revenimiento (pulg)	2 a 4
Tamaño Máximo Nominal. (pulg)	3/4	Aire incluido (%)	2.0
Agua de Mezclado (Its)	205	Volumen del agregado Grueso	0.58
Relación de a/c	0.56		

*Fuente: elaboración propia.***e) Cantidad de materiales por m³ de concreto**

Tabla 26

Cantidad de materiales por kg/m³

MATERIAL	PESOS (kg/m³)
Cemento	366
Piedra	1046
Arena	631
Agua	229

Fuente: elaboración propia.

f) Proporciones

Tabla 27

Proporciones de materiales peso/ volumen.

MATERIAL	PESO	VOLUMEN
Cemento	1.00	1.00
Arena	1.72	1.73
Piedra	2.86	2.65
Agua	0.63	26.58 lts/bol

Fuente: elaboración propia.

3.4.12. Diseño de mezcla

ESPECIFICADA	:	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
REQUERIDA	:	$f_{cr} = 294 \text{ Kg/cm}^2$
A/C	:	0.65

Tabla 28*Diseño de mezcla*

Agregado Fino	Cantera de cerro (Tinajas)
Agregado Grueso	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Cemento	Portland Tipo I ASTM C-150
Peso Específico del cemento	3.11 gr/cm ³

*Fuente: elaboración propia.***a) Datos del agregado fino****Tabla 29***Datos del agregado fino*

Módulo de fineza =	3.20	Peso Específico (Tn/m ³)	2.420
Contenido de Humedad (%) =	1.09	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1477
Absorción (%) =	4.50	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1761

*Fuente: elaboración propia.***b) Datos del agregado grueso****Tabla 30***Datos del agregado grueso*

		Peso Específico (Tn/m ³) =	2.606
Contenido de Humedad (%)	0.51	Peso Seco Suelto (kg/cm ³) =	1612
Absorción (%)	0.77	Peso Seco Compactado (kg/cm ³) =	1794

Fuente: elaboración propia.

c) **Valores de diseño**

Tabla 31

Valores de diseño $f'c$ 210 kg/cm²

Resistencia a la Compresión ($f'c$)	210 kg/cm ²	Revenimiento (pulg) =	2 “
Tamaño Máximo Nom. (pulg) =	3/4	Aire incluido (%) =	2.0
Agua de Mezclado (lts) =	190	Volumen del agregado Grueso =	0.58
Relación de a/c =	0.65		

Fuente: elaboración propia.

d) **Cantidad de materiales por m³ de concreto**

Tabla 32

Cantidad de materiales del concreto kg/m³

MATERIAL	PESOS (kg/m³)
Cemento	292
Piedra	1046
Arena	726
Agua	217

Fuente: elaboración propia.

e) **Proporciones**

Tabla 33*Proporciones para la mezcla*

MATERIAL	PESO	VOLUMEN
Cemento	1.00	1.00
Arena	2.48	2.49
Piedra	3.58	3.31
Agua	0.74	31.58

*Fuente: elaboración propia.***3.4.13. DISEÑO DE MEZCLA CANTERA CHURITA S.A.C****ESPECIFICADA : $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$** **REQUERIDA : $f'cr = 294 \text{ Kg/cm}^2$** **A/C : 0.56****a) Materiales****Tabla 34***Materiales para la mezcla*

Agregado Fino	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Agregado Grueso	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Cemento	Portland Tipo I ASTM C-150
Peso Específico del cemento	3.11 gr/cm ³

*Fuente: elaboración propia.***b) Datos del agregado fino**

Tabla 35*Datos del agregado fino kg/cm³*

Módulo de fineza	2.97	Peso Específico (Tn/m ³)	2.56
Contenido de Humedad (%)	1.17	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1561
Absorción (%)	1.14	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1681

*Fuente: elaboración propia.***c) Datos del agregado grueso****Tabla 36***Datos porcentuales del agregado grueso*

		Peso Específico (Tn/m ³) =	2.610
Contenido de Humedad (%)	de 0.51	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1612
Absorción (%)	0.77	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1794

*Fuente: elaboración propia.***d) Valores de diseño****Tabla 37***Valores de diseño f'c 210 kg/cm²*

Resistencia a la Compresión (f'c)	210 kg/cm ²	Revenimiento (pulg)	3 a 4
Tamaño Nominal (pulg)	Máximo 3/4	Aire incluido (%)	2.0
Agua de Mezclado (lts)	205	Volumen del agregado Grueso =	0.60
Relación de a/c	0.56		

Fuente: elaboración propia.

e) Cantidad de materiales por m³ de concreto

Tabla 38

Cantidad de materiales por m³ de concreto

MATERIAL	PESOS (kg/m³)
Cemento	366
Piedra	1088
Arena	629
Agua	208

Fuente: elaboración propia.

f) Proporciones

Tabla 39

Proporciones para la mezcla

MATERIAL	PESO	VOLUMEN
Cemento	1.00	1.00
Arena	1.72	1.63
Piedra	2.97	2.75
Agua	0.57	24.10

Fuente: elaboración propia.

3.4.14. DISEÑO DE MEZCLA CANTERA CHURITA S.A.C

ESPECIFICADA : $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

REQUERIDA : $f'cr = 294 \text{ Kg/cm}^2$

A/C : 0.65

a) **Materiales**

Tabla 40

Cantidad de materiales para la mezcla

Agregado Fino	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Agregado Grueso	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Cemento	Portland Tipo I ASTM C-150
Peso Específico del cemento	3.11 gr/cm ³

Fuente: elaboración propia.

b) **Datos del agregado fino**

Tabla 41

Cantidad de materiales para la mezcla

Módulo de fineza =	2.97	Peso Específico (Tn/m ³)	2.560
Contenido de Humedad (%)	1.17	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1561
Absorción (%) =	1.14	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1681

Fuente: elaboración propia.

c) **Datos del agregado grueso**

Tabla 42

Datos del agregado grueso

		Peso Específico (Tn/m ³)	2.610
Contenido de Humedad (%)	0.51	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1612

Absorción (%)	0.77	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1794
---------------	------	---	------

Fuente: elaboración propia.

d) Valores de diseño

Tabla 43

Valores de diseño

Resistencia a la Compresión (f'c) =	210 kg/cm ²	Revenimiento (pulg) =	2 "
Tamaño Máximo Nom. (pulg) =	3/4	Aire incluido (%) =	2.0
Agua de Mezclado (Its) =	190	Volumen del agregado Grueso =	0.60
Relación de a/c =	0.65		

Fuente: elaboración propia.

e) Cantidad de materiales por m³ de concreto

Tabla 44

Cantidad de materiales por m³ de concreto

MATERIAL	PESOS (kg/m ³)
Cemento	292
Piedra	1088
Arena	729
Agua	193

Fuente: elaboración propia.

f) Proporciones

Tabla 45

Proporciones

MATERIAL	PESO	VOLUMEN
Cemento	1.00	1.00
Arena	2.49	2.37
Piedra	3.72	3.45
Agua	0.66	28.00

Fuente: elaboración propia.

3.4.15. DISEÑO DE MEZCLA

ESPECIFICADA : **$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$**

REQUERIDA : **$f'cr = 364 \text{ Kg/cm}^2$**

A/C : **0.47**

a) Materiales

Tabla 46

Materiales para el diseño de mezcla

Agregado Fino	Cantera de Cerro (Tinajas)
Agregado Grueso	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Cemento	Portland Tipo I ASTM C-150

Peso Específico del cemento	3.11 gr/cm ³
------------------------------------	-------------------------

Fuente: elaboración propia.

b) Datos del agregado fino

Tabla 47

Datos del agregado fino para el diseño de mezcla

Módulo de fineza	3.20	Peso Específico (Tn/m ³)	2.420
Contenido de Humedad (%)	1.09	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1477
Absorción (%)	4.50	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1761

Fuente: elaboración propia.

c) Datos del agregado grueso

Tabla 48

Datos del agregado grueso para el diseño de mezcla

		Peso Específico (Tn/m ³) =	2.606
Contenido de Humedad (%)	0.51	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1612
Absorción (%)	0.77	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1794

Fuente: elaboración propia.

d) Valores de diseño

Tabla 49*Valores del diseño de mezcla*

Resistencia a la Compresión (f'c)	280 kg/cm ²	Revenimiento (pulg) =	2 a 4
Tamaño Máximo Nominal. (pulg)	3/4	Aire incluido (%) =	2.0
Agua de Mezclado (lts) =	205	Volumen del agregado Grueso =	0.58
Relación de a/c =	0.47		

*Fuente: elaboración propia.***e) Cantidad de materiales por m³ de concreto****Tabla 50***Cantidad de materiales por m³ de concreto*

MATERIAL	PESOS (kg/m ³)
Cemento	436
Piedra	1046
Arena	576
Agua	227

*Fuente: elaboración propia.***f) Proporciones****Tabla 51***Proporciones*

MATERIAL	PESO	VOLUMEN
Cemento	1.00	1.00
Arena	1.32	1.33
Piedra	2.40	2.22
Agua	0.52	22.13

Fuente: elaboración propia.

3.4.16. DISEÑO DE MEZCLA

ESPECIFICADA : **f'c = 280 Kg/cm²**

REQUERIDA : **f'cr = 364 Kg/cm²**

A/C : **0.52**

a) Materiales

Tabla 52

Cantidad de materiales

Agregado Fino	Cantera de cerro (Tinajas)
Agregado Grueso	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Cemento	Portland Tipo I ASTM C-150
Peso Específico:	3.11 gr/cm ³

Fuente: elaboración propia.

b) Datos del agregado fino

Tabla 53

Datos del agregado fino

Módulo de fineza	3.20	Peso Específico (Tn/m ³)	2.420
------------------	------	---	-------

Contenido de Humedad (%)	1.09	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1477
Absorción (%)	4.50	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1761

Fuente: elaboración propia.

c) Datos del agregado grueso

Tabla 54

Datos del agregado grueso

		Peso Específico (Tn/m ³)	2.606
Contenido de Humedad (%)	0.51	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1612
Absorción (%)	0.77	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1794

Fuente: elaboración propia.

d) Valores de diseño

Tabla 55

Valores de diseño de la mezcla

Resistencia a la Compresión (f _c)	280 kg/cm ²	Revenimiento (pulg)	2 a 4
Tamaño Máximo Nom. (pulg) =	3/4	Aire incluido (%)	2.0
Agua de Mezclado (Its)	190	Volumen del agregado Grueso	0.58

Relación de a/c	0.52
-----------------	------

e) **Cantidad de materiales por m3 de concreto**

Tabla 56

Cantidad de materiales por m3 de concreto

MATERIAL	PESOS (kg/m3)
Cemento	365
Piedra	1046
Arena	668
Agua	215

Fuente: elaboración propia.

f) **Proporciones**

Tabla 57

Proporciones

MATERIAL	PESO	VOLUMEN
Cemento	1.00	1.00
Arena	1.83	1.84
Piedra	2.86	2.65
Agua	0.59	25.04

Fuente: elaboración propia.

3.4.17. DISEÑO DE MEZCLA

ESPECIFICADA	:	$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$
REQUERIDA	:	$f'cr = 364 \text{ Kg/cm}^2$
A/C	:	0.47

a) Materiales

Tabla 58

Materiales para el diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Agregado Fino	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Agregado Grueso	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Cemento	Portland Tipo I ASTM C-150
Peso Específico del cemento	3.11 gr/cm ³

Fuente: elaboración propia.

b) Datos del agregado fino

Tabla 59

Datos del agregado fino para para el diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Módulo de fineza	2.97	Peso Específico (Tn/m ³)	2.56
------------------	------	--------------------------------------	------

Contenido de Humedad (%)	de	1.17	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1561
Absorción (%)		1.14	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1681

Fuente: elaboración propia.

c) Datos del agregado grueso

Tabla 60

Datos del agregado grueso para para el diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

			Peso Específico (Tn/m ³)	
			=	2.61
Contenido de Humedad (%)	0.51		Peso Seco Suelto (kg/cm ³) =	1612
Absorción (%)	0.77		Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1794

Fuente: elaboración propia.

d) Valores de diseño

Tabla 61

Valores de diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

Resistencia a la Compresión (f'c) =	280 kg/cm ²	Revenimiento (pulg) =	3 a 4
-------------------------------------	------------------------	-----------------------	-------

Tamaño Máximo Nom. (pulg) =	3/4	Aire incluido (%) =	2.0
Agua de Mezclado (Its) =	205	Volumen del agregado Gruoso =	0.60
Relación de a/c =	0.47		

Fuente: elaboración propia.

e) **Cantidad de materiales por m3 de concreto**

Tabla 62

Valores de diseño de mezcla $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

MATERIAL	PESOS (kg/m3)
Cemento	436
Piedra	1088
Arena	570
Agua	208

Fuente: elaboración propia.

f) **Proporciones**

Tabla 63

Proporciones

MATERIAL	PESO	VOLUMEN
Cemento	1.00	1.00

Arena	1.31	1.24
Piedra	2.49	2.31
Agua	0.48	20.23

Fuente: elaboración propia.

3.4.18. DISEÑO DE MEZCLA

ESPECIFICADA : **$f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$**

REQUERIDA : **$f'cr = 364 \text{ Kg/cm}^2$**

A/C : **0.52**

a) Materiales

Tabla 64

Materiales para el diseño de mezcla

Agregado Fino	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Agregado Grueso	Cantera de Rio (Churita S.A.C)
Cemento	Portland Tipo I ASTM C-150
Peso Específico del cemento	3.11 gr/cm ³

Fuente: elaboración propia.

b) Datos del agregado fino

Tabla 65

Datos del agregado fino

Módulo de fineza	2.97	Peso Específico (Tn/m ³)	2.560
Contenido de Humedad (%)	1.17	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1561
Absorción (%)	1.14	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1681

Fuente: elaboración propia.

c) Datos del agregado grueso

Tabla 66

Datos del agregado grueso

		Peso Específico (Tn/m ³)	2.610
Contenido de Humedad (%)	0.51	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1612
Absorción (%)	0.77	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1794

Fuente: elaboración propia.

d) Valores de diseño

Tabla 67

Valores de diseño de mezcla

Resistencia a la Compresión (f'c)	210 kg/cm ²	Revenimiento (pulg)	2"
Tamaño Máximo Nom. (pulg)	3/4	Aire incluido (%)	2.0
Agua de Mezclado (Its)	205	Volumen del agregado Grueso	0.60
Relación de a/c	0.52		

Fuente: elaboración propia.

e) Cantidad de materiales por m³ de concreto

Tabla 68

Cantidad de materiales por m³ de concreto

MATERIAL	PESOS (kg/m³)
Cemento	366
Piedra	1088
Arena	668
Agua	193

Fuente: elaboración propia.

f) Proporciones

Tabla 69

Proporciones

MATERIAL	PESO	VOLUMEN
Cemento	1.00	1.00
Arena	1.83	1.74

Piedra	2.98	2.76
Agua	0.53	22.40

Fuente: elaboración propia.

3.4.19. ELABORACION DE PROBETAS

Para la elaboración de probetas cilíndricas de concreto se realizó el diseño de mezcla $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{Kg/cm}^2$ de concreto con agregados de la Cantera Churita S.A.C y concreto $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f'c=280\text{Kg/cm}^2$ y con la combinación de agregado grueso de la Cantera Churita S.A.C y Agregado fino de la cantera Tinajas, Por el método del Comité 211 del ACI.

✓ Equipos utilizados

Moldes para briquetas: los moldes para briquetas serán de acero u otro material no sea absorbente el cual no reaccione con el concreto de cemento portland u otros cementos hidráulicos, con dimensiones de 15cm* 30 cm según las condiciones de uso.

Varilla compactadora: debe de ser una varilla de acero liso con punta semiesférica con dimensión de $\text{Ø } 16\text{mm } (5/8'')$ * 500mm+ 100mm y nos sirve para el proceso de chuseo.

Coba de goma: con peso de 600 gr + 200 gr.

Pala: con capacidad suficiente para remover el concreto

Plancha de albañil (Batir): nos sirve para poder dar el acabado al concreto fresco al momento de moldear.

Bandeja metálica: herramienta para muestreo y mezclado del concreto.

Balanza: con precisión al 0.05 gr de legibilidad.

Baldes de 18 Lts: con capacidad suficiente para el almacenamiento de agregados.

Wincha: herramienta para la medición del Slump.

Cono de Abrams: Es el equipo que nos sirve para el asentamiento y está regida por la norma siguiente NTP 339.033 y ASTM C-31.

Mezcladora de Concreto: de 9 pies/ m³ o 4pies/m³ según la cantidad de muestras.

✓ **Procedimiento:**

Para la elaboración de las probetas cilíndricas de concreto de 15cm x 30cm, se procedió con los siguientes los pasos:

- a) Se froto el interior de los moldes con petróleo, con el fin de evitar la adherencia de la pasta del concreto al molde.

Figura 31

Agrupamiento de moldes metálicos para la elaboración de briquetas



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – Huaraz.

- b) Luego mezclar con las proporciones calculadas en el Diseño de Mezclas, y llenar la cantidad de concreto suficiente en los moldes. La mezcla se realizó en el trompito de capacidad para la elaboración de 6 briquetas, se agregó el agua luego la piedra chancada y después el agregado fino, después se llenó el cemento y finalmente se introdujo el agua restante.
- c) Procedemos a vaciar el concreto en la bandeja metálica, medimos el asentamiento de la mezcla con el equipo. Cono de Abrams obteniendo un Slump de 3”.

Figura 32

Determinación del Slump del concreto de diseño.



*Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la universidad Nacional
Santiago Antúnez de Mayolo – Huaraz.*

- d) colocamos el molde sobre una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.
- e) Compactar cada capa con 25 penetraciones de la varilla usando la punta semiesférica, distribuyendo uniformemente las penetraciones, luego compactar la capa inferior en todo su espesor la segunda y tercera capa.

Figura 33

Varillado del concreto en los moldes metálicos



*Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la universidad Nacional
Santiago Antúnez de Mayolo – Huaraz.*

- f) Después de compactar cada capa, se golpear los lados del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas.
- g) Enraso el exceso de concreto con la varilla de compactación y si fue necesario se le dio un acabado con una cuchara (plancha de batir). Se trató de darle el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.

Figura 34

Encofrado y desencofrado de las briquetas de concreto.



*Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la universidad Nacional
Santiago Antúnez de Mayolo – Huaraz.*

- h)** Los moldes con la mezcla del concreto se colorarán en un lugar apropiado para mantener las condiciones de humedad y temperatura especificadas.
- i)** Identificar las probetas cilíndricas a la muestra que le correspondía, colocándole en la parte superior su código de identificación.

Figura 35

Identificación de las briquetas por fecha de desencofrado



*Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la universidad Nacional
Santiago Antúnez de Mayolo – Huaraz.*

3.4.20. CURADO DE PROBETAS

Se almaceno las probetas cilíndricas de (15cm x 30cm de concreto) en la poza en condiciones de humedad adecuada, cubiertos con agua, dentro de los 7 días serán evaluadas un numero de probetas de concreto se someterá a compresión para su observación si alcanza a la resistencia especificada de acuerdo a la NTP 339.034-1999 y/o ASTM C39. Las evaluaciones se harán los 7,14,21 y 28 días debiendo llegar a los 28 días al 100% de la resistencia de diseño.

Figura 36

Curado de briquetas por inmersión en la posa de agua.



Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – Huaraz.

3.4.21. Método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto” – NTP 339.034-ASTM C-39

Procedimiento:

- ✓ Los ensayos a compresión de probetas del curado húmedo fueron realizados de acuerdo a lo programado en el cronograma de evaluación del plan de tesis a los 7, 14, 21 y 28 días luego de retirarlos de la posa donde estuvieron con humedad constante.
- ✓ Medir el diámetro y la altura de la probeta cilíndrica con una aproximación de 0.1mm con un calibrador micrométrico.
- ✓ Colocamos la probeta sobre el apoyo inferior y centrar sobre el eje del cabezal de la máquina de Ensayo que es capaz de mantener la velocidad de Carga continua y uniforme.

Figura 37

Ensayo de briquetas y lectura de cargas.



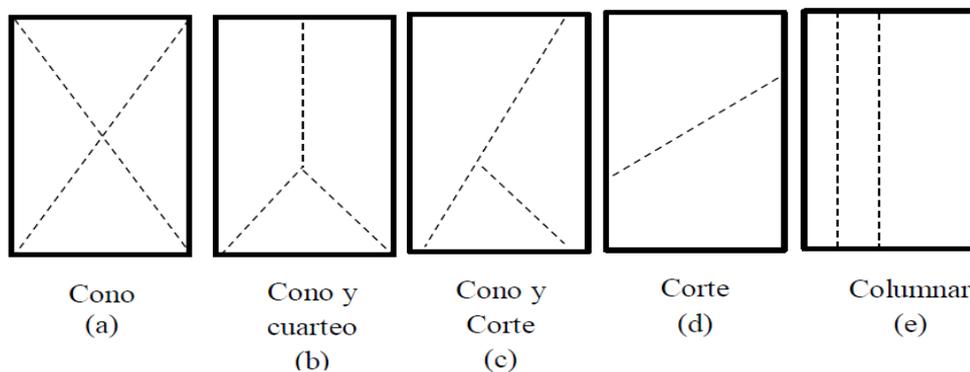
Fuente: fotografía realizada por el tesista en el laboratorio de la universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo – Huaraz.

- ✓ Ajustar la palanca de aplicación de carga para que ejerza la carga de forma continua y constante evitando choques la velocidad.
- ✓ Anotamos la carga máxima dadas al momento de la rotura, el tipo de rotura y además toda otra observación relacionada con el aspecto del concreto como el tipo de falla.

Tipo de falla

Figura 38

Tipos de rotura de briquetas.



Fuente: (ASTM, Standart Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens C 39, 2001, pág. 5)

3.4.22. EXPRESIÓN DE RESULTADOS

Rc = Resistencia de Rotura a la Compresión.

P = Carga Máxima de Rotura en Kilogramos.

A = Área de la superficie de Contacto

$$Rc = \frac{P}{A} \dots\dots (10)$$

NOTA: Si la relación Altura/Diámetro, de la probeta es menor de 1.8, corregir el resultado obtenido multiplicando por el correspondiente factor de corrección, usando la siguiente tabla:

L/D	1.75	1.5	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de ensayos de laboratorio

Los cálculos obtenidos del porcentaje de humedad, porcentaje de absorción, peso específico, Peso unitario suelto seco, Peso unitario compactado y módulo de fineza del agregado fino obtenidos en el laboratorio de las canteras de CHURITA S.A.C y TINAJAS a continuación se presenta el cuadro de resumen:

Cantera Churita S.A.C (Agregado Fino)

Tabla 70

Propiedades Físicas del agr. fino - Cantera Churita S.A.C

Módulo de fineza	2.97	Peso Específico (Tn/m ³)	2.560
Contenido de Humedad (%)	1.17	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1561
Absorción (%)	1.14	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1681

Fuente: elaboración propia

Tabla 71

Propiedades Físicas del agr. fino de la Cantera Tinajas.

Módulo de fineza	3.20	Peso Específico (Tn/m ³)	2.420
Contenido de Humedad (%)	1.09	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1477
Absorción (%)	4.50	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1761

Fuente: elaboración propia

Contenido de humedad

De la tabla 71 y 72 podemos interpretar que el porcentaje de humedad del agregado fino de la Cantera Churita S.A.C y Cantera Tinajas, es 1.17% y 1.09% respectivamente, la cual significa que el agregado de la cantera Churita S.A.C tiene 0.08% mayor humedad con respecto a cantera Tinajas este valor particularmente en la Cantera Churita S.A.C. varía de acuerdo al tiempo de lluvias y/o estiaje.

Porcentaje de absorción

De la tabla 71 y 72 podemos interpretar que el porcentaje de absorción del agregado fino de la Cantera Churita S.A.C y Cantera Tinajas, es 1.14% y 4.05% respectivamente, la cual significa que el agregado de la cantera Churita S.A.C tiene menor absorbencia con respecto a la cantera Tinajas por un porcentaje de 2.91%, el % de absorbencia de la cantera Tinajas es mayor debido a que el material es extraído de las faldas de los cerros.

Peso específico

Los Pesos Específicos según las tablas 71 y 72 varía según la composición mineralógica entre 2,40 a 2,50T/m³. En las tablas de propiedades físicas de cada cantera, se puede apreciar que el peso específico del agregado fino está en el rango según la composición mineralógica.

Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75 μm (n.º 200) por lavado

El material muy fino, constituido por arcilla y limo, se presenta recubriendo el agregado a grueso, o mezclando con la arena. En el primer caso, afecta la adherencia del agregado y la pasta, en el segundo, incrementa los requerimientos de agua de mezcla.

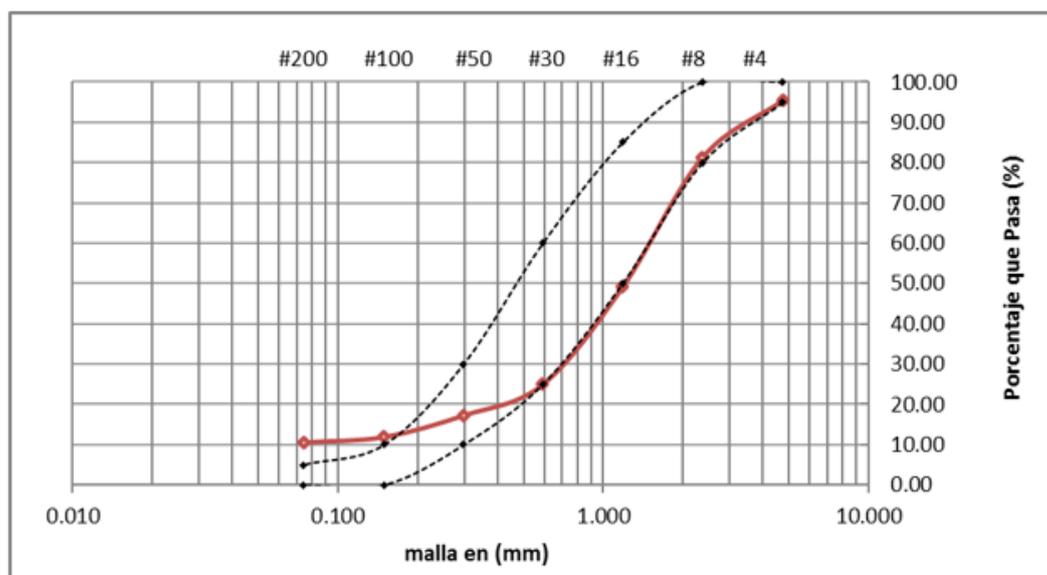
Granulometría (módulo de fineza)

Los valores de módulo de fineza del agregado la Cantera Churita S.A.C y la cantera Tinajas son 2.97 y 3.20 respectivamente. Según la Norma ASTM el agregado fino debe tener un módulo de fineza no menor de 2.3 ni mayor que 3.1. El módulo de fineza de la cantera Churita S.A.C se encuentra dentro el rango indicado por NTP 400.037-2002 y ASTM C 33, mientras que el módulo de fineza de la Cantera Tinajas no se encuentra dentro del rango indicado por la ASTM por lo que esto afecta a la resistencia del concreto elaborado con agregado fino de dicha cantera, llegando a concluir que el agregado fino de la cantera Churita S.A.C tiene una granulometría ideal para la elaboración de concreto estructural.

A continuación, se muestran los gráficos del análisis granulométrico de los agregados finos de cada cantera:

Figura 39

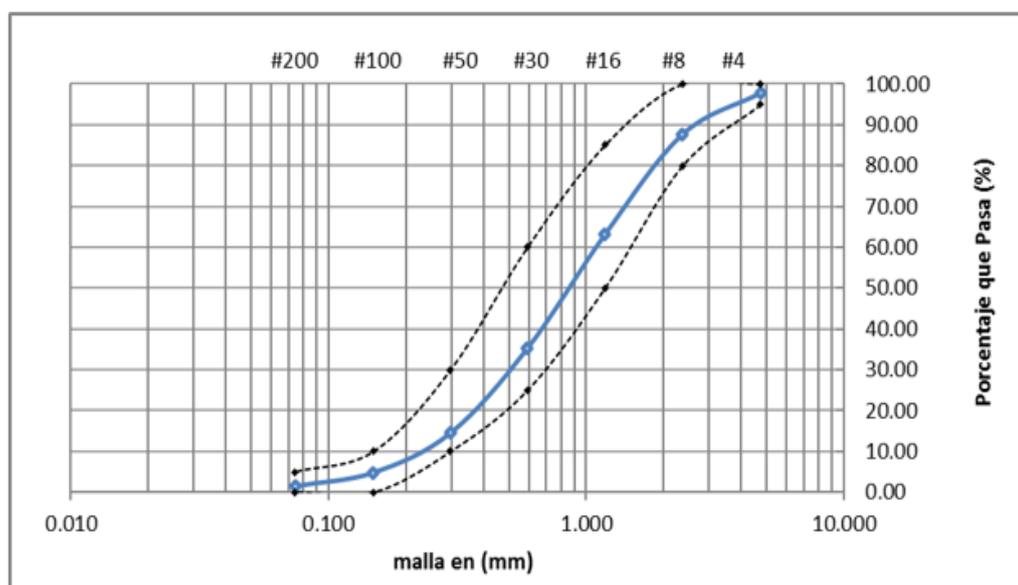
Granulometría del agregado fino de la cantera Tinajas.



Fuente: elaboración propia

Figura 40

Granulometría del agregado fino cantera Churita S.A.C



Fuente: elaboración propia

Peso unitario suelto seco

Se puede apreciar de la tabla 71 y 72 de las características físicas de los agregados de las canteras Churita S.A.C que el peso unitario suelto seco del agregado fino está en el rango con 1561kg/m³, y el de la cantera de Tinajas 1477 que está por debajo de los valores estimados. El valor del peso unitario para agregados normales oscila entre 1500 y 1700 Kg/m³.

Peso unitario compactado seco

Se puede apreciar de la tabla 71 y 72 de las características físicas de los agregados que, la cantera Churita S.A.C su peso unitario compactado seco es 1681 Kg/m³ y el peso unitario compactado seco de la cantera Tinajas es 1761 Kg/m³, el peso unitario compactado seco aumenta respecto al peso unitario suelto seco, debido a que al momento

del varillado se reacomodan y se llenan los vacíos entre los agregados en el recipiente de medida la cual hace aumentar el peso.

4.2. Características del agregado grueso

4.2.1. Resultados del ensayo de laboratorio

Tabla 72

Propiedades Físicas del agr. grueso de la Cantera Churita S.A.C.

		Peso Específico (Tn/m ³)	2.606
Contenido de Humedad (%)	0.51	Peso Seco Suelto (kg/cm ³)	1612
Absorción (%)	0.77	Peso Seco Compactado (kg/cm ³)	1794

Fuente: elaboración propia

% De humedad

De la tabla 73 interpretamos que el porcentaje de humedad del agregado grueso de la Cantera Churita S.A.C es 0.51%, estos valores varían de acuerdo al tiempo de lluvias y estiaje.

% De absorción

De la tabla 73 interpretamos que el porcentaje de absorción del agregado grueso de la Cantera Churita S.A.C es 0.77%. este valor varía de acuerdo a la temporada de lluvias y estiaje.

Peso específico

El peso específico es 2.606 Tn/m³ este peso varía según la composición mineralógica del Agregado.

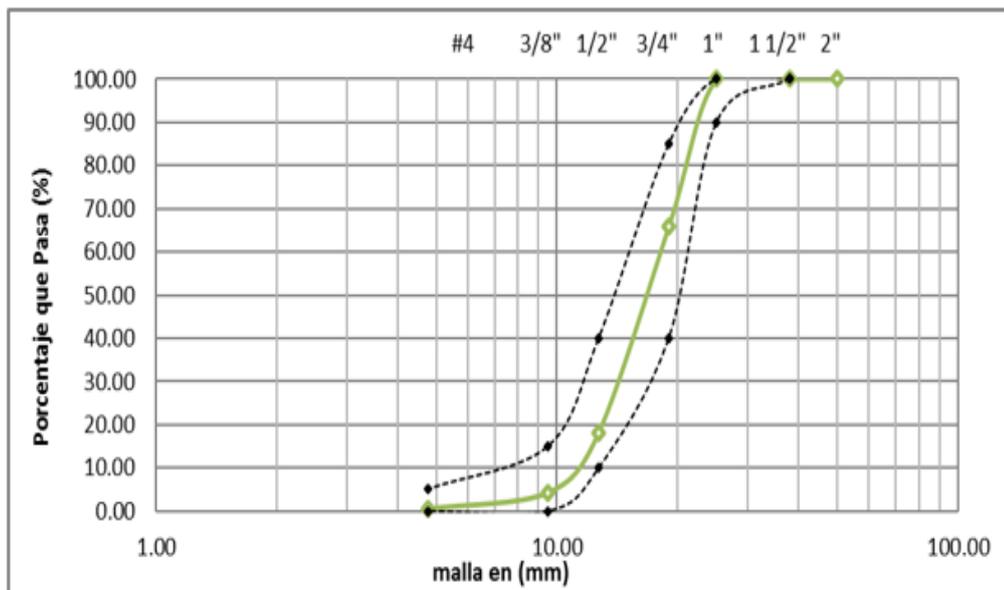
Granulometria

El agregado grueso de la Cantera Churita S.A.C se ajusta a los límites de la NP 400.037 y ASTM C-33; donde se muestra en el gráfico de análisis granulométrico que el agregado grueso de dicha cantera tiene una granulometría adecuada en función a su tamaño máximo nominal y es ideal para la elaboración de concreto estructural.

Se muestra el gráfico del análisis granulométrico como resultado del análisis en el laboratorio:

Figura 41

Granología del agregado grueso Churita S.A.C



Fuente: elaboración propia

Peso unitario suelto seco y compactado

En la tabla 72 de características físicas del agregado grueso se puede apreciar que el peso unitario compactado seco aumenta respecto al peso unitario suelto seco, esto debido a que al momento del varillado se reacomodan los agregados en el recipiente la cual hace aumentar el peso.

4.3. Prueba de Resistencia a Compresión

La resistencia a la compresión del concreto se realizó según la NTP 339.034 y ASTM C 39, se realizó la prueba de las briquetas realizadas con agregados de las canteras Churita S.A.C y Tinajas a los 7 ,14,21 y 28 días.

Tabla 73

Resultados de resistencia a compresión $f'c=210$ Kg/cm2 con relación $a/c= 0.56$

LUGAR		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO										FACULTAD DE ING . CIVIL			
F'c DISEÑO		RELACION A/C		210 Kg/cm2		ELABORADO POR				FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO					
FECHA		0.56		08/01/2020		TIPO DE MUESTRA				BRIQUETAS DE CONCRETO (AG.GRUESO Y FINO (CHURITA S.A.C)					
N° DE BRIQUETA	FECHA DE ROTURA				AREA DE TESTIGO	CARGA (Kg)				RESISTENCIA A LA COMPRESION				PROMEDIO (Kg/cm2)	% DE DISEÑO
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		
1	15/01/2020				176.715	27400				155.05				160.33	76.35%
2	15/01/2020				176.715	29100				164.67					
3	15/01/2020				176.715	28500				161.28					
4		22/01/2020			176.715		32100				181.65			184.86	88.03%
5		22/01/2020			176.715		33200				187.87				
6		22/01/2020			176.715		32700				185.04				
7			29/01/2020		176.715			35500				200.89		202.21	96.29%
8			29/01/2020		176.715			36700				207.68			
9			29/01/2020		176.715			35000				198.06			
10				05/02/2020	176.715				42200				238.80	253.14	120.54%
11				05/02/2020	176.715				45000				254.65		
12				05/02/2020	176.715				47000				265.97		

Fuente: elaboración propia

Tabla 74

Resultados de resistencia a compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.65$

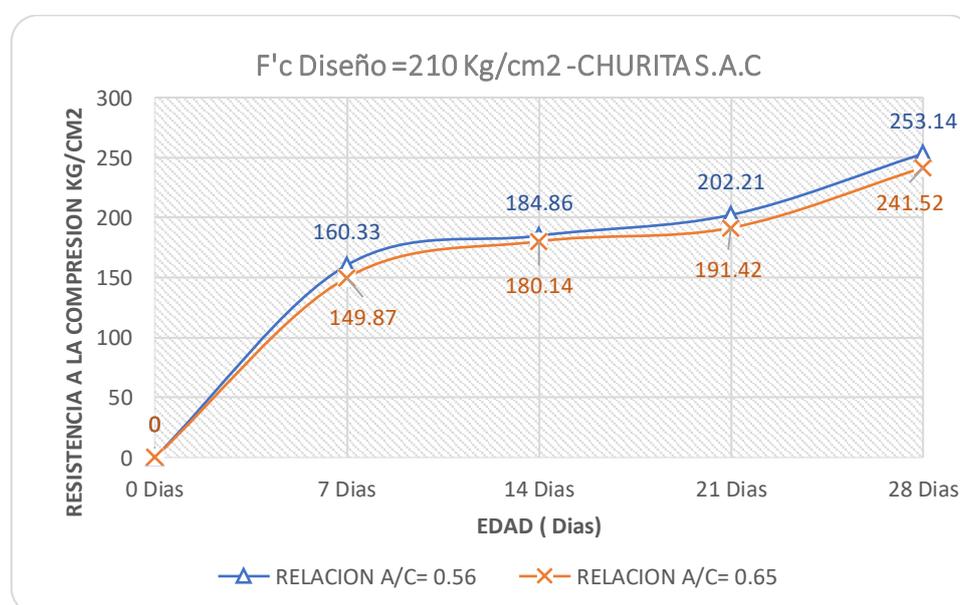
LUGAR		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO										FACULTAD DE ING . CIVIL			
F'c DISEÑO		RELACION A/C	210 Kg/cm ²			ELABORADO POR				FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO					
FECHA		0.65	08/01/2020			TIPO DE MUESTRA				BRIQUETAS DE CONCRETO (AG.GRUESO Y FINO (CHURITA S.A.C)					
N° DE BRIQUETA	FECHA DE ROTURA				AREA DE TESTIGO	CARGA (Kg)				RESISTENCIA A LA COMPRESION				RESISTENCIA PROMEDIO	% DE DISEÑO
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		
13	15/01/2020				176.715	25500				144.30				149.87	71.36%
14	15/01/2020				176.715	27450				155.34					
15	15/01/2020				176.715	26500				149.96					
16		22/01/2020			176.715		30100				170.33			180.14	85.78%
17		22/01/2020			176.715		31600				178.82				
18		22/01/2020			176.715		33800				191.27				
19			29/01/2020		176.715			33500.2				189.57		191.42	91.15%
20			29/01/2020		176.715			35750.4				202.31			
21			29/01/2020		176.715			32230.1				182.39			
22				05/02/2020	176.715				41500.6				234.85	241.52	115.01%
23				05/02/2020	176.715				42520.4				240.62		
24				05/02/2020	176.715				44021.3				249.11		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 73 y 74 se presentan las resistencias promedio de las briquetas de concreto $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, fabricado con agregado fino y grueso de la cantera Churita S.A:C así como también los % de las resistencias de diseño obtenidas entre el concreto hecho con relación $A/C = 0.56$ y $A/C = 0.65$, para las edades de 7, 14, 21 y 28 días; Las variaciones de la resistencia con respecto al número de días se pueden apreciar con mayor claridad en la Imagen 31, además que las briquetas elaboradas con relación $A/C=0.56$ obtuvieron mejores resultados respecto a las briquetas elaboradas con relación $A/C= 0.65$ debido a la cantidad de agua y revenimiento considerado en el diseño de mezcla, donde claramente se observa la diferencia entre ellas. Para este concreto según indica la Imagen 32, la diferencia porcentual está en el rango de 3% a 5%, que en términos de resistencia significa una diferencia amplia o de gran medida.

Figura 42

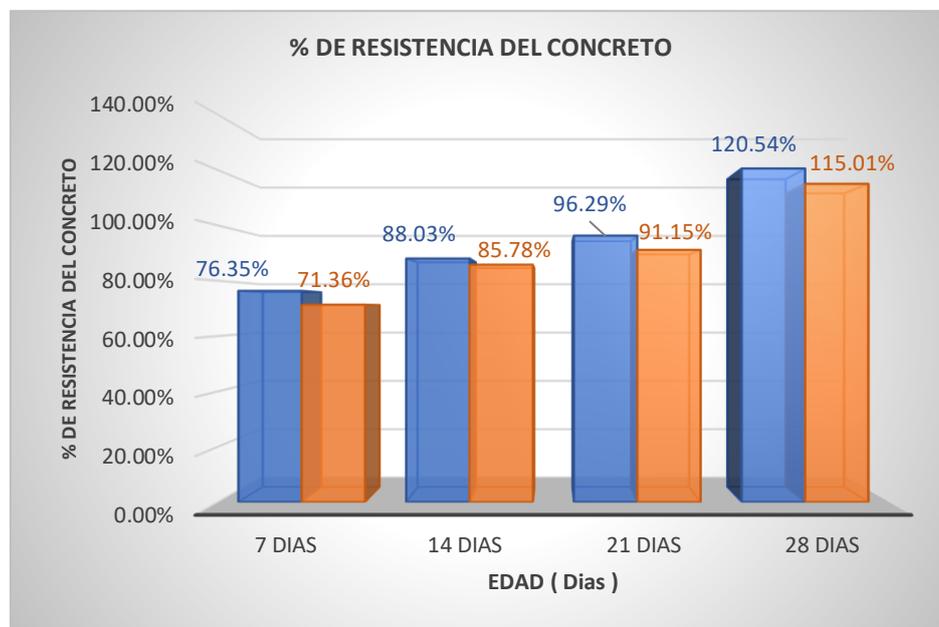
Comparación de Resistencia en Días - Cantera Churita S.A.C



Fuente: elaboración propia

Figura 43

Variación de la resistencia del concreto



Fuente: elaboración propia

Tabla 75

Resultados de resistencia a compresión $f'c=280$ kg/cm² con relación a/c= 0.47

LUGAR		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO										FACULTAD DE ING . CIVIL			
F'c DISEÑO		RELACION A/C		280 Kg/cm ²		ELABORADO POR				FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO					
FECHA		0.47		08/01/2020		TIPO DE MUESTRA				BRIQUETAS DE CONCRETO (AG.GRUESO Y FINO (CHURITA S.A.C)					
N° DE BRIQUETA	FECHA DE ROTURA				AREA DE TESTIGO	CARGA (Kg)				RESISTENCIA A LA COMPRESION				RESISTENCIA PROMEDIO	% DE DISEÑO
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		
25	16/01/2020				176.715	38020				215.15				216.15	77.20%
26	16/01/2020				176.715	40050				226.64					
27	16/01/2020				176.715	36520				206.66					
28		23/01/2020			176.715		45180				255.67			248.86	88.88%
29		23/01/2020			176.715		43250				244.74				
30		23/01/2020			176.715		43500				246.16				
31			30/01/2020		176.715			50264			284.44			282.81	101.00%
32			30/01/2020		176.715			49564			280.47				
33			30/01/2020		176.715			50100			283.51				
34				06/02/2020	176.715				62350				352.83	342.74	122.41%
35				06/02/2020	176.715				60100				340.10		
36				06/02/2020	176.715				59250				335.29		

Fuente: elaboración propia

Tabla 76

Resultados de resistencia a compresión $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.52$

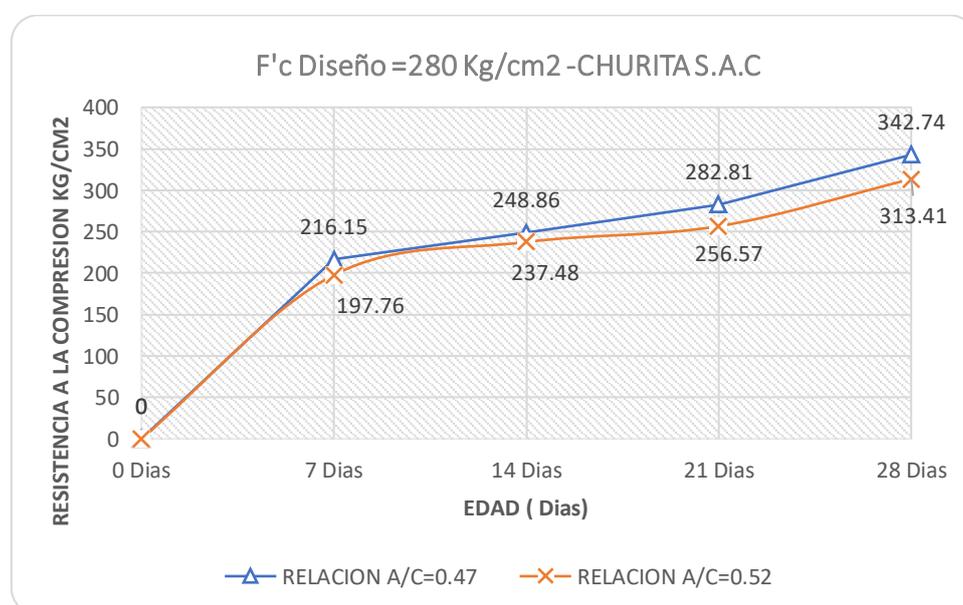
LUGAR		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO										FACULTAD DE ING . CIVIL					
F'c DISEÑO		RELACION A/C		280 Kg/cm2		ELABORADO POR				FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO							
FECHA		0.52		08/01/2020		TIPO DE MUESTRA				BRIQUETAS DE CONCRETO (AG.GRUESO Y FINO (CHURITA S.A.C)							
N° DE BRIQUETA	FECHA DE ROTURA				AREA DE TESTIGO	CARGA (Kg)				RESISTENCIA A LA COMPRESION				RESISTENCIA PROMEDIO	% DE DISEÑO		
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS				
37	16/01/2020				176.715	37000				209.38				197.76	70.63%		
38	16/01/2020				176.715	32540				184.14							
39	16/01/2020				176.715	35300				199.76							
40		23/01/2020			176.715		44400				251.25			237.48	84.82%		
41		23/01/2020			176.715		41500				234.84						
42		23/01/2020			176.715		40000				226.35						
43			30/01/2020		176.715			46520				263.25		256.57	91.63%		
44			30/01/2020		176.715			45000				254.65					
45			30/01/2020		176.715			44500				251.82					
46				06/02/2020	176.715				54100				306.14	313.41	111.93%		
47				06/02/2020	176.715				55350				313.22				
48				06/02/2020	176.715				56700				320.86				

Fuente: elaboración propia

En la tabla 75 y 76 se presentan las resistencias promedio de las briquetas de concreto $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$, fabricado con agregado fino y grueso de la cantera Churita S.A:C así como también los % de las resistencias de diseño obtenidas entre el concreto hecho con relación $A/C = 0.47$ y $A/C = 0.52$, para las edades de 7, 14, 21 y 28 días; Las variaciones de la resistencia con respecto al número de días se pueden apreciar con mayor claridad en la imagen 33 además que las briquetas elaboradas con relación $A/C=0.47$ obtuvieron mejores resultados respecto a las briquetas elaboradas con relación $A/C= 0.52$ debido a la cantidad de agua y revenimiento considerado en el diseño de mezcla, donde claramente se observa la diferencia entre ellas. Para este concreto según indica la imagen 34, la diferencia porcentual está en el rango de 4% a 11%, que en términos de resistencia significa una diferencia amplia o de gran medida.

Figura 44

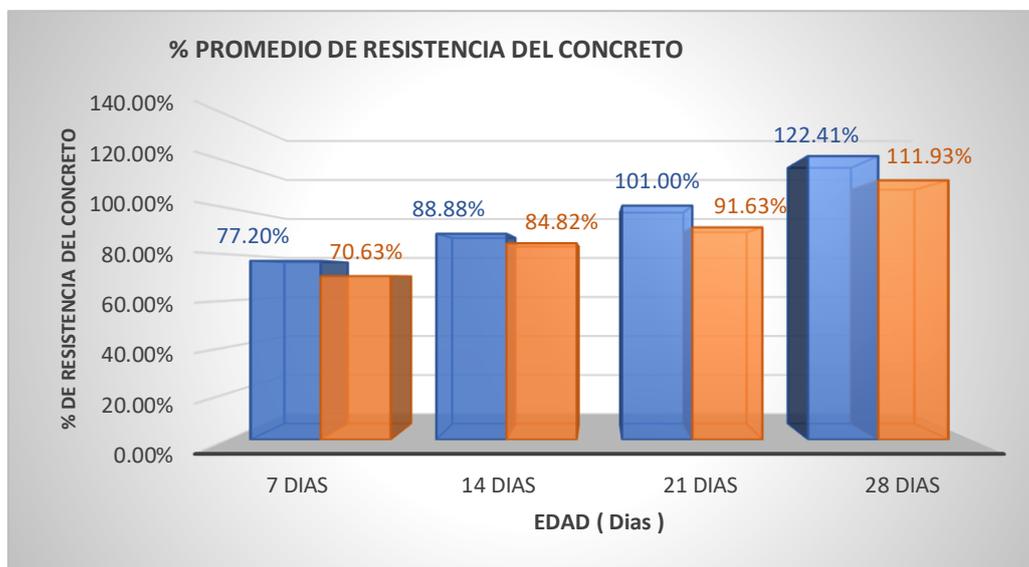
Comparación de Resistencia en Días - Cantera Churita S.A.C



Fuente: elaboración propia

Figura 45

Variación de la resistencia del concreto.



Fuente: elaboración propia

Tabla 77

Resultados de resistencia a compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con relación $a/c= 0.56$.

LUGAR		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO										FACULTAD DE ING . CIVIL			
F'c DISEÑO		RELACION A/C	210 Kg/cm2		ELABORADO POR				FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO						
FECHA		0.56	09/01/2020		TIPO DE MUESTRA				BRIQUETAS DE CONCRETO AG.GRUESO (CHURITA S.A.C) - AG FINO (TINAJAS)						
N° DE BRIQUETA	FECHA DE ROTURA				AREA DE TESTIGO	CARGA (Kg)				RESISTENCIA A LA COMPRESION				RESISTENCIA PROMEDIO	% DE DISEÑO
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		
1	16/01/2020				176.715	21152				119.70				126.40	60.19%
2	16/01/2020				176.715	23510				133.04					
3	16/01/2020				176.715	22350				126.48					
4		23/01/2020			176.715		25200				142.60			136.85	65.17%
5		23/01/2020			176.715		24150				136.66				
6		23/01/2020			176.715		23200				131.29				
7			30/01/2020		176.715			25600				144.87		150.15	71.50%
8			30/01/2020		176.715			27900				157.88			
9			30/01/2020		176.715			26100				147.70			
10				06/02/2020	176.715				30100				170.33	179.67	85.56%
11				06/02/2020	176.715				31252				176.85		
12				06/02/2020	176.715				33900				191.83		

Fuente: elaboración propia

Tabla 78

Resultados de resistencia a compresión $f'c=210$ kg/cm² con relación a/c= 0.65

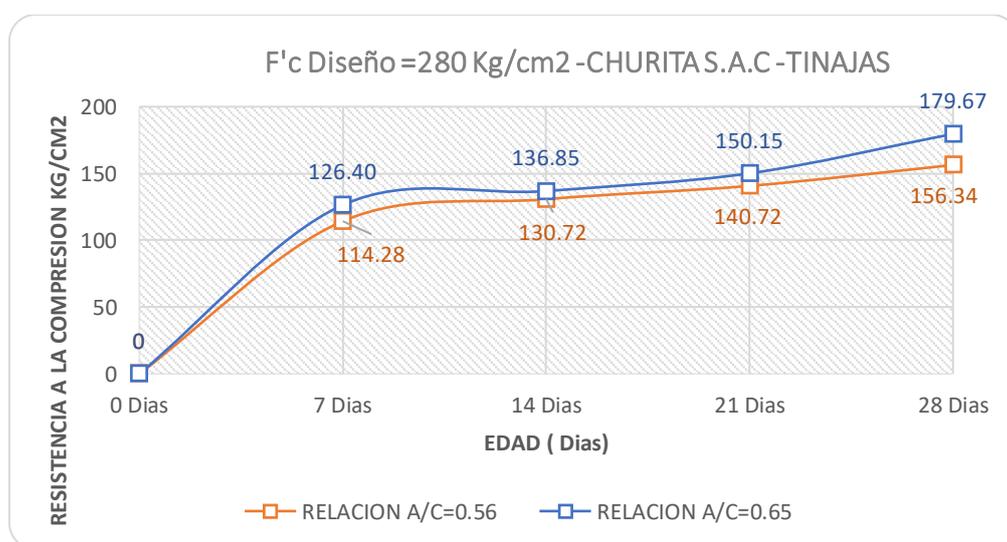
LUGAR		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO										FACULTAD DE ING . CIVIL			
F'c DISEÑO		RELACION A/C		210 Kg/cm ²		ELABORADO POR				0					
FECHA		0.65		09/01/2020		TIPO DE MUESTRA				BRIQUETAS DE CONCRETO AG.GRUESO (CHURITA S.A.C) - AG FINO (TINAJAS)					
N° DE BRIQUETA	FECHA DE ROTURA				AREA DE TESTIGO	CARGA (Kg)				RESISTENCIA A LA COMPRESION				RESISTENCIA PROMEDIO	% DE DISEÑO
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		
13	16/01/2020				176.715	18934				107.14				114.28	54.42%
14	16/01/2020				176.715	20540				116.23					
15	16/01/2020				176.715	21113				119.48					
16		23/01/2020			176.715		22500				127.32			130.72	62.25%
17		23/01/2020			176.715		23100				130.72				
18		23/01/2020			176.715		23700				134.11				
19			30/01/2020		176.715			25100				142.04		140.72	67.01%
20			30/01/2020		176.715			24250				137.23			
21			30/01/2020		176.715			25250				142.89			
22				06/02/2020	176.715				27132				153.54	156.34	74.45%
23				06/02/2020	176.715				26150				147.98		
24				06/02/2020	176.715				29600				167.50		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 77 y 78 se presentan las resistencias promedio de las briquetas de concreto $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, fabricado con agregado fino (Tinajas) y grueso de la cantera Churita S.A.C, así como también los % de las resistencias de diseño obtenidas entre el concreto hecho con relación $A/C = 0.56$ y $A/C = 0.65$, para las edades de 7, 14, 21 y 28 días; Las variaciones de la resistencia con respecto al número de días se pueden apreciar con mayor claridad en la imagen 35, además que las briquetas elaboradas con relación $A/C=0.56$ obtuvieron mejores resultados respecto a las briquetas elaboradas con relación $A/C= 0.65$ debido a la cantidad de agua y revenimiento considerado en el diseño de mezcla, donde claramente se observa la diferencia entre ellas. Para este concreto según indica la imagen 36, la diferencia porcentual está en el rango de 3% a 11%, que en términos de resistencia significa una diferencia amplia o de gran medida.

Figura 46

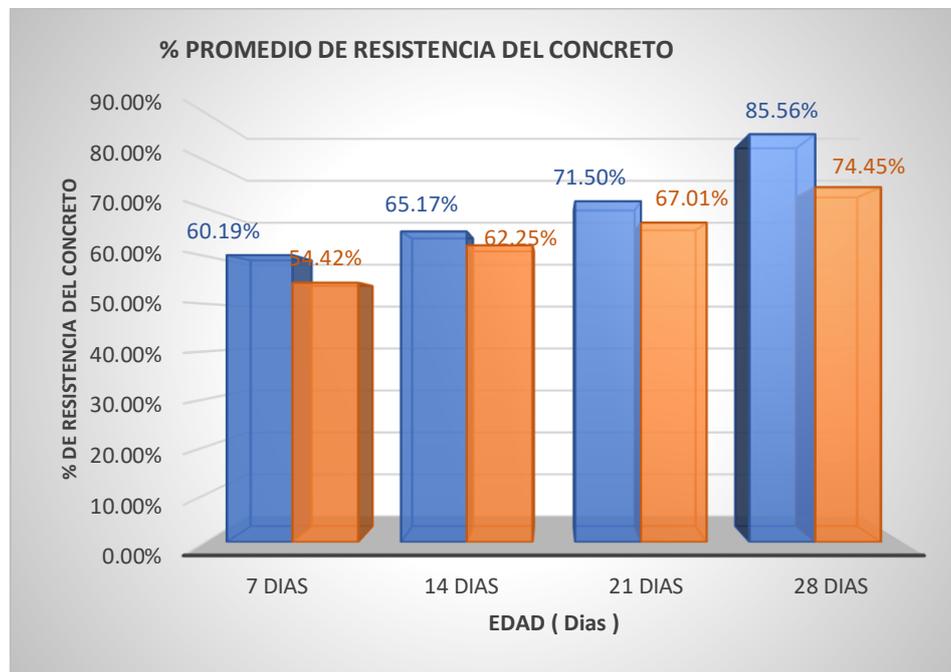
Comparación de Resistencia en Días – Ag grueso Cantera Churita S.A.C y Ag fino Cantera Tinajas



Fuente: elaboración propia

Figura 47

Variación de la resistencia del concreto.



Fuente: elaboración propia

Tabla 79

Resultados de resistencia a compresión $f'c=280$ kg/cm² con relación a/c= 0.47

LUGAR		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO										FACULTAD DE ING . CIVIL			
F'c DISEÑO		RELACION A/C		280 Kg/cm ²		ELABORADO POR				FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO					
FECHA		0.47		10/01/2020		TIPO DE MUESTRA				BRIQUETAS DE CONCRETO AG.GRUESO (CHURITA S.A.C) - AG FINO (TINAJAS)					
N° DE BRIQUETA	FECHA DE ROTURA				AREA DE TESTIGO	CARGA (Kg)				RESISTENCIA A LA COMPRESION				RESISTENCIA PROMEDIO	% DE DISEÑO
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		
25	17/01/2020				176.715	31724				179.52				164.59	58.78%
26	17/01/2020				176.715	27380				154.94					
27	17/01/2020				176.715	28150				159.30					
28		24/01/2020			176.715		33652				190.43			195.27	69.74%
29		24/01/2020			176.715		35821				202.71				
30		24/01/2020			176.715		34050				192.68				
31			31/01/2020		176.715			38218				216.27		217.48	77.67%
32			31/01/2020		176.715			37564				212.57			
33			31/01/2020		176.715			39512				223.59			
34				07/02/2020	176.715				43850				248.14	249.91	89.25%
35				07/02/2020	176.715				44421				251.37		
36				07/02/2020	176.715				44217				250.22		

Fuente: elaboración propia

Tabla 80

Resultados de resistencia a compresión $f'c=280$ kg/cm² con relación a/c= 0.52

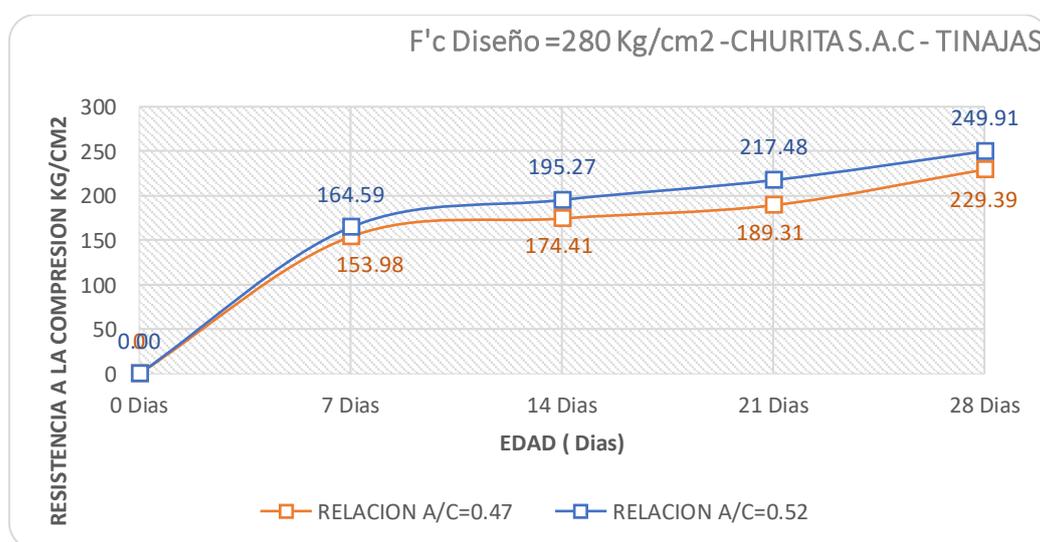
LUGAR		LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES - UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO										FACULTAD DE ING . CIVIL			
F'c DISEÑO		RELACION A/C		280 Kg/cm ²		ELABORADO POR				FELIX TEODOMIRO TREJO RAYMUNDO					
FECHA		0.52		10/01/2020		TIPO DE MUESTRA				BRIQUETAS DE CONCRETO AG.GRUESO (CHURITA S.A.C) - AG FINO (TINAJAS)					
N° DE BRIQUETA	FECHA DE ROTURA				AREA DE TESTIGO	CARGA (Kg)				RESISTENCIA A LA COMPRESION				RESISTENCIA PROMEDIO	% DE DISEÑO
	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	14 DIAS	21 DIAS	28 DIAS		
37	17/01/2020				176.715	29518				167.04				153.98	54.99%
38	17/01/2020				176.715	27250				154.20					
39	17/01/2020				176.715	24863				140.70					
40		24/01/2020			176.715		31560				178.59			174.41	62.29%
41		24/01/2020			176.715		30650				173.44				
42		24/01/2020			176.715		30250				171.18				
43			31/01/2020		176.715			34700				196.36		189.31	67.61%
44			31/01/2020		176.715			33150				187.59			
45			31/01/2020		176.715			32510				183.97			
46				07/02/2020	176.715				41125				232.72	229.39	81.93%
47				07/02/2020	176.715				39785				225.14		
48				07/02/2020	176.715				40700				230.31		

Fuente: elaboración propia

En la tabla 79 y 80 se presentan las resistencias promedio de las briquetas de concreto $f'_c=210 \text{ Kg/cm}^2$, fabricado con agregado fino (Tinajas) y grueso de la cantera Churita S.A.C, así como también los % de las resistencias de diseño obtenidas entre el concreto hecho con relación $A/C = 0.47$ y $A/C = 0.52$, para las edades de 7, 14, 21 y 28 días; Las variaciones de la resistencia con respecto al número de días se pueden apreciar con mayor claridad en la imagen 37 además que las briquetas elaboradas con relación $A/C=0.47$ obtuvieron mejores resultados respecto a las briquetas elaboradas con relación $A/C= 0.52$ debido a la cantidad de agua y revenimiento considerado en el diseño de mezcla, donde claramente se observa la diferencia entre ellas. Para este concreto según indica la imagen 38, la diferencia porcentual está en el rango de 4% a 10%, que en términos de resistencia significa una diferencia amplia o de gran medida.

Figura 48

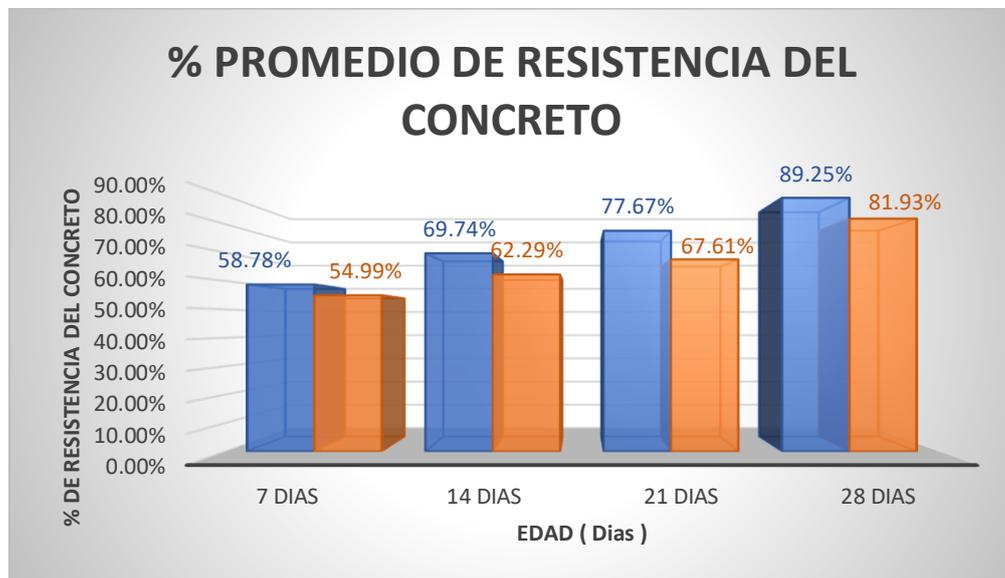
Comparación de Resistencia en Días – Ag grueso Cantera Churita S.A.C y Ag fino Cantera Tinajas



Fuente: elaboración propia

Figura 49

Variación de la resistencia del concreto.



Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

- ✓ Se concluye de acuerdo a los ensayos en el laboratorio para el concreto elaborado con agregado fino y grueso de la cantera Churita S.A.C. Con relación $A/C= 0.56$ se obtuvo una resistencia promedio de $f'c=253.14 \text{ Kg/cm}^2$ y para una relación $A/C= 0.65$ la resistencia promedio es $f'c=241.52 \text{ Kg/cm}^2$, por lo tanto, es mayor a la resistencia de diseño estructural $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$, Así mismo para el concreto elaborado con agregado fino y grueso de la cantera Churita S.A.C. Con relación $A/C= 0.47$, la resistencia promedio obtenida es $f'c=342.74 \text{ Kg/cm}^2$ y para una relación $A/C= 0.52$ la resistencia promedio es $f'c=313.41 \text{ Kg/cm}^2$, obteniéndose resistencias mayores que el diseño del concreto estructural $f'c=280\text{Kg/cm}^2$.

Se concluye de acuerdo a los ensayos en el laboratorio para el concreto elaborado con agregado fino de la cantera Tinajas y agregado grueso de la cantera Churita S.A.C, Con relación $A/C= 0.56$ obteniendo una resistencia promedio $f'c=179.67 \text{ Kg/cm}^2$ y para una relación $A/C= 0.65$ la resistencia promedio es $f'c=156.34 \text{ Kg/cm}^2$, por lo tanto no se cumple, ya que es menor a la resistencia de diseño $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$. Así mismo para el concreto elaborado con agregado fino de la cantera Tinajas y agregado grueso de la cantera Churita S.A.C. Con una relación $A/C= 0.47$, obteniendo una resistencia promedio de $f'c=249.91 \text{ Kg/cm}^2$ y para una relación $A/C= 0.52$ una resistencia promedio de $f'c=229.39 \text{ Kg/cm}^2$, por lo tanto no se cumple siendo menor a la resistencia de diseño $f'c=280\text{Kg/cm}^2$.

- ✓ Las características físicas de los agregados de la cantera Churita S.A.C cumplen con los parámetros establecidos en la norma NTP, pues al realizar los ensayos en el laboratorio se obtuvo resultados favorables que se encuentran dentro de los parámetros que exige la norma, como se puede apreciar en la tabla 25 y 27.

Se determinaron las características físicas del agregado fino de la Cantera de cerro (Tinajas), de las cuales existen 2 parámetros ensayados, que no cumplen con lo establecido en la norma; el módulo de fineza de 3.20 que sobrepasa lo establecido en la norma y el Porcentaje (%) de finos pasante el tamiz N°200 con un valor del 10.54 % que sobrepasa al 5% max. establecido en la norma.

- ✓ Se comprueba la resistencia a compresión del concreto elaborado con los agregados de la Cantera Churita SAC (Pachacamac), alcanzan una resistencia a compresión mayor al diseño estructural de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- ✓ Se comprueba la resistencia a compresión del concreto elaborado con agregado Grueso de la Cantera Churita S.A.C y agregado Fino la Cantera de Cerro (Tinajas), alcanzan una resistencia a compresión menor al diseño estructural de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

RECOMENDACIONES

- ✓ El investigador recomienda y pone a disposición a futuras investigaciones los resultados obtenidos de los ensayos realizados de los agregados (fino y grueso) de la Cantera Churita SAC y agregado (fino) de la cantera de cerro (Tinajas).
- ✓ Se recomienda tomar en cuenta el porcentaje de material fino que pasa por el tamiz 75 μm (N.º 200) por lavado, debido que al estar en estas condiciones es afectado en la adherencia del agregado y la pasta, en tanto el agregado fino, incrementa los requerimientos de agua de mezcla.
- ✓ Se recomienda lavar o ventilar el agregado fino de la cantera de cerro Tinajas debido a la excedencia de finos que superan el 5% establecido en la norma.
- ✓ Se recomienda profundizar el estudio de agregado fino de la cantera de cerro Tinajas ubicado en el distrito de Cieneguilla, debido a su influencia en la patología del concreto, además de su uso por la población como alternativa para la elaboración del concreto y alcance a menor costo.
- ✓ Se había propuesto en la hipótesis obtener un menor valor de diseño del concreto estructural $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ elaborado con agregado (fino y grueso) de la Cantera Churita SAC y agregado (fino) de la cantera de cerro (Tinajas), pero el concreto elaborado con agregados (fino y grueso) de la Cantera Churita SAC alcanza una resistencia mayor a los valores de diseño y el concreto elaborado con agregado grueso de la Cantera Churita SAC y agregado (fino) de la cantera de cerro (Tinajas) no cumplen con la resistencia de diseño planteada en la hipótesis.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abanto, F. (S.F). *Tecnología del Concreto*. San Marcos.
<https://www.udocz.com/pe/read/21543/tecnologia-del-concreto-teoria-y-problemas-ing-flavio-abanto-castillo>
- Angulo, W. (26 de setiembre de 2017). El 70% de viviendas en Lima son informales y vulnerables a un terremoto. *RPP*. <https://rpp.pe/economia/economia/capeco-el-70-de-viviendas-en-lima-son-construidas-sin-normas-tecnicas-noticia-1078934#:~:text=El%20presidente%20de%20la%20C%3%A1mara,informal%2C%20sin%20seguir%20normas%20t%C3%A9cnicas.>
- Benites, D. (2014). *Determinación del factor de modificación del concreto con los agregados de las canteras del río Puchka - Huari – Ancash*. [Tesis de pre grado, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/861>
- Calderón, E. (2015). *Diseño de hormigón con cantos rodados provenientes del río Chanchan a través de los métodos A.C.I y O' reelly*. [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7847/1/Tesis%20Dise%c3%b1o%20de%20hormig%c3%b3n%20con%20cantos%20rodados%20provenientes%20del%20r%c3%ado%20Chanchan.pdf>
- Contreras, W. (2014). *Influencia de la forma de textura del agregado grueso de la cantera Olando en la consistencia y resistencia a la compresión del concreto*. [tesis de pre grado, Universidad Nacional de Cajamarca].

<http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/504/T%20620.191%20C764%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Corrales, M. y Villegas, V. (2012). Resistencia y costos unitarios de concretos elaborados con agregado grueso, piedra partida y canto rodado de la cantera Tacllan. *Aporte Santiaguino*, 5 (1), 5-6.

https://www.researchgate.net/publication/329493884_Resistencias_y_costos_unitarios_de_concretos_elaborados_con_agregado_grueso_piedra_partida_y_canto_rodado_de_la_cantera_Tacllan

INDECOPI. (2008). *Agregados NTP 400.011*. Lima. <https://vsip.info/ntp-400011-2008-pdf-free.html>

INDECOPI. (2013). *CEMENTOS NTP 334.009*. Lima.

INDECOPI. (2018). *Agredados .400.012*. Lima.

Pasquel, E. (1998). *Tópicos de Tecnología de Concreto en el peru*. Colegio de Ingenieros del Perú. https://es.slideshare.net/cmanuel_locky/topicos-de-tecnologia-del-concreto-en-el-peru

Pfuyo, K. (2015). *Adaptacion del metodo del diseño de mezclas A.C.I 211.1 mediante reajuste de valores de la relacion A/C para cemento portland puzolanico tipo Ip y agregado de las canteras de Vicho y Huambutio*. [Tesis de pre grado, Universidad Andina del Cusco]. <http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/71/3/RESUMEN.pdf>

Rivva, E. (2010). *Naturaleza y Materiales del Concreto*. Aci Perú. <https://dokumen.tips/documents/1-naturaleza-y-materiales-del-concreto-rivva-lopezpdf.html>

Román, T. y Pillpinto, D. (2016) *Análisis Comparativo de la resistencia a la compresión de un concreto f_c 210Kg/cm², Elaborado con agregado hormigón y agregado clasificado - Cusco*. [tesis de pre grado, Universidad Andina de Cusco].
http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/716/3/Treisi_Dante_Tesis_bachiller_2016_p_1.pdf

Torre, A. (2004). *Curso Básico De Tecnología Del Concreto Para Ingenieros Civiles*. [curso básico de tecnología de concreto, Universidad Nacional de Ingeniería].
file:///C:/Users/User/Downloads/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_DEL_CONCRETO.pdf