

Universidad Nacional de Huancavelica

(Creada por la Ley N° 25265)

Facultad de Ciencias de Ingeniería Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica



Tesis

“Influencia del agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto $f'c$ 210 kg/cm², en la ciudad de Huancavelica”

Línea de investigación:

Construcciones y tecnología de los materiales

Presentado por:

Boza Capani, Fredy

Para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Huancavelica-Perú

2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCATELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA



ACTA DE SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TESIS

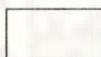
En la ciudad de Huancavelica, a los veintitrés días (23) del mes de noviembre del año 2021, siendo las dieciocho horas (18:00), se reunieron los miembros del Jurado Calificador conformado por los docentes: M.Sc. Iván Arturo Ayala Bizarro (Presidente), M.Sc. Hugo Rubén Lujan Jeri (Secretario), Arq. Abdón Dante Olivera Quintanilla (Vocal), reestructurados con Resolución de Decano N° 274-2019-FCI-UNH, de fecha 05 de diciembre del 2019, a fin de proceder con la sustentación y calificación virtual mediante el aplicativo MEET del informe final de tesis titulado: **"INFLUENCIA DEL AGUA DE DIFERENTES FUENTES EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO F'C 210 KG/CM2, EN LA CIUDAD DE HUANCATELICA"**, presentado por el Bachiller **Fredy BOZA CAPANI**, con presencia del M.Sc. Marco Antonio López Barrantes, Asesor de la presente tesis a fin de optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**. Finalizada la sustentación virtual a horas...7:00 pm.; se comunicó al sustentante y al público en general que los Miembros del Jurado abandonará el aula virtual para deliberar el resultado:

APROBADO



POR ...UNANIMIDAD

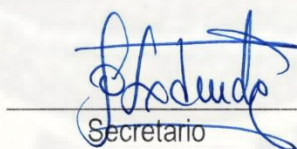
DESAPROBADO



En señal de conformidad, firmamos a continuación:



Presidente



Secretario



Vocal



B° Decano

Título

“Influencia del agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto $f'c$ 210
kg/cm², en la ciudad de Huancavelica”



Autor

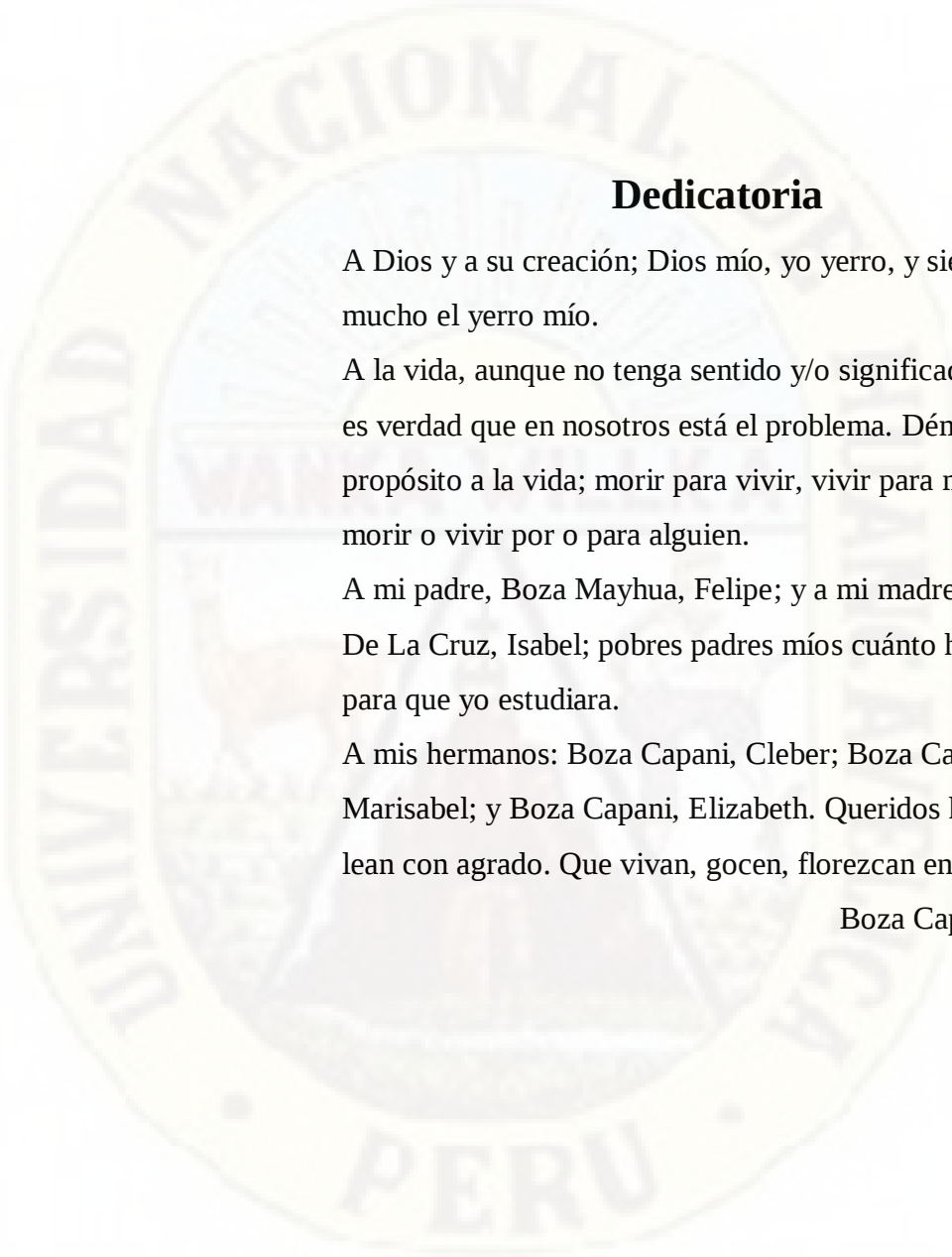
Boza Capani, Fredy



Asesor

M. Sc. López Barrantes, Marco Antonio





Dedicatoria

A Dios y a su creación; Dios mío, yo yerro, y siento mucho el yerro mío.

A la vida, aunque no tenga sentido y/o significado esta, no es verdad que en nosotros está el problema. Démosle un propósito a la vida; morir para vivir, vivir para morir, morir o vivir por o para alguien.

A mi padre, Boza Mayhua, Felipe; y a mi madre, Capani De La Cruz, Isabel; pobres padres míos cuánto hicieron para que yo estudiara.

A mis hermanos: Boza Capani, Cleber; Boza Capani, Marisabel; y Boza Capani, Elizabeth. Queridos hermanos, lean con agrado. Que vivan, gocen, florezcan en Dios.

Boza Capani, Fredy

Agradecimiento

A Dios y a su creación, gracias a Él y a estos he sido lo que he sido, soy lo que soy y seré lo que seré.

A la vida misma, por sus maestras y sabias lecciones que moldean al ser humano para luego ser sabios para uno mismo y simultáneamente para la sociedad.

A mis padres, Boza Mayhua, Felipe y Capani De La Cruz, Isabel; gracias a ellos estoy donde estoy; sin ellos hubiera estado donde hubiera estado o hubiera estado donde no hubiera estado y estaré donde estaré o estaré donde no estaré.

A mis hermanos, Boza Capani, Cleber, Boza Capani, Marisabel y Boza Capani, Elizabeth; gracias a esos misteriosos y sublimes sentimientos formas de amar y, sus buenos deseos y consejos.

A la Universidad Nacional de Huancavelica y a su Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica por su espacio, pues allí fue donde tuve grandes sentimientos de dolor y de alegría para luego decir cuán doloroso es la vida aun si vives atado a muchos objetivos.

A mi asesor, M. Sc. López Barrantes, Marco Antonio, y a M. Sc. Espinoza Alcántara, Martín Eleuterio; debo mucho a ellos por haber dedicado su valioso tiempo conmigo, y quiero terminar tan solo con una gloriosa, majestuosa, sencilla pero poderosa y eficaz y, la más hablada por la humanidad de las tantas palabras de agradecimiento, ¡muchas **gracias** a todos!

Boza Capani, Fredy

Contenido

Acta de sustentación	ii
Título	iii
Autor.....	iv
Asesor	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Contenido	viii
Contenido de tablas.....	xi
Contenido de figuras.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	xvi
Capítulo I Planteamiento del problema	20
1.1. Descripción del problema	20
1.2. Formulación del Problema.....	22
1.2.1. Problema general	22
1.2.2. Problemas específicos	23
1.3. Objetivos	23
1.3.1. Objetivo general.....	23
1.3.2. Objetivos específicos	23
1.4. Justificación	23
1.4.1. Justificación teórica.....	24
1.4.2. Justificación Social.....	24
1.4.3. Justificación metodológica	24
1.4.4. Justificación práctica.....	25
1.5. Importancia	25
1.6. Limitaciones	26
1.6.1. Limitaciones económicas	26
1.6.2. Limitaciones de instalaciones físicas	26
Capítulo II Marco teórico	27
2.1. Antecedentes.....	27
2.1.1. A nivel Internacional.....	27
2.1.2. A nivel Nacional	29
2.1.3. A nivel Local.....	31
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación	32

2.2.1.	Concepciones sobre el agua	32
2.2.2.	Agua superficial y subterránea	36
2.2.3.	Fuentes de agua.....	36
2.2.4.	Fuentes de agua concernientes a la investigación	37
2.2.5.	Concepcione sobre el concreto	39
2.2.6.	Características y comportamiento del concreto.....	41
2.2.7.	Tipos de concreto.....	46
2.2.8.	Características de los componentes del concreto	49
2.2.9.	Diseño, fabricación y puesta en obra del concreto.....	53
2.3.	Definición de términos	58
2.4.	Hipótesis.....	60
2.4.1.	Hipótesis general	60
2.4.2.	Hipótesis Específicas	60
2.5.	Variables	61
2.6.	Operacionalización de variables	61
Capítulo III	Materiales y métodos.....	62
3.1.	Ámbito temporal y espacial.....	62
3.1.1.	Ámbito temporal.....	62
3.1.2.	Ámbito espacial	62
3.2.	Tipo de investigación	63
3.3.	Nivel de investigación.....	63
3.4.	Método de investigación.....	63
3.5.	Diseño de investigación	64
3.6.	Población, muestra y muestreo	64
3.6.1.	Población	64
3.6.2.	Muestra	65
3.6.3.	Muestreo	65
3.7.	Técnicas e instrumentos para recolección de datos	65
3.7.1.	Instrumentos	65
3.7.2.	Técnicas	66
3.8.	Técnicas y procesamiento de análisis de datos	66
3.9.	Descripción de la prueba de hipótesis	66
Capítulo IV		67
Discusión de resultados		67
4.1.	Análisis de información	67
4.2.	Selección del cemento para la mezcla del concreto	67

4.3.	Resultados del agua utilizada para amasado y curado del concreto.....	68
4.4.	Presentación de los datos, resultados o informaciones de las características y propiedades de los agregados	69
4.4.1.	Resultados de las características y propiedades de los agregados	69
4.4.2.	Resultados de materia orgánica e inorgánica de los agregados.....	71
4.4.3.	Resultados de la caracterización de la clase de los agregados.....	72
4.4.4.	Resultados de la granulometría de los agregados.....	75
4.4.5.	Resultados del peso específico del agregado	77
4.4.6.	Resultados de pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados	80
4.4.7.	Resultados de los porcentaje de absorción, humedad y aporte de agua de los agregados.....	81
4.5.	Resultados de la fabricación o diseño de mezcla para el concreto.....	82
4.6.	Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto con agua fuentes diferentes	101
4.6.1.	Resultados de resistencia a la compresión de concreto mezcladas y curadas con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.	101
4.6.2.	Resultados de la resistencia a la compresión del concreto mezcladas y curadas con los Baños termales del Inca	106
4.6.3.	Resultados de la resistencia a la compresión del concreto mezclada y curadas con el agua del río Ichu	109
4.6.4.	Resultados de la resistencia a la compresión del concreto mezclada con el agua de la laguna de Queullaqocha	112
4.7.	Resultados de las resistencia promedios del concreto	116
4.8.	Resultados de las pruebas hipótesis de investigación	117
4.8.1.	Prueba de la primera hipótesis específica	118
4.8.2.	Prueba de la segunda hipótesis específica.....	119
4.8.3.	Prueba de la tercera hipótesis específica	121
4.8.4.	Prueba de la hipótesis general.....	122
4.9.	Discusión de resultados.....	125
Conclusiones		127
Recomendaciones.....		128
Referencias Bibliográficas.....		129
Apéndice A.....		133
Matriz de consistencia		133
Apéndice C.....		134
Panel fotográfico		134

Contenido de tablas

Tabla 1 Distribución del agua en la hidrósfera	34
Tabla 2 Operacionalización de variables	61
Tabla 3 Resultados de los parámetros físicos y químicos de las 4 fuentes de agua para el amasado y curado del concreto	68
Tabla 4 Resultados del análisis biológico y bacteriológico de las 4 fuentes para el amasado y curado del concreto	69
Tabla 5 Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso.....	75
Tabla 6 Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso que se ha empleado en la preparación de las mezclas de concreto.....	76
Tabla 7 Cálculo de la cantidad del peso específico de masa del agregado grueso	78
Tabla 8 Cálculo de la cantidad del peso específico de la masa saturada superficialmente seco y aparente de agregado grueso	78
Tabla 9 Cálculo de la cantidad del peso específico de masa del agregado fino	79
Tabla 10 Cálculo de la cantidad de peso específico de la masa saturada superficialmente seco y aparente de agregado fino.....	79
Tabla 11 Cálculo de la cantidad del peso unitario suelto seco del agregado grueso	80
Tabla 12 Cálculo de la cantidad del peso unitario compactado seco del agregado grueso	80
Tabla 13 Cómputo de la cantidad del peso unitario suelto seco del agregado fino.....	80
Tabla 14 Cómputo de la cantidad del peso unitario compactado seco del agregado fino	81
Tabla 15 Cálculo de la cantidad de porcentaje de absorción del agregado grueso.....	81
Tabla 16 Cálculo de la cantidad del porcentaje de absorción del agregado fino.....	82
Tabla 17 Resistencia en compresión promedio requerida	83
Tabla 18 Conjunto discreto de puntos de resistencia en compresión promedio requerido y la relación o razón de agua-cemento en peso	86
Tabla 19 Conjunto discreto de puntos para un tamaño máximo nominal del agregado grueso de módulos de fineza del agregado fino y el coeficiente b/b_0	87
Tabla 20 Razones de las cantidades de peso de los materiales corregidos por humedades igual a 1.807 % y 5.634 % para el agregado grueso y fino respectivamente	97
Tabla 21 cantidades en masa, peso y volumen de los materiales a partir de humedades igual a 1.807 % y 5.634 % para el agregado grueso y fino respectivamente	98
Tabla 22 Razones en peso los materiales corregidos por humedades igual a 1.590 % y 4.638 % para el agregado grueso y fino respectivamente.....	98
Tabla 23 Cantidades en masa, peso y volumen de los materiales a partir de humedades igual a 1.590 % y 4.638 % para el agregado grueso y fino respectivamente	99
Tabla 24 Razones en peso de los materiales corregidos por humedad igual a 1.628 % y 4.900 % para el agregado grueso y fino respectivamente.....	99
Tabla 25 Cantidades en masa, peso y volumen de los materiales a partir de humedades igual a 1.628 % y 4.900 % para el agregado grueso y fino correspondientemente.....	100
Tabla 26 Razones en peso o volumen de los materiales corregidos por humedad igual a 2.030 % y 7.043 % para agregado grueso y fino en ese orden	100
Tabla 27 Cantidades en masa, peso y volumen de los materiales de concreto de humedades 2.030 % y 7.043 % para el agregado grueso y fino respectivamente	101
Tabla 28 Resumen de las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto amasadas y curadas con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.	103

Tabla 29 Resumen de los esfuerzos o resistencias promedio (en kgf/cm ² y %) que adquiere el concreto, mezclados y curados con agua de EMAPA Huancavelica S. A. a los 7, 14, 21 y 28 días	105
Tabla 30 Resumen de las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua de los Baños termales del Inca	107
Tabla 31 Resumen de los esfuerzos o resistencias promedios (en kgf/cm ² y %) del concreto, mezcladas y curadas con agua de los Baños termales del Inca a los 7, 14, 21 y 28 días	109
Tabla 32 Resumen de las cargas y esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, mezclado y curado con agua del río Ichu	111
Tabla 33 Resumen de los esfuerzos o resistencias promedios (en kgf/cm ² y %) del concreto, mezclados y curados con agua del río Ichu a los 7, 14, 21 y 28 días	112
Tabla 34 Resumen de cargas, esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, mezclado y curado con agua de la laguna de Quellaqocha.....	114
Tabla 35 Resumen de los esfuerzos o resistencias promedio del concreto mezclados y curados con agua de la laguna de Quellaqocha	115
Tabla 36 Valores promedio de la resistencia del concreto	116
Tabla 37 Resultados de la “prueba t”. Comparación de medias de las resistencia con de agua EMAPA Huancavelica y Baños termales del Inca, a los 28 días	118
Tabla 38 Resultados de la prueba t: valor, grados de libertad y significancia.....	119
Tabla 39 Resultados de la prueba t. Comparación de medias de las resistencia con de agua EMAPA Huancavelica y río Ichu, a los 28 días	120
Tabla 40 Resultados de la prueba t: valor, grados de libertad y significancia.....	120
Tabla 41 Resultados de la prueba t. Comparación de medias de las resistencia con de agua EMAPA Huancavelica y laguna de Quellaqocha, a los 28 días.....	121
Tabla 42 Resultados de la prueba t: valor, grados de libertad y significancia.....	122
Tabla 43 Resultados de la prueba ANOVA de un factor. Comparación de medias de las resistencias con agua de EMAPA Huancavelica, Baños termales del Inca, río Ichu y laguna de Quellaqocha, a los 28 días	123
Tabla 44 Resultados de la prueba post hoc de la resistencia del concreto a los 28 días de maduración	123

Contenido de figuras

Figura 1 Fuentes de agua.....	36
Figura 2 Huancavelica, ciudad de la parte central de la República del Perú, capital del departamento de Huancavelica.....	63
Figura 3 Diseño de la investigación	64
Figura 4 Cemento Portland tipo I del cemento andino I de la empresa Cemento Andino S. A. ...	67
Figura 5 Agregado grueso de la planta de beneficio para el chancado de piedras “Niko”	70
Figura 6 Muestra del agregado fino saturado superficialmente seco	71
Figura 7 Eliminación de material orgánico e inorgánico de los agregados fino y grueso	71
Figura 8 Muestras del agregado fino y grueso, usado en la mezcla del concreto	73
Figura 9 Muestra del agregado grueso	74
Figura 10 Muestra del agregado fino	74
Figura 11 Curva granulométrica del agregado grueso, representación gráfica de los resultados en el laboratorio cuando se ha hecho la medición y graduación de los granos	76
Figura 12 Curva granulométrica del agregado fino.....	77
Figura 13 Gráfico de la resistencia (en kgf/cm^2) del concreto mezclado y curado con agua de EMAPA Huancavelica S. A. a los 7, 14, 21 y 28 días	105
Figura 14 Gráfico y/o diagrama de la resistencia (en kgf/cm^2) del concreto, mezclado y curado con agua de los Baños termales del Inca a los 7, 14, 21 y 28.....	109
Figura 15 Gráfico y/o diagrama de la resistencia (en kgf/cm^2) que adquiere el concreto mezclado y curado con agua del río Ichu a los 7, 14, 21 y 28 días	112
Figura 16 Gráfico de las resistencias (en kgf/cm^2) que adquiere el concreto mezclado y curado con agua de la laguna de Cceullacocha a los 7, 14, 21 y 28 días.....	115
Figura 17 Gráfico de la resistencia del concreto con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A., Baños termales del Inca, río Ichu y laguna de Cceullacocha a los 7, 14, 21 y 28 días.....	116
Figura 18 Resistencia del concreto por fuente del origen de agua y tiempo de maduración	117
Figura 19 Laguna de Cceullacocha localizada en localidad del Centro Poblado de Santa Bárbara	134
Figura 20 Río Ichu localizado en los confines de San Cristóbal y Santa Ana de la ciudad de Huancavelica	134
Figura 21 Baños termales del Inca localizado en Villa Agraria y Paturpampa en la ciudad de Huancavelica	134
Figura 22 Planta de tratamiento de agua potable de EMAPA Huancavelica S. A., localizada en Callqui Chico del distrito de Ascensión.....	134
Figura 23 Tanques de curado con aguas fuentes diferentes, de izquierda a derecha: agua de EMAPA Huancavelica S. A., Baños termales del Inca, río Ichu y la laguna de Cceullacocha ..	135
Figura 24 Desencofrado de moldes de probetas de concreto	135
Figura 25 Curado de probetas de concreto con cada una de las fuentes de agua, de izquierda a derecha: laguna de Cceullacocha, río Ichu, Baños termales del Inca y EMAPA Huancavelica S. A.	135
Figura 26 Ensayo de compresión de las probetas cilíndricas de concreto con la prensa hidráulica o máquina de rotura	136

Resumen

Este estudio cuantitativo investigó la influencia del agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto para un $f'c$ igual a 210 kg/cm^2 a los 28 días, en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019. Siendo de tipo aplicada, con un alcance de nivel explicativo, siguiendo un diseño cuasiexperimental con posprueba, la investigación tuvo como población al conjunto de probetas cuyo diseño de resistencia de concreto fue de 210 kg/cm^2 , teniendo en cuenta las fuentes de agua. El tamaño de la muestra fue de 64 probetas: el grupo control estuvo conformada por 16 probetas mientras que grupo experimental por 48 probetas. Se empleó como instrumento la ficha de observación, y la técnica de observación. Los resultados principales, medidos en el año 2019, indican que el agua empleada para elaborar el concreto juega un rol importante en los valores de la resistencia del concreto a compresión; es así que a los 28 días de edad el concreto con agua de Baños termales del Inca, río Ichu y laguna de Qeullaqocha han tenido 33.261 %, 12.516 % y 14.333 % menos de resistencia que el concreto con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A. para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. En otras palabras, el agua de los Baños termales del Inca, río Ichu y la laguna de Qeullaqocha, influyen negativamente en la resistencia del concreto a compresión evaluado en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica. Consecuentemente, no son recomendables para la elaboración del concreto.

Palabras clave: resistencia del concreto a compresión, calidad de agua para el concreto, mezcla y curado del concreto, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Abstract

This quantitative study investigated the influence of water from different sources on the resistance of concrete for an $f'c$ equal to 210 kg/cm^2 at 28 days, in the district, province, department of Huancavelica, of the Republic of Peru, in the year 2019. Being of an applied type, with a scope of explanatory level, following a quasi-experimental design with post-test, the research had as a population the set of specimens whose concrete resistance design was 210 kg/cm^2 , taking into account the sources of water. The sample size was 64 specimens: the control group consisted of 16 specimens while the experimental group consisted of 48 specimens. The observation sheet and the observation technique were used as an instrument. The main results, measured in 2019, indicate that the water used to make the concrete plays an important role in the values of the concrete's compressive strength; thus, at 28 days of age, the concrete with water from the Inca thermal baths, the Ichu river and the Qeullaqocha lagoon have had 33,261 %, 12,516 % and 14,333 % less resistance than the concrete with potable water from EMAPA Huancavelica SA for a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. In other words, the water from the Inca thermal baths, the Ichu river and the Qeullaqocha lagoon, negatively influence the resistance of the concrete to compression evaluated in the district, province and department of Huancavelica. Consequently, they are not recommended for making concrete.

Keywords: resistance of concrete to compression, quality of water for concrete, mixing and curing of concrete, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

Introducción

La ingeniería es un agregado de conocimientos científicos y tecnológicos que se basa en el conocimiento cierto de las cosas; asimismo, es la actividad humana a través de la cual el hombre puede expresar lo inmaterial, crear belleza y suscitar emociones; del mismo modo, aplica los conocimientos científicos a la invención, perfección o utilización; además; es la técnica industrial en todas sus facetas. La ingeniería civil es la rama de la ingeniería que satisface necesidades y da confort a la sociedad, desde los recónditos de la ingeniería ambiental hasta los altísimos edificios de la ingeniería de la construcción. Esta rama de la ingeniería ha traído mayor desarrollo económico, social e intelectual, con la construcción de edificios e infraestructuras; sin embargo, para que estos sean de buena calidad es imprescindible el análisis y evaluación de los materiales. La ingeniería de los materiales es otra de las ramas que relaciona la propiedad-estructura-procesamiento-funcionamiento y diseña o proyecta la estructura de un material, mientras que la ciencia de los materiales estudia las propiedades físicas de los materiales y las aplica en varias áreas; sin embargo, la tecnología de materiales estudia y pone en práctica la técnica, estudia y desarrolla los materiales.

El agua es una sustancia formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Se aprecia en estados: sólido, líquido y gaseoso; y es esencial para la vida. La corteza terrestre está cubierta por esta sustancia, localizada en océanos, glaciares y casquetes polares, depósitos subterráneos, permafrost, lagos y lagunas, humedad del suelo, atmosfera, embalses, ríos, seres vivos, etc. Su ciclo es de evaporación, precipitación y transporte. El agua dulce con baja concentración de sales y sólidos disueltos se encuentra en la superficie y bajo la superficie de la Tierra. Sin embargo, el agua salobre tiene más sales disueltas, pero menos que el agua de mar. Asimismo, el agua salada compone los océanos y mares de la Tierra. El agua dulce se destina a la agricultura, industria, transporte y consumo. El acceso al agua para el consumo se ha incrementado, por lo que estudios estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tiene problemas de escasez de agua. La escasez de recursos hídricos en nuestra región es un problema que será más grande en el futuro justamente por la expansión poblacional y uso excesivo.

El agua es el elemento esencial en la preparación del concreto, puesto que está relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido. En consecuencia, el agua adquiere y consigue importancia en la fabricación del hormigón. Es el componente de más

bajo costo para la elaboración del concreto, tan importante como el cemento; pues, la variación de su contenido en una mezcla permite realizar la dosificación del concreto. Es un material que interviene en la reacción química con el material cementante en la mezcla del concreto; por tanto, el estudio de las características del agua a utilizar adquiere gran importancia.

El agua potable es adecuada para el mezclado y curado del concreto; no obstante, muchas aguas no aptas para consumo humano son apropiadas para la elaboración del concreto. Circunstancialmente, cuando existan dudas acerca de la calidad del agua, lo más apropiado es tomar muestras para someterlas a ensayos y comparar los resultados con las especificaciones de las normas, las cuales establecen las cantidades máximas de sustancias disueltas. En las zonas aledañas y asentamientos de la ciudad de Huancavelica hacen uso del agua de la laguna de Ceullacocha, río Ichu y Baños termales del Inca para la construcción de viviendas e infraestructuras debido a la escasez de agua potable en la ciudad. Por consiguiente, la investigación intenta determinar las características físico-químicas y bacteriológicas de las fuentes de agua y verificar si cumplen o no con las normas y luego establecer cómo afecta en la resistencia del concreto. Asimismo, es conveniente porque estudia el efecto del agua de varias procedencias en la resistencia concreto, evaluando así, si son o no asequibles en la fabricación del concreto y mortero. A nivel regional no se ha realizado esta investigación; por ende, los resultados servirán para mejorar la fabricación del concreto y mortero dando mayor seguridad a la construcción de viviendas o edificios e infraestructuras en la ciudad de Huancavelica y ampliará el conocimiento sobre los efectos del agua en la resistencia del concreto.

La ciudad de Huancavelica es reciente en su crecimiento poblacional y se van estableciendo nuevos asentamientos aledaños a la ciudad. Está claro que debe seguir un destino de expansión marcado por la revolución industrial, desarrollo humano, social y económico. Esto supone que la región pujante emprende la construcción de edificios e infraestructuras para alcanzar el desarrollo de otras actividades. Dentro de algunos años la ciudad tendrá una poblacional alta, predominará el comercio, la industria y los servicios, y será reflejado con una configuración urbanística. Por lo que esta ciudad sería la beneficiada; puesto que, la investigación impacta directamente en ella y porque cuenta con un amplísimo recurso hídrico.

La investigación emergió por la inclinación de descubrir nuevas alternativas o posibilidades para la fabricación del concreto con la inspección concerniente minimizando así el uso del agua potable en la construcción, ya que, este es un recurso escaso. O con la finalidad de contribuir, con los hallazgos y respuestas, a la escasez de agua, exigiendo que la calidad de esta sustancia alcance o supere las características establecidas por las normas internacionales y peruanas. El control del agua es vital porque de ella depende la seguridad, calidad y la buena

ejecución de las construcciones. Asimismo, es importante conocer las cualidades, circunstancias, composición, propiedades físicas y químicas, tipos, usos, almacenamientos, efectos, requisitos, limitaciones, etc., de esta sustancia para emplear en la preparación y curado del concreto y de este modo pronosticar el comportamiento del concreto frente a todos los esfuerzos y factores ambientales; también, para tener una idea amplia de estas características y poder asegurar una infraestructura con todas las cualidades requeridas.

Usar elementos o materiales de concreto con una calidad menor son algunas de las razones principales por las cuales se da el colapso de las edificaciones (Toriac, 2009). De acuerdo a la presión que se da en las estructuras de edificios o cualquier otro tipo de edificación que conlleve el empleo del concreto en su fabricación, se ve delimitado por la capacidad de resistencia a la compresión que esté presente (Toriac, 2009). Por tal motivo, el concreto debe estar compuesto por los materiales y elementos que garanticen la mayor capacidad de resistencia a la compresión (Aguilar, Rodríguez, & Sermeño, 2009). Por obvias razones, la resistencia de cualquier estructura es importante, donde el grado de importancia depende de la ubicación del elemento estructural considerado. Las columnas del primer piso en los edificios de gran altura, por ejemplo, son más importantes estructuralmente que un muro no portante (Elizondo, 2013). La carga es más crítica, y una deficiencia en la resistencia puede conducir a reparaciones costosas y difíciles; y en el peor de los casos, una falla que conduzca a la demolición de lo desarrollado hasta entonces (Elizondo, 2013).

Generalmente al hablar de la resistencia en los concretos, se teoriza que la resistencia a la compresión se halla por encima de lo que la nación permite. Sin embargo, hay otras resistencias a considerar además de la compresión, dependiendo de la carga aplicada al concreto (Carcaño & Moreno, 2005). La flexión o tensión, cizallamiento y torsión se aplican bajo ciertas condiciones y debe ser resistido por el concreto o por refuerzo de acero en el concreto. Pruebas sencillas disponibles para ensayos de concreto en compresión y flexión se utilizan regularmente como ensayos de control durante la construcción (Carcaño & Moreno, 2005). No obstante, la resistencia a la compresión es la más importante, puesto que conlleva al estudio de las principales cargas que soportará la estructura conformada por concreto. Es importante mencionar que, aunque los otros elementos que integran el concreto (como el agregado y el cemento) sean empleados con la misma cantidad y propiedades en diferentes lugares, estos se verán diferentes en cuanto a su resistencia a la compresión que experimente cada uno (Moreno, 2016). Esto en base a que el agua tiene la capacidad de influencia positiva o negativamente en la resistencia del concreto, dependiendo únicamente de la fuente de donde fue extraída (Moreno, 2016).

Por otro lado, la calidad del agua ha sido motivo de preocupación en los proyectos de ingeniería civil. Generalmente, la mayoría de las especificaciones requieren el uso de agua potable, ya que su composición química es conocida y está bien regulada, permitiendo tener un conocimiento, de cómo va a actuar la resistencia del concreto al emplear este tipo de agua (Carcaño & Moreno, 2005). Sin embargo, en algunas situaciones, el agua potable no está disponible o presenta mucha complejidad llegar a este elemento; por consiguiente, se debe buscar otro tipo de agua al cual se tenga mayor facilidad en la disposición (Rios, 2018). Es importante señalar que, limitarse al agua potable se da por factores geográficos, económicos, sociales y ambientales (Rios, 2018). En base a lo mencionado, la siguiente investigación pretendió conocer: ¿De qué manera influye el agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica? Con el objetivo de determinar la influencia del agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto a compresión para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en el Distrito peruano de Huancavelica, de la provincia de Huancavelica, del departamento de Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019.

En el capítulo uno, se encuentra el planteamiento del problema de investigación, donde se ubica la descripción y formulación del problema, los objetivos del estudio tanto general como específico, asimismo se presenta la justificación teórica, metodológica, social.

En el capítulo dos, se halla el marco teórico, estructurado por los antecedentes de estudio, las bases teóricas, los términos básicos, las hipótesis y la operacionalización de variables.

En el capítulo tres se encuentra los materiales y métodos, presenta a los ámbitos donde se trabajaron, el tipo, nivel, diseño, método; también se encuentra el universo, población y muestra, se vio las técnicas e instrumentos de recopilación.

En el cuarto capítulo se halla la discusión de resultados, su análisis de información, prueba de hipótesis y la discusión de resultados. A ello le siguen las conclusiones, recomendaciones, las referencias y los anexos de la investigación.

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1. Descripción del problema

Emplear materiales con una calidad menor en una mezcla que genera el concreto, ha sido identificado como la principal causa del colapso de edificios en todo el mundo (Toriac, 2009). Esto en base a que la presión ejercida en las estructuras de edificios o cualquier otro tipo de edificación que conlleve el empleo del concreto en su fabricación, se ve delimitado por la capacidad de resistencia a la compresión que esté presente (Toriac, 2009). Por tal motivo, el concreto debe estar compuesto por los materiales y elementos que garanticen la mayor capacidad de resistencia a la compresión (Aguilar, Rodríguez, & Sermeño, 2009). Generando así, estructuras que garanticen la seguridad de la ciudadanía, la inversión destinada en la creación de dicha construcción y la durabilidad de este con el paso del tiempo. El agua es uno de los factores claves para que el concreto cuente con una buena resistencia, ya que es el solvente que permite la manipulación y creación de todas las estructuras que requieran del concreto para su elaboración (Aguilar, Rodríguez, & Sermeño, 2009).

Obviamente, la resistencia de cualquier estructura es importante, donde el grado de importancia va dependiendo de la ubicación del elemento estructural considerado. Las columnas del primer piso en los edificios de gran altura, por ejemplo, son más importantes estructuralmente que un muro no portante (Elizondo, 2013). La carga es más crítica, y una deficiencia en la resistencia puede conducir a reparaciones costosas y difíciles; y en el peor de los casos, una falla que conduzca a la demolición de lo desarrollado hasta entonces (Elizondo, 2013). La resistencia suele ser la base para que se acepte o se rechace el concreto propuesto en la estructura; las designan la resistencia (casi siempre a la compresión) requerida del concreto en varias partes de la estructura

(Guevara, 2012). En aquellos casos, en los que las muestras de resistencia no alcanzan el valor requerido, generalmente se especifican pruebas adicionales del concreto en el lugar. Esto puede implicar perforar núcleos de la estructura o probar con ciertos instrumentos no destructivos que miden la dureza del concreto y la resistencia a la compresión de este (Guevara, 2012).

Generalmente, cuando hablamos de la resistencia del concreto, se hace referencia a la resistencia de la compresión, siendo así debe estar por encima de lo permitido en una nación. Sin embargo, hay otras resistencias a considerar además de la compresión, dependiendo de la carga aplicada al concreto (Carcaño & Moreno, 2005). La flexión, tensión, cizallamiento y torsión se aplican bajo ciertas condiciones y debe ser resistido por el concreto o por refuerzo de acero en el concreto. Pruebas sencillas disponibles para ensayos de concreto en compresión y flexión se utilizan regularmente como ensayos de control durante la construcción (Carcaño & Moreno, 2005). No obstante, la resistencia a la compresión tiende a ser fundamental, pues conlleva al estudio de las principales cargas que soportará la estructura conformada por el concreto. Es importante mencionar que, aunque los otros elementos que integran el concreto (como el agregado y el cemento) sean empleados con la misma cantidad y propiedades en diferentes lugares, estos resultarán diferentes en cuanto a su resistencia a la compresión que experimente cada uno (Moreno, 2016). Esto en base a que el agua tiene la capacidad de influencia positiva o negativamente en la resistencia del concreto, dependiendo únicamente de la fuente de donde fue extraída (Moreno, 2016).

Además, el agua es manipulado dependiendo de lo requerido en la construcción; por ejemplo, las constructoras utilizan menos agua en la pasta de cemento para generar concreto más resistente y duradero (Díaz, 2014). No obstante, el ingreso de más agua, dará un concreto de flujo más libre con un asentamiento más alto; no obstante, esta manipulación solo es en relación a la cantidad, mas no por las propiedades que el agua tenga, lo cual muchas veces es ignorado por las personas responsables de una construcción (Díaz, 2014). La calidad del agua ha sido motivo de preocupación en los proyectos de ingeniería civil. Por lo general, la mayoría de las especificaciones requieren el uso de agua potable, ya que su composición química es conocida y está bien regulada, permitiendo tener en conocimiento, cómo va a actuar en la resistencia del concreto al emplear este tipo de agua (Carcaño & Moreno, 2005). Sin embargo, en algunas situaciones, el agua potable no está disponible o presenta mucha complejidad

llegar a esta; por consiguiente, buscar otro tipo de agua a la cual se tenga mayor facilidad en la disposición (Rios, 2018). Es importante señalar que, el limitarse al agua potable se da por factores como: geográficos, económicos, sociales y ambientales (Rios, 2018).

En el último censo realizado en Perú, mostró que esta nación contaba con 7 698 900 viviendas particulares en total; de las cuales, 4 298 274 son viviendas de material noble (INEI, 2017). Asimismo, del total de viviendas mencionadas anteriormente, 175 192 viviendas se encuentran ubicadas en el departamento de Huancavelica (INEI, 2017). Esto permite tener una mejor visión sobre la importancia de la calidad de las estructuras en cuanto a su capacidad de resistencia a la compresión que soporte. No obstante, en relación al anterior censo desarrollado en el 2007, el construcción de casas se ha visto incrementada en un 33 %; señalando que, la demanda de construcción es alta (INEI, 2017). Es por ello que las constructoras o personas encargadas en la elaboración de obras, deben conocer los materiales de los cuales va a disponer, ya que los recursos en un lugar no serán necesariamente iguales en otro (Lozano, 2017). Como ayuda a tener una delimitación en cuanto al manejo del cemento y el concreto, se han implementado normativas técnicas peruanas como el N° 016-2018-INACAL/DN y la NTP 339.0.34 2008, las cuales se encargan de establecer los mínimos requeridos en cuanto a las propiedades y características mínimas que debe presentar una estructura (El peruano, 2018).

En base a lo mencionado, la siguiente investigación pretendió conocer el impacto de las fuentes de diferentes aguas que son utilizadas al momento de elaborar el concreto, y la resistencia a la compresión que presente el concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019. Así, identificar qué tipo de fuente es viable y efectiva, además de las propiedades que lo hacen aceptados o rechazados.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera influye el agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera influye el agua termal de los Baños termales del Inca en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica?
- ¿De qué manera influye el agua del rio Ichu en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica?
- ¿De manera qué influye el agua de la laguna de Cceullacocha en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar de qué manera influye el agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto a compresión para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar de qué manera influye el agua termal de los Baños termales del Inca en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.
- Determinar de qué manera influye el agua del rio Ichu, si influye en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.
- Determinar de qué manera influye el agua de la laguna de Cceullacocha en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

1.4. Justificación

Se ha realizado la investigación para: conocer la calidad del agua y la resistencia del concreto con ella; verificar si es una alternativa el uso del agua de la laguna de Quellaqocha, río Ichu y Baños termales del Inca, en la elaboración de concreto; afirmar el reemplazo, si es viable para el concreto, del agua potable con el agua de aquellas fuentes; generar conocimiento con el resultado de la investigación; responder a las expectativas de la población de ciudad de Huancavelica y dar continuidad a otras investigaciones en el mismo u otro ámbito espacial.

1.4.1. Justificación teórica

Se ha realizado la investigación porque ofrecerá sustento a proyectos de investigaciones afines, así, para dar continuidad a las investigaciones futuras que requieran información objetiva y veras sobre agua de diferentes lugares, y su influencia en la resistencia del concreto; de esta manera, abrir a nuevas teorías, modelos o conocimientos ligados a las variables mencionadas. A partir de lo mencionado, la investigación se ha basado en los aporte de (Harmsem, 2002; González, 2005; Porrero et al., 2017; Galván & Guzmán, 2020; Nilson, 2001; Toriac, 2009; Díaz, 2014) sobre la resistencia del concreto; asimismo, se ha fundamentado en los aporte de (Aliaga, 2017; Valera, 2018; Lozano, 2017; Arévalo, 2016; Julio & Morales, 2018; León & Reyes, 2018) con respecto a las fuentes de agua. No obstante, todos los autores en la investigación, presentaron un aporte positivo.

1.4.2. Justificación social

Se realizó la investigación para responder las expectativas, sobre la influencia del agua en el concreto, en la sociedad de la ciudad de Huancavelica; asimismo, para generar conocimiento acerca de la influencia del agua en la resistencia del concreto. Esto permitió tener una mayor gama de posibilidades al momento de realizar diferentes obras en las que pueden verse limitados por los recursos que lo rodean. Además, permite conocer qué tipos de líquidos y propiedades deben evitarse al momento de ser mezclados para dar como resultado el concreto empleado, de esta forma, asegurar y garantizar estructuras con la mejor calidad para la ciudadanía peruana.

1.4.3. Justificación metodológica

La investigación ha realizado una ficha de observación objetiva y viable, con el fin de brindar un instrumento que permita determinar la influencia de algún tipo de líquido en la resistencia a la compresión para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. De esta forma, conocer cómo se comporta la estructura en base al líquido utilizado; cómo se comporta este durando tiempos de análisis y su viabilidad en base a las NTP presentes en el Perú respecto a la resistencia a la compresión de concretos mínimos permitidos para su ejecución. Es metodológica porque como sabemos hay muchos factores que afectan en la resistencia del concreto como son pues el manipuleo, modo, manera, método en la elaboración y curado del concreto.

1.4.4. Justificación práctica

Se ha realizado la investigación porque es aplicada y tiene interés práctica, técnica y tecnológica producto de lo teórico y metodológico, se puede garantizar la calidad de estos en la calidad de la resistencia del concreto ya en su estado sólido y solo así se puede decir si está de acuerdo a las normas y en consecuencia dar la confianza en la comodidad, en todos sus aspectos del concreto, al ciudadano; puesto que, ellos se sentirán más motivados de estar seguros; porque, saben que el concreto está hecho para combatir, amortiguar, resistir a las solicitudes o fenómenos externos.

1.5. Importancia

La investigación es importante por su contenido teórico-científico básico, contribuyendo precisamente al desarrollo básico de la ciencia y la técnica, ya que ha estudiado las características y su influencia del agua de las diferentes fuentes en la resistencia del concreto. Contribuyendo de esta forma a la población de la ciudad Huancavelica y los asentamientos y comunidades de sus inmediaciones a tener mayor criterio, conocimiento, confianza, interés, prevención, evaluación, uso, etc., en la utilización del agua de fuentes diferentes: laguna de Cceullaccocha, río Ichu, Baños termales del Inca y EMAPA Huancavelica S. A. en o para las diferentes construcciones y la influencia de esta en la resistencia del concreto de las edificaciones en el mismo espacio geográfico. Este interés que muestra la sociedad de utilizar el agua de las diferentes fuentes y su influencia en el concreto tiene una importancia social; porque, las investigaciones y los proyectos se encaminan a atender esa necesidad. Igualmente el interés que muestra la comunidad de ingenieros y estudiantes sobre el descubrimiento de la utilización y la influencia del agua de las diferentes fuentes es también una iniciativa de suma importancia que responde al interés teórico-científico de la comunidad científica-ingenieril para sugerir, conocer y emplear el agua en la población interesada en la construcción. Además, la investigación es una respuesta de inmediato a la población para la utilización del agua de las diferentes fuentes y su posterior influencia en el concreto, para así optimar, disminuir, evitar, apartar, almacenar el uso del agua potable, pero también es una respuesta en el futuro para la utilización del agua de estas fuentes puesto que el costo y el grado de escasez de agua potable o dulce crecerán, entonces será una opción por la que se deberá elegir.

1.6. Limitaciones

1.6.1. Limitaciones económicas

Las circunstancias económicas y las condiciones del investigador limitaron, impidieron y dificultaron el desarrollo de la investigación. Puesto que, el estudio no ha sido financiado por alguien o alguna institución; sino que, ha sido costado o pagado, los gastos, con el propio peculio del autor o investigador.

1.6.2. Limitaciones de instalaciones físicas

Las limitaciones de instalaciones, laboratorios, y las condiciones de las mismas, la predisposición de los equipos, impidieron y dificultaron el desarrollo del estudio de la investigación. Debido a que, estuvieron ocupados por otros investigadores y tuvimos que ordenarlos para entrar o utilizar las instalaciones o equipos de carácter científico, suceso que ocurrió en el laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Concreto de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica de la Universidad Nacional de Huancavelica. Asimismo se tuvo una limitación en el laboratorio de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de la Dirección Regional de Salud del Gobierno Regional de Huancavelica puesto que no correspondieron a una solicitud de los estudios de los análisis de las muestras de agua de las fuentes: laguna de Cceullacocha, río Ichu, Baños termales del Inca y EMAPA Huancavelica S. A. para un tiempo oportuno, realizándose los estudios fuera del tiempo pertinente. Incluso cuando se le solicitó un registro de los datos de los estudios de análisis de agua de EMAPA Huancavelica S. A. y Baños termales del Inca se negaron en otorgarme en principio y luego de bastante exigencia me dieron una parte de los resultados de EMAPA y no de la otra fuente; es más, me lo dieron el 2 de julio del año 2019 tal como consta en carta N° 399-2019, mostrado en los apéndices o anexos.

Capítulo II

Marco teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. A nivel internacional

Arévalo (2016), realizó la investigación científica titulado: *“Influencia del agua de mar tratada, a través de un destilador solar, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para las resistencias de 3000 PSI y 4000 PSI”*, en la que determinó la incidencia del uso del agua marítima en las propiedades físicas y mecánicas del concreto, después de que este líquido sea tratado. Dicho eso, la investigación optó por aplicar el método científico con enfoque cuantitativo y de nivel explicativo; además, fue aplicativo en el tipo contando con un diseño experimental transversal. Las muestras obtenidas fueron ensayos de 3 tipos, conformados por cilindros de 3000 y 4000 PSI; en caso del cilindro de 3000 PSI, la carga máxima percibida por este cilindro después de estar en la edad de 28 días fue de 157.4 kN y una carga de compresión de 90.82 kgf/cm². Se concluyó que el concreto el cual emplea el agua de mar tratado, presenta un déficit de carga de presión y resistencia en el cilindro de 3000 PSI; por tal motivo, no es recomendable el empleo de tal solvente.

Julio y Morales (2018), desarrollaron la investigación titulada: *“Influencia de la calidad del agua de lluvia en la resistencia a compresión de morteros hidráulicos”*, donde determinaron las consecuencias de la calidad acuífera de lluvia en la resistencia que tienen los morteros hidráulicos. En tal sentido, se empleó el método científico, acompañado de un nivel correlacional explicativo, de tipo aplicativo. A partir de la manipulación de variables, se optó por un diseño experimental transversal y un enfoque

del tipo cuantitativo. Todo ello englobado por la aplicación del método científico. Los resultados empleados durante el tiempo de 7, 14 y 28 días sobre la viabilidad del agua de lluvia fue de 4.77 %, 0.851 % y 0.34 % respectivamente. Se concluyó que, los porcentajes de calidad mostrados por el agua de lluvia son aceptables para ser empleados dentro del proceso de morteros hidráulicos. Además, su nivel de resistencia de compresión a diferencia con el uso del agua potable, evidenció una similitud alta respecto al comportamiento; siendo así, aceptable para ser empleado como solvente en la construcción.

León y Reyes (2018), realizaron la tesis titulado: *“Incidencia del pH del agua de mezclado en la resistencia a la compresión de concreto hidráulico”*, donde identificaron el impacto del pH percibida en un tipo de agua y el reflejo de este en la resistencia a la compresión del concreto. La investigación se direccionó al empleo del método científico y al enfoque de tipo cuantitativo; su nivel fue del tipo correlacional explicativo de tipo aplicativo; además, emplearon un diseño experimental transversal. Asimismo, se desarrollaron pruebas de ensayo para analizar los resultados y posteriormente ser analizados. Los resultados mostraron que la resistencia estudiada en el avance 7, 14 y 28 días respectivamente, se tuvo un porcentaje de 67 %, 88 % y 91 % respectivamente; esto cuando el agua implementada presentaba un pH neutro. Por otro lado, en cuanto al empleo de un solvente con un pH ácido, se tuvo un porcentaje de 55 %, 86 % y 90 % respectivamente. Finalmente, en cuanto al empleo de un solvente básico en pH, se tuvo como resultados un 78 %, 92 % y 104 % de porcentaje a la compresión. Se concluyó que, mientras el agua utilizada en el concreto tenga un nivel inferior de pH, el concreto presenta un mayor porcentaje en la resistencia a la compresión, por lo que es recomendable su uso.

Espinoza y Valdiviezo (2019), desarrollaron la investigación científica titulado: *“Influencia del curado en la permeabilidad del concreto de alta resistencia fabricado con y sin adiciones reciclables”*, en la que establecieron el impacto que tiene el curado en la resistencia y permeabilidad del concreto. Para lo cual, el proyecto tuvo un enfoque del tipo cuantitativo, enlazado con el nivel explicativo. Asimismo, el tipo de investigación del proyecto fue aplicativo y con un diseño de estudio experimental transversal. En la que, se utilizó como parte de la fusión del concreto y elementos como la ceniza de palma africana y arroz. Los resultados mostraron que, en cuanto al concreto de buena resistencia en probetas sin curación, la cantidad de aditivos óptimos en cuanto

al cuezo de palma africana y cascarilla de arroz eran de 5 % en ambos casos y con una permeabilidad de 23 y 14 mm respectivamente. Mientras en el caso de las probetas curadas, la permeabilidad disminuyó en 5 y 3 mm respectivamente. Se concluyó que, el agregar a la composición, sustancias como el cuezo de palma africana o la cascarilla de arroz, incrementaba ligeramente la resistencia del concreto. Además, la integración de estos elementos no necesariamente puede ser intencionado, ya que estos pueden verse integrados dentro del solvente líquido, dependiendo su proveniencia.

Galván y Guzmán (2020), realizaron la investigación: *“Influencia de la calidad del agua subterránea en la resistencia a la compresión de morteros hidráulicos”*, donde determinaron la incidencia que ejerce el agua subterránea en la resistencia a la compresión de morteros hidráulicos. En tal sentido, la investigación aplicó el método científico, un enfoque cuantitativo, de tipo aplicativo, explicativo en el nivel y el diseño experimental. Para analizar las muestras de concreto, se empleó cubos de ensayo, los cuales permitieron analizar el comportamiento del sólido respecto a la resistencia de este. Los resultados mostraron que, al cabo de los 7 días de estar en el cubo de ensayo, la resistencia del sólido al emplear como solvente el agua subterránea, obtuvo un porcentaje de resistencia del 96.5 %. Se concluyó que, emplear agua subterránea es viable como solvente para la creación del concreto, ya que no percibe tanta diferencia en cuanto a la resistencia a la compresión cuando se emplea agua potable; esto en base a que ambos líquidos presentan similares propiedades. No obstante, el agua subterránea depende mucho del espacio geográfico en donde se sitúe, ya que los niveles de minerales y otros componentes son diferentes en otros espacios.

2.1.2. A nivel nacional

Aliaga (2017), desarrolló la investigación *“Influencia del agua tratada sobre las propiedades físicas del concreto para las provincias de Concepción, Chupaca y Jauja”*, donde estableció el impacto del agua tratada en las propiedades físicas del concreto. Dicho eso, la investigación se direccionó al empleo del método científico y al enfoque de tipo cuantitativo; su nivel fue del tipo explicativo aplicativo; además, emplearon un diseño experimental. Trabajó con 48 probetas de hormigón, que sirvieron como muestra de estudio en la investigación. Se mostró que, el promedio del peso unitario del concreto fue de 2352 kg/m³; una resistencia a la compresión a los 28 días de 345.25 kg/cm²; y un asentamiento de 3.50 pulgadas. Se concluyó que el agua que se trató, sí impacta en las

propiedades del concreto; propiedades que cumplen con los parámetros que están delimitados en las normas técnicas.

Lozano (2017), realizó la investigación *“Influencia del uso de agua del río Cumbaza en la resistencia del concreto en las localidades de San Antonio, Morales y Juan Guerra – 2017”*, donde determinó el impacto presente en la resistencia del concreto, a partir del uso del agua del río Cumbanza. Para lo cual, se empleó el método científico, con enfoque cuantitativo y de nivel explicativo. Asimismo, la investigación adoptó un diseño experimental transversal, donde se empleó la muestra los ríos de diferentes localidades. Los resultados mostraron que, luego de los 28 días, las probetas del río Cumbaza lograron una resistencia inferior al 90 % que la normativa 339.008 estipula como mínimo requerido, teniendo un punto de control de un 6.80 %. Se concluyó que el agua del río Cumbanza no es recomendable para usarse como mezcla del concreto, en base a que este no alcanzó la resistencia requerida por la NTP 339.008.

Tello y Tello (2018), desarrollaron la investigación científica *“Influencia del uso del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión del concreto utilizado en el distrito de la Yarada - Los Palos, de la provincia de Tacna”*, mediante el cual determinaron la incidencia del empleo del agua del pozo IRHS-42 de la localidad Los Palos en la resistencia a la compresión del concreto. La investigación fue del tipo científica y cuantitativa en su análisis y proceso de datos; además, fue aplicativo y de nivel explicativo con diseño experimental transversal. Se tuvo 15 probetas que fueron objeto de estudio. Los resultados del análisis de las muestras tomadas, señalaron una alta concentración de sales solubles, sulfatos y cloruros. Además, la diferencia de resistencia del concreto de agua pura y la del pozo era de 8.30 %. Se concluyó que el agua del pozo IRHS-42, disminuía la resistencia del concreto a consecuencia de los elementos químicos entrados en esta fuente.

Valera (2018), realizó la investigación titulada: *“Influencia de las propiedades físico-químicas del agua del río Shilcayo en la resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, Tarapoto, 2018”*, en el que determinó la incidencia de las propiedades físico-químicas del agua del río Shilcayo en la resistencia del concreto. Usándose el método científico, con enfoque cuantitativo y de nivel explicativo. Asimismo, la investigación empleó un diseño experimental. Se tuvo como muestra una especie de concreto al que le fue empleado el agua del río mencionado y otro con uso de agua potable, para determinar

sus diferencias en cuanto a la resistencia del concreto. Los resultados mostraron que el concreto en el que se utilizó el agua del río, presentaba un 6.61 % de resistencia menos que el concreto que empleó agua potable. Se concluyó que, el agua del río Shilcayo presentaba una composición que disminuía la resistencia del concreto, a diferencia del agua potable. En tal sentido, no era recomendable el uso de este líquido como solvente en el concreto.

Palacios (2019), desarrolló la investigación *“Influencia del curado acelerado con agua hirviendo en la resistencia temprana del concreto, Perú, 2019”*, con el que determinó la influencia que se percibe en la resistencia que el hormigón tiene a partir del curado acelerado con agua hervida. Para lo cual, se empleó el método científico, acompañado de un nivel explicativo del tipo aplicativo, con diseño experimental. Para lo cual, se empleó muestras en probetas de análisis comparativo, para analizar la influencia de este proceso frente a la resistencia del concreto. Los resultados mostraron que el uso del agua hervida incrementaba en un 5.6 % la resistencia del concreto del tipo $f'c = 336 \text{ kg/cm}^2$; un 0.8 % en caso del concreto de $f'c = 252 \text{ kg/cm}^2$; el impacto del agua hirviendo tiene mayor efectividad durante las 10 a 24 horas. Se concluyó que, el empleo del agua hervida incrementa la resistencia del concreto; no obstante, su efectividad se ve influenciada dependiendo del tiempo en el que esta es suministrada y el tipo de $f'c$ al cual se le ingresa.

2.1.3. A nivel local

Belito y Paucar (2018), desarrollaron la tesis titulado: *“Influencia de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto”*, donde halló el impacto de los agregados de distintas fuentes en la resistencia del concreto. Es así que el proyecto tuvo un enfoque del tipo cuantitativo, enlazado con el método científico. Asimismo, el alcance de tipo explicativo y empleando un diseño experimental transversal. Además, se tuvo a 90 unidades de probetas para analizar la resistencia del concreto, divididas en base a la proveniencia: río Ichu y río Mantaro. Los resultados mostraron que el agua del río Ichu en cuanto a la granulometría, presenta un 84.40 % de $1'' = 25.10 \text{ mm}$ y un 38.80 % de $\frac{3}{4}'' = 19.05 \text{ mm}$, y una media de resistencia de 186.83A; sobre este resultado, la NTP 400.037 muestra que no cumple con los requisitos permitidos, concluyendo que esta fuente no es efectiva. Por otro lado, el río Mantaro mostró dentro de los límites de granulometría, un porcentaje que pasa en el diseño de

96.66 % en caso de la N° 4 = 4.75 mm y una media de resistencia de 200.69D. Se concluyó que el río Mantaro sí cumplía los protocolos del NTP 400.037, lo cual determinó su efectividad y la resistencia del concreto.

Ccanto y Mallco (2019), realizaron la investigación *“Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando el agua subterránea en el mezclado en el distrito de Acobamba, Huancavelica, 2018”*, donde evaluó la actuación de la resistencia a la compresión del concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ respecto al mezclado con agua subterránea y potable. Los resultados mostraron que el agua subterránea presentó una resistencia media de 231.15 kg/cm^2 , mientras que se halló una resistencia del agua potable de 224.50 kg/cm^2 . Se estableció que el agua potable y subterránea son viables ya que cumplen con los requerimientos peruanos en construcción; no obstante, en cuanto a resistencia, el agua subterránea presenta componentes que generan una mayor resistencia en el hormigón.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. Concepciones sobre el agua

2.2.1.1. Definición del agua

El agua es una sustancia química, materia con una composición química definida compuesta por sus entidades, cuya molécula está formada por dos unidades constituyentes más pequeñas de la materia del elemento químico hidrógeno y una unidad constituyente del elemento químico oxígeno (Campell & Reece, 2007). Su estado de agregación de la materia es: sólida, líquida y gaseosa. Se encuentra en forma de vapor o de hielo en el sistema solar y el universo (Campell & Reece, 2007). Todas las formas del estado de actividad de los seres orgánicos que se manifiestan con la capacidad de renverse, relacionarse y reproducirse, la necesitan para la supervivencia.

2.2.1.2. Escasez de agua

El agua es un recurso natural renovable pero limitado, es un bien público necesario para la vida y la salud (Ercilio, y otros, 2005). Es esencial para la vida, sin embargo, de escasa disponibilidad en los sitios poblados de nuestro planeta, con respecto al agua dulce se encuentra en los casquetes polares alrededor del 75% (Auge, 2007).

La escasez de agua es el hecho de no haber o de haber menos de lo necesario de la cantidad de recursos hídricos para cubrir y dar respuesta a las peticiones y exigencias de consumo (UNDESA, 2014). Lleva consigo o significa la dificultad de obtener fuentes de agua dulce (EEA, 2021); es causado por los cambios climáticos, sequías o inundaciones, contaminación, aumento de la demanda y uso excesivo; se produce cuando la disponibilidad de agua no contaminada es inferior a la demanda (Peopleandplanet.net, 2002).

2.2.1.3. Sabor, olor, aspecto y reacción química del agua

El agua que no tiene mezcla de sustancias sucias, contaminantes o elementos extraños perjudiciales no tiene color, olor y tiene poco o ningún sabor, si bien, el agua para consumo contiene minerales y sustancias orgánicas en disolución que le aportan sabores y olores (Organización Mundial de la Salud, 2008).

El agua tiene un aspecto turbio si contiene partículas en suspensión (Rodríguez & Marín, 1999). La materia orgánica presente en el suelo también imparte color. En ausencia de contaminantes, el agua líquida, sólida o gaseosa apenas absorbe la luz visible, aunque el agua líquida tiene un ligero tono azul verdoso. El hielo también tiende al azul turquesa. El color de las grandes superficies de agua es debido a su color intrínseco y al reflejo del cielo (Braun & Sergei, 1993).

El agua es producto de reacciones de combustión (Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2017). También se forma en reacciones de neutralización entre ácidos y bases. Reacciona con muchos óxidos metálicos y no metálicos para formar hidróxidos y oxácidos respectivamente. Debido a su capacidad de autodisociación, el agua puede producir el desdoblamiento de otras moléculas (Rodríguez & Marín, 1999).

2.2.1.4. Distribución del agua en la naturaleza

El agua se halla en la Luna como “agua magmática” (Nieves, 2013) y constituye los cometas; igualmente, se encuentra en algunos satélites como Europa y Encélado (MDSCC, 2015). Se encuentra como nubes interestelares en la Vía Láctea; asimismo, como vapor en la atmósfera de varios planetas, satélites y otros cuerpos del sistema solar; además, en el Sol.

El agua es esencial para los seres vivos y se considera como un factor en el origen y evolución de la vida de la Tierra (Darling, 2017), esta está situada en un espacio del

sistema solar que reúne las condiciones específicas de agua líquida y su masa tiene un papel en el estado del agua en la superficie.

2.2.1.5. El agua en la Tierra

El agua se encuentra en cualquier lugar de la biosfera y está presente en cualquier estado por encima o por debajo de la superficie del planeta.

Tabla 1 Distribución del agua en la hidrósfera

Distribución del agua en la hidrosfera				
Situación del agua	Volumen en km ³		Porcentaje	
	Agua dulce	Agua salada	de agua dulce	de agua total
Océanos y mares	-	1 338 000 000	-	96,5
Casquetes y glaciares polares	24 064 000	-	68,7	1,74
Agua subterránea salada	-	12 870 000	-	0,94
Agua subterránea dulce	10 530 000	-	30,1	0,76
Glaciares continentales y permafrost	300 000	-	0,86	0,022
Lagos de agua dulce	91 000	-	0,26	0,007
Lagos de agua salada	-	85 400	-	0,006
Humedad del suelo	16 500	-	0,05	0,001
Atmósfera	12 900	-	0,04	0,001
Embalses	11 470	-	0,03	0,0008
Ríos	2120	-	0,006	0,0002
Agua biológica	1120	-	0,003	0,0001
Total agua dulce	35 029 110		100	-
Total agua en la tierra	1 386 000 000		-	100

Fuente. Servicio Geológico de los Estados Unidos (US Geological Survey, 2007).

La serie de estados por las que pasa el agua es el continuo intercambio de agua dentro del sistema material constituido por el agua que se encuentra sobre y bajo la superficie de la tierra sólida, entre la capa de gas que rodea la Tierra, el agua superficial y subterránea y los organismos vivos. El agua cambia constantemente su posición y se pueden distinguir numerosos componentes que llevan consigo los siguientes procesos: evaporación y transpiración, precipitación, transporte (Perman, 2017).

2.2.1.6. Efectos del agua sobre la vida y la civilización humana

En todos los seres vivos, el agua es la molécula más común; desempeña un papel importante en todas las formas de vida a nivel molecular. Las reacciones químicas de los compuestos orgánicos; determinantes para las funciones vitales, el transporte de

moléculas y para disolver los productos, son posibles gracias a su propiedad como disolvente (Armstrong & Bennet, 1982). Asimismo, en los procesos metabólicos de los seres vivos, es un agente activo fundamental. El origen de la vida tuvo su principio en los océanos, seguramente en aguas superficiales gracias a la energía solar, los rayos cósmicos y las descargas eléctricas originarios de la atmosfera o seguramente en las simas marinas, cercano a los manantiales hidrotermales.

Las primeras civilizaciones florecieron en zonas favorables a la agricultura, p. ej. las cuencas de los ríos. Varias ciudades grandiosas deben su riqueza a la gran vía de agua que ayudó su crecimiento y su prosperidad. Del mismo modo, las zonas en las que el agua es muy escasa tienen dificultades de progreso (Crespo, 2006).

2.2.1.7. La contaminación y depuración del agua

El agua es un valor ecológico necesario para la salud y crecimiento económico. La cual, genera dispersión de contaminantes químicos, metales ya sea mediante afluentes superficiales y subterráneas, con la posibilidad que pueda alcanzar al agua potable. De manera que la contaminación de las cuencas expone a la población a un riesgo crónico (Villena, 2018).

La contaminación de las precipitaciones, aguas superficiales, subterráneas y la degradación de los ecosistemas naturales son causadas por la evacuación de los residuos sin tratar en la atmósfera, en la tierra y en el agua causa (UNESCO, 2006). Tienen un efecto negativo en las biocenosis y biotopos de los cuiferos, los humedales, los lagos, los ríos y las aguas costeras, el aumento de la población y la ampliación de sus actividades económicas.

El agua potable se guarda o se reúne en embalses, se recoge de manantiales o se extrae del suelo o pozos de un acuífero. La lluvia, los ríos y los lagos son otras de las fuentes. Empero, el agua debe ser tratada para el consumo humano con las tecnologías de potabilización, las cuales incluyen diversos procesos de filtración, coagulación, floculación o decantación.

El agua residual lleva en suspensión una combinación de heces fecales y orina, de compuestos del lavado con detergentes, de desperdicios de cocina y domésticos y de productos de desechos industriales. La depuración se realiza con una serie de tratamientos en cadena: pretratamiento, desarenadores o separadores de grasas, sedimentación, tratamiento biológico, tratamiento químico, desinfección (Park, 2007).

2.2.2. Agua superficial y subterránea

2.2.2.1. Agua superficial

El agua superficial se encuentra sobre la superficie del suelo. Es producido por la escorrentía o afloramiento de agua subterránea. Se presentan en forma correntosa o estancada (Real Academia Española; Asociación de Academia de la Lengua Española, 2020).

2.2.2.2. Agua subterránea

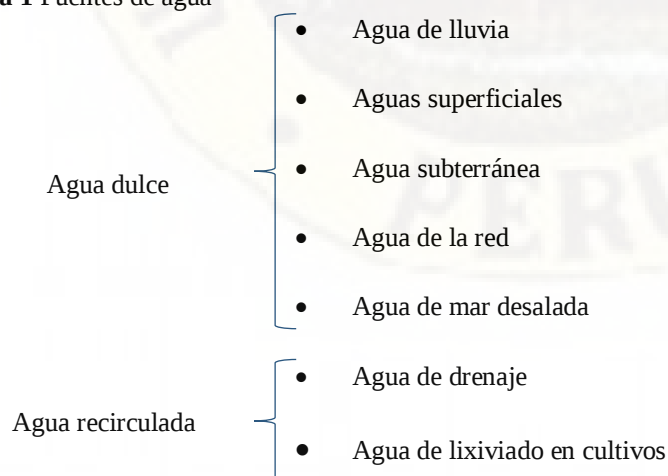
El agua subterránea se aloja en los acuíferos bajo la superficie de la Tierra. Son muy importantes que las agua superficiales porque abastece a una tercera parte de la población mundial (PNUMA, Dang, Nam, & Pictures, 2011). Es parte de la precipitación que se filtra a través del suelo. Se mueven hacia los niveles bajos y casual e inciertamente llegan a los arroyos, los lagos y los océanos.

2.2.3. Fuentes de agua

Deposito o curso de agua superficial o subterránea, usada en un sistema de suministro a la población, ya sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o del mar (Tuesca, Ávila, Sisa, & Pardo, 2015).

Se dice que el agua puede provenir de una o varios orígenes, aquellas fuentes se pueden dividir en 2 categorías: agua dulce y agua recirculada (Thompson, Delcour, Berckmoes, & Stavridou, 2020).

Figura 1 Fuentes de agua



Fuente: The Fertigation Bible (Thompson, Delcour, Berckmoes, & Stavridou, 2020).

2.2.4. Fuentes de agua concernientes a la investigación

2.2.4.1. Baños termales

Se designa por medio de un apelativo “Aguas termales” a las aguas minerales que salen del suelo (Real Academia Española; Asociación de Academia de la Lengua Española, 2020). Estas aguas tienen su origen en las capas subterráneas de la Tierra que se encuentra a mayor temperatura. Son ricas en minerales y por esto son utilizados en la terapéutica, p. ej. los baños, inhalaciones, irrigaciones, y calefacción. Se encuentran a lo largo de las líneas profundas de fallas pues las agua subterráneas se introducen por los planos de fallas hasta llegar a profundidades donde se calientan y suben después en forma de vapor o de agua caliente.

Las aguas termales están compuestos por: hierro, cloro, azufre, sodio, calcio, magnesio y bicarbonato. Merced a sus altas temperaturas aumenta la oxigenación del cuerpo, mejora la nutrición de los tejidos, el metabolismo del cuerpo aumenta y el sistema digestivo es estimulado.

Son aguas ricas en componentes minerales y permiten su uso en la terapéutica como baños, inhalaciones e irrigaciones. Donde existen enfermedades que son curadas mediante baños en aguas termales (Martinez & Gonzalez, 2020).

Es el agua que produce vapor por sí mismo, se asocia con cualidades terapéuticas, al mismo tiempo la elevada humedad es desprendida por el agua termal (Pérez, 1997).

Aquel agua que usa como diversión, o como alivio para la salud, es decir, que se ofrece un servicio de agua con carácter terapéutico, relax y descanso (Munuera & Rodríguez, 2007).

2.2.4.2. Río

Se conceptua como una arteria de comunicación que supera a la llanura con la rapidez con que cohesiona e integra. Sin embargo, los usos de corrientes de agua son compartidas en las necesidades agrícolas, industriales, asi como en la navegación. Tambien en el uso exhaustible en la irrigación o en la construcción de obras hidroeléctricas (Nweihed, 1992).

“Toda corriente grande o pequeña que corre directamente hacia al mar” (Balbi, 1836, pág. 36).

El río es el movimiento de traslación continua de agua que desemboca en el mar, en un lago o en otro (Real Academia Española; Asociación de Academia de la Lengua Española, 2020). Se dividen en tres partes: curso superior, curso medio y curso inferior, conforme al transporte de sedimentos y su capacidad erosiva. Se clasifican según el periodo de actividad, su geometría o morfología, edad, condición de estabilidad, tramos y otros. En común o sin especificar ni individualizar un río forma parte de una red de drenaje ocupando una cuenca hidrográfica.

2.2.4.3. Laguna

“Es una extensión de agua rodeada de tierra por todas partes, mas pequeño que lago” (Roldan & Ramirez, 2008, pág. 49).

El volumen de agua suministrada es a partir de manantiales y aguas superficiales capaz de proveer de agua a una población y formando represas por toda su longitud. Sin embargo, el volumen de agua disminuirá en tiempos de sequía (Angelis, 2015).

Una laguna es un depósito natural de agua de menor dimensión que un lago generalmente dulce (Real Academia Española; Asociación de Academia de la Lengua Española, 2020). El contacto de los sedimentos con la superficie del agua, consecuencia de la escasa profundidad, permite a una laguna ser productiva. La alternancia de ciclos secos y húmedos, la geomorfología y los diferentes usos del suelo son otras de sus características. En las lagunas no existen los estratos térmicos porque el sol penetra hasta su fondo.

2.2.4.4. Agua potable

Es aquella que cumple con las características físicas, químicas y microbiológicas según decreto y demás normas definidas, para que el uso sea apto. Utilizada como bebida directa, en preparación de alimentos o higiene personal (Tuesca, Ávila, Sisa, & Pardo, 2015).

“Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de control de calidad” (Ministerio de Salud, 2011).

Es el agua natural que ha sido sometida a proceso de tratamiento para su purificación o depuración. De manera que se produce agua potabilizada (Tuesca, Ávila, Sisa, & Pardo, 2015).

El agua potable es el agua que puede ser utilizada sin limitación alguna para beber o preparar alimentos (Real Academia Española; Asociación de Academia de la Lengua Española, 2020). Contiene minerales, iones y gérmenes establecidos dentro de valores máximos y mínimos. El pH del agua potable debe estar entre 6.5 y 9.5. El agua potable se obtiene mediante la potabilización de aguas superficiales y subterráneas. Un problema que ha ocupado al hombre es el suministro de agua potable. El costo de agua y saneamiento no supera el 3 % de los ingresos del hogar. Los factores que afectan este costo son las necesidades de tratar, transportar y almacenar el agua. Se pueden conseguir en pequeñas cantidades aprovechando el agua de lluvia, hirviendo el agua de los ríos o charcos con el fin de evitar la contaminación bacteriana, utilizando pastillas potabilizadoras. Los coliformes, enterococos, clostridium perfringens, arsénico, cadmio, cromo, fluoruros, nitratos y nitritos, zinc, son los microorganismos y sustancias peligrosas en el agua potable.

2.2.5. Concepción sobre el concreto

Un elemento estructurado que se basa en un medio aglutinante, como la combinación del agua y el hormigón, dentro del cual se encuentran incrustadas fragmentos de los agregados, que en general es una mezcla del agregado grueso y fino (Porrero et al., 2017). El concreto es, con mucho, el más versátil y más material constructivo más común a nivel mundial. Puede estar diseñado para satisfacer una amplia gama de prestaciones especificaciones, a diferencia de otros materiales de construcción, tales como piedra natural o acero, que generalmente tienen que ser usados como tal (Porrero et al., 2017). Debido a que la resistencia hallada en la tracción del hormigón resulta menor a la resistencia que tienen en la compresión, suele estar reforzado con barras de acero, en cuyo caso se conoce como concreto armado (Porrero et al., 2017). El hormigón de resistencia alta es un elemento utilizado en la construcción donde es adecuado para colocar el concreto en condiciones difíciles y en estructuras con armaduras congestionadas (Nilson, 2001). En caso de un incendio inesperado, los elementos de concreto como vigas, columnas, etc. estarán sujetos a temperaturas extremas y será necesario evaluar su comportamiento después del incendio. Por lo tanto, es importante comprender el cambio en las propiedades de resistencia del concreto debido a la exposición a temperaturas extremas (Nilson, 2001).

El concreto es un elemento que se compone de hormigón, elementos como hormigón de escoria, cenizas volantes, agregados como el granito, grava, piedra caliza, etc.; agua y aditivos químicos (Harmsem, 2002). Este elemento se endurece luego de ser mezclado con agua y después de colocarlo en un proceso químico, este se conoce como la hidratación. Al reaccionar el hormigón con el agua, conecta a los demás elementos, generando de forma eventual un elemento parecido a la piedra (Harmsem, 2002). Hay muchos tipos de concreto disponibles, creados variando las proporciones de los ingredientes principales. Variando las proporciones de los materiales, o por sustitución de las fases cementicia y agregada; el acabado se acopla a su aplicación con fuerza, resistencia química o densidad. El diseño de la mezcla tiende a depender de la estructura que se va a construir, como será mezclado y entregado y como va a colocarse para que forme la estructura establecida (Harmsem, 2002).

El concreto es cualquier producto o masa fabricada por medio del uso de un material cementante. Generalmente, este medio se da de la reacción que tiene el agua con el cemento hidráulico (González, 2005). Entre los factores son el tipo, la calidad y la cantidad de cemento; calidad, limpieza y clasificación del agregado; calidad y cantidad de agua; presencia o falta de aditivos; métodos seguidos para manipular y colocar el concreto; edad del concreto cuando se coloca en las formas; la temperatura; condiciones de curado; y la edad del concreto cuando se prueba. Los materiales extraños pueden penetrar en el concreto, lo que fuerza a exigir al material a sus máximas capacidades de resistencia (González, 2005). Finalmente, la resistencia indicada de las probetas puede o no representar realmente la resistencia del concreto en la estructura. En muchos casos, se encontrará que hubo más de un factor que actúa en ese momento. Puede haber uno o más factores de gran importancia, o puede haber varios de menor importancia que cuando actuamos juntos se vuelven altamente significativos (González, 2005).

El concreto está conformado de cemento mezclado con agua y otros componentes áridos. El hormigón y el agua producen una pasta que pega los agregados al estar endurecidos. Es una combinación de plásticos y elementos que tiene la capacidad de formar lo que se desea (Flores et al., 2015). Comienza cuando se endurece lentamente cuando se mezcla, pero permanece plástico y se puede trabajar durante varias horas. Esto es lo suficientemente largo período para permitir su colocación y acabado (Flores et al., 2015). Después del fraguado inicial, continúa ganando fuerza durante meses y a

veces años si la humedad continúa presente. Generalmente son de dos tamaños: fino y grueso. Los agregados finos tienen partículas de aproximadamente 5 mm de tamaño, comúnmente conocida como arena, que puede ser natural o fabricada. Los agregados gruesos son aquellos con tamaños de partículas superiores a aproximadamente 5 mm, grava, piedra triturada y explosión. La escoria de horno se encuentra entre los agregados gruesos comúnmente utilizados (Flores et al., 2015). Por otro lado, se tiene la pasta, y está compuesta de cemento, escoria de alto horno granulada molida, cenizas volantes, agua y, a veces aditivos necesarios para lograr los tiempos de fraguado deseados o la incorporación de aire. La propiedad cementante de la pasta resulta de una reacción química generada de la mezcla del cemento y el agua, se conoce como hidratación (Flores et al., 2015). Es una reacción que requiere tiempo y determinadas condiciones de humedad y temperatura. "Curado" es la provisión de condiciones que aportan a la humedad y temperatura durante un período de tiempo suficiente para permitir que el proceso de hidratación se acerque a su finalización. Con un curado adecuado, hidratación se produce muy rápidamente al principio y luego disminuye lentamente durante un tiempo prolongado. Esto permite que el concreto desarrolle su fuerza y durabilidad. El concreto necesita humedad continua para desarrollar todo su potencial y no secarse demasiado rápido (Flores et al., 2015).

2.2.6. Características y comportamiento del concreto

Para que el concreto sea considerado bueno, debe tener ciertas propiedades adecuadas. Para empezar, el agua y cemento son mezclados de forma química para que se una la arena y el agregado grueso. La escoria granulada de alto horno y las cenizas volantes también se pueden utilizar como materiales de cementación, pero siempre en combinación con cemento (Porrero et al., 2017). El volumen agua agregado a una cierta cantidad del cemento determina, en gran medida, qué tan fuerte será el concreto endurecido. Los hormigones se diseñan con un cierto contenido de cemento y suficiente agua para hacer la masa factible (Porrero et al., 2017). Proporcionar trabajabilidad es adecuado, ya que reduce el contenido de agua de mezcla, lo que hace al lote más fuerte. Luego, se agrega agregado fino y grueso de una calidad predeterminada a la pasta de cemento-agua en el lote para dar volumen al lote (Nilson, 2001). Si se utiliza todo el agregado fino (arena) para hacer un lote de un metro cúbico, se requiere de una gran cantidad de pasta de agua y cemento para que se recubra y las partículas se conecten. Adicionando agregado grueso al lote en lugar de una porción de arena, la demanda de

agua de mezcla puede ser mantenido más bajo. Esto funciona para producir concreto de mejor calidad con un contenido de cemento económico (Nilson, 2001). Luego se encuentran los aditivos; se utilizan en el concreto (a menudo en combinación) para impartir cualidades específicas al concreto fresco o endurecido. Algunos aditivos hacen que el concreto fragüe más rápido o más lento, o lo hacen más denso o más fuerte o más duradero (Nilson, 2001).

a. Características mecánicas

La característica principal del hormigón es resistir los esfuerzos. No obstante su resistencia a tracción, corte y torsión son bajas. Se introduce barras de acero para soportar estos esfuerzos (Soria, 1972).

b. Características físicas

El concreto tiene una densidad en torno a los 2350 kg/m^3 . Su resistencia a la compresión varía entre 150 y 500 kg/cm^2 . Su resistencia a la tracción es un décimo de la resistencia a la compresión. Aproximadamente su tiempo de fraguado es de horas. Así mismo el tiempo de endurecimiento es progresivo; de 24 a 48 horas, adquiere la mitad de resistencia; en 7 días las $\frac{3}{4}$ partes, y en 28 días adquiere la resistencia total de cálculo (Soria, 1972).

c. Fraguado y endurecimiento

El fraguado es la fase inicial de hidratación y se caracteriza por el paso de la pasta del estado fluido al estado sólido. El endurecimiento es la fase final de la hidratación y se caracteriza por el continuo progreso de la resistencia mecánica. El fraguado y endurecimiento son dos estados convencionalmente separados; en realidad es uno solo (Soria, 1972).

d. Resistencia

La resistencia característica de proyecto del concreto es aquella que se adopta en los cálculos como resistencia a compresión del mismo. Se dimensionan las medidas de los elementos estructurales con ese valor. Establece el límite inferior, por lo que el concreto colocado tenga esa resistencia como mínimo (España, 1999). La resistencia del concreto a compresión se obtiene en ensayos de rotura de probetas cilíndricas realizados a los 28 días de edad y fabricadas con las mismas mezclas puestas en obra (España, 1999).

Por mucho, la mejor propiedad importante del concreto endurecido es la resistencia de la compresión. Ya que la fuerza continua aumenta con la hidratación continua del cemento, es una función de la edad que es el tiempo después del lanzamiento (González, 2005). En Latinoamérica, la fuerza se determina 28 días después de la colada cargando cilindros de prueba estandarizados hasta el fracaso. En Europa, a menudo se utilizan cubos de prueba. La mayor parte del concreto producido comercialmente tiene resistencias a la compresión entre 3000 y 6000 lb / pulg.2 (20 y 40 MPa). Si se carga en tensión, el material falla a un estrés mucho menor que ese, típicamente del orden del 10% de resistencia de la compresión. Porque esta baja (y poco confiable) resistencia a la tracción, el concreto se refuerza con acero (González, 2005).

Durante la hidratación y especialmente si se le permite seco después del endurecimiento, el volumen de concreto disminuye en una pequeña cantidad debido a la contracción. Si esta contracción se restringe de alguna manera, puede provocar grietas (González, 2005). Las deformaciones por contracción causadas por el secado pueden ser revertidas solo parcialmente al mojar (Harmsem, 2002). Un concreto miembro o estructura sometida a carga externa puede sufrir deformaciones que, hasta cierto punto, son proporcionales a la cantidad de carga aplicada. Si estas cargas permanecen en su lugar durante un tiempo apreciable (meses o años), estas deformaciones aumentarán debido a una propiedad del material llamada fluencia. Incluso para mezclas de concreto normales, las deformaciones por fluencia pueden ser de dos o tres veces tan alto como las deformaciones elásticas iniciales, especialmente si el concreto se carga a una edad muy temprana. Al diseñar estructuras de concreto, tal fluencia y las deformaciones por contracción deben tenerse en cuenta (Porrero et al., 2017).

e. Propiedad térmica

El gran peso del concreto, su gravedad específica es típicamente $2,4 \text{ g/cm}^3$ (145 libras /pie³), y es la fuente de una gran masa térmica. Por esta razón, las paredes y el techo de concreto masivo y las losas de piso son adecuadas para almacenar energía térmica (González, 2005). Debido a esta capacidad calorífica del concreto, junto con su conductividad térmica razonablemente baja, las estructuras de concreto pueden moderar temperaturas extremas, ciclos y aumentar la comodidad de los ocupantes. Las mezclas de concreto bien diseñadas son

impermeables a los líquidos; por lo tanto, resultan adecuadas para tanques de almacenamiento sin la necesidad de membranas o revestimientos impermeables. Aunque las barras de refuerzo de acero conducen electricidad e influyen en los campos magnéticos, el concreto en sí no posee ninguno de los dos (González, 2005).

f. Consistencia del hormigón fresco

Es su trabajabilidad o fluidez, porque esto establece lo fácil que es colocarlo. Se determina mediante una prueba de asentamiento, en el que una forma de cono de metal truncado estándar es rellena de concreto fresco (Nilson, 2001). El molde es entonces levantado verticalmente, y la pérdida resultante de altura del cono de concreto, o el valor de asentamiento, es indicativo de la trabajabilidad del concreto (Nilson, 2001). Para mezclas muy líquidas, se realiza la prueba de flujo, que es similar al ensayo de asentamiento, excepto el diámetro se mide la torta formada por el concreto fresco (o mortero). Poco tiempo después de la colada, el concreto se endurece y pierde su plasticidad (González, 2005). El tiempo de fraguado se puede determinar dejando caer repetidamente una aguja calibrada en el concreto fresco y midiendo el tiempo cuando la aguja ya no se hunde (Porrero et al., 2017).

Pese a que el concreto tiende a permanecer plástico en un corto periodo, sus propiedades resultan relevantes ya que tienden a afectar el costo y calidad del concreto que fue endurecido (Harmsem, 2002). El hormigón al presentar una consistencia plástica correcta no se desmorona cuando se descarga, pero fluye sin segregación del agregado grueso del material más fino. Para casi todos los trabajos, dichas combinaciones son correctas; la facilidad de colocación del hormigón también es conocido como trabajabilidad (Harmsem, 2002). El concreto debe ser viable; no debe ser tan rígido o tan húmedo que se produzca la segregación; ni debería sangrar excesivamente. El sangrado es cuando el agua se mueve en la superficie del concreto que se colocó recientemente. Además, el sangrado con agua excesiva incrementa la relación del cemento y el agua superficialmente. Una débil relación entre ambos elementos, genera una capa de poca durabilidad, particularmente si las operaciones de acabado se llevan a cabo mientras el exceso de agua está presente (Harmsem, 2002).

g. Durabilidad

La durabilidad es la capacidad de un material o estructura para mantener sus diversas propiedades a lo largo de su diseño o vida útil. Algunas estructuras de concreto construidas por los romanos sirvieron durante más de 2000 años. Un material que pierde su fuerza con el tiempo, para cualquier razón, no puede considerarse duradera. Puede haber numerosas causas de pérdida de durabilidad o deterioro de las estructuras de concreto (Porrero et al., 2017). El más común es una cantidad excesiva de grietas o estructura de poros. La mayoría de las estructuras de concreto contienen numerosas grietas. Pero mientras estas sigan siendo pequeñas, de orden de 0,25 mm o menos, generalmente son invisibles a simple vista y el concreto permanece básicamente impermeable a las sales y otros agentes agresivos, para que pueda continuar protegiendo el acero de refuerzo contra la corrosión. Las grietas más grandes facilitan el acceso de dichos agentes al acero, por lo que promueven la corrosión. Dado que los productos de corrosión del acero ocupan un volumen mayor que el acero sano, producir presión interna durante la expansión y puede producir desprendimiento de la cubierta protectora del concreto, la pérdida de lo que puede hacer que la estructura no sea segura para resistir cargas (Harmsem, 2002).

El concreto en sí puede deteriorarse o meteorizarse, especialmente si se somete a muchos ciclos de congelación y descongelación, durante la cual la presión creada por el agua helada aumenta progresivamente la extensión de grietas internas (Flores et al., 2015). Además, el carbono en la atmósfera reacciona de forma química con los elementos de hidratación del hormigón. Este proceso se conoce como carbonatación. Reduce el pH de la matriz de concreto al punto donde ya no puede proteger el acero contra la corrosión (Flores et al., 2015). La mayoría de los tipos de áridos utilizados para la producción de concreto suelen ser inertes; en otras palabras, no reaccionan de forma química con el cemento o los productos de hidratación. Sin embargo, hay varios tipos de agregados, incluidos los que contiene sílice amorfa como el vidrio común, que reaccionan químicamente con el álcali del cemento. En presencia de humedad, los productos de reacción álcali-agregado pueden hincharse y causar un considerable daño (González, 2005).

La durabilidad es una preocupación muy importante en el uso de concreto para una determinada solicitud. El concreto proporciona un buen rendimiento en la

vida útil de la infraestructura cuando el mezclado del hormigón es correcta y si se tiene cuidado al curarlo bien el concreto puede tener una vida útil infinita en las condiciones adecuadas (Flores et al., 2015). Agua, aunque importante para hidratarse y el endurecimiento que presenta el concreto, también puede desempeñar un papel en la disminución de la durabilidad una vez construida la estructura. Esto se debe a que el agua puede transportar daños sustancias químicas al interior del concreto que conducen a diversas formas de deterioro (Flores et al., 2015). En última instancia, dicho deterioro agrega costos debido al mantenimiento y reparación de la estructura de concreto. El contratista debe poder rendir cuentas de los factores y producir una estructura de concreto duradera si estos factores se consideran cuando la construcción de estructuras es de concreto.

2.2.7. Tipos de concreto

a. Concreto ordinario

Es el concreto obtenido al mezclar cemento portland, agua, agregado fino y grueso (Arredondo, 2001).

b. Concreto en masa

Es el concreto que en su interior no contiene armaduras de acero. El concreto en masa solo es apto para resistir esfuerzos de compresión (Arredondo, 2001).

c. Concreto armado

Es el concreto que en su interior lleva armaduras de acero. El concreto armado es apto para resistir cualquier esfuerzo y es el más usual (Arredondo, 2001).

d. Concreto pretensado

Es concreto que tiene en su interior una armadura de acero. Ésta es tensionada antes de colocar el hormigón fresco (Arredondo, 2001).

e. Concreto postensado

Es el concreto que tiene en su interior una armadura de acero. Ésta es tensionada posterior al fraguado y endurecido del hormigón (Arredondo, 2001).

f. Concreto ciclópeo

Es el concreto que tiene en su interior grandes piedras superiores a los 30 cm (Arredondo, 2001).

g. Concreto ligero

Aunque el peso pesado o gran masa de elementos de concretos típicos a menudo es una ventaja, hay situaciones en las que esto no es el caso. Por ejemplo, debido a las grandes tensiones causadas por su propio peso, las losas de piso a menudo se hace más ligero mediante el uso de un agregado ligero especial. Para reducir aún más el peso, se añaden aditivos que producen una gran porosidad (Harmsem, 2002). Esta alta porosidad, ya sea en la matriz o en las propias partículas de agregado, mejora la resistencia térmica del concreto, así como el aislamiento acústico, especialmente para frecuencias más altas. Sin embargo, porque la densidad de peso se correlaciona fuertemente con la resistencia, los hormigones ultraligeros de 1.1 g/cm³ (70 lb/ft³) y menos, se utilizan solo para aislamiento térmico o acústico y no son adecuados para aplicaciones estructurales (Porrero et al., 2017).

h. Concreto pesado

Cuando un peso particularmente alto se necesitan densidades, como para el blindaje en instalaciones de reactores, el agregado especial de peso pesado es usado, incluyendo barita, limonita, magnetita, chatarra granalla de metal y acero para áridos finos. Se pueden lograr densidades de peso que son el doble que las del concreto de peso normal (González, 2005).

i. Concreto arquitectónico

Superficies de concreto que quedan expuestas pueden requerir acabados o texturas especiales según los deseos del arquitecto. Las texturas se obtienen más fácilmente insertando revestimientos de encofrado especiales antes de colar el concreto. A veces, la huella negativa de la madera aserrada en bruto se considera atractiva y se deja sin más tratamiento; actúa de manera similar a las barras de refuerzo de acero convencionales o tejidos de alambre de acero soldados (Nilson, 2001). Pero estos materiales de tela no son corrosivos y pueden tener propiedades mecánicas superiores a las del acero. Las telas se pueden prefabricar de diversas formas, prestándose así a nuevas aplicaciones, especialmente para reparar o reforzar estructuras de concreto existentes (Nilson, 2001).

j. Concreto modificado con polímeros

El concreto modificado con polímeros, también conocido como concreto modificado con látex, se añade un polímero para mejorar la resistencia del material, impermeabilidad o ambas. En aplicaciones como cubiertas de puentes de carreteras, a menudo una capa de látex modificado. El concreto se coloca sobre una plataforma regular de concreto armado para una protección adicional del refuerzo de acero. En el concreto polímero, el cemento hidráulico se sustituye por un polímero orgánico como aglutinante (Harmsem, 2002).

k. Concreto con compacto de rodillo

Este tipo de concreto está formulado con contenidos muy bajos de cemento Portland y agua, por tanto, tiene un costo relativamente bajo. Es utilizado a menudo para pavimentos y presas. Puede ser transportado por volquetes o cargadores, esparcido con excavadoras o niveladoras y compactado con vibratorio, rodillos. Debido a que la estructura del hormigón no es alto, el calor de hidratación no causa el tipo de problemas que se encuentran en las presas construidas con concreto (Porrero et al., 2017).

l. Concreto de alta resistencia

Mientras que los hormigones con resistencia a la compresión de 6000 a 12,000 lb/in.² (40 a 85 MPa) ahora se pueden clasificar como de alta resistencia, se ha desarrollado una nueva tecnología que da como resultado en resistencias; de 30.000 lb/pulg.² (200 MPa) y superiores (Nilson, 2001). El ingrediente clave de este concreto ultrarresistente es un polvo reactivo; por lo tanto, también se conoce como concreto en polvo reactivo. Otras características de este material son proporciones de agua-cemento bajas, cuidadosamente agregados seleccionados de alta resistencia y acero pequeño fibras (Nilson, 2001).

m. Concreto autonivelante

La necesidad de una buena trabajabilidad ha sido mencionada. La necesidad de personas altamente calificadas trabajadores que puedan compactar correctamente el concreto en el sitio de construcción impulsó a los investigadores en Japón a optimizar el diseño de mezcla de manera que el concreto tienda a fluir a su lugar sin necesidad de vibraciones adicionales (Harmsem, 2002). El principal desafío fue obtener una mezcla de baja viscosidad sin la amenaza de segregación.

Esta innovación es particularmente importante en aplicaciones con refuerzo de acero denso, que tradicionalmente han causado graves dificultades para producir concreto de alta calidad (Porrero et al., 2017).

n. Concreto verde

El concreto es, con mucho, uno de los materiales más empleados en el rubro de la construcción. Alrededor de 10 mil millones de toneladas se elaboran a nivel mundial cada año, requiriendo enormes recursos naturales (González, 2005). Además, se ha estimado que el desarrollo de una tonelada de Portland provoca la liberación de 1 tonelada de dióxido de carbono (CO_2); este gas contribuye al calentamiento global. Junto con las grandes cantidades de energía necesaria para producir cemento Portland, la industria del cemento y el concreto impacta en el ambiente en todo el mundo, realizándose esfuerzos para reducir este impacto y transformar la industria para que se ajuste a los principios del desarrollo sostenible (González, 2005).

El paso más significativo es el reemplazo de cemento Portland por otros materiales cementosos o puzolánicos, preferiblemente materiales que son subproductos de procesos industriales como cenizas volantes y escoria granulada de alto horno (Flores et al., 2015). Para reducir la necesidad de agregado virgen, el concreto reciclado es el enfoque más prometedor, por los escombros de la construcción, en particular. El concreto demolido constituye un componente importante de los residuos sólidos que llena la escasa capacidad del relleno (Flores et al., 2015). Estos desarrollos recientes son mucho más avanzados en Europa y Japón que en los Estados Unidos. Pero el movimiento de la construcción "verde" también está ganando impulso allí, para mantener su posición dominante dentro de la industria de la construcción, está realizando grandes esfuerzos para hacer del concreto un material más "verde" (Flores et al., 2015).

2.2.8. Características de los componentes del concreto

a. Cemento

El cemento se compone principalmente de cuatro componentes minerales: silicato tricálcico, di cálcico silicato, aluminato tricálcico y alumino ferrita tetra cálcica; cada uno de los cuales tiene su propia hidratación y características (Flores et

al., 2015). Cambiando las proporciones relativas de estos componentes, los fabricantes de cemento pueden controlar las propiedades del producto. El producto principal de la hidratación del cemento es un gel de hidróxido de silicato de calcio (CSH) complejo y poco cristalino (Flores et al., 2015). Un producto secundario de la hidratación es el hidróxido de calcio, un material altamente cristalino. Una categoría de materiales silíceos conocida como las puzolanas; cuentan con un valor o ningún valor cementoso, de forma fraccionada y frente a la humedad reacciona de forma química con el hidróxido de calcio para que se forme un CSH adicional (Porrero et al., 2017). Este proceso de hidratación secundaria tiene un efecto generalmente beneficioso sobre las propiedades finales del concreto. Ejemplos de puzolanas son las cenizas volantes, escoria de alto horno granulada molida y microsilíce o humo de sílice (Porrero et al., 2017).

El objetivo del modelo de hidratación del cemento es estimar la influencia de la composición y otras características del sistema cementoso en el desarrollo dependiente del tiempo de propiedades de ingeniería de la pasta de cemento y el concreto. Un modelo básico para el manejo de procesos de hidratación de minerales de cemento Portland y combinaciones de estos se ha creado (Flores et al., 2015). El modelo entrega, en función de la composición inicial y la madurez del sistema, una descripción a detalle de lo que la pasta contiene, así como otros datos de relevancia para la ingeniería como la porosidad, el agua ligada y el calor de hidratación (Nilson, 2001).

b. Agregado

Es de tipo granular, como la grava, arena, partes de las piedras o un horno alto de hierro. Se clasifica pasándolo por un juego de tamices con tamaños de malla progresivamente más pequeños. Todo el material que pasa a través del tamiz 0.187 pulg. (4.75 mm) abertura, se conoce convencionalmente como agregado fino o arena, mientras que todo el material que se retiene en el tamiz se denomina agregado grueso, grava o piedra (INIFED, 2015). Clasificando cuidadosamente el material y seleccionando una distribución óptima del tamaño de partícula, se puede lograr una densidad máxima de empaquetamiento, donde las partículas que son pequeñas tienden a completar los vacíos entre las demás partículas de mayor tamaño. Un empaque tan denso reduce la pasta de cemento requerido y de forma general conduce para mejorar las capacidades mecánicas y de duración (INIFED, 2015). El agregado constituye

típicamente el 75% del volumen de concreto, o más, y por lo tanto sus propiedades determinan las propiedades que presenta el concreto. Para que el concreto sea de buena calidad, el árido tiene que ser fuerte y duradero y libre de sedimentos, materia orgánica, aceites y azúcares. De lo contrario, debe lavarse antes de su uso, porque cualquiera de estas impurezas puede retardar o evitar que el cemento se hidrate o reducir la unión entre la pasta de cemento y las partículas agregadas (INIFED, 2015).

c. Agua

El agua es un recurso indispensable, incluso, irremplazable, tomando en cuenta a todas las sustancias líquidas en sus diferentes composiciones y variedades (Porrero et al., 2017). Además, existen varios contaminantes que pueden hacer que el agua destilada no sea apta para mezclar o curar el concreto (Porrero et al., 2017). Asimismo, el pH no proporciona una base para especificar la calidad del agua de mezcla. Las especificaciones generalmente se establecen límites de cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de mezcla, a menos que se puedan realizar pruebas realizadas para determinar el efecto que tiene la impureza en varias propiedades (Porrero et al., 2017). Es deseable una gradación continua de tamaños de partículas para un uso eficiente de la pasta. Además, los agregados deben estar limpios y libres de cualquier materia que pueda afectar la calidad del concreto (Porrero et al., 2017).

d. Aditivos

Mientras que el hormigón, agregado y el agua los ingredientes principales del concreto, hay una gran cantidad de aditivos minerales y químicos que pueden ser añadidos al concreto. La adición de aditivos es uno de los métodos más amplios para producir el hormigón de una resistencia alta al reducir el contenido de agua; el acto disminuye los poros en el concreto (Quintero, Cruz, & Peña, 2014). Los aditivos reducen lo que contiene el agua en el concreto; por ende, se incrementa la resistencia en comparación con los plastificantes y superplastificantes. El superplastificante conduce a la reducción del contenido de agua hasta en un 30 % y mantiene la trabajabilidad requerida. No solo aumenta la resistencia del concreto a un valor máximo posible, sino que también acelera el logro de la resistencia. Se puede obtener una reducción del contenido de agua de hasta un 15 % con el uso de un plastificante (Quintero, Cruz, & Peña, 2014).

- **Agentes incorporados en el aire**

Son sustancias químicas añadidas al concreto para que mejore su resistencia a congelarse y descongelarse. El concreto normalmente contiene una gran cantidad de poros de diferentes tamaños que pueden estar parcialmente llenos de agua (Bedoya, 2017). Si el concreto se somete a temperaturas bajo cero, esta agua se expande formando cristales de hielo y pueden fracturar fácilmente la matriz de cemento, causando daños que aumentan con cada ciclo de congelación-descongelación. Si los vacíos de aire creados por el agente incorporador de aire son del tamaño correcto y el espaciado promedio, le dan suficiente agua helada espacio para expandirse, evitando así las tensiones internas dañinas (Quintero, Cruz, & Peña, 2014).

- **Aditivos reductores de agua**

También conocidos como superplastificantes, son productos químicos que reducen la viscosidad del concreto en su estado líquido, normalmente al crear cargas superficiales electrostáticas sobre el cemento y partículas finas del agregado (Bedoya, 2017). Esto hace que las partículas se repelen entre sí, aumentando la fluidez de la mezcla, lo que permite el uso de menos agua en la mezcla diseño y da como resultado una mayor resistencia y durabilidad del concreto (Quintero, Cruz, & Peña, 2014).

- **Aditivos retardantes**

Los aditivos retardadores retrasan el tiempo de fraguado, que puede ser necesario en situaciones en las que los retrasos en la colocación del concreto se pueden esperar (Bedoya, 2017). Los aceleradores acortan el tiempo requerido para que comience a hidratarse el cemento, por ejemplo, en situaciones de reparación de emergencia que exigen el desarrollo muy rápido de fuerza o rigidez (Quintero, Cruz, & Peña, 2014).

- **Pigmentos de color en polvo**

Los pigmentos de color en polvo o en forma líquida pueden ser agregados a la mezcla de concreto para producir colores concretos. Por lo general, se utilizan con cemento Portland blanco para alcanzar su máximo potencial de coloración (Quintero, Cruz, & Peña, 2014).

2.2.9. Diseño, fabricación y puesta en obra del concreto

a. Normativa

Los ensayos en laboratorio y en campo para el ensayo del agua se consideran y/o realizan en base a las normas, NTP 339.070, toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concreto de cemento Portland; NTP 339.071, ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas; NTP 339.073, método de ensayo para determinar el pH de las aguas; NTP 339.075, 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; NTP 339.088 (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales del INDECOPI, 2021).

Los ensayos en laboratorio y en campo para el ensayo del agregado se consideran y/o realizan en base a las normas, NTP 400.011, NTP 400.017, ASTM C 29, ASTM C227, ASTM C289, ASTM C-295, ASTM C-586, ASTM C-33 y/o NTP 400.037, NTP 400.012, ASTM C-33 y/o NTP 400.037, ASTM C 40 (Sociedad Americana de Prueba y Materiales) (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales del INDECOPI, 2021).

Los ensayos en laboratorio con respecto a ensayos del cemento se consideran y/o realizan en base a las normas, NTP 334.003:1998 cementos, NTP 334.051:1998 cementos, NTP 334.006:1997 cementos, NTP 334.064:1999 cementos, NTP 334.004:1999 cementos, NTP 334.053:1999 cementos, NTP 334.002:1997 cementos, NTP 334.052:1998 cementos, NTP 334.048:1997 cementos, NTP 334.074-1997 cementos, NTP 334.089:1999 cementos (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales del INDECOPI, 2021).

Los ensayos en laboratorio para ensayos en el concreto se consideran y/o realizan en base a las normas, NTP 339.035, método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams; NTP 339.046, método de ensayo para determinar el peso por metro cúbico, rendimiento y contenido de aire del concreto fresco; NTP 330.077, método de ensayo para determinar la exudación; NTP 339.034, método de ensayo para el esfuerzo a la compresión de muestras cilíndricas de concreto; NTP 339.079, método de ensayo para determinar la

resistencia a la flexión del hormigón en vigas simplemente apoyadas con carga en el centro del tramo (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales del INDECOPI, 2021).

b. Cálculo y proyecto

Las dimensiones de los elementos estructurales, la calidad del concreto, la disposición y la cantidad de armaduras son determinadas en función a la carga que van a soportar estos elementos. Las etapas del cálculo estructural son: la simplificación de la estructura real en una estructura ideal de cálculo, determinación de las cargas de la estructura y la determinación de las dimensiones de las secciones. Realizado el cálculo estructural se redacta el proyecto. Los cálculos realizados y los planos se incluyen en el proyecto.

c. Fabricación

Con proporciones precisas de agregados de distintos tamaños, cemento y agua se consigue la mezcla óptima; empero, no existe una mezcla óptima para todos los casos. La resistencia mecánica, factores asociados a la fabricación y puesta en obra y el tipo de ambiente a que estará sometido son los elementos para una dosificación adecuada (ESPAÑA, 1999). Se establecen mediante ensayos de laboratorio y realizando correcciones a lo obtenido en los métodos teóricos, las proporciones definitivas de los componentes (Jiménez, García, & Morán, 1987).

Se señalan brevemente los aspectos básicos que se debe determinar:

- La resistencia característica f'_c se fija en el proyecto (Jiménez, García, & Morán, 1987).
- La selección del tipo del cemento se establece en función de las aplicaciones del hormigonado (Jiménez, García, & Morán, 1987).
- El tamaño máximo del agregado interesa que sea el mayor posible. Sin embargo estará limitado por los espacios a ocupar (Jiménez, García, & Morán, 1987).
- La consistencia del concreto se establece en función del tamaño de los huecos que se tiene que rellenar (Jiménez, García, & Morán, 1987).
- La cantidad de agua por metro cúbico de concreto se determina con la consistencia, el tamaño máximo del agregado (Jiménez, García, & Morán, 1987).

- La relación agua/cemento (a/c) depende de la resistencia del concreto, el tipo de cemento y los agregados empleados (Jiménez, García, & Morán, 1987).
- Conocida la cantidad de agua y relación a/c, se determina la cantidad de cemento (Jiménez, García, & Morán, 1987).
- Conocida la cantidad agua y de cemento, se determina la cantidad de agregados (Jiménez, García, & Morán, 1987).
- Determinar la composición granulométrica del agregado, que consiste en determinar los porcentajes óptimos de los distintos tamaños.

Una vez determinada la dosificación más adecuada, en el momento en que se inicia la mezcla se debe medir los componentes, el agua en volumen, mientras que el cemento y el agregado se miden en peso. Luego se amasan en mezcladoras para conseguir una mezcla homogénea (Jiménez, García, & Morán, 1987). El agregado debe quedar envuelto por la pasta de cemento. Para lograr esta homogeneidad, primero se vierte agua, después el cemento y el agregado fino simultáneamente, luego el agregado grueso y por último el resto del agua (Jiménez, García, & Morán, 1987).

No es posible predecir la fuerza y otras propiedades del concreto basadas únicamente en las propiedades y cantidades de los elementos que presenta la mezcla. Por ende, estas mezclas se realizan empíricamente, a menudo con la ayuda de mezclas de prueba (SEDAPAL, 2016). El fin de la mezcla es que se asegure que el producto tenga propiedades especificadas tanto en fresco como en endurecido. La variable de diseño de mezcla más importante es relacionar el agua con el peso del cemento, denominada relación a/c. Hay un teórico cantidad mínima de agua necesaria para el cemento para hidratar completamente, que se puede determinar usando las ecuaciones de la química de hidratación (SEDAPAL, 2016). Cualquier exceso de agua crea poros que, junto con cualesquiera poros llenos de aire no contribuyen al material fuerza, resultando en una reducción de la fuerza, en base al incremento de la relación a/c. (SEDAPAL, 2016).

Por otro lado, las relaciones a/c demasiado bajas, causan una mala trabajabilidad del concreto. Por razones prácticas, la relación a/c normalmente varía entre 0,4 y 0,6 (Aragón, 2006). Las otras variables importantes del diseño mezclado siendo la relación del agregado y el cemento; y también agregado fino a grueso.

Asimismo, el tamaño máximo de agregado es de importancia, en vista a que su cantidad, puede sobrecargar al material, dándole propiedades desfavorables. Asimismo, el diseño de la mezcla generalmente apuntará a la menor cantidad de cemento necesario para lograr los objetivos de diseño (Aragón, 2006).

d. Puesta en obra

i. Encofrado

Los encofrados son de madera o metal y deben ser rígidos, resistentes, estancos y limpios. Contienen y soportan el concreto fresco durante el endurecimiento conservando la forma ansiada sin que se deforme. Deben limpiarse antes de ser reutilizados (Jiménez, García, & Morán, 1987).

ii. Colocación y compactación

Debe efectuarse el vertido del hormigón fresco evitando la segregación. Para lograr este objetivo no debe verterse desde grandes alturas ni desplazar horizontalmente la masa. El hormigón se coloca por capas o tongadas horizontales de espesores pequeños para permitir una buena compactación (Jiménez, García, & Morán, 1987).

El concreto para cualquier estructura debe tener un grado de trabajabilidad en estado plástico que le permita para ser colocado en la posición final donde se dejará endurecer (Nilson, 2001). Normalmente, el concreto plástico fluye alrededor del refuerzo en las formas, en las esquinas y otras áreas. Sin embargo, cuando el concreto está demasiado reforzado, con pequeños espacios entre las bardas y formas, se requiere alguna ayuda mecánica para ayudar en la colocación. Aquí la vibración proporciona el mejor método para la consolidación del concreto, ya que existe poca probabilidad de sobre vibración cuando el asentamiento de la mezcla es tan bajo como sea posible. Cuando se produce una sobre vibración, la superficie parece muy húmeda y de hecho consiste en una capa de mortero que contiene poco agregado (Nilson, 2001). Generalmente, se debe reducir el asentamiento y no la cantidad de vibración. La vibración excesiva de mezclas más húmedas puede resultar en una estratificación horizontal, con pérdida de durabilidad. En tal sentido, una buena vibración del concreto presenta ciertas ventajas como:

- Colocación eficiente de mezclas de concreto más rígidas que darán mayor resistencia, concreto de mejor calidad.
- Ahorro de tiempo / costes gracias a la facilidad de colocación.
- Mayor densidad en el concreto.
- Mayor homogeneidad en el concreto: se puede mantener una consistencia uniforme en todo momento.
- Ausencia de huecos, bolsas de piedras y trampas de aire.
- Enlaces mejorados con refuerzo.
- Combinación más completa de capas sucesivas.
- Reduce la contracción en el fraguado del concreto.

iii. Curado

Una vez colocado el concreto y compactado, es fundamental que el concreto no pierda demasiada agua requerida para hidratar al hormigón; siendo este el objetivo de curar. Por ejemplo, en tiempo caliente o seco, las grandes superficies expuestas perderán agua por evaporación; por tal motivo, el comportamiento y el control que se le da a una estructura, depende también del contexto ambiental en el que se ve inmerso (Aragón, 2006). Esto se puede evitar cubriendo tales superficies con láminas de plástico o lona o rociándolas periódicamente con agua. En concreto prefabricado, los elementos de concreto a menudo se curan con vapor, porque la aplicación simultánea de vapor caliente y la presión acelera el proceso de hidratación, que permite altas tasas de rotación para las instalaciones de encofrado. Una mezcla de concreto trabajable y bien proporcionada generalmente contiene aproximadamente el doble de agua de mezcla como es necesario para la hidratación del cemento (Del Valle, Pérez, & Maerínez, 2001). La razón es que la mitad del agua se usa para hacer el concreto viable.

A medida que el cemento y el agua se hidratan, se forma un gel y se expande para llenar los huecos que quedan por el agua innecesaria a medida que se filtra y se evapora del concreto se puede ver fácilmente lo que sucede si el curado se detiene en una de las etapas intermedias. Los vacíos que normalmente se rellenan con el gel se dejan en cualquier etapa en la que se detenga el curado, lo que hace que el concreto sea poroso (Del Valle, Pérez, & Maerínez, 2001).

Cuando el cemento se mezcla con agua sufre un cambio químico que lo transforma en “roca”. Cuando se endurece en una masa similar a la roca, se dice que se ha hidratado. Por tanto, la hidratación no es más que una combinación química de cemento y agua (Orozco et al., 2018). Primero, el exterior de la partícula de cemento se hidrata y se forma un gel de cemento (pegamento). A medida que el agua continúa empapando este gel de cemento, más hidratación tiene lugar en la partícula de cemento (Orozco et al., 2018). Este proceso continúa durante muchos años siempre que hay humedad presente. El proceso de mantener el concreto húmedo y a unos 21°C se conoce como curado (Aragón, 2006).

El agregado mezclado con el cemento pasa a formar parte de la masa “rocosa”; es por ello que el proceso de transformación es más rápido durante los primeros 28 días (Orozco et al., 2018). Nada puede detener la transformación excepto la falta de agua o temperaturas subnormales. Si se deja secar el concreto en las etapas iniciales, se vuelve permanentemente pobre porque el agua evaporada de la mezcla al principio no puede ser forzada de nuevo a la mezcla en tiempo para evitar que el gel de cemento se estropee. De manera similar, las bajas temperaturas de curado pueden afectar negativamente la resistencia del concreto como se muestra en una comparación entre los cilindros de prueba curados en el lugar de trabajo y curados estándar (Orozco et al., 2018).

iv. Desencofrado y acabados

Cuando el concreto ha alcanzado el suficiente endurecimiento se retiran los encofrados. Las coqueras o huecos superficiales, una vez desencofrado, son reparados; sin embargo, si estos son de grandes dimensiones o están en zonas críticas son demolidos parcial o totalmente el elemento construido (Jiménez, García, & Morán, 1987).

2.3. Definición de términos

- **Concreto**

El concreto es un elemento compuesto principalmente por un medio aglutinante (mezcla de agua y cemento), en el que se incrusta partículas o fragmentos de agregado, inicialmente una combinación gruesa y fina en los agregados. (Porrero et al., 2017).

- **Agregado**

El agregado es de tipo granular, como la grava, arena, piedra triturada, etc. Se clasifica pasándolo por un juego de tamices con tamaños de malla progresivamente más pequeños (INIFED, 2015).

- **Aditivos**

Son el conjunto de elementos químicos que integran la mezcla del concreto. Los aditivos reducen el agua en el concreto, por lo tanto, mejoran la resistencia en comparación con los plastificantes y superplastificantes (Quintero, Cruz, & Peña, 2014).

- **Mezcla**

Acción de fusionar diferentes elementos en una sola sustancia en donde su composición se encuentra molecularmente distribuida de forma estándar (Guevara, 2012).

- **Hidratación**

Acción de incrementar el nivel de humedad de un elemento a partir del suministro de elementos líquidos (Moreno, 2016).

- **Durabilidad**

La durabilidad es la capacidad de material de una estructura para mantener sus diversas propiedades a lo largo de su diseño o vida útil (Harmsem, 2002).

- **Vibración del concreto**

Acción de vibrar en donde un elemento se ve sometido a un estado de movimiento delimitado por una fuerza y frecuencia determinada (Harmsem, 2002).

- **Concreto ligero**

Concreto con propiedades diseñadas a mantener un peso liviano en el concreto. Por lo general, presenta una estructura porosa (Porrero et al., 2017).

- **Concreto pesado**

Concreto con gran densidad, producido para mayor sostenibilidad a una estructura (González, 2005).

- **Concreto arquitectónico**

Concreto que presenta propiedades que facilitan su moldeo en base al diseño estructural al cual es destinado (Porrero et al., 2017).

- **Resistencia**

Capacidad de respuesta de un cuerpo frente a una fuerza direccionada hacia él. La resistencia puede verse clasificada en diferentes tipos dependiendo al tipo y la forma en la que se le es ingresado una fuerza (Guevara, 2012).

- **Cemento**

El cemento es un material de uso civil compuesto principalmente de cuatro componentes minerales: silicato tricálcico, di cálcico silicato, aluminato tricálcico y alúmino ferrita tetra cálcica; cada uno de los cuales tiene su propia hidratación y características (Porrero et al., 2017).

- **Grieta**

Desmembramiento molecular o de un elemento homogéneo generado a consecuencia de ciertos estímulos o causantes internos del sólido (Aragón, 2006).

- **Fuente de agua**

Origen particular de un tipo de agua, compuesto por propiedades y elementos propios del ecosistema en el que se ve inmerso. Una fuente de agua presenta diferentes propiedades independientes como: nivel de pH, minerales pesados, ligeros, salinidad, etc. (Porrero et al., 2017).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El agua de diferentes fuentes influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

2.4.2. Hipótesis específicas

- El agua de los Baños termales del Inca influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

- El agua del rio Ichu influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.
- El agua de la laguna de Qeullaqocha influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

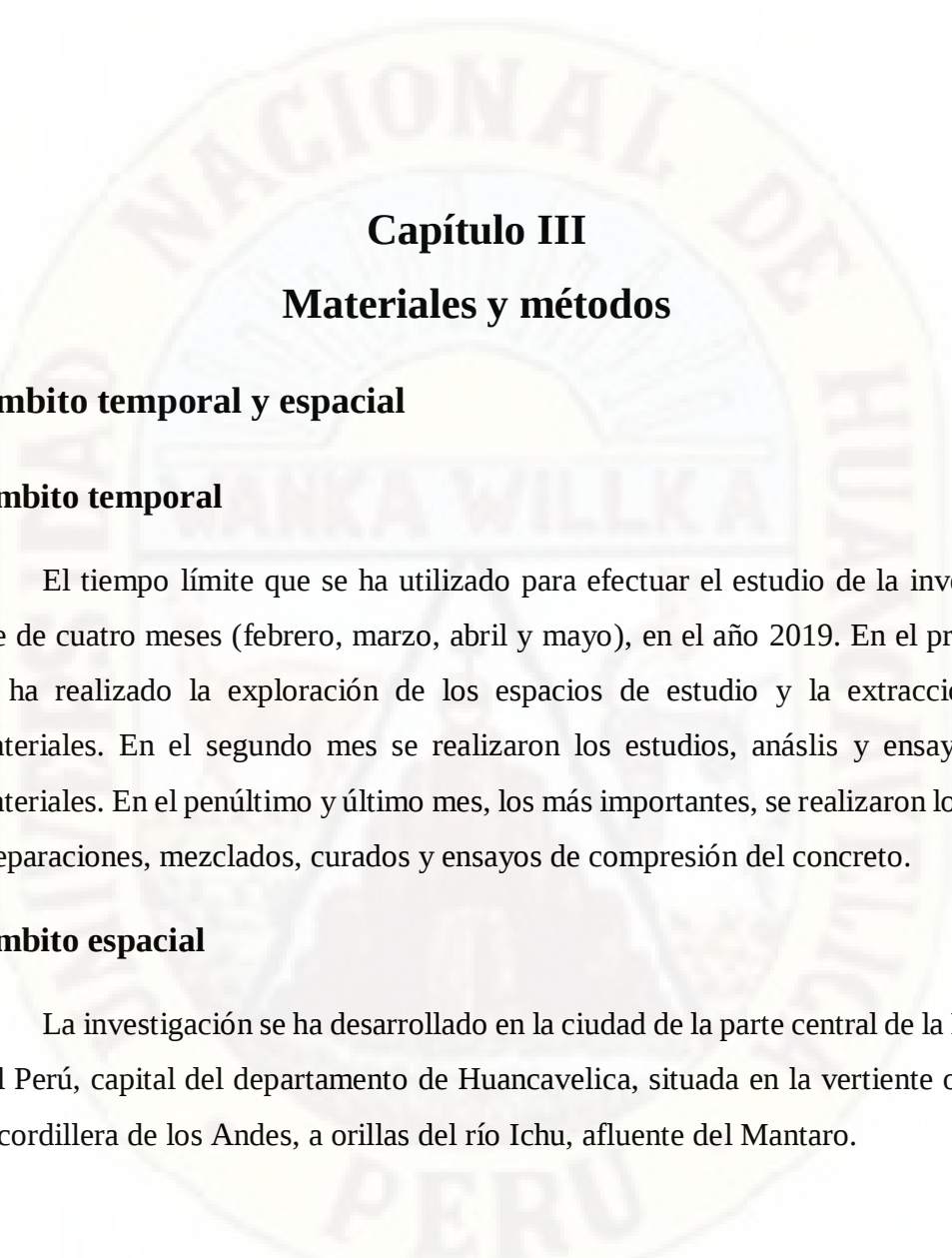
2.5. Variables

- Agua de diferentes fuentes
- Resistencia de concreto a compresión para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 2 Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Ítems
Variable independiente: Fuente de agua	Agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.	Litros	Ensayo
	Agua de los Baños termales del Inca	Litros	Ensayo
	Agua del río Ichu.	Litros	Ensayo
	Agua de la laguna de Cceullacocha.	Litros	Ensayo
Variable dependiente: Resistencia del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	Resistencia del concreto	(kg/cm^2)	Ensayo



Capítulo III

Materiales y métodos

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

El tiempo límite que se ha utilizado para efectuar el estudio de la investigación fue de cuatro meses (febrero, marzo, abril y mayo), en el año 2019. En el primer mes, se ha realizado la exploración de los espacios de estudio y la extracción de los materiales. En el segundo mes se realizaron los estudios, análisis y ensayos de los materiales. En el penúltimo y último mes, los más importantes, se realizaron los diseños, preparaciones, mezclados, curados y ensayos de compresión del concreto.

3.1.2. Ámbito espacial

La investigación se ha desarrollado en la ciudad de la parte central de la República del Perú, capital del departamento de Huancavelica, situada en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, a orillas del río Ichu, afluente del Mantaro.

Figura 2 Huancavelica, ciudad de la parte central de la República del Perú, capital del departamento de Huancavelica



3.2. Tipo de investigación

La clase, teniendo en cuenta determinadas cualidades de clasificación de fenómenos o procesos a fin de analizarlos, describirlos, explicarlos, simularlos y predecirlos, de la actividad encaminada a la obtención de nuevos conocimientos y su práctica para la solución a cuestiones o enunciados de naturaleza científica, es la **investigación aplicada**; ya que, según Sánchez y Reyes (2018), es servirse y aprovecharse de lo que se adquiere como contenido intelectual relativo a un campo determinado, éstos como producto de hechos o informaciones adquiridos por las personas que cultivan la ciencia, en la práctica, para aplicarlos, en la mayoría de los casos, en provecho de la sociedad.

3.3. Nivel de investigación

El tipo o modelo de investigación según el nivel de medición y análisis de información, expresado de otro modo, el alcance de la investigación es **investigación explicativa**; puesto que, según Sánchez, Reyes y Mejía (2018) las investigaciones explicativas van más allá de la descripción de conceptos, fenómenos, o de la relación de estos; y responden a estos por sus causas, se enfocan en explicar por qué ocurren aquellos, en qué condiciones se manifiestan y por qué se relacionan sus cualidades mediante las variables.

3.4. Método de investigación

El conjunto de operaciones ordenadas y definidas para poder lograr el objeto de la actividad orientada a la obtención de nuevos conocimientos y su respectiva aplicación

para la solución a cuestiones o interrogaciones de naturaleza científica, es el **método científico**; puesto que, es un enfoque sistemático para la investigación (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). He aquí la aplicación del método científico: permitió organizar los procesos de la investigación sobre la influencia de las aguas de diferentes fuentes en la resistencia de concretos para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 7, 14, 21 y 28 días en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019.

3.5. Diseño de investigación

El diseño de la investigación “Influencia del agua de fuentes diferentes en la resistencia de concreto a la compresión para un $f'c$ igual a 210 kg/cm^2 mezcladas y curadas con los mismos, en la ciudad de Huancavelica, Perú, 2019” es experimental de modelo cuasiexperimental con posprueba únicamente y grupo de control.

Figura 3 Diseño de la investigación

G_1	X_1	O_1
G_2	X_2	O_2
G_3	X_3	O_3
G_4	—	O_4

Donde:

G_1 : Grupo de probetas cilíndricas de concreto con agua de la laguna de Qeullaqocha

G_2 : Grupo de probetas cilíndricas de concreto con agua del río Ichu.

G_3 : Grupo de probetas cilíndricas con agua de los Baños termales del Inca.

G_4 : Grupo de probetas cilíndricas de concreto con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.

X_1 : Agua para mezcla y curado de concreto de la laguna de Qeullaqocha.

X_2 : Agua para mezcla y curado de concreto del río Ichu.

X_3 : Agua para mezcla y curado de concreto de los Baños termales del Inca.

—: Agua para mezcla y curado de concreto de la EMAPA Huancavelica.

O_1 : Resistencia de las probetas de concreto a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días con agua de laguna.

O_2 : Resistencia de las probetas de concreto a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días con agua de río.

O_3 : Resistencia de las probetas de concreto a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días con agua de baños termales.

O_4 : Resistencia de las probetas de concreto a compresión a los 7, 14, 21 y 28 días con agua EMAPA Huancavelica S. A.

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población

En base a Sánchez, Reyes y Mejía (2018) una población está definida por unidades con los mismos caracteres o con alguna cualidad en especial que los permita agrupar y diferenciarse de otras agrupaciones, de manera que puedan ser estudiados con el mismo

instrumento. La investigación tuvo como población a 64 probetas cilíndricas de concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

3.6.2. Muestra

El tipo de muestra que se ha elegido o fijado para elegir los elementos o unidades del muestreo o análisis para la muestra son las muestras no probabilísticas, porque la elección de las probetas no depende de la probabilidad, sino de las causas, factores, circunstancias, situaciones que afectaron la elección y además por el propósito y criterio del investigador y mejor aún por un contexto en que es difícil de realizar un muestreo o muestra probabilística, Hernández et al. (2014). La investigación tuvo 64 muestras: 16 probetas del grupo control y 48 probetas del grupo experimental.

3.6.3. Muestreo

Según Sánchez et al. (2018), el muestreo consiste en realizar las operaciones necesarias de manera que se pueda distribuir de forma conveniente la población conocida como muestra; no obstante, se pretende investigar a toda la población a partir de contar con un tamaño poblacional de poca magnitud. Se tuvo un muestreo no probabilístico por conveniencia para determinar la influencia de las aguas de diferentes fuentes en la resistencia de concreto a compresión para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

3.7. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.7.1. Instrumentos

La ficha de observación según Espinoza (2010) es un instrumento estructurado conformado generalmente por una serie de indicadores los cuales son respondidos a partir de la observación hacia un evento u objeto de estudio. Se implementó una ficha de observación con el fin de establecer cómo influye el agua de diferentes fuentes en la resistencia de mezcla de concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a los 28 días para los diferentes puntos de tiempo, en Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019. Asimismo, se ha utilizado el método de instrumentos y procedimientos específicos propios de la disciplina de Tecnología de concreto.

3.7.2. Técnicas

Se empleó la técnica de observación; según Espinoza (2010), la técnica de la observación consiste en la actividad de analizar mediante el uso de los sentidos, el comportamiento o estado de un objeto o persona; del cual se delimita a partir de indicadores e ítems que permitan generar resultados de carácter analítico e interpretativo. En tal sentido, la investigación utilizó esta técnica a partir de que se pretende observar el comportamiento de las probetas encargadas de analizar la influencia del agua de diferentes fuentes en la resistencia de concretos para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019.

3.8. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Para el análisis y procesamiento de los datos sustraídos a partir del uso del instrumento, se utilizó el software estadístico “IBM SPSS Statistics 25”, encargado de evaluar los resultados y mostrar indicadores a partir de los diferentes gráficos estadísticos como los de histograma, tablas de frecuencia, probabilidades, distribuciones, estimación de parámetros, etc. De manera que permita interpretar el impacto del agua de diferentes fuentes en la resistencia de concretos para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en el Distrito peruano Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019.

3.9. Descripción de la prueba de hipótesis

Mediante las interpretaciones, y determinando los resultados mostrados en los indicadores, se podrá corroborar las hipótesis tanto específicas como la general; de esta forma, verificar si las afirmaciones sobre el impacto del agua de diferentes fuentes en la resistencia de concretos para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019. Los estadísticos que se emplearon para la prueba de hipótesis son la “Prueba t de Student” y el análisis de varianzas (ANOVA).

Capítulo IV

Discusión de resultados

4.1. Análisis de información

En el capítulo correspondiente, se presentan los datos de los ensayos realizados para la investigación. Los principales resultados están referidos a la selección del cemento, las características del agua, los resultados de los agregados.

4.2. Selección del cemento para la mezcla del concreto

El cemento utilizado en la investigación fue el cemento Portland tipo I del Cemento Andino I de la empresa de “Cemento Andino S.A.”. Fue una bolsa con peso de 42.5 kg, con una capacidad de un pie cúbico; además, su peso específico fue de 3.12 g/cm³ y superficie específica de 3300 cm²/g. El cemento seleccionado cuenta con todas las materias primas, procesos de fabricación, composiciones químicas y propiedades de los compuestos, que son exigidos por las normas ASTM, NTP e ITINTEC.

Figura 4 Cemento Portland tipo I del cemento andino I de la empresa Cemento Andino S. A.



4.3. Resultados del agua utilizada para amasado y curado del concreto

El agua empleada en la preparación y curado del concreto debe cumplir con requisitos de la norma ITENTEC 334.008. Si en el supuesto caso de que el agua no sea potable, es importante conocer el análisis físico, químico y bacteriológico de la misma. En la **Tabla 3** y **Tabla 4** se presentan los resultados del análisis de las diferentes fuentes: laguna de Quellaqocha, río Ichu, Baños termales del Inca y EMAPA Huancavelica S. A.

Tabla 3 Resultados de los parámetros físicos y químicos de las 4 fuentes de agua para el amasado y curado del concreto

Referencia	Unidades	Tipo de agua				LMP*
		Laguna de Quellaqocha	Río Ichu	Baños termales del Inca	Agua de EMAPA	
		Valor	Valor	Valor	Valor	
Olor	...	Aceptable	Acept.	Acept.	Acept.	...
Sabor	...	Aceptable	Acept.	Acept.	Acept.	...
Color	UCV escala Pt/Co	< 1	< 1	< 1	< 1	100
Turbiedad	UNT	2.12	1.11	0.66	1.15	100
Ph	Valor de Ph	8.52	8.2	6.73	7.81	5.5 - 9.5
Cloro residual	mg/l	...	...	...	0.85	0.5
Conductividad	µs/cm	141	560	2	277	1600
Cloruros	mg/l Cl-	45.5	3.9	22.6	186	250
Sulfatos	mg/l SO ₄ =	39	36	> LMP	56	500
Dureza total	mg/l CaCO ₃	286	90	116	560	...
Nitrato	mg/l NO ₃ -	22	11	18	14	50

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

* LMP = Límites Máximos Permisibles, los valores se encuentran en el D.S. N° 004-2017, por el MINAM.

La **Tabla 3** muestra los parámetros del análisis físico, químico de las propiedades organolépticas de las muestras obtenidas. En las 4 muestras, el olor y el sabor fueron aceptables. El color medido con la escala Pt/Co fueron <1, y estuvo conforme a los valores de LMP, ya que no superaron el límite. En cuanto a la turbiedad y pH, el agua más turbia y de mayor pH fue de la laguna Cceullacocha, y el menor de los Baños termales del Inca. Con respecto al cloro residual, solo estuvo presente en el agua potable. La conductividad tuvo un valor de 2 para los Baños termales del Inca, y del río Ichu de 560. En cuanto a los cloruros, ninguna muestra superó el LMP. Por el lado de los sulfatos, el agua proveniente de los Baños termales del Inca fue superior al LMP, cuyo valor es de 500; en los otros 3 casos, no se superó el límite. Los valores de dureza total fueron mayores en el agua potable

y la menor del río Ichu. Finalmente, los valores de nitrato fueron adecuados ya que no superaron el LMP.

Tabla 4 Resultados del análisis biológico y bacteriológico de las 4 fuentes para el amasado y curado del concreto

Descrip.	Temperatura de incubación	Expresado como	Tipo de agua				LMP*
			Laguna de Qeullaqocha	Río Ichu	Baños termales del Inca	Agua de EMAPA	
			Resultado	Result.	Result.	Result.	Valor
Coliformes totales	35 °C	NMP	14 microorg./100 ml	8,2 microorg./100 ml	9,3 microorg./100 ml	< 1 UFC/100 ml	20000 microorg./100 ml
Coliformes termo tolerantes	44.5 °C	NMP	< 1.8 microorg./100 ml	< 1.8 microorg./100 ml	< 1.8 microorg./100 ml	< 1 UFC/100 ml	2000 microorg./100 ml

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

*

El análisis bacteriológico y biológico se hizo en base a la identificación de coliformes totales y termo tolerantes. En relación al primero de acuerdo a los LMP, el valor máximo es de 20000 microorganismos por cada 100 mililitros de agua; en los resultados de las 4 fuentes de agua se encontró que ninguno de ellos fue superior a 15. Así mismo, en la medición de coliformes termo tolerantes, los valores obtenidos fueron más que aceptables. En suma, las 4 muestras tomadas cumplen con los requisitos bacteriológicos y biológicos permitidos.

4.4. Presentación de los datos, resultados o informaciones de las características y propiedades de los agregados

4.4.1. Resultados de las características y propiedades de los agregados

La presentación o el proceso mediante el cual se dispone contenido de frases comunes de los resultados de los agregados para la mezcla del concreto, es una forma de ofrecer y mostrar informaciones de los mismos de la investigación. En las secciones siguientes se siguió una estructura para la presentación para expresar los resultados de la investigación, en cada presentación se hace disposición de una serie de tablas, figuras y gráficos para mejor entendimiento.

a. Funciones de los agregados

Por las características se indica que los agregados dispuestos en obra y laboratorio obtenidos de las canteras ubicadas en Chuñuranra para el agregado

grueso y Callqui Chico para el agregado fino, disponen de varias cualidades. Además, por su misma procedencia de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas en meteorización, son transportados por corrimientos de tierra o arrastrados por el escurrimiento de las aguas; y en consecuencia la acción de sus mismos elementos constituyentes hace que su función sea eficaz para las construcciones.

Figura 5 Agregado grueso de la planta de beneficio para el chancado de piedras “Niko”



Agregado grueso lavado de la cantera o planta de beneficio para el chancado de piedras “Niko”, cuya función de estas es de esqueleto, proporcionar partículas resistentes y reducir cambios de volumen del concreto.

b. Características de los agregados

Las características de los agregados, como la densidad, resistencia, porosidad, peso unitario, porcentaje de vacíos, humedad, distribución granulométrica, etc., se aprecian mediante una serie de ensayos o pruebas. En los siguientes puntos se detallarán mejor cada característica.

Figura 6 Muestra del agregado fino saturado superficialmente seco



En la Figura 6 se ve la muestra de agregado fino saturado superficialmente seco; es uno de los procedimientos para determinar el peso específico de la masa y el porcentaje de absorción, con el cual se determina las características como la densidad, porosidad y muchos otros.

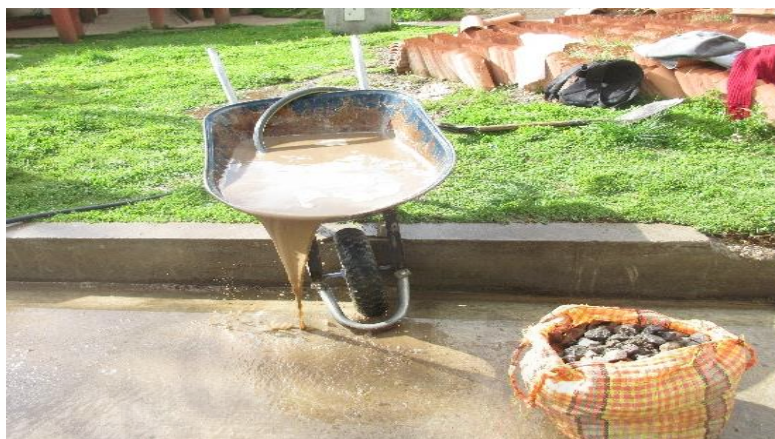
c. Propiedades de los agregados

Las propiedades del agregado, como la resistencia, tenacidad, dureza, módulo de elasticidad, coeficiente de expansión, calor específico, conductividad térmica, difusividad, la propiedad química de reacción álcali-sílice y álcali-carbonato son algunas de las muchas propiedades de los agregados; el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica no cuenta con suficientes herramientas y equipos para determinar dichas cualidades de los agregados; no obstante, existe una máquina cuyo nombre es Máquina de Abrasión de los Ángeles para determinar la dureza de los agregados gruesos.

4.4.2. Resultados de materia orgánica e inorgánica de los agregados

Se pudo apreciar la gran cantidad de materia orgánica e inorgánica en los agregados grueso y fino; entonces por exigencias de las normas nacionales e internacionales se procedió a eliminar estas sustancias perjudiciales.

Figura 7 Eliminación de material orgánico e inorgánico de los aggragos fino y grueso



En la Figura 7 se ve la eliminación, mediante el lavado, de la materia orgánica e inorgánica de los agregados fino y grueso, para excluir la variable de las materias perjudiciales en la mezcla del concreto que como consecuencia, puede ser un factor en el efecto de la resistencia del concreto en los ensayos de compresión de las probetas.

a. Inspección de la calidad del agregado grueso

El agregado grueso empleado en la investigación fue la roca o canto chancada de una de las canteras del sector de Chuñuranra de la ciudad de Huancavelica; los cantos chancados contenían sustancias perjudiciales; sin embargo, se apreció rocas duras y compactas; para controlar la calidad del agregado grueso, de las sustancias dañinas se tuvo que eliminar mediante el lavado.

b. Examinación de la calidad del agregado fino

El agregado fino empleado en la investigación es natural que proviene de una cantera del sector Callqui Chico de la ciudad de Huancavelica de la orilla y lecho del río Ichu. La forma de las partículas fueron cúbicas y esféricas y con abundante materia orgánica e inorgánica, las partículas o los fragmentos son de roca dura, compacta y durable; además, presentaban en demasía partículas laminares, planas o alargadas; para el control de la calidad del agregado fino, de las sustancias dañinas y partículas perjudiciales se tuvo que eliminar mediante el lavado del agregado.

4.4.3. Resultados de las caracterización de la clase de los agregados

Conocer qué clase de agregado se va a usar en la obra o laboratorio es una forma de acercarnos o aproximarse a la calidad del agregado y como consecuencia las

propiedades del concreto claro utilizando aquellos agregados. La clasificación de los agregados se hizo por su naturaleza o procedencia, por su densidad, por el origen, forma, superficie, textura y por su gradación o por el tamaño del agregado.

a. Caracterización por su naturaleza o procedencia

Tenemos al agregado fino natural extraído del río Ichu; sin embargo, el agregado grueso se clasificó como artificial, pues son rocas o cantos chancados, ya que pasa por un proceso de transformación o trituración.

Figura 8 Muestras del agregado fino y grueso, usado en la mezcla del concreto



En la Figura 8 se hallan las muestras de agregado grueso y fino, con los cuales se ha mezclado el concreto en la investigación. Como se puede apreciar el agregado grueso es un agregado artificial, mientras que el otro agregado es natural.

b. Caracterización por su densidad

Tanto el agregado grueso como el agregado fino son clasificados como agregados de peso específico normal ya que están comprendidos entre 2.5 a 2.75 g/cm^3 (2 500 a 2 750 kgf/m^3).

c. Caracterización por su origen, forma, superficie y textura

El agregado grueso estuvo constituido de rocas o cantos triturados de formas angulares y subangulares, de superficies áspera, granular y cristalina, además de texturas diversas con apariencias físicas de granos, formas, arreglos, y configuraciones megascópico y microscópico. No obstante el agregado fino estuvo compuesto de partículas naturales de rocas duras y compactas, de formas subangulares, subredondeadas, redondeadas y muy redondeadas, con superficies ásperas, vítreas y cristalinas, además con texturas diversas.

d. Caracterización por su gradación o tamaño

Los agregados utilizados en la investigación son de dos clases: los agregados finos y gruesos. El agregado grueso y el fino están separados por el tamiz estándar ASTM N° 4, considerando los retenidos por los tamices mayores y retenidos por este tamiz, los agregados gruesos; y los retenidos por los tamices menores y por este tamiz, como los agregados finos.

Figura 9 Muestra del agregado grueso



En la Figura 9 se encuentra el agregado grueso, considerado como todos los agregados retenidos por las mallas o tamices mayores o igual al tamiz N° 4. Para la investigación elegimos y fijamos los agregados cuyas partículas son de tamaño máximo 1 1/2" y de tamaño máximo nominal 1".

Figura 10 Muestra del agregado fino



En la Figura 10 está el agregado fino, considerado como todos los agregados retenidos por las mallas o tamices menores o igual al tamiz N° 4. Para

la investigación se tuvo que tamizar algunas mallas retenidas en exceso para así lograr una proporción o graduación de las partículas.

4.4.4. Resultados de la granulometría de los agregados

A. Granulometría, tamaño máximo nominal y el módulo de fineza del agregado grueso

Se apreció que la graduación del agregado grueso antes y después de comprar, presentaba una inadecuada proporción en sus granos; es importante resaltar que en nuestra región no contamos con empresas de yacimientos que pudieran cumplir con los requisitos de granulometría, más al contrario ellos producen de dos a tres tipos de agregados de tamaños máximos estándar; pero no solo basta el tamaño sino la proporción adecuada de las partículas o granos así como exige las normas ASTM C-33 o ITINTEC 400.037. Por ende, se eligió la estructura que concuerda con el estudio, con ello ya se tenía el tamaño máximo del agregado grueso. En la Tabla 5 se encuentran los resultados del análisis granulométrico realizado en la muestra gruesa, empleada para el concreto. El módulo fineza o el tamaño medio del agregado grueso, magnitud que se puede apreciar una vez hecha la operación o el cálculo con las definiciones en los acápites anteriores, fue de 7.1.

Tabla 5 Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso

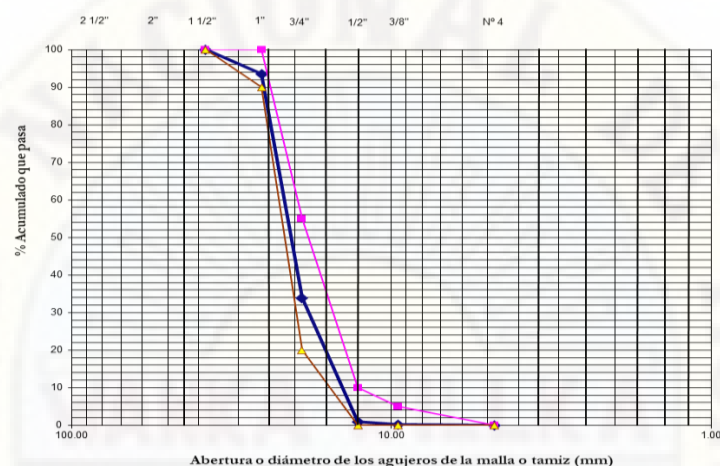
Diámetro de los agujeros de la malla o tamiz	Peso de las partículas retenidas en cada tamiz (g)	Peso de las partículas retenidas expresado (%)	Peso de las partículas que pasan expresado (%)	Peso retenido acumulado expresado (%)
2 1/2"	-	-	100	0
2"	-	-	100	0
1 1/2"	-	0	100	0
1 "	270.84	6.475	93.525	6.475
3/4"	2495.31	59.658	33.867	66.133
1/2"	1377.71	32.938	0.928	99.072
3/8"	32.16	0.769	0.159	99.841
4	4.92	0.118	0.042	99.958
Fondo	1.75	0.042	0.000	100.000
Promedio	697.115	14.286	47.613	52.387

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Una vez fijadas las infraestructuras donde se usará el concreto se pasa a la siguiente etapa: la selección del tamaño máximo del agregado grueso, y después en seguida la clasificación granulométrica. El tamaño máximo del

agregado grueso como se puede apreciar en el gráfico es de una 1 1/2" y el tamaño máximo nominal del agregado grueso es de 1". En la Figura 11 se evidencia los puntos mencionados anteriormente respecto a las cantidades granulométricas.

Figura 11 Curva granulométrica del agregado grueso, representación gráfica de los resultados en el laboratorio cuando se ha hecho la medición y graduación de los granos



B. Granulometría, tamaño máximo nominal y el módulo de fineza del agregado fino

La graduación y la medición del agregado fino también tuvo que pasar por un proceso de tamizado evidenciándose proporciones convenientes, así como exigen las normas ASTM C-33 o ITINTEC 400.037; una vez terminado el trabajo se hizo la granulometría para poder corroborar y el resultado fue como se muestra en la Tabla 6, donde se evidencia lo hallado respecto a la granulometría del agregado grueso usado para el concreto.

Tabla 6 Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso que se ha empleado en la preparación de las mezclas de concreto

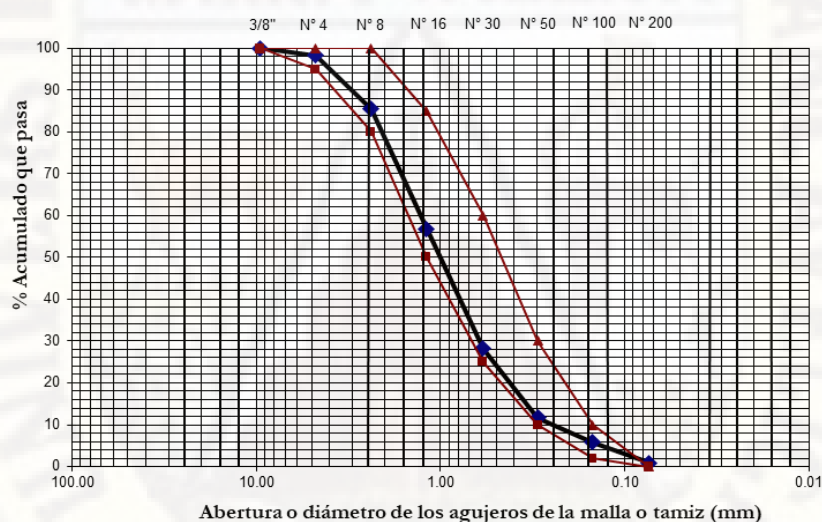
Diámetro de los agujeros de la malla o tamiz	Peso de las partículas retenidas en cada tamiz (g)	Peso de las partículas retenidas expresado (%)	Peso de las partículas que pasan expresado (%)	Peso retenido acumulado expresado (%)
2 1/2"	-	-	100	0
2"	-	-	100	0
1 1/2"	-	0	100	0
1 "	270.84	6.475	93.525	6.475
3/4"	2495.31	59.658	33.867	66.133
1/2"	1377.71	32.938	0.928	99.072
3/8"	32.16	0.769	0.159	99.841
4	4.92	0.118	0.042	99.958

Fondo	1.75	0.042	0.000	100.000
Promedio	697.115	14.28571429	47.61345769	52.38654231

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Está claro que el módulo de fineza del agregado fino es de gran interés para los ingenieros constructores, pero la fijación de este módulo es más difícil porque por un lado es que se requiere una trabajabilidad y por otro una buena resistencia; además, una vez fijado o asumido el valor tenía que estar dentro de límite de más o menos 0.2. El módulo de fineza del agregado fino usado para el diseño de mezcla en la investigación fue de 3.1. El tamaño máximo del agregado fino para este informe fue de un 4.75 mm (N° 4). En la Figura 12 se presenta la curva granulométrica del agregado fino, representación gráfica de los resultados obtenidos en el laboratorio cuando se ha medido y graduado los granos o partículas de los agregados.

Figura 12 Curva granulométrica del agregado fino



4.4.5. Resultados del peso específico del agregado

Para obtener estos resultados se ha procedido según la norma ASTM C-127 y ASTM C-12; luego de los ensayos se calculó en base a lo definido en secciones anteriores, llegando a los resultados.

A. Peso específico de masa, saturado superficialmente seco y aparente del agregado grueso

Luego de calcular con definiciones previas, para el agregado grueso se obtuvo el valor del peso específico de la muestra seca del agregado grueso γ_{seco} de 2 540 kgf/m³; también se obtuvo el valor del peso específico saturado superficialmente seco

$\gamma_{ssg\text{ grueso}}$ de 2 590 kgf/m³; además, se obtuvo el valor del peso específico aparente del mismo $\gamma_{ssg\text{ aparente grueso}}$ igual a 2 670 kgf/m³. Estos resultados son mejor evidenciados en la **Tabla 7** y **Tabla 8** donde se encuentran los cálculos de la cantidad del peso específico de masa del agregado grueso y el peso específico de la masa saturada superficialmente seco respectivamente.

Tabla 7 Cálculo de la cantidad del peso específico de masa del agregado grueso

Número ordinal	Medidas de las fuerzas gravitatorias de los recipientes y muestras de agregados	Unidad de medida	Magnitudes de los ensayos
1	Peso de la muestra saturada con superficie seca (B)	gr	3038.89
2	Peso de la canastilla dentro del agua	gr	885.4
3	Peso de la muestra saturada + peso de la canastilla dentro del agua	gr	2750.4
4	Peso de la saturada dentro del agua (3-2) (C)	gr	1865
5	Peso de la tara	gr	399.45
6	Peso de la tara + muestra seca	gr	3382.86
7	Peso de la muestra seca (6-5) (A)	gr	2983.41
8	Peso específico de masa ((A/(B-C))	gr/cm ³	2.54

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Tabla 8 Cálculo de la cantidad del peso específico de la masa saturada superficialmente seco y aparente de agregado grueso

Número ordinal	Medidas de las fuerzas gravitatorias de los recipientes y muestras de agregados	Unidad de medida	Magnitud de las medidas
1	Peso de la muestra saturada con superficie seca (B)	gr	3038.89
2	Peso de la canastilla dentro del agua	gr	885.4
3	Peso de la muestra saturada + peso de la canastilla dentro del agua	gr	2750.4
4	Peso de la saturada dentro del agua (3-2) (C)	gr	1865
5	Peso de la tara	gr	399.45
6	Peso de la tara + muestra seca	gr	3382.86
7	Peso de la muestra seca (6-5) (A)	gr	2983.41
8	Peso específico de masa saturada superficialmente seco ((B/(B-C))	gr/cm ³	2.59
9	Peso específico aparente ((A/(A-C))	gr/cm ³	2.67

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

B. Peso específico de masa, saturado superficialmente seco y aparente del agregado fino

Respecto al agregado fino, se obtuvo el valor del peso específico de la muestra seca del agregado fino γ_{seco} igual a 2 450 kgf/m³, también se ha obtenido el valor del peso específico de la muestra saturada superficialmente seco del agregado fino $\gamma_{ssg\text{ fino}}$

igual a 2 530 kgf/m³; además, se ha obtenido el valor del peso específico saturado superficialmente seco aparente del agregado fino $\gamma_{ss\text{ aparente fino}}$ que es igual a 2 660 kgf/m³. Los cálculos se detallan en la **Tabla 9** y **Tabla 10**.

Tabla 9 Cálculo de la cantidad del peso específico de masa del agregado fino

Número ordinal	Medidas de las fuerzas gravitatorias de los recipientes y muestras de agregados	Unidad de medida	Magnitudes de los ensayos	
			1	2
1	Peso de la arena saturada superficialmente seco (D)	gr	500.00	500.00
2	Peso del balón seco	gr	162.34	162.34
3	Peso de la arena s. s. s. + peso del balón (1+2)	gr	662.34	662.34
4	Peso de la arena s. s. s. + peso del balón + peso del agua	gr	966.33	964.59
5	Peso del agua (4-3) (W)	gr	303.99	302.25
6	Peso de la tara	gr	82.60	80.07
7	Peso de la tara + arena seca	gr	568.65	564.67
8	Peso de la arena seca (7-6) (A)	gr	486.05	484.60
9	Volumen del balón (V)	cm ³	500.00	500.00
10	Peso específico de masa ((A/(V-W)))	gr/cm ³	2.48	2.45
11	Promedio del peso específico de masa	gr/cm ³	2.465	

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Tabla 10 Cálculo de la cantidad de peso específico de la masa saturada superficialmente seco y aparente de agregado fino

Número ordinal	Medidas de las fuerzas gravitatorias de los recipientes y muestras de agregados	Unidad de medida	Magnitudes de los ensayos	
			1	2
1	Peso de la arena saturada superficialmente seco (D)	gr	500.00	500.00
2	Peso del balón seco	gr	162.34	162.34
3	Peso de la arena s. s. s. + peso del balón (1+2)	gr	662.34	662.34
4	Peso de la arena s. s. s. + peso del balón + peso del agua	gr	966.33	964.59
5	Peso del agua (4-3) (W)	gr	303.99	302.25
6	Peso de la tara	gr	82.60	80.07
7	Peso de la tara + arena seca	gr	568.65	564.67
8	Peso de la arena seca (7-6) (A)	gr	486.05	484.60
9	Volumen del balón (V)	cm ³	500.00	500.00
10	Peso específico de masa saturada superficialmente seco ((D/(V-W)))	gr/cm ³	2.55	2.53
11	Peso específico aparente (A/((V-W)-(D-A)))	gr/cm ³	2.67	2.66
12	Promedio del peso específico de masa saturada superficialmente seco	gr/cm ³	2.54	
13	Promedio del peso específico aparente	gr/cm ³	2.66	

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

4.4.6. Resultados de pesos unitarios sueltos y compactados de los agregados

A. Pesos unitarios sueltos y compactados del agregado grueso

Como se estima en la Tabla 11 y Tabla 12 respectivamente se ve que el promedio del peso unitario suelto seco del agregado grueso evaluado con la norma ASTM C-29 o NTP 400.017 es de 1 355.814 kgf/m³ y el promedio del peso unitario compactado seco del agregado grueso es de 1 489.21 kgf/m³.

Tabla 11 Cálculo de la cantidad del peso unitario suelto seco del agregado grueso

Número ordinal	Medidas del peso de los recipientes y muestras de agregado	Unidades de medida y constantes	Magnitudes de los ensayos		
			1	2	3
1	Peso de la muestra + recipiente	kg	17670	17710	17700
2	Peso del recipiente	kg	10155	10155	10155
3	Peso de la muestra (1-2)	kg	7515	7555	7545
4	Constante del recipiente	-.-	179.856	179.856	179.856
5	Peso unitario suelto seco (3*4)/1000	kg/m ³	1352	1359	1357
6	Promedio del peso unitario suelto seco	kg/m ³	1355.814		

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Tabla 12 Cálculo de la cantidad del peso unitario compactado seco del agregado grueso

Número ordinal	Medidas del peso de los recipientes y muestras de agregado	Unidades de medida y constantes	Magnitudes de las ensayos		
			1	2	3
1	Peso de la muestra + recipiente	kg	18420	18450	18435
2	Peso del recipiente	kg	10155	10155	10155
3	Peso de la muestra (1-2)	kg	8265	8295	8280
4	Constante del recipiente	-.-	179.856	179.856	179.856
5	Peso unitario compactado seco (3*4)/1000	kg/m ³	1487	1492	1489
6	Promedio de peso unitario compactado seco	kg/m ³	1489.21		

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

B. Pesos unitarios sueltos y compactados del agregado fino

También se estimó, tanto en la Tabla 13 como en la Tabla 14, el promedio del peso unitario suelto seco del agregado fino evaluado con la norma ASTM C-29 o NTP 400.017, siendo de 1 534.172 kgf/m³ y el promedio del peso unitario compactado seco del agregado fino es de 1 658.87 kgf/m³.

Tabla 13 Cómputo de la cantidad del peso unitario suelto seco del agregado fino

Magnitudes de los ensayos					
---------------------------	--	--	--	--	--

Número ordinal	Medidas del peso de los recipientes y muestras de agregado	Unidades de medida y constantes	1	2	3
1	Peso de la muestra + recipiente	kg	18710	18665	18680
2	Peso del recipiente	kg	10155	10155	10155
3	Peso de la muestra (1-2)	kg	8555	8510	8525
4	Constante del recipiente	.-	179.856	179.856	179.856
5	Peso unitario suelto seco (3*4)/1000	kg/m ³	1539	1531	1533
6	Promedio peso unitario suelto seco	kg/m ³		1534.17168	

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Tabla 14 Cómputo de la cantidad del peso unitario compactado seco del agregado fino

Número ordinal	Medidas del peso de los recipientes y muestras de agregado	Unidades de medida y constantes	Magnitudes de los ensayos		
			1	2	3
1	Peso de la Muestra + Recipiente	kg	19395	19375	19365
2	Peso del Recipiente	kg	10155	10155	10155
3	Peso de la Muestra (1-2)	kg	9240	9220	9210
4	Constante del Recipiente	.-	179.856	179.856	179.856
5	Peso unitario compactado seco (3*4)/1000	kg/m ³	1661.86944	1658.27232	1656.47376
6	Promedio peso unitario compactado seco	kg/m ³		1658.87	

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

4.4.7. Resultados de los porcentaje de absorción, humedad y aporte de agua de los agregados

Se calculó el porcentaje de absorción, el contenido de humedad del agregado fino y grueso, con las definiciones por las normas ASTM C-127, ASTM C-128 y ASTM C 566; además, para el cómputo de utilizó definiciones anteriores.

A. Resultados de la absorción expresado en porcentaje de los agregados fino y grueso

El porcentaje de absorción del agregado grueso, calculado previas definiciones, fue de 1.86 %. Así mismo el porcentaje de absorción del agregado fino, también se calculó con definiciones previas, siendo de 3.18 %. Así como se puede apreciar en las siguientes tablas.

Tabla 15 Cálculo de la cantidad de porcentaje de absorción del agregado grueso

Número ordinal	Medidas de las fuerzas gravitatorias de los recipientes y muestras de agregados	Unidad de medida	Magnitud de los ensayos
----------------	---	------------------	-------------------------

1	Peso de la muestra saturada con superficie seca (B)	gr	3038.89
2	Peso de la canastilla dentro del agua	gr	885.4
3	Peso de la muestra saturada + peso de la canastilla dentro del agua	gr	2750.4
4	Peso de la saturada dentro del agua (3-2) (C)	gr	1865
5	Peso de la tara	gr	399.45
6	Peso de la tara + muestra seca	gr	3382.86
7	Peso de la muestra seca (6-5) (A)	gr	2983.41
8	Porcentaje de absorción $((B-A)/A)*100$	%	1.86

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Tabla 16 Cálculo de la cantidad del porcentaje de absorción del agregado fino

Número ordinal	Medidas de las fuerzas gravitatorias de los recipientes y muestras de agregados	Unidad de medida	Magnitudes de los ensayos	
			1	2
1	Peso de la arena saturada superficialmente seca (D)	gr	500.00	500.00
2	Peso del balón seco	gr	162.34	162.34
3	Peso de la arena s.s.s. + peso del balón (1+2)	gr	662.34	662.34
4	Peso de la arena S.S.S. + peso del balón + peso del agua	gr	966.33	964.59
5	Peso del agua (4-3) (W)	gr	303.99	302.25
6	Peso de la tara	gr	82.60	80.07
7	Peso de la tara + arena Seca	gr	568.65	564.67
8	Peso de la arena seca (7-6) (A)	gr	486.05	484.60
9	Volumen del balón (V)	cm ³	500.00	500.00
10	Porcentaje de absorción $((D-A)/A)*100$	%	2.87	3.18
11	Promedio del porcentaje de absorción	%	3.023976879	

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

B. Resultados de la humedad o contenido de humedad expresado en porcentaje de los agregados fino y grueso

Al calcular con anteriores definiciones respecto a la absorción y humedad de los agregados, se tiene que el contenido de humedad promedio después de haber hecho los ensayos de contenido de humedad del agregado grueso horas antes de hacer la mezcla del concreto fueron de 1.807 %, 1.590 %, 1.628 %, 2.030 % y 1.708 %. Así mismo calculando el contenido de humedad promedio del agregado fino, horas antes de la mezcla del concreto fueron de 5.634 %, 4.638 %, 4.900 %, 7.043 % y 5.140 %.

4.5. Resultados de la fabricación o diseño de mezcla para el concreto

Se indicó que la metodología empleada en el diseño de mezcla fue la del Comité ACI 211; por lo tanto, se presentó el proceso de selección de los ingredientes o la selección de las proporciones de los materiales integrantes.

A. Especificaciones

- No existe limitaciones en el diseño por presencia de procesos de congelación; presencia de ión cloruro o ataques por sulfato.
- La resistencia en compresión de diseño especificado es de 210 kg/cm^2 ; por conveniencia se estima, cuando no se cuenta con un registro de resultados de ensayos que posibilite el cálculo de desviación estándar y el coeficiente de variación, el uso de la Tabla 17, pese a presentar varios estudios relacionados con las variables estudiadas, no brindan una gran fiabilidad ya que afecta el contexto en su análisis; cabe resaltar que el laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica no cuenta con una desviación estándar y coeficiente de variación. En consecuencia, la resistencia promedio requerida se determinó empleando los valores hallados en la Tabla 17.

Tabla 17 Resistencia en compresión promedio requerida

$f'c$ (Resistencia en compresión especificada del concreto)	$f'cr$ (Resistencia en compresión promedio requerida)
menos de 210 kg/cm^2	$f'c + 70 \text{ kg/cm}^2$
de 210 kg/cm^2 a 350 kg/cm^2	$f'c + 84 \text{ kg/cm}^2$
sobre 350 kg/cm^2	$f'c + 98 \text{ kg/cm}^2$

- Las condiciones de colocación que por conveniencia necesita que las mezclas tengan una consistencia plástica.
- El tamaño máximo nominal que se estima fue de 1".

B. Materiales

- a. Cemento: Se ha fijado y elegido por el cemento portland tipo I, cuyo peso específico es de 3.12 g/cm^3 o $3\,120 \text{ kgf/m}^3$.
 - b. Agua: A continuación, se mencionan las sustancias usadas en el amasado y curado del concreto, contando con sus respectivos ensayos de análisis físico, químico y bacteriológico de las aguas, para estimar la calidad de las mismas.
- Agua de la laguna de Cceullacocha: se obtenido casi de la salida de la masa de agua, en condiciones meteorológicas adecuadas.

- Agua del río Ichu: se ha obtenido del puente Tablachaca, en condiciones meteorológicas adecuadas.
 - Agua de la piscina de los Baños termales del Inca: se ha obtenido de la fuente o afloramiento de la piscina, en condiciones meteorológicas adecuadas.
 - Agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.: se ha obtenido del grifo de la conexión domiciliaria de la Universidad Nacional de Huancavelica.
- c. Agregado fino: Por conveniencia se ha fijado y elegido el agregado fino de la cantera de Callqui Chico, cuyos resultados de sus características luego de los ensayos en el laboratorio correspondientes son como sigue:
- Peso específico de la masa del agregado fino: 2.45 g/cm^3 o $2\,450 \text{ kgf/m}^3$.
 - Absorción de las partículas del agregado fino expresado en porcentaje: 3.18 %.
 - Contenido de humedad de las partículas del agregado fino, se tuvieron varios contenidos de humedad, puesto que se hicieron varios y en días diferentes los amasados de concreto para la investigación, y son los siguientes con el cual se corrigieron las cantidades en peso o volumen de los materiales con la excepción del cemento: 5.634 %, 4.638 %, 4.900 %, 7.043 % y 5.140 %.
 - Módulo de fineza del agregado fino: 3.46.
- d. Agregado grueso: como ya se ha mencionado en los acápites correspondientes y por conveniencia o convención se ha fijado y elegido el agregado grueso de la cantera de Chuñuranara, del Ing. Eusebio Tito Cuellar, cuyos resultados de las características luego de los ensayos en el laboratorio se mencionan:
- Peso específico de la masa del agregado grueso o piedra chancada: 2.54 g/cm^3 o $2\,540 \text{ kgf/m}^3$.
 - Absorción de las partículas del agregado grueso o piedra chancada expresado en porcentaje: 1.86 %.
 - Contenido de humedad de las partículas del agregado grueso o piedra chancada; se tuvo varios contenidos de humedad, ya que se mezclaron varios y en diferentes días el concreto, los contenidos de humedad fueron los siguientes, con

lo que se corrigieron las cantidades en pesos o en volumen de los materiales con la excepción del cemento: 1.807 %, 1.590 %, 1.628 %, 2.030 % y 1.708 %.

- Peso unitario compactado seco del agregado grueso en un metro cúbico: 1 489.21 kg/m³.
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso: 1".

C. Determinación de la resistencia en compresión promedio requerido

Conociendo que la resistencia en compresión de diseño especificada es de 210 kg/cm² y como no tenemos una desviación estándar y coeficiente variación, se revisaron los niveles de resistencia en compresión promedio requerido es de $f'_c + 84$ kg/cm², para resistencias en compresión especificada del concreto de 210 kg/cm² a 350 kg/cm². Por lo tanto, se indica que la resistencia en compresión promedio requerido es de 294 kg/cm² o 294 kgf/cm².

D. Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso

De acuerdo a las especificaciones de la supuesta infraestructura, a la granulometría del agregado grueso, le corresponde un tamaño máximo nominal de 1".

E. Selección de la consistencia o el slump

Las condiciones de colocación y por convención requieren que la mezcla tenga una consistencia plástica, correspondiente a un asentamiento o slump de 3" a 4".

F. Determinación del volumen unitario del agua de diseño

La selección del volumen unitario del agua de diseño, determinó que el volumen unitario de agua, necesario para una mezcla de concreto cuyo asentamiento es de 3" a 4", en una mezcla sin aire incorporado cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", es de 193 L (193 litros de agua para un metro cúbico de concreto con agregado en estado seco).

G. Determinación de contenido de aire total (atrapado e incorporado)

Por las especificaciones dadas previamente y desde que la infraestructura supuesta a ser vaciado no va a estar expuesta a condiciones de la meteorización severa, no se considera necesario incorporar aire a la mezcla del concreto. Se determinó que el contenido de aire atrapado para un agregado grueso de tamaño máximo nominal 1" es de 1.5 % (0.015 metro cúbico de aire por o en un metro cúbico de concreto). Entonces, el aire total es el aire natural igual 1.5 %.

H. Determinación de la relación o razón de agua-cemento, a/c

La infraestructura supuesta no presenta exposición severa al intemperismo o meteorización; además, no presenta ataques por sulfatos u otro tipo de sustancias dañinas al concreto, se selecciona la razón únicamente por resistencia y se omite por durabilidad. De acuerdo a la tabla selección de la relación agua-cemento para una resistencia en compresión promedio requerido correspondiente a 294 kg/cm^2 en un concreto sin aire incorporado, la razón de agua - cemento por resistencia es de 0.558. En la Tabla 18 se muestran de forma más detallada los puntos de resistencia en compresión promedio que se necesita y la relación a/c que presenta.

Tabla 18 Conjunto discreto de puntos de resistencia en compresión promedio requerido y la relación o razón de agua-cemento en peso

Resistencia en compresión promedio requerida f'_{cr} a los 28 días (kg/cm^2)	Relación agua-cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos 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	...

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

De la Tabla 18 se puede apreciar un conjunto de puntos; no obstante, se necesita obtener el parámetro a/c para un f'_{cr} igual a 294 kg/cm^2 . Luego se estima un subcampo de la matemática o del análisis numérico para la obtención de este punto. La interpolación lineal utiliza dos puntos conocidos, (x_a, y_a) y (x_b, y_b) y un tercer punto interpolado, (x, y) que se quiere conocer, para mayor comprensión se presenta la siguiente fórmula:

$$y = y_a + (x - x_a) \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

Aplicando esta fórmula se obtiene lo siguiente, $a/c = 0.55 + (294 - 300) \frac{(0.62 - 0.55)}{(250 - 300)}$ calculando se tiene que la relación $a/c = 0.558$. Éste es una razón que compara dos magnitudes: el volumen del agua en litros y masa en kilogramos. Por consiguientes $a/c = 0.558 \text{ l/kg}$.

I. Cálculo del contenido o cantidad de cemento o factor cemento

La cantidad de cemento por o para una unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado dividido entre la relación agua-cemento.

Contenido o cantidad cemento o factor cemento (kg)

$$= \frac{193 l_{\text{agua}}}{0.558 l_{\text{agua}}/kg_{\text{cemento}}}$$

Cantidad o contenido de cemento o factor cemento =

$$345.630 kg_{\text{cemento}} = 345.630 kg_{\text{cemento}} * \frac{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}}{42.5 kg_{\text{cemento}}} = 8.132 \text{ bolsas}_{\text{cemento}}$$

J. Estimación del contenido del agregado grueso

Para determinar el contenido de agregado grueso, empleando el método del Comité 211 del ACI, se empleó la tabla de agregado grueso, con un módulo de fineza de 3.46 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1", encontrándose un valor de $b/b_0 = 0.6038$. A continuación, una explicación breve de la obtención del coeficiente b/b_0 (resultante de la división del peso seco de agregado grueso requerido por la unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso, expresado en kg/m^3). Multiplicando el coeficiente b/b_0 por el peso unitario seco varillado del agregado grueso, se obtiene, de acuerdo al método ACI, la cantidad de agregado grueso seco y compactado que debe emplearse en la mezcla.

Tabla 19 Conjunto discreto de puntos para un tamaño máximo nominal del agregado grueso de módulos de fineza del agregado fino y el coeficiente b/b_0

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de fineza del agregado fino			
	Coeficiente b/b_0 resultante de la división del peso seco de agregado grueso requerido por unidad cúbica de concreto entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso, en Kg/m^3			
	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

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

De la Tabla 19 se puede apreciar un conjunto de puntos para un tamaño máximo nominal de agregado grueso; no obstante, se necesita obtener el coeficiente b/b_0 para un módulo de fineza del agregado fino igual a 3.46. Subsiguientemente se estima un subcampo de la matemática o del análisis numérico para la obtención de este punto. La interpolación lineal utiliza dos puntos conocidos, (x_a, y_a) y (x_b, y_b) y un tercer punto interpolado, (x, y) que se quiere conocer, para mayor comprensión se presenta la siguiente fórmula:

$$y = y_a + (x - x_a) \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

Aplicando esta fórmula se obtiene lo siguiente, $b/b_0 = 0.69 + (3.46 - 2.6) \frac{(0.67 - 0.69)}{(2.8 - 2.6)}$ calculando se tiene el coeficiente $b/b_0 = 0.6038$.

Multiplicando el coeficiente b/b_0 por el peso unitario seco varillado del agregado grueso, se obtiene, de acuerdo al método ACI, la cantidad de agregado grueso seco y compactado que debe emplearse en la mezcla.

Entonces el peso de la cantidad o del agregado grueso es igual a 899.14 kg, precisamente como se muestra la siguiente igualdad o relación:

$$\begin{aligned} \text{Peso del agregado grueso seco (kg)} \\ = b/b_0 * \text{peso unitario seco compactado en un m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Peso del agregado grueso seco seco} = 0.6038 * 1\,489\text{ kg}$$

$$\text{Peso del agregado grueso seco} = 899.14\text{ kg}$$

K. Cálculo de los volúmenes absolutos de los materiales

Se define por una convención el peso específico como al peso que posee una sustancia en un determinado volumen. O sea, es una relación binaria o siendo más exacto es una razón geométrica que compara dos magnitudes, el peso y el volumen de una sustancia. Expresándose en newtons sobre metro cúbico (N/m^3), y su expresión matemática o de cálculo es:

$$\gamma = \frac{w}{V}$$

Siendo, γ el peso específico; w , el peso de la sustancia y V , el volumen de la sustancia. Averiguado los pesos del cemento, agua y agregado grueso, además como el

volumen del aire, se procede a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos componentes:

$$\text{Volúmen absoluto de cemento: } \frac{345.630 \text{ kg}}{3\,150 \text{ kg/m}^3} = 0.110 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen absoluto del agua de diseño: } \frac{193 \text{ l}}{1\,000 \text{ kg/m}^3} = \frac{193 \text{ kg}}{1\,000 \text{ kg/m}^3} = 0.193 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen absoluto del aire: } 1.5 \% * 1 \text{ m}^3 = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen absoluto del agregado grueso: } \frac{899.14 \text{ kg}}{2\,540 \text{ kg/m}^3} = 0.354 \text{ m}^3$$

$$\text{Suma de los volúmenes absolutos: } 0.110 \text{ m}^3 + 0.193 \text{ m}^3 + 0.015 \text{ m}^3 + 0.354 \text{ m}^3 = 0.672 \text{ m}^3$$

L. Estimación o cómputo del agregado fino

El volumen absoluto del agregado fino fue igual a la diferencia entre la unidad y la suma de los volúmenes absolutos conocidos. El peso del agregado fino fue igual a su volumen absoluto multiplicado por su peso específico.

$$\text{Volumen absoluto del agregado fino seco: } 1 \text{ m}^3 - 0.672 \text{ m}^3 = 0.328 \text{ m}^3$$

Se llama peso específico al peso que posee una sustancia en un determinado volumen. Se sabe que el peso es igual al producto del volumen por el peso específico. Cuya expresión de cálculo es:

$$\gamma = \frac{w}{V}$$

Siendo, γ el peso específico; w , el peso de la sustancia y V , el volumen de la sustancia. A continuación, calculamos los pesos de los agregados.

$$\text{Peso seco del agregado fino: } 0.328 \text{ m}^3 * 2\,450 \text{ kg/m}^3 = 804.99 \text{ kg}$$

M. Cantidad de materiales o valores de diseño para preparar un metro cúbico de concreto

Las cantidades de materiales a ser empleados como valores de diseño para un metro cúbico de concreto se tomaron los siguientes:

$$\begin{array}{ll} \text{Cantidad de cemento:} & 345.63 \text{ kg} \\ & (345.63 \text{ kg para un metro cúbico de concreto}) \end{array}$$

Cantidad de agua de diseño: 193 l
(193 litros para un metro cúbico de concreto)

Cantidad de agregado fino seco: 804.99 kg
(804.99 kg para un metro cúbico de concreto)

Cantidad de agregado grueso seco: 899.14 kg
(899.14 kg para un metro cúbico de concreto)

N. Ajustes o corrección por contenido de humedad de los agregados

Las proporciones de los materiales que integran la unidad cúbica del concreto debe ser corregida en función de las condiciones de humedad de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra. Entonces los pesos de los materiales corregidos por humedad son como sigue:

$$\text{Peso del agregado húmedo} = (1 + \% \omega) * \text{peso del agregado seco}$$

A continuación, se presenta un modelo de cálculo de materiales corregidos para un determinado contenido de humedad elegido tanto para el agregado fino y grueso y los demás cálculos con los otros contenidos de humedad de los agregados fino y grueso lo concentraremos o lo haremos tan solo en un cuadro comparativo y compendiado. Al momento de mezclar los materiales del concreto se apreció diferentes contenidos de humedad de los agregados; ya que, se hizo en diferentes días para los cuatro diferentes tipos de agua: el agua de la laguna, río, baño termal y potable. Es importante señalar que en diseño de mezcla y por consiguiente en el mezclado del concreto, sólo se manipuló el contenido de humedad y la cantidad de agua efectiva respectivamente, mientras que los otros aspectos fueron considerados constantes con la excepción de los pesos húmedos o naturales de los agregados.

Se precisa que el peso del agregado fino húmedo, para uno de los contenidos de humedad es igual a 5.140 %, precisamente como continúa:

$$\text{Peso del agregado fino húmedo} = (1 + \omega \%) * \text{peso del agregado fino seco}$$

$$\begin{aligned}\text{Peso del agregado fino húmedo} &= (1 + 5.140 \%) * 804.99 \\ &= (1 + 0.05140) * 804.99 = 846.36 \text{ kg}\end{aligned}$$

Se determina el peso del agregado grueso húmedo para uno de los contenidos de humedad igual a 1.708 %, así como se muestra:

Peso del agregado grueso húmedo

$$= (1 + \omega \%) * \text{peso del agregado grueso seco}$$

$$\text{Peso del agregado grueso húmedo} = (1 + 1.708 \%) * 899.14 \text{ kg}$$

$$= (1 + 0.01708) * 899.14 \text{ kg} = 914.50 \text{ kg}$$

Una demostración sencilla del agua libre o agua faltante de los agregados, ya que es un acuerdo entre los ingenieros o los creadores de las definiciones, principios de la ingeniería del concreto, es que debemos partir de un principio fundamental; asimismo, se debe definir y establecer el peso húmedo de los agregados como H y el peso saturado superficialmente seco como D , entonces se elige como agregado ideal a los agregados saturados superficialmente secos es decir agregados que no añaden ni quitan agua de la mezcla, claro está de que esta definición es un fundamento que debe construir en base a todos los otros principios o leyes; el agregado húmedo hace referencia a un agregado húmedo propiamente dicho o a un agregado seco o semiseco; en consecuencia, el peso del agregado saturado superficialmente seco denotado como D es constante; sin embargo, el peso del agregado húmedo denotado como H puede variar desde pesos de agregados secos hasta pesos de agregados húmedos. Con estas definiciones se demuestra lo siguiente:

Agua libre o faltante

$$= \text{peso del agregado húmedo}$$

$$- \text{peso del agregado saturado superficialmente seco}$$

$$\text{Agua libre o faltante} = H - D$$

$$\text{Agua libre o faltante} = (H - S) - (D - S) = [(H - S) - (D - S)] * \frac{S}{S}$$

$$\text{Agua libre o faltante} = \left[\frac{(H - S)}{S} - \frac{(D - S)}{S} \right] * S = [\% \omega - \% a] * S$$

$$\text{Agua libre o faltante} = [\% \omega - \% a] * S$$

Es una demostración sencilla y empírica; no obstante, si se pudiera demostrar con un lenguaje matemático basado en leyes, propiedades, teoremas, postulados, axiomas, principios, etc. tendría complejidad, pero para fines

prácticos se admite la siguiente demostración, pues en ningún momento se infringe las reglas o propiedades matemáticas.

Además, como consecuencia de esta definición se define una relación binaria o más explícitamente una razón aritmética como se exterioriza en seguida:

$$\textit{Agua efectiva} = \textit{agua de diseño} - \textit{agua libre o faltante}$$

Con aquel somero preámbulo y con la definición anterior sobre el agua efectiva calculamos el mismo para la mezcla de concreto.

El primer cálculo es sobre el agua libre o faltante de los agregados fino y grueso para uno de los contenidos de humedad del diseño de la mezcla, como son 5.140 % para el agregado fino y 1.708 % para el agregado grueso, además se recuerda que el porcentaje de absorción del agregado fino y grueso es 3.18 % y 1.86 % respectivamente.

$$\begin{aligned} \textit{Agua libre o faltante de los agregados} \\ &= \textit{agua libre o faltante del agregado fino} \\ &+ \textit{agua libre o faltante del agregado grueso} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Agua libre o faltante de los agregados} \\ &= [(\% \omega_{fino} - \% a_{fino}) * S_{fino}] + [(\% \omega_{grueso} - \% a_{grueso}) \\ &* S_{grueso}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Agua libre o faltante de los agregados} \\ &= [(5.140 \% - 3.18 \%) * 804.99 \text{ kg}] + [(1.708 \% - 1.86 \%) \\ &* 899.14 \text{ kg}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textit{Agua libre o faltante de los agregados} \\ &= [(0.05140 - 0.0318) * 804.99 \text{ kg}] + [(0.01708 - 0.0186) \\ &* 899.14 \text{ kg}] \end{aligned}$$

$$\textit{Agua libre o faltante de los agregados} = [15.794 \text{ kg}] + [-1.360 \text{ kg}]$$

$$\begin{aligned} \textit{Agua libre o faltante de los agregados} &= 14.433 \text{ kg} = 14.433 \text{ kg} * \frac{1 \text{ l}}{1 \text{ kg}} \\ &= 14.433 \text{ l} \end{aligned}$$

$$\textit{Agua libre o faltante de los agregados} = 14.433 \text{ l}$$

Ahora, se calcula el agua efectiva para la mezcla de un metro cúbico de concreto, con la definición anterior, precisamente como continúa:

$$\text{Agua efectiva} = \text{agua de diseño} - \text{agua libre o faltante}$$

$$\text{Agua efectiva} = 193 \text{ l} - 14.433 \text{ l} = 178.567 \text{ l}$$

$$\text{Agua efectiva} = 178.567 \text{ l}$$

Cabe resaltar que este es el agua efectiva para uno de los contenidos de humedad del diseño de mezcla, es tomado como modelo para el cálculo de los otros; además al final se muestra un resumen de los cálculos de agua efectiva para diferentes contenidos de humedad de diseño.

Entonces los pesos de los materiales, corregidos por humedad de los agregados, para un metro cúbico de concreto, que a su vez fueron empleados en las mezclas de pruebas son:

$$\text{Cantidad de cemento:} \quad 345.63 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad de agua efectiva:} \quad 178.57 \text{ l}$$

$$\text{Cantidad de agregado fino húmedo:} \quad 846.36 \text{ kg}$$

$$\text{Cantidad de agregado grueso húmedo:} \quad 914.50 \text{ kg}$$

O. Expresiones de las razones en peso de los materiales sin corregir y corregidos

La proporción en peso se puede entender como una razón, relación o la correspondencia en peso de los materiales sin corregir o de diseño y los corregidos por humedad del agregado fueron:

Razones en peso de los materiales secos o sin corregir o de diseño y la razón de agua-cemento de diseño:

$$\frac{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{804.99 \text{ kg}_{\text{fino}}}{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{899.14 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{193 \text{ l}_{\text{agua}}}{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}$$

$$\frac{1 \text{ kg}_{\text{cememto}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{2.33 \text{ kg}_{\text{fino}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{2.60 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{0.56 \text{ l}_{\text{agua}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}$$

$$\begin{aligned} \text{Razón de agua – cemento de diseño} &= a/c_{\text{diseño}} = \frac{193 \text{ l}}{345.63 \text{ kg}} = \frac{0.5584 \text{ l}}{1 \text{ kg}} \\ &= \frac{0.56 \text{ l}}{1 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Razones o relaciones en peso de los materiales húmedos o corregidos por humedad de los agregados o de amasado y la razón de agua-cemento efectiva:

$$\begin{aligned} &\frac{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{846.36 \text{ kg}_{\text{fino}}}{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{914.50 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{178.57 \text{ l}_{\text{agua}}}{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}} \\ &\frac{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{2.45 \text{ kg}_{\text{fino}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{2.65 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}, \frac{0.52 \text{ l}_{\text{agua}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Razón de agua – cemento efectivo} &= a/c_{\text{efectiva}} = \frac{178.57 \text{ l}}{345.63 \text{ kg}} = \frac{0.5167 \text{ l}}{1 \text{ kg}} \\ &= \frac{0.52 \text{ l}}{1 \text{ kg}} \end{aligned}$$

P. Cantidades en pesos o en masa de los materiales de concreto por tanda de una bolsa

Para conocer la cantidad de materiales que se necesitan en una tanda de una bolsa, es necesario multiplicar las razones en peso, ya corregidos por humedad del agregado por el de una bolsa de cemento.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de cemento para una bolsa del mismo} &= \frac{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}} * \frac{42.5 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}} \\ &= \frac{42.5 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}} \end{aligned}$$

Cantidad de agregado fino húmedo para una bolsa de cemento

$$= \frac{2.45 \text{ kg}_{\text{fino}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}} * \frac{42.5 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}} = \frac{104.13 \text{ kg}_{\text{fino}}}{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}}$$

Cantidad de agregado grueso húmedo para una bolsa de cemento

$$= \frac{2.65 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}} * \frac{42.5 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}} = \frac{112.63 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}}$$

Cantidad de agua efectiva para una bolsa de cemento

$$= \frac{0.52 \text{ l}_{\text{agua}}}{1 \text{ kg}_{\text{cemento}}} * \frac{42.5 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}} = \frac{22.10 \text{ l}_{\text{agua}}}{1 \text{ bolsa}_{\text{cemento}}}$$

Q. Cantidades en pesos o en masa de los materiales de concreto para una probeta o molde cilíndrica de dimensión normalizada

Las cantidades de los materiales han sido comparados para un metro cúbico de concreto, bolsa de cemento, tantos kilos de cemento y así calcular una magnitud y cantidad requerida. No obstante, como en ingeniería debe ceñirse a una idea, no como una regla u obligación sino como una virtud que se encuentra en los ingenieros, la comprensión o concepto de la palabra optimización, debe calcularse una cantidad exacta de los materiales para un volumen prefijado, y este es para un molde cilíndrico o probeta de concreto.

a. Cálculo del volumen de una probeta o molde cilíndrico normalizada

El volumen de un cilindro circular recto es:

$$V_{cilindro\ circular\ recto} = \pi * r^2 * h = \left(\pi * \frac{d^2}{4} \right) * h$$

Siendo π la relación entre la longitud de una circunferencia y su diámetro en geometría euclidiana, r o d la longitud del radio o el diámetro de la circunferencia y h siendo la altura del cilindro la distancia entre las bases. Entonces calculando el volumen del molde o probeta cilíndrica circular recto para un d igual a: 6" y h igual a: 12" fue igual a:

$$V_{molde\ o\ probeta} = \pi * \frac{(6 * 25.4 * 10^{-3} m)^2}{4} * (12 * 25.4 * 10^{-3} m)$$

$$\begin{aligned} V_{molde\ o\ probeta} &= 5.55999982664 * 10^{-3} m^3 = 0.00555999982664 m^3 \\ &= 0.00556 m^3 \end{aligned}$$

$$V_{molde\ o\ probeta\ cilíndrica\ circular\ recto} = 0.00556 m^3$$

b. Magnitudes proporcionales y relaciones con los mismos para el cálculo de las cantidades de los materiales

Para el objetivo o la intención se debe de relacionar dos tipos de magnitudes, la masa y el volumen. La cantidad de materiales para el amasado de concreto se ha calculado para un metro cúbico del mismo; entonces debe de calcularse la cantidad de materiales para un volumen de una probeta o molde cilíndrico circular recto. Por una cuestión de apreciación y análisis el asunto que se evaluó son pues magnitudes directamente proporcionales, solamente

multiplicando la cantidad de materiales por metro cúbico de concreto por cantidad de volumen de una probeta es igual a la cantidad establecidas en anteriores secciones.

- c. Cantidades en pesos de los materiales corregidos por humedad de los agregados para un metro cúbico de concreto

Los pesos de los materiales, corregidos por humedad de los agregados, para un metro cúbico de concreto, que a su vez fueron empleados en las mezclas de pruebas son:

$$\text{Cantidad de cemento para un metro cúbico de concreto} = \frac{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ m}^3_{\text{concreto}}}$$

$$\text{Cantidad de agua efectiva para un metro cúbico de concreto} = \frac{178.57 \text{ l}_{\text{agua}}}{1 \text{ m}^3_{\text{concreto}}}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de agregado fino húmedo para un metro cúbico de concreto} \\ = \frac{846.36 \text{ kg}_{\text{fino}}}{1 \text{ m}^3_{\text{concreto}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de agregado grueso húmedo para un metro cúbico de concreto} \\ = \frac{914.50 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{1 \text{ m}^3_{\text{concreto}}} \end{aligned}$$

- d. Cantidades en pesos de los materiales corregidos por humedad de los agregados para una probeta o molde cilíndrico circular recto

Los pesos de los materiales, corregidos por humedad de los agregados, para una probeta o molde cilíndrico circular recto, cuya cantidad de volumen fue establecida anteriormente, siendo igual a 0.00556 m^3 , son como prosigue:

Cantidad de cemento para una probeta cilíndrica de concreto

$$= \frac{345.63 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ m}^3_{\text{concreto}}} * \frac{0.00556 \text{ m}^3_{\text{concreto}}}{1 \text{ probeta}_{\text{concreto}}} = \frac{1.922 \text{ kg}_{\text{cemento}}}{1 \text{ probeta}_{\text{concreto}}}$$

Cantidad de agua efectiva para una probeta cilíndrica de concreto

$$= \frac{178.57 \text{ l}_{\text{agua}}}{1 \text{ m}^3_{\text{concreto}}} * \frac{0.00556 \text{ m}^3_{\text{concreto}}}{1 \text{ probeta}_{\text{concreto}}} = \frac{0.993 \text{ l}_{\text{agua}}}{1 \text{ probeta}_{\text{concreto}}}$$

Cantidad de agregado fino húmedo para una probeta cilíndrica de concreto

$$= \frac{846.36 \text{ kg}_{\text{fino}}}{1 \text{ m}^3_{\text{concreto}}} * \frac{0.00556 \text{ m}^3_{\text{concreto}}}{1 \text{ probeta}_{\text{concreto}}} = \frac{4.706 \text{ kg}_{\text{fino}}}{1 \text{ probeta}_{\text{concreto}}}$$

Cantidad de agregado grueso húmedo para una probeta cilíndrica de concreto

$$= \frac{914.50 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{1 \text{ m}^3_{\text{concreto}}} * \frac{0.00556 \text{ m}^3_{\text{concreto}}}{1 \text{ probeta}_{\text{concreto}}} = \frac{5.085 \text{ kg}_{\text{grueso}}}{1 \text{ probeta}_{\text{concreto}}}$$

R. Cantidades en pesos o en masa de los materiales para un metro cúbico de concreto y para una probeta o molde cilíndrica de dimensiones normalizadas para diferentes contenidos de humedad

- a. Cantidades en peso o en masa de los materiales para un metro cúbico de concreto y para una probeta o molde cilíndrica de dimensiones normalizadas a partir de contenidos de humedad igual a 1.807 % y 5.634 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Las siguientes tablas han sido resultados de los cálculos del diseño de mezcla para el mezclado con el primer tipo de agua: agua del grifo de la conexión domiciliar de la Universidad Nacional de Huancavelica de EMAPA Huancavelica S. A. Asimismo los resultados expresados en los gráficos siguen los pasos señalados en los acápites anteriores de diseño de mezcla.

La tabla 20 presenta las razones de cantidades de peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados abordando los contenidos de humedad igual a 1.807 % y 5.634 % para el agregado grueso y fino respectivamente.

Tabla 20 Razones de las cantidades de peso de los materiales corregidos por humedades igual a 1.807 % y 5.634 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Razones o relaciones en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados				
Conglomerantes y/o sustancias y/o componentes para un material compuesto, el concreto			Razones o relaciones en peso de los materiales húmedos o corregidos por humedad de los agregados o de amasado	
Materiales para el amasado del concreto	Magnitudes o cantidades comparables		Razón	Unidad de medida
Cemento	345.63	345.63	1	kg/kg
Agua efectiva	178.57	345.63	0.517	l/kg
Agregado fino húmedo	846.36	345.63	2.449	kg/kg
Agregado grueso húmedo	914.5	345.63	2.646	kg/kg

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

La Tabla 21 es de gran conveniencia e interés, ya que fue el objetivo en todos los cálculos, para preparar la cantidad adecuada y determinada de concreto con el tipo de agua determinada, por tanto esta tabla presenta las cantidades en masa peso o volumen de los materiales del concreto para una probeta o molde cilíndrico de dimensiones reguladas con volumen de 0.00556 m³.

Tabla 21 cantidades en masa, peso y volumen de los materiales a partir de humedades igual a 1.807 % y 5.634 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Cantidades en masa, peso o volumen de los materiales de concreto para una probeta o molde cilíndrico de dimensiones normalizadas					
Cantidades en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados para un metro cúbico de concreto			Cantidades en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados para una probeta o molde cilíndrico circular recto		
Magnitud	Unidad de medida	Volumen de probeta	Unidad de medida	Magnitud	Unidad de medida
345.63	kg cemento/m ³ concreto	0.00556	m ³	1.922	kg cemento/probeta
173.727	l agua/m ³ concreto	0.00556	m ³	0.966	l agua/probeta
850.311	kg fino/m ³ concreto	0.00556	m ³	4.728	kg fino/probeta
915.414	kg grueso/m ³ concreto	0.00556	m ³	5.09	kg grueso/probeta

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

- b. Cantidades en peso o en masa de los materiales para un metro cúbico de concreto y para una probeta o molde cilíndrica de dimensiones normalizadas a partir de contenidos de humedad igual a 1.590 % y 4.638 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Las siguientes tablas han sido resultados de los cálculos del diseño de mezcla para el mezclado con el segundo tipo de agua: Baños termales del Inca. Asimismo los resultados expresados en los gráficos siguen los pasos señalados en los acápites anteriores de diseño de mezcla.

La tabla 22 presenta los resultados de las razones en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados presentando contenidos de humedad igual a 1.590 % y 4.638 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Tabla 22 Razones en peso los materiales corregidos por humedades igual a 1.590 % y 4.638 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Razones o relaciones en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados				
Conglomerantes y/o sustancias y/o componentes para un material compuesto, el concreto			Razones o relaciones en peso de los materiales húmedos o corregidos por humedad de los agregados o de amasado	
Materiales para el amasado del concreto	Magnitudes o cantidades comparables		Razón	Unidad de medida
Cemento	345.63	345.63	1	kg/kg
Agua efectiva	183.675	345.63	0.531	l/kg
Agregado fino húmedo	842.341536	345.63	2.437	kg/kg
Agregado grueso húmedo	913.436326	345.63	2.643	kg/kg

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

La Tabla 23 es de gran importancia y valor porque fue el objetivo en todos los cálculos de las cantidades, para preparar la cantidad adecuada y determinada de concreto con el tipo de agua determinada, pues esta tabla presenta las cantidades en

masa, peso o volumen de los materiales del concreto para una probeta o molde cilíndrico de dimensiones reguladas con volumen igual a 0.00556 m³.

Tabla 23 Cantidades en masa, peso y volumen de los materiales a partir de humedades igual a 1.590 % y 4.638 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Cantidades en masa, peso o volumen de los materiales de concreto para una probeta o molde cilíndrico de dimensiones normalizada					
Cantidades en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados para un metro cúbico de concreto		Cantidades en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados para una probeta o molde cilíndrico circular recto			
Magnitud	Unidad de medida	Volumen de probeta	Unidad de medida	Magnitud	Unidad de medida
345.63	kg cemento/m ³ concreto	0.00556	m ³	1.922	kg cemento/probeta
183.675	l agua/m ³ concreto	0.00556	m ³	1.021	l agua/probeta
842.341536	kg fino/m ³ concreto	0.00556	m ³	4.683	kg fino/probeta
913.436326	kg grueso/m ³ concreto	0.00556	m ³	5.079	kg grueso/probeta

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

- c. Cantidades en peso o en masa de los materiales para un metro cúbico de concreto y para una probeta o molde cilíndrica de dimensiones normalizadas planteando contenidos de humedad igual a 1.628 % y 4.900 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Las siguientes tablas han sido resultados de los cálculos del diseño de mezcla para el mezclado con el tercer tipo de agua: río Ichu. Asimismo los resultados expresados en los gráficos siguen los pasos señalados en los acápites anteriores de diseño de mezcla.

La tabla 24 presenta los resultados de las razones en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados presentando contenidos de humedad igual a 1.628 % y 4.900 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Tabla 24 Razones en peso de los materiales corregidos por humedad igual a 1.628 % y 4.900 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Razones o relaciones en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados				
Conglomerantes y/o sustancias y/o componentes para un material compuesto, el concreto		Razones o relaciones en peso de los materiales húmedos o corregidos por humedad de los agregados o de amasado		
Materiales para el amasado del concreto	Magnitudes o cantidades comparables	Razón	Unidad de medida	
Cemento	345.63	345.63	1	kg/kg
Agua efectiva	178.57	345.63	0.517	l/kg
Agregado fino húmedo	846.36	345.63	2.449	kg/kg
Agregado grueso húmedo	914.5	345.63	2.646	kg/kg

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

A continuación, en la Tabla 25 se muestra las cantidades en masa o peso o volumen de los ingredientes de concreto para una probeta o molde cilíndrico de dimensiones normalizadas, a partir de contenidos de humedad igual a 1.628 % y 4.900 % para el agregado grueso y fino respectivamente.

Tabla 25 Cantidades en masa, peso y volumen de los materiales a partir de humedades igual a 1.628 % y 4.900 % para el agregado grueso y fino correspondientemente

Cantidades en masa, peso o volumen de los materiales de concreto para una probeta o molde cilíndrico de dimensiones normalizada					
Cantidades en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados para un metro cúbico de concreto			Cantidades en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados para una probeta o molde cilíndrico circular recto		
Magnitud	Unidad de medida	Volumen de probeta	Unidad de medida	Magnitud	Unidad de medida
345.63	kg cemento/m ³ concreto	0.00556	m ³	1.922	kg cemento/probeta
181.222	l agua/m ³ concreto	0.00556	m ³	1.008	l agua/probeta
844.43451	kg fino/m ³ concreto	0.00556	m ³	4.695	kg fino/probeta
913.795982	kg grueso/m ³ concreto	0.00556	m ³	5.081	kg grueso/probeta

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

- d. Cantidades en peso o en masa de los materiales para un metro cúbico de concreto y para una probeta o molde cilíndrica de dimensiones normalizadas presentando contenidos de humedad igual a 2.030 % y 7.043 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Las siguientes tablas han sido resultados de los cálculos del diseño de mezcla para el mezclado con el pcuarto tipo de agua: laguna de Cceuchacocha. Asimismo los resultados expresados en los gráficos siguen los pasos señalados en los acápites anteriores de diseño de mezcla.

Simultáneamente se muestra las razones o relaciones en peso o volumen por peso de los materiales corregidos por humedad a partir de las cantidades de humedad expresados en porcentaje iguales a 2.030 % y 7.043 % para el agregado grueso y fino en atención, todo ello se evidencia en la Tabla 26.

Tabla 26 Razones en peso o volumen de los materiales corregidos por humedad igual a 2.030 % y 7.043 % para agregado grueso y fino en ese orden

Razones o relaciones en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados	
Conglomerantes y/o sustancias y/o componentes para un material compuesto, el concreto	Razones o relaciones en peso de los materiales húmedos o corregidos por humedad de los agregados o de amasado

Materiales para el amasado del concreto	Magnitudes o cantidades comparables		Razón	Unidad de medida
Cemento	345.63	345.63	1	kg/kg
Agua efectiva	178.57	345.63	0.517	l/kg
Agregado fino húmedo	846.36	345.63	2.449	kg/kg
Agregado grueso húmedo	914.5	345.63	2.646	kg/kg

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

La Tabla 27 muestra contenidos de resultados de cálculos de cantidades en masa, peso o volumen de los materiales de concreto para una probeta o molde cilíndrico de dimensiones normalizadas a partir de contenidos de humedad expresados en porcentajes iguales a 2.030 % y 7.043 % para el agregado grueso y fino en orden.

Tabla 27 Cantidades en masa, peso y volumen de los materiales de concreto de humedades 2.030 % y 7.043 % para el agregado grueso y fino respectivamente

Cantidades en masa, peso o volumen de los materiales de concreto para una probeta o molde cilíndrico de dimensiones normalizada					
Cantidades en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados para un metro cúbico de concreto		Cantidades en peso de los materiales corregidos por humedad de los agregados para una probeta o molde cilíndrico circular recto			
Magnitud	Unidad de medida	Volumen de probeta	Unidad de medida	Magnitud	Unidad de medida
345.63	kg cemento/m ³ concreto	0.00556	m ³	1.922	kg cemento/probeta
160.399	l agua/m ³ concreto	0.00556	m ³	0.892	l agua/probeta
861.661296	kg fino/m ³ concreto	0.00556	m ³	4.791	kg fino/probeta
917.392542	kg grueso/m ³ concreto	0.00556	m ³	5.101	kg grueso/probeta

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

4.6. Resultados de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto con agua fuentes diferentes

4.6.1. Resultados de resistencia a la compresión de concreto mezcladas y curadas con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.

La investigación sobre el estudio de la influencia de las sustancias perjudiciales del agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto a la compresión f'_c 210 kgf/cm² mezcladas y curadas con los mismos muestra los resultados de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto, en la que se ha tomado, para la mezcla del concreto, las muestras de agua del grifo de la Universidad Nacional de Huancavelica en las siguientes fechas: a los 27 días del mes de marzo del año 2019

a las 11 horas con 30 minutos de la mañana se ha tomado la muestra de agua para la mezcla, y se ha amasado el concreto a las 2 horas con 30 minutos de la tarde del mismo día.

A continuación, en la Tabla 28 y Tabla 29 se presenta un resumen de las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto amasadas y curadas con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.



Tabla 28 Resumen de las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto amasadas y curadas con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.

Resumen de las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto amasadas y curadas con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.												
Número ordinal de probetas	Carga máxima de rotura sometida por la máquina de compresión a las probetas cilíndricas normalizadas de concreto		Promedio de la carga máxima de rotura por la máquina de compresión		Esfuerzo de compresión, resultante de las presiones que existe dentro de las probetas, calculadas por la máquina de compresión		Promedio de los esfuerzos en las probetas sometidas a la máquina de compresión		Cálculo de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión		Promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión	
	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad
1	26849.0	kp o kgf	27228.9	kgf	151.9	kgf/cm ²	154.1	kgf/cm ²	148.51	kgf/cm ²	150.20	kgf/cm ²
2	26831.3	kp o kgf			151.8	kgf/cm ²			147.79	kgf/cm ²		
3	26831.3	kp o kgf			151.8	kgf/cm ²			147.83	kgf/cm ²		
4	28404.0	kp o kgf			160.7	kgf/cm ²			156.68	kgf/cm ²		
5	30899.3	kp o kgf	31469.2	kgf	174.9	kgf/cm ²	178.1	kgf/cm ²	170.37	kgf/cm ²	173.56	kgf/cm ²
6	31023.0	kp o kgf			175.6	kgf/cm ²			171.05	kgf/cm ²		
7	31570.8	kp o kgf			178.7	kgf/cm ²			174.24	kgf/cm ²		
8	32383.6	kp o kgf			183.3	kgf/cm ²			178.56	kgf/cm ²		
9	34546.0	kp o kgf	34700.6	kgf	195.5	kgf/cm ²	196.4	kgf/cm ²	190.18	kgf/cm ²	192.00	kgf/cm ²
10	34599.0	kp o kgf			195.8	kgf/cm ²			191.60	kgf/cm ²		
11	35818.3	kp o kgf			202.7	kgf/cm ²			199.01	kgf/cm ²		
12	33839.2	kp o kgf			191.5	kgf/cm ²			187.22	kgf/cm ²		
13	37108.3	kp o kgf	37108.3	kgf	210.0	kgf/cm ²	210.0	kgf/cm ²	204.68	kgf/cm ²	204.64	kgf/cm ²
14	37585.4	kp o kgf			212.7	kgf/cm ²			207.21	kgf/cm ²		

15	36631.2	kp o kgf	207.3	kgf/cm ²	202.03	kgf/cm ²
16	37108.3	kp o kgf	210.0	kgf/cm ²	204.63	kgf/cm ²

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

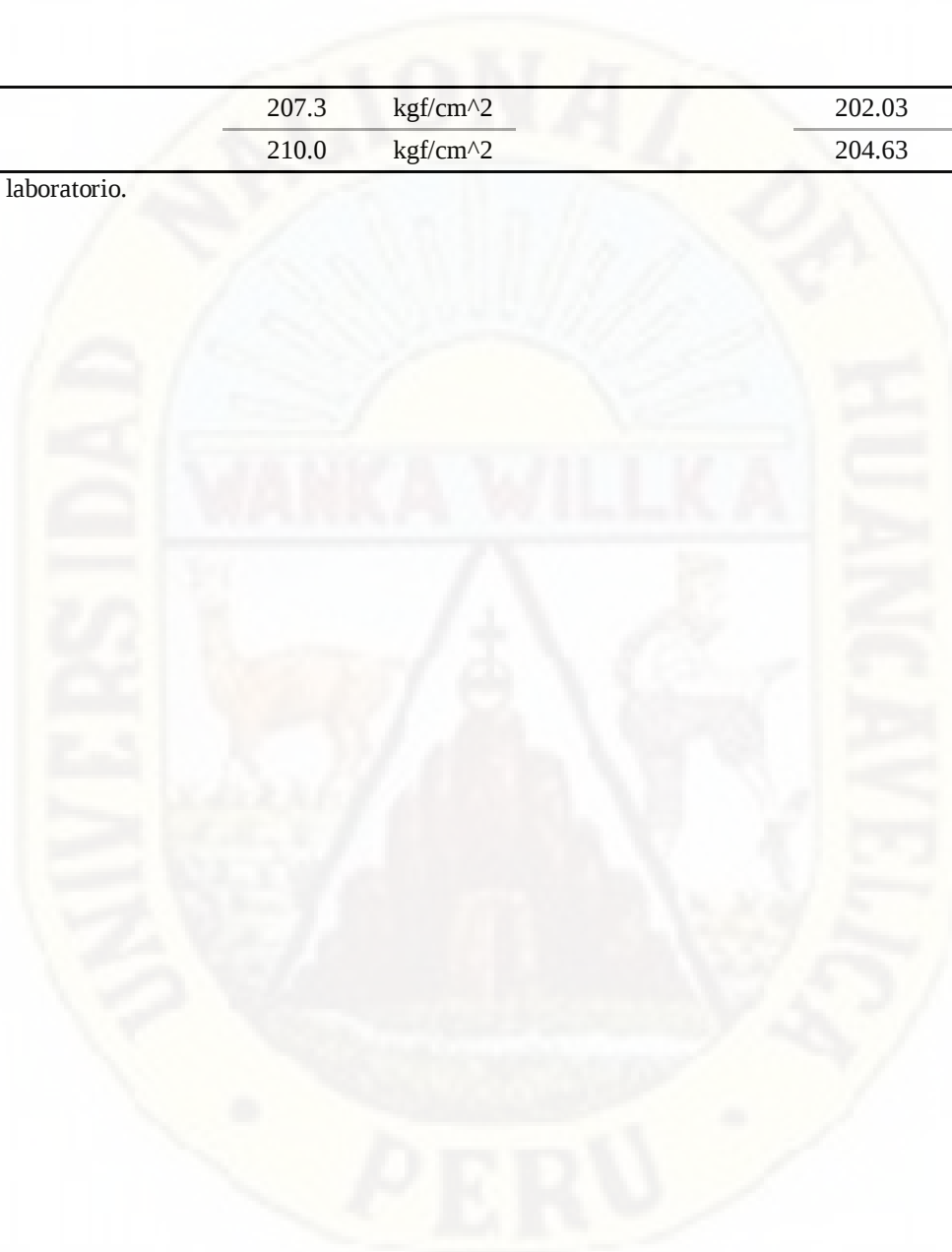


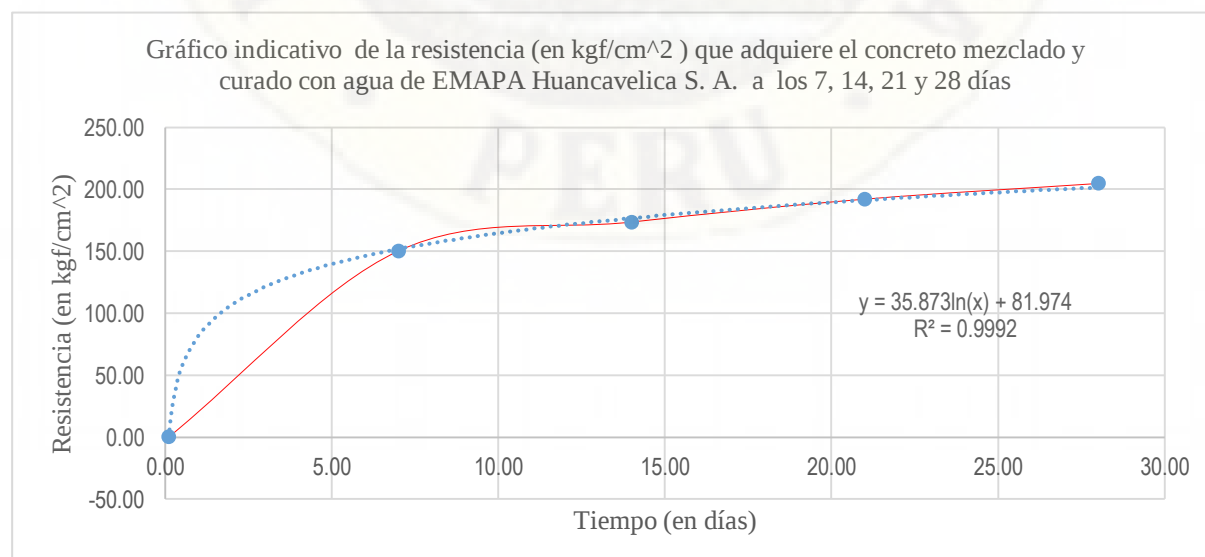
Tabla 29 Resumen de los esfuerzos o resistencias promedio (en kgf/cm² y %) que adquiere el concreto, mezclados y curados con agua de EMAPA Huancavelica S. A. a los 7, 14, 21 y 28 días

Resumen de los esfuerzos promedio en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A. y porcentaje de los promedios de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas						
Número ordinal para el gráfico y/o diagrama de la resistencia que adquiere el concreto a los 7, 14, 21 y 28 días	Cantidad de la magnitud matemática del lapso que tarda la Tierra desde que el Sol está en el punto más alto sobre el horizonte hasta que vuelve a estarlo		Promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión		Porcentaje, tanto por ciento, relación de dos cantidades de los promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión	
	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Tanto (es un número)	Por ciento (de cada cien unidades)
1	7	días	150.20	kgf/cm ²	73.398	%
2	14	días	173.56	kgf/cm ²	84.811	%
3	21	días	192.00	kgf/cm ²	93.826	%
4	28	días	204.64	kgf/cm ²	100.00	%

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

En la Figura 13, se presenta un gráfico donde se indica una curva de la resistencia adquirida por el concreto mezclado y curado con agua de EMAPA. También en la Tabla 30 se puede evidenciar otro de los resúmenes respecto a los esfuerzos promedios o de las resistencias promedio (en kgf/cm² y %) que adquiere el concreto mezclados y curados con agua de EMAPA Huancavelica entre los días 7, 14, 21 y 28 días.

Figura 13 Gráfico de la resistencia (en kgf/cm²) del concreto mezclado y curado con agua de EMAPA Huancavelica S. A. a los 7, 14, 21 y 28 días



4.6.2. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto mezcladas y curadas con los Baños termales del Inca

Los resultados de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto, en las que para su mezclado se ha tomado las muestras de agua de la fuente o afloramiento de la piscina de los Baños termales del Inca en las siguientes fechas: a los 2 días del mes de abril del año 2019 a las 10 horas con 30 minutos de la mañana se ha tomado la muestra de agua para la mezcla y se ha amasado el concreto a las 2 horas con 30 minutos de la tarde del mismo día. En la Tabla 30 se presentan los resúmenes respecto a las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, amasados y curados con agua de los Baños termales del Inca. En la Tabla 31 y Figura 14 se encuentran los resúmenes de los esfuerzos promedio o de las resistencias promedio.

Tabla 30

Resumen de las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua de los Baños termales del Inca

Resumen de las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua de los Baños termales del Inca												
Número ordinal de probetas	Carga máxima de rotura sometida por la máquina de compresión a las probetas cilíndricas normalizadas de concreto		Promedio de la carga máxima de rotura por la máquina de compresión		Esfuerzo de compresión, resultante de las presiones que existe dentro de las probetas, calculadas por la máquina de compresión		Promedio de los esfuerzos en las probetas sometidas a la máquina de compresión		Cálculo de los esfuerzo o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por la máquina de compresión		Promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión	
	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad
1	18018.2	kp o kgf	19268.4	kgf	102.0	kgf/cm ²	109.1	kgf/cm ²	98.93	kgf/cm ²	105.94	kgf/cm ²
2	20509.7	kp o kgf			116.1	kgf/cm ²			112.91	kgf/cm ²		
3	19272.8	kp o kgf			109.1	kgf/cm ²			105.96	kgf/cm ²		
4	19272.8	kp o kgf			109.1	kgf/cm ²			105.96	kgf/cm ²		
5	31925.7	kp o kgf	22975.5	kgf	180.7	kgf/cm ²	130.0	kgf/cm ²	177.38	kgf/cm ²	127.57	kgf/cm ²
6	22975.5	kp o kgf			130.0	kgf/cm ²			127.77	kgf/cm ²		
7	14025.4	kp o kgf			79.4	kgf/cm ²			77.34	kgf/cm ²		
8	22975.5	kp o kgf			130.0	kgf/cm ²			127.77	kgf/cm ²		
9	21358.5	kp o kgf	24274.1	kgf	120.9	kgf/cm ²	137.4	kgf/cm ²	118.44	kgf/cm ²	133.90	kgf/cm ²
10	24274.1	kp o kgf			137.4	kgf/cm ²			133.79	kgf/cm ²		
11	27189.8	kp o kgf			153.9	kgf/cm ²			149.58	kgf/cm ²		
12	24274.1	kp o kgf			137.4	kgf/cm ²			133.79	kgf/cm ²		
13	22565.4	kp o kgf	24734.5	kgf	127.7	kgf/cm ²	140.0	kgf/cm ²	124.60	kgf/cm ²	136.57	kgf/cm ²
14	26629.6	kp o kgf			150.7	kgf/cm ²			148.19	kgf/cm ²		

15	27177.4	kp o kgf	153.8	kgf/cm ²	149.63	kgf/cm ²
16	22565.4	kp o kgf	127.7	kgf/cm ²	123.87	kgf/cm ²

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

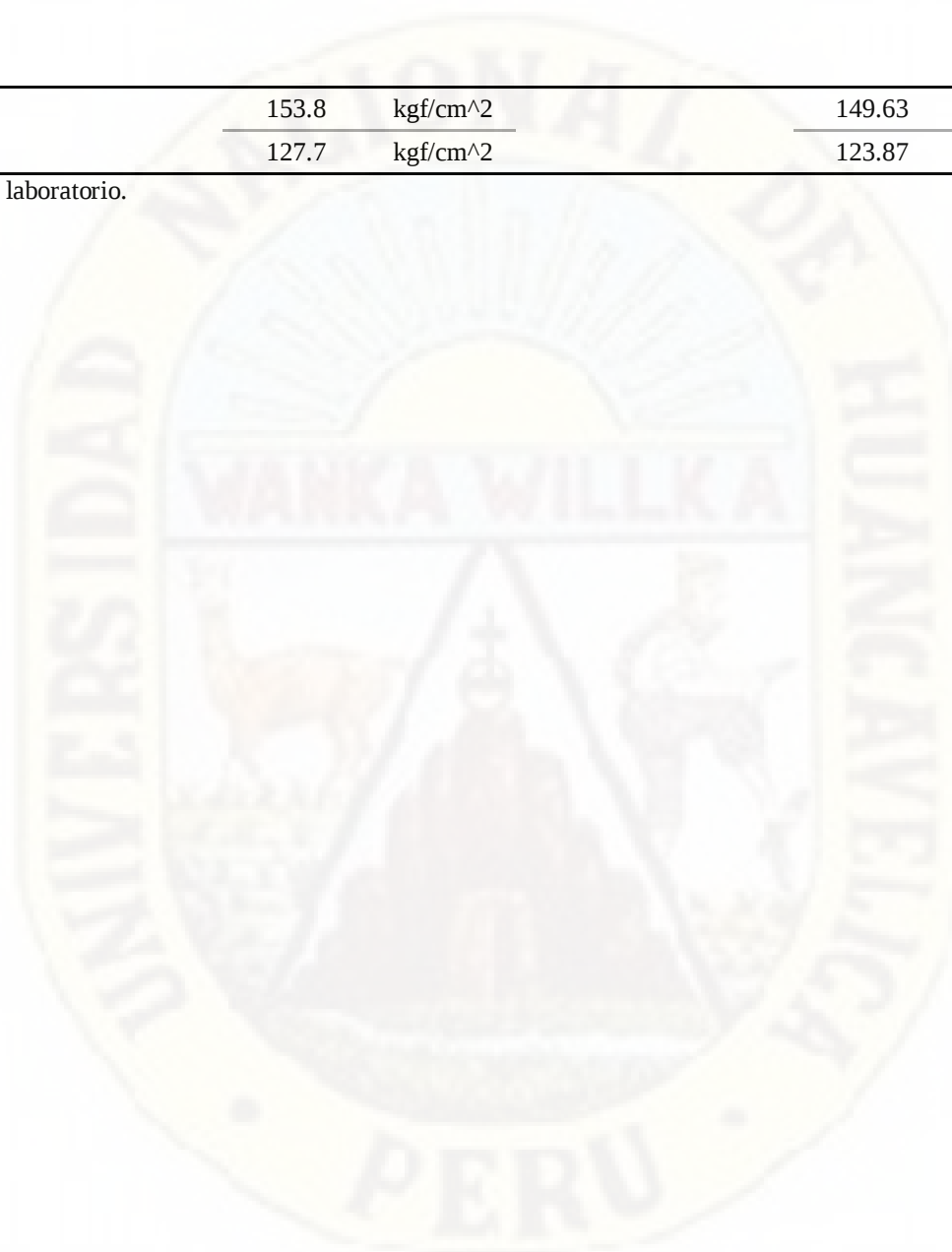
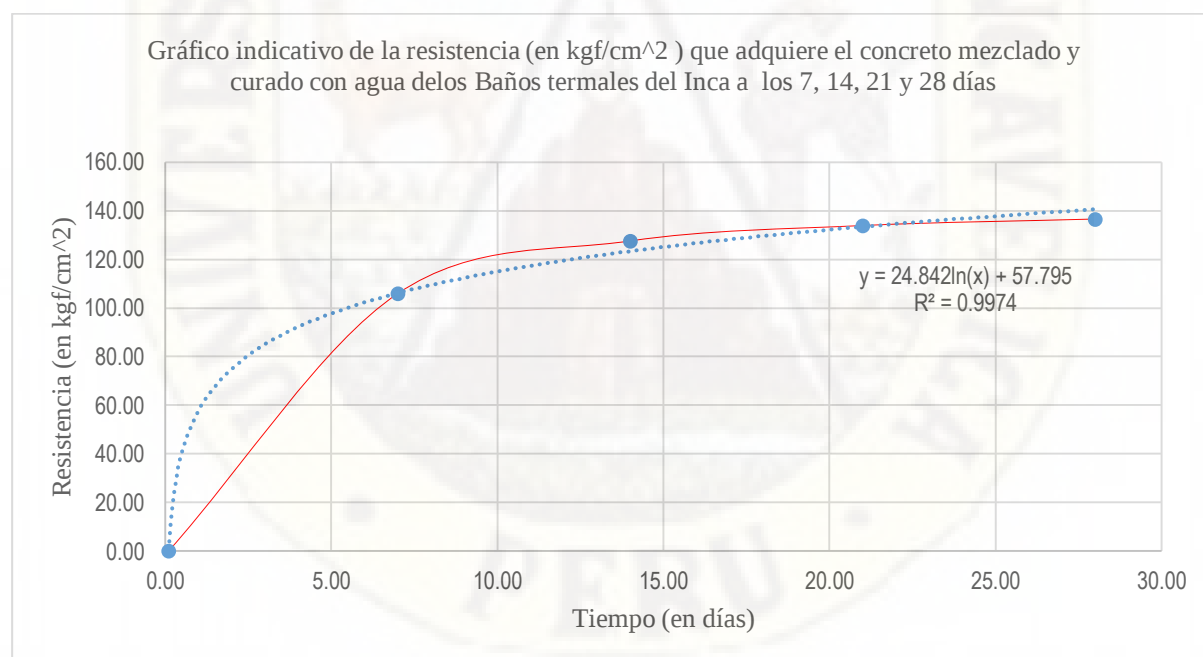


Tabla 31 Resumen de los esfuerzos o resistencias promedios (en kgf/cm² y %) del concreto, mezcladas y curadas con agua de los Baños termales del Inca a los 7, 14, 21 y 28 días

Resumen de los esfuerzos promedio en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua de los Baños termales del Inca y porcentaje de los promedios de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas						
Número ordinal para el gráfico y/o diagrama de la resistencia que adquiere el concreto a los 7, 14, 21 y 28 días	Cantidad de la magnitud matemática del lapso que tarda la Tierra desde que el Sol está en el punto más alto sobre el horizonte hasta que vuelve a estarlo		Promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por la máquina de compresión		Porcentaje, tanto por ciento, relación de dos cantidades de los promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por la máquina de compresión	
	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Tanto (es un número)	Por ciento (de cada cien unidades)
1	7	días	105.94	kgf/cm ²	77.570	%
2	14	días	127.57	kgf/cm ²	93.406	%
3	21	días	133.90	kgf/cm ²	98.042	%
4	28	días	136.57	kgf/cm ²	100.00	%

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Figura 14 Gráfico y/o diagrama de la resistencia (en kgf/cm²) del concreto, mezclado y curado con agua de los Baños termales del Inca a los 7, 14, 21 y 28



4.6.3. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto mezclada y curadas con el agua del río Ichu

Los resultados de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto, en la que para su mezclado se ha tomado las muestras de agua de la parte central por debajo y de las inmediaciones o zonas geográficas del puente Tablachaca

ubicado y localizado entre los barrios Santa Ana y San Cristobal de ciudad de Huancavelica del río Ichu en las siguientes fechas: a los 3 días del mes de abril del año 2019 a las 10 horas con 30 minutos de la mañana se ha tomado la muestra de agua para la mezcla y se ha amasado el concreto a las 2 horas con 30 minutos de la tarde del mismo día.

En la Tabla 32 se presentaron los resúmenes de las cargas y esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, mezclado y curado con agua del río Ichu.



Tabla 32 Resumen de las cargas y esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, mezclado y curado con agua del río Ichu

Resumen de las cargas y esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua del río Ichu												
Número ordinal de probetas	Carga máxima de rotura sometida por la máquina de compresión a las probetas cilíndricas normalizadas de concreto		Promedio de la carga máxma de rotura por la máquina de compresión		Esfuerzo de compresión, resultante de las presiones que existe dentro de las probetas, calculadas por la máquina de compresión		Promedio de los esfuerzos en las probetas sometidas a la máquina de compresión		Cálculo de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por la máquina de compresión		Promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión	
	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad
1	23618.9	kp o kgf	23862.0	kgf	133.7	kgf/cm^2	135.1	kgf/cm^2	130.30	kgf/cm^2	132.10	kgf/cm^2
2	23866.3	kp o kgf			135.1	kgf/cm^2			131.91	kgf/cm^2		
3	24096.0	kp o kgf			136.4	kgf/cm^2			134.27	kgf/cm^2		
4	23866.9	kp o kgf			135.1	kgf/cm^2			131.91	kgf/cm^2		
5	21667.6	kp o kgf	23076.8	kgf	122.6	kgf/cm^2	130.6	kgf/cm^2	119.68	kgf/cm^2	127.44	kgf/cm^2
6	23081.2	kp o kgf			130.6	kgf/cm^2			127.48	kgf/cm^2		
7	24477.2	kp o kgf			138.5	kgf/cm^2			135.10	kgf/cm^2		
8	23081.2	kp o kgf			130.6	kgf/cm^2			127.48	kgf/cm^2		
9	29582.6	kp o kgf	29370.5	kgf	167.4	kgf/cm^2	166.2	kgf/cm^2	164.26	kgf/cm^2	162.76	kgf/cm^2
10	29158.5	kp o kgf			165.0	kgf/cm^2			161.05	kgf/cm^2		
11	29370.5	kp o kgf			166.2	kgf/cm^2			162.86	kgf/cm^2		
12	29370.5	kp o kgf			166.2	kgf/cm^2			162.86	kgf/cm^2		
13	31418.3	kp o kgf	32332.8	kgf	177.8	kgf/cm^2	183.0	kgf/cm^2	174.15	kgf/cm^2	179.03	kgf/cm^2
14	31418.3	kp o kgf			177.8	kgf/cm^2			174.68	kgf/cm^2		
15	35076.1	kp o kgf			198.5	kgf/cm^2			192.59	kgf/cm^2		
16	31418.3	kp o kgf			177.8	kgf/cm^2			174.68	kgf/cm^2		

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

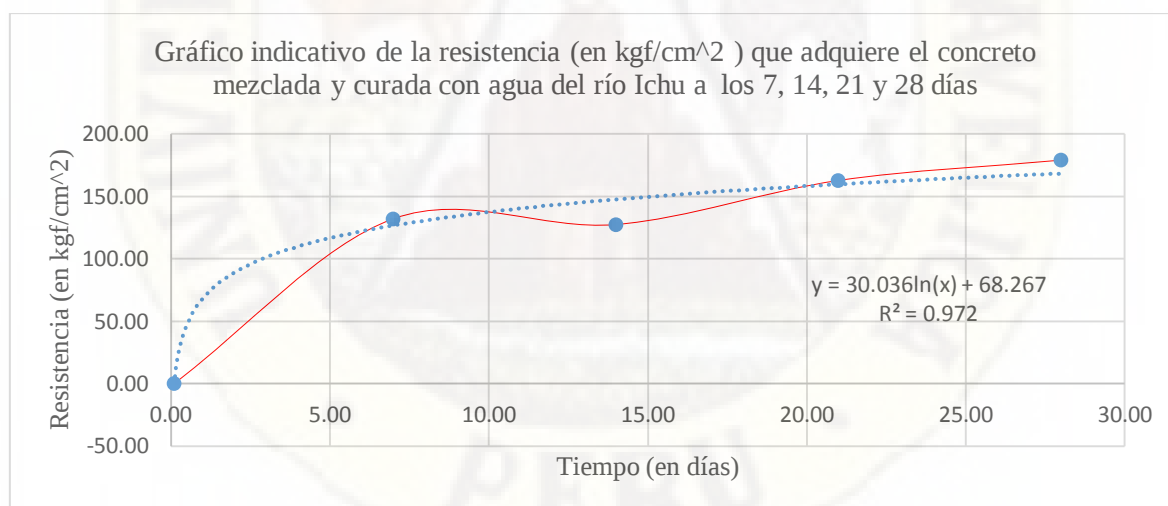
En la Tabla 33 y Figura 15 están detallados de forma escrita y gráfica los esfuerzos promedio o de las resistencias promedio (en kgf/cm² y %) que adquiere el concreto, mezclados y curados con agua del río Ichu a los 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 33 Resumen de los esfuerzos o resistencias promedios (en kgf/cm² y %) del concreto, mezclados y curados con agua del río Ichu a los 7, 14, 21 y 28 días

Resumen de los esfuerzos promedio en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua del río Ichu y porcentaje de los promedios de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas						
Número ordinal para el gráfico y/o diagrama de la resistencia que adquiere el concreto a los 7, 14, 21 y 28 días	Cantidad de la magnitud matemática del lapso que tarda la Tierra desde que el Sol está en el punto más alto sobre el horizonte hasta que vuelve a estarlo		Promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por la máquina de compresión		Porcentaje, tanto por ciento, relación de dos cantidades de los promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por la máquina de compresión	
	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Tanto (es un número)	Por ciento (de cada cien unidades)
1	7	días	132.10	kgf/cm ²	73.7865	%
2	14	días	127.44	kgf/cm ²	71.1837	%
3	21	días	162.76	kgf/cm ²	90.9137	%
4	28	días	179.03	kgf/cm ²	100.00	%

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Figura 15 Gráfico y/o diagrama de la resistencia (en kgf/cm²) que adquiere el concreto mezclado y curado con agua del río Ichu a los 7, 14, 21 y 28 días



4.6.4. Resultados de la resistencia a la compresión del concreto mezclada con el agua de la laguna de Qeullaqocha

Los resultados de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto, en la que para su mezclado se ha tomado las muestras de agua cerca a la carretera y de las inmediaciones o zonas geográficas a la salida de la masa de agua de la laguna en las siguientes fechas: a los 4 días del mes de abril del año 2019 a las

7 horas con 30 minutos de la madrugada se ha tomado la muestra de agua para la mezcla y se ha amasado el concreto a las 2 horas con 30 minutos de la tarde del mismo día.

A continiacion se muestra los resultados de resistencia a la compresión de probetas cilíndricas de concreto, en la que para su mezclado se ha tomado las muestras de agua cerca de la carretera y de las inmediaciones o zonas geográficas a la salida de la masa de agua de la laguna. En la Tabla 34 se presenta el resúmen de las cargas y esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto mezclado y curado con agua de la laguna de Quellaqocha.



Tabla 34 Resumen de cargas, esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, mezclado y curado con agua de la laguna de Quellaqocha

Resumen de las cargas y los esfuerzos parciales y promedios en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua de la laguna de Quellaqocha												
Número ordinal de probetas	Carga máxima de rotura sometida por la máquina de compresión a las probetas cilíndricas normalizadas de concreto		Promedio de la carga máxima de rotura por la máquina de compresión		Esfuerzo de compresión, resultante de las presiones que existe dentro de las probetas, calculadas por la máquina de compresión		Promedio de los esfuerzos en las probetas sometidas a la máquina de compresión		Cálculo de los esfuerzo o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión		Promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión	
	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad
1	23216.9	kp o kgf	22775.2	kgf	131.4	kgf/cm ²	128.9	kgf/cm ²	129.01	kgf/cm ²	125.85	kgf/cm ²
2	22333.4	kp o kgf			126.4	kgf/cm ²			123.01	kgf/cm ²		
3	22775.2	kp o kgf			128.9	kgf/cm ²			125.69	kgf/cm ²		
4	22775.2	kp o kgf			128.9	kgf/cm ²			125.69	kgf/cm ²		
5	22404.0	kp o kgf	25050.1	kgf	126.8	kgf/cm ²	141.8	kgf/cm ²	123.47	kgf/cm ²	137.98	kgf/cm ²
6	25054.5	kp o kgf			141.8	kgf/cm ²			138.05	kgf/cm ²		
7	27687.5	kp o kgf			156.7	kgf/cm ²			152.34	kgf/cm ²		
8	25054.5	kp o kgf			141.8	kgf/cm ²			138.05	kgf/cm ²		
9	24349.4	kp o kgf	27512.4	kgf	137.8	kgf/cm ²	155.7	kgf/cm ²	135.22	kgf/cm ²	152.13	kgf/cm ²
10	27512.4	kp o kgf			155.7	kgf/cm ²			152.00	kgf/cm ²		
11	30675.4	kp o kgf			173.6	kgf/cm ²			169.32	kgf/cm ²		
12	27512.4	kp o kgf			155.7	kgf/cm ²			152.00	kgf/cm ²		
13	31824.8	kp o kgf	31643.6	kgf	180.1	kgf/cm ²	179.1	kgf/cm ²	176.94	kgf/cm ²	175.31	kgf/cm ²
14	31453.7	kp o kgf			178.0	kgf/cm ²			172.61	kgf/cm ²		
15	31648.0	kp o kgf			179.1	kgf/cm ²			175.84	kgf/cm ²		
16	31648.0	kp o kgf			179.1	kgf/cm ²			175.84	kgf/cm ²		

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

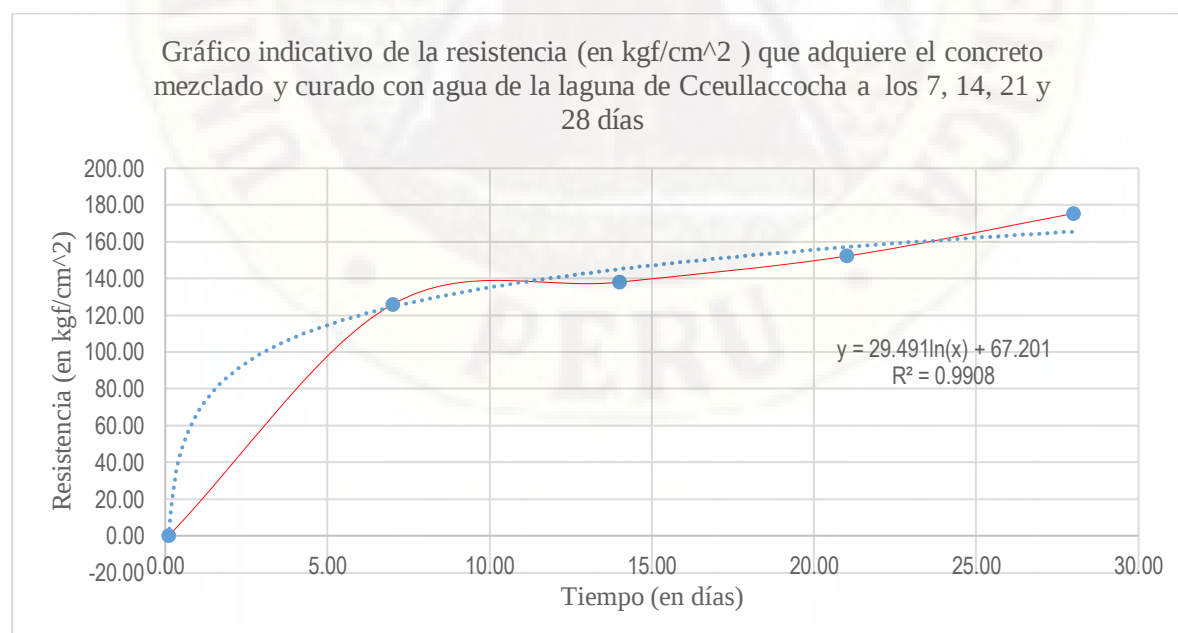
En la Tabla 35 se muestra los datos de los esfuerzos promedio o de las resistencias promedio (en kgf/cm² y %) que adquiere el concreto, mezclados y curados con agua de la laguna de Cceullaccocah a los 7, 14, 21 y 28 días. En la Figura 16 se presenta el gráfico de las resistencias (en kgf/cm²) que adquiere el concreto mezclado y curado con agua de la laguna de Cceullaccoccha a los 7, 14, 21 y 28 días.

Tabla 35 Resumen de los esfuerzos o resistencias promedio del concreto mezclados y curados con agua de la laguna de Quellaqocha

Resumen de los esfuerzos promedio en las probetas cilíndricas de concreto, amasadas y curadas con agua de la laguna de Cceullaccoccha y porcentaje de los promedios de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas						
Número ordinal para el gráfico y/o diagrama de la resistencia que adquiere el concreto a los 7, 14, 21 y 28 días	Cantidad de la magnitud matemática del lapso que tarda la Tierra desde que el Sol está en el punto más alto sobre el horizonte hasta que vuelve a estarlo		Promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión		Porcentaje, tanto por ciento, relación de dos cantidades de los promedio de los cálculos de los esfuerzos o presiones que existen dentro de las probetas, a partir de sus áreas de las superficies circulares y la carga máxima sometida por máquina de compresión	
	Magnitud	Unidad	Magnitud	Unidad	Tanto (es un número)	Por ciento (de cada cien unidades)
1	7	días	125.85	kgf/cm ²	71.790	%
2	14	días	137.98	kgf/cm ²	78.704	%
3	21	días	152.13	kgf/cm ²	86.780	%
4	28	días	175.31	kgf/cm ²	100.00	%

Nota. Datos obtenidos de las pruebas de laboratorio.

Figura 16 Gráfico de las resistencias (en kgf/cm²) que adquiere el concreto mezclado y curado con agua de la laguna de Cceullaccoccha a los 7, 14, 21 y 28 días



4.7. Resultados de las resistencia promedios del concreto

Una vez medido la resistencia, se obtuvo los siguientes valores. Cabe señalar que los datos que se representan son los promedios de los 4 ensayos para cada fuente de agua y tiempo de maduración.

Tabla 36 Valores promedio de la resistencia del concreto

Tiempo de maduración	Resistencia del concreto (kg/cm ²)			
	Agua potable de EMAPA Huancavelica S. A.	Agua de los Baños termales del Inca	Agua del río Ichu	Agua de la laguna de Cceullacocha
7 días	150.20	105.94	132.10	125.85
14 días	173.56	127.57	127.44	137.98
21 días	192.00	133.90	162.76	152.13
28 días	204.64	136.57	179.03	175.31

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Figura 17 Gráfico de la resistencia del concreto con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A., Baños termales del Inca, río Ichu y laguna de Cceullacocha a los 7, 14, 21 y 28 días

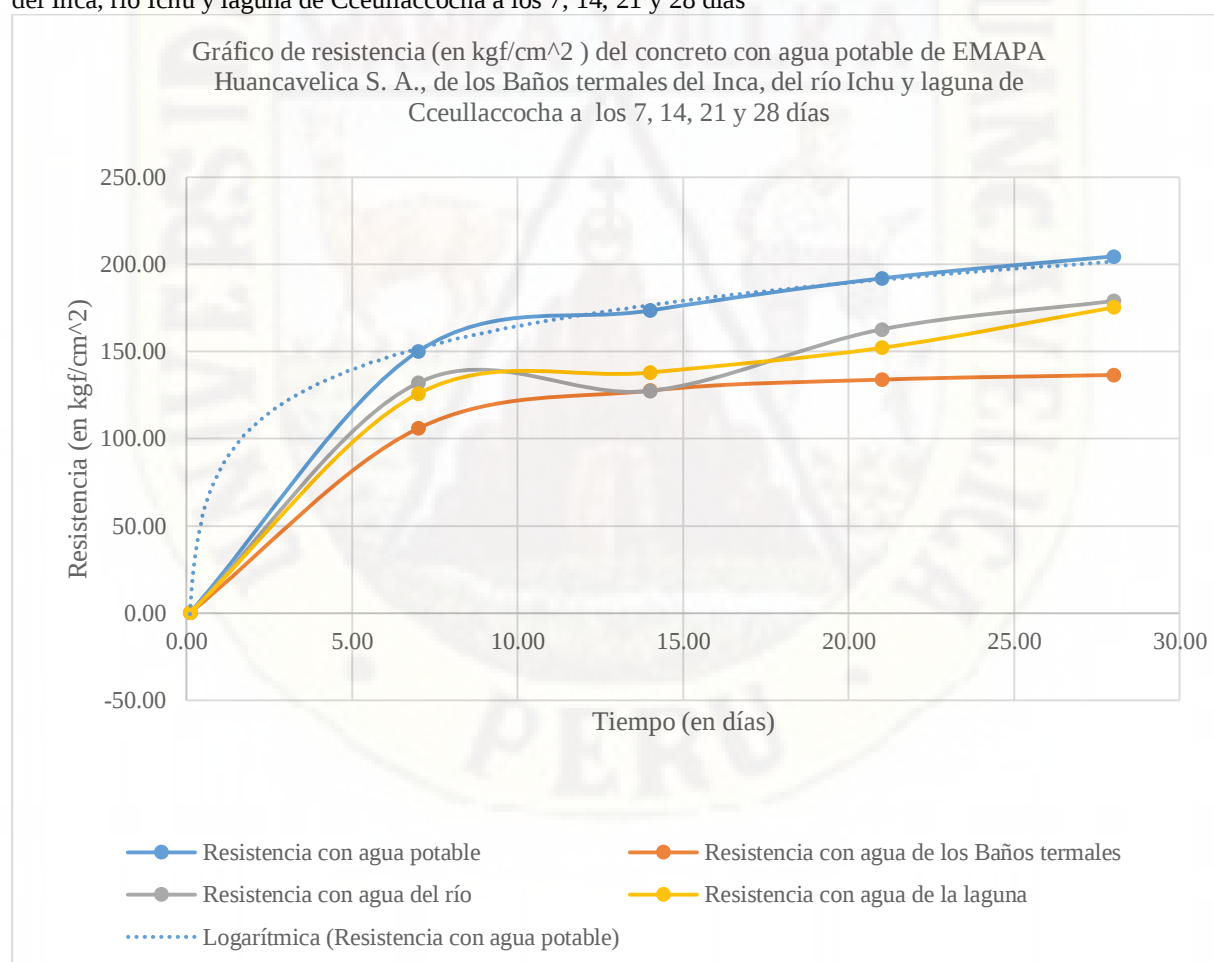
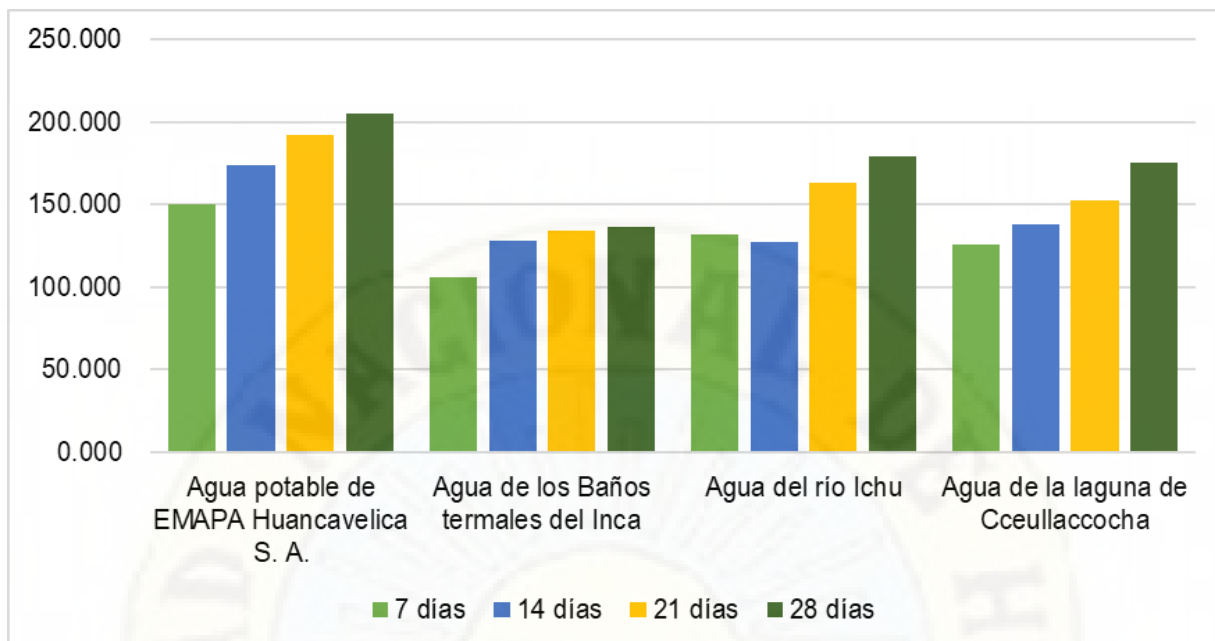


Figura 18 Resistencia del concreto por fuente del origen de agua y tiempo de maduración



Interpretación:

A los 28 días de maduración del concreto, se obtuvo que la muestra más cercana a un $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, fue la probeta con agua potable; la proveniente de las otras 3 fuentes tuvieron valores de 136.574 kg/cm^2 , 179.025 kg/cm^2 , y 175.308 kg/cm^2 , valores lejanos al parámetro mencionado. Por otro lado, en todos los casos se puede observar que la evolución de la resistencia es ascendente conforme transcurren los días.

4.8. Resultados de las pruebas hipótesis de investigación

En esta sección de la investigación, se presentan los resultados obtenidos para las pruebas de hipótesis, que muestran la resistencia del concreto diferenciado por tipo de agua. Para ello, se hizo uso de la estadística inferencial; pues, para todas las hipótesis específicas se emplearon la “prueba t”, ya que el propósito fue comparar las resistencias según el origen del agua. Asimismo, las comparaciones se hicieron en función a la variable de control, del tipo de agua proveniente del agua potable de EMAPA Huancavelica S. A. Asimismo, para el análisis de la significancia estadística de la “prueba t” se contó con un $\alpha = 0.05$; además, los pasos fueron:

- Formular la hipótesis a comparar
- Indicar las hipótesis estadísticas (H_0 y H_1)
- Señalar la significancia de comparación $\alpha = 0.05$

- d. Señalar el nivel de confianza (95 %)
- e. Realizar las pruebas t; diferenciado por la fuente de agua
- f. Realizar las conclusiones estadísticas de la hipótesis de cada “prueba t”

En los siguientes numerales se detalla lo encontrado.

4.8.1. Prueba de la primera hipótesis específica

a. Hipótesis nula y alterna

- H1: El agua de los Baños termales del Inca influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.
- H0: El agua de los Baños termales del Inca no influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

b. Nivel de significancia

Se ha trabajado con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, nivel de probabilidad de equivocarse.

c. Nivel de confianza

El nivel de confianza es del 95 %, nivel de seguridad para generalizar sin equivocarse.

d. Análisis o prueba estadística

Se ha usado la “Prueba t”, mediante el software IBM SPSS Statistics 25, diferenciado por fuente de agua.

e. Regla de decisión

Tabla 37

Resultados de la “prueba t”. Comparación de medias de las resistencia con de agua EMAPA Huancavelica y Baños termales del Inca, a los 28 días

Estadísticas de grupo					
	Fuente de agua	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia del concreto	EMAPA Huancavelica S. A.	4	204.638	2.115	1.058
	Baños termales del Inca	4	136.574	14.264	7.132

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Tabla 38

Resultados de la prueba t: valor, grados de libertad y significancia

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia del concreto	Se asumen varianzas iguales	184.563	0.000	9.440	6	0.000	68.064	7.210	50.422	85.707
	No se asumen varianzas iguales			9.440	3.132	0.002	68.064	7.210	45.656	90.473

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Interpretación:

Los resultados de la “prueba t” muestran una significancia de 0.000, nivel menor a 0.05, señalando que la H_0 queda rechazada, y la hipótesis del investigador resulta ser cierta, ello según los datos recabados. Por tanto, existen diferencias entre las medias de la resistencia del concreto a compresión con agua de EMAPA Huancavelica y Baños termales del Inca.

f. Conclusión estadística de la prueba de hipótesis

El agua de los Baños termales del Inca influye negativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

4.8.2. Prueba de la segunda hipótesis específica

a. Hipótesis nula y alterna:

- H_1 : El agua del rio Ichu influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.
- H_0 : El agua del rio Ichu no influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

b. Nivel de significancia

Se ha trabajado con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, nivel de probabilidad de equivocarse.

c. Nivel confianza

El nivel de confianza es del 95 %, nivel de seguridad para generalizar sin equivocarse.

d. Análisis o prueba estadística

Se ha usado la “Prueba t”, mediante el software IBM SPSS Statistics 25, diferenciado por fuente de agua.

e. Regla de desición

Tabla 39

Resultados de la prueba t. Comparación de medias de las resistencia con de agua EMAPA Huancavelica y río Ichu, a los 28 días

Estadísticas de grupo					
	Fuente de agua	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia del concreto	EMAPA Huancavelica S. A.	4	204.638	2.115	1.058
	Río Ichu	4	179.025	9.047	4.524

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Tabla 40

Resultados de la prueba t: valor, grados de libertad y significancia

Prueba de muestras independientes									
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia
									Inferior Superior
Resistencia del concreto	Se asumen varianzas iguales	5.284	0.061	5.513	6	0.001	25.6129	4.6456	14.2455 36.9803
	No se asumen varianzas iguales			5.513	3.327	0.009	25.6129	4.6456	11.6175 39.6084

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Interpretación:

De acuerdo al análisis o la prueba estadística “Prueba t” el valor la significancia fue 0.009 menor a 0.05, señalando que la H0 queda rechazada, y la hipótesis de investigación es aceptada, ello según los datos recabados. Por tanto, existen

diferencias entre las medias de la resistencia del concreto a compresión con agua de EMAPA Huancavelica y río Ichu.

f. Conclusiones estadísticas de la prueba de hipótesis.

El agua del río Ichu influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

4.8.3. Prueba de la tercera hipótesis específica

a. Hipótesis nula y alterna

i. H1: El agua de la laguna de Qeullaqocha influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

ii. H0: El agua de la laguna de Qeullaqocha no influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

b. Nivel de significancia

Se ha trabajado con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, nivel de probabilidad de equivocarse.

c. Nivel de confianza

El nivel de confianza fue del 95 %, nivel de seguridad para generalizar sin equivocarse.

d. Análisis o prueba estadística

Se ha usado la “Prueba t”, mediante el software IBM SPSS Statistics 25, diferenciado por la fuente de agua.

e. Regla de decisión

Tabla 41

Resultados de la prueba t. Comparación de medias de las resistencia con de agua EMAPA Huancavelica y laguna de Qeullaqocha, a los 28 días

Estadísticas de grupo					
	Fuente de agua	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia del concreto	EMAPA Huancavelica S. A.	4	204.638	2.115	1.058
	Laguna de Qeullaqocha	4	175.308	1.871	0.936

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Tabla 42

Resultados de la prueba t: valor, grados de libertad y significancia

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Resistencia del concreto	Se asumen varianzas iguales	0.002	0.963	20.771	6	0.000	29.330	1.412	25.875	32.785
	No se asumen varianzas iguales			20.771	5.912	0.000	29.330	1.412	25.862	32.798

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Interpretación:

De acuerdo al análisis o la prueba estadística “Prueba t” el valor la significancia fue 0.000 menor a 0.05, señalando que la H_0 queda rechazada, y la hipótesis de investigación es aceptada, ello según los datos recabados. Por tanto, existen diferencias entre las medias de la resistencia del concreto a la compresión con agua de EMAPA Huancavelica y laguna de Qeullaqocha.

f. Conclusión estadística de la prueba de hipótesis

El agua de la laguna de Qeullaqocha influye negativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

4.8.4. Prueba de la hipótesis general

a. Hipótesis nula y alterna

H_1 : El agua de diferentes fuentes influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

H_0 : El agua de diferentes fuentes no influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

b. Nivel de significancia

Se ha trabajado con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, nivel de probabilidad de equivocarse.

c. Nivel de confianza

El nivel de confianza fue del 95 %, nivel de seguridad para generalizar sin equivocarse.

d. Análisis o prueba estadística

Se ha usado la “ANOVA de un factor”, mediante el software IBM SPSS Statistics 25, diferenciado por la fuente de agua.

e. Regla de decisión

Tabla 43

Resultados de la prueba ANOVA de un factor. Comparación de medias de las resistencias con agua de EMAPA Huancavelica, Baños termales del Inca, río Ichu y laguna de Qeullaqocha, a los 28 días

ANOVA					
Resistencia del concreto					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9465.317	3	3155.106	43.030	0.000
Dentro de grupos	879.872	12	73.323		
Total	10345.188	15			

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Tabla 44

Resultados de la prueba post hoc de la resistencia del concreto a los 28 días de maduración

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente:	Resistencia del concreto					
HSD Tukey						
(I) Fuente de agua	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
				Límite inferior	Límite superior	
EMAPA Huancavelica S. A.	Baños termales del Inca	68.064	6.055	0.000	50.088	86.041
	Río Ichu	25.613	6.055	0.006	7.637	43.589
	Laguna de Qeullaqocha	29.330	6.055	0.002	11.354	47.306

Nota. Valores obtenidos de los datos de los ensayos.

Interpretación:

De acuerdo al análisis o la prueba estadística “ANOVA de un factor” el valor la significancia fue 0.000 menor a 0.05, señalando que la H0 queda rechazada, y la hipótesis alterna es aceptada, ello según los datos recabados. Por tanto, existen diferencias entre las medias de la resistencia del concreto a la compresión con agua

de EMAPA Huancavelica, Baños termales del Inca, río Ichu y laguna de Qeullaqocha.

Por otro lado, las pruebas Post Hoc señalan que la diferencia de medias entre la fuente proveniente del agua potable de EMAPA Huancavelica S. A. y las otras 3 fuentes de agua son significativas. Es decir, la resistencia del concreto a compresión, medida a los 28 días de maduración, es diferente entre el agua potable y las otras fuentes de agua no potables.

f. Conclusión estadística de la prueba de hipótesis

El agua de diferentes fuentes influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica.

De acuerdo con el estudio realizado, las muestras de agua utilizadas para elaborar la mezcla de concreto fueron tomadas en el año 2019; asimismo, las fuentes de agua fueron 4: agua potable de EMAPA S.A. de Huancavelica, agua de los Baños termales del Inca, agua del río Ichu y agua de laguna Qeullaqocha. Fue así que, el propósito del estudio fue medir la influencia de la calidad del agua sobre la resistencia del concreto a compresión. De acuerdo al marco teórico y la Norma Técnica Peruana sobre hormigón y concreto, el agua ideal para el diseño de mezcla es agua potable, ya que gracias a su composición física y química aseguran que el concreto cumpla con la resistencia a compresión para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Por esta razón, en las comparaciones y pruebas se tomó como referencia los valores de resistencia de concreto, en el cual se empleó agua potable de EMAPA S.A.

Tomando en cuenta lo mencionado, se halló que para el año 2019, las medias de la resistencia del concreto, en el cual se empleó diferentes fuentes de agua fueron diferentes. De esto se extrae que, la fuente de agua sí determina la resistencia del concreto a compresión. Con lo mencionado, se puede concluir que el tipo de agua que se utiliza en la mezcla de concreto influye de manera significativa sobre la resistencia del concreto a los 28 días.

Por lo tanto, el agua que es utilizada para la elaboración de hormigón juega un rol importante en la formación de la resistencia del concreto a compresión. En otras palabras, la fuente de agua sí influye en la resistencia del concreto a compresión evaluado en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica.

4.9. Discusión de resultados

El estudio realizó un análisis de la resistencia del concreto a compresión utilizando 4 fuentes de agua distintas; de tal manera, que se determine si el tipo de agua empleada influye o no sobre la resistencia del concreto 28 días de maduración para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Tras los ensayos en laboratorio, la toma de datos de las probetas y el análisis estadístico de la información se halló que la resistencia del concreto es diferente según el tipo de agua utilizada en su mezcla, siendo el más conveniente para la mezcla, el agua potable. En este sentido, el resultado principal indicó que el tipo de agua empleada en el hormigón influye significativamente sobre la resistencia del concreto a compresión, medida a los 28 días de maduración del concreto. Es decir, el tipo de agua a emplear para la mezcla es crucial para cumplir con los parámetros exigidos en las normas peruanas de construcción.

Resultados similares fueron encontrados por Arévalo (2016), quien al emplear agua de mar tratada en el concreto, encontró que existe un déficit de carga de presión y resistencia en el cilindro. Esto también se evidenció en la investigación, cuya medición de la resistencia, hecha para el periodo 2019, se encontró que las fuentes de agua no potables disminuían la resistencia del concreto. Esto, como lo explica León y Reyes (2018), se debe al pH de las fuentes de agua; es decir, mientras el agua utilizada en el concreto tenga un nivel inferior de pH, el concreto presentará un mayor porcentaje en la resistencia a la compresión. Por tal motivo, antes de utilizar otra fuente no potable es recomendable medir su pH. En este mismo contexto, Lozano (2017) encontró que el agua del río de Cumbanza no es recomendable para usarse como mezcla del concreto ya que no alcanzó la resistencia requerida por la NTP339.008. De similar manera, en el estudio de Valera (2018) se evidenció que el agua del río Shilcayo al utilizarse en la mezcla de concreto disminuía su resistencia, a diferencia del agua potable. En tal sentido, no era recomendable el uso de este líquido como solvente en el concreto. Además, el trabajo de Tello y Tello (2018) encontró que el agua de pozo en la mezcla, también disminuía la resistencia del concreto a consecuencia de los elementos químicos encontrados en esta fuente. En suma, todos estos autores mostraron que el tipo de agua que se utiliza para el preparado del hormigón influye de manera negativa en la resistencia del concreto, debido a su pH, a su composición y a las propiedades físicas y químicas del agua.

De lo mencionado, en definitiva, se infiere que el agua de diferentes fuentes influye en la resistencia del concreto a compresión para un $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ medido a los 28 días, en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica, de la República del Perú, en el año 2019. En este contexto, es necesario mencionar, que el agua presenta un papel fundamental al momento de determinar la resistencia adecuada del concreto, porque su calidad y la cantidad que se agregue determinarán cuan resistente pueda ser.

Que el concreto presente una adecuada resistencia es fundamental para todo tipo de estructura (Guevara, 2012). Entonces, al hablar de resistencia del concreto de una estructura, se habla de la seguridad de no poner en riesgo la vida de las personas principalmente. Es fundamental que el concreto cuente con determinadas cantidades de agua que no dañe la resistencia de la estructura en sí; si los aditivos no resultan beneficiosos para la mezcla, se puede generar agrietamientos, eflorescencia o un fraguado prematuro (Harmsem, 2002). Asimismo, contar con una buena calidad de agua en la mezcla del concreto no solo asegura su resistencia, sino su durabilidad frente al contexto en el cual fue construido, ya que el clima o la humedad pueden ser efectos determinantes de la eficiencia de la estructura (Porrero et al., 2017). Es recomendable el uso de agua potable para la mezcla del concreto, ya que sus propiedades son beneficiosas para su producción.

Otros tipos de agua a mencionar es el agua de río y agua de mar, las cuales tienen diferentes propiedades al momento de su aplicación en el concreto, por ejemplo, en el caso del agua de mar, se produce una reducción de la resistencia a compresión en los testigos del concreto; cabe añadir también que es necesario que la estructura no presente estructuras metálicas si se dará uso al agua de mar. En relación al agua de río, esta también presenta una reducción menor de la resistencia en relación al agua de mar (Díaz, Ríos, Murga, & Robles, 2014). En el caso de las aguas estancadas, más específicamente de pozo, estas cuentan con condiciones químicas que llegaron a superar los límites permitidos por la normativa; por ende, se indica que reduce la resistencia en la compresión de la mezcla; este método es menos costoso pero también menos eficiente (Tello & Tello, 2018). Es por ello, que las normas de construcción urbanas, generalmente recomiendan hacer uso del agua potable ya que su propiedad química le brinda mayor resistencia al concreto en sí (Porrero et al., 2017).

Conclusiones

- La resistencia del concreto es crucial para todo tipo de estructuras; ya que, es un factor en la seguridad de una construcción, por lo que no pondrá en riesgo la vida de las personas. Es importante que el concreto cuente con una buena calidad de materiales para su elaboración. De acuerdo al estudio realizado en el año 2019, se ha hallado que el agua empleada para la elaboración del concreto interviene un rol importante en el concreto; es así que la resistencia del concreto a compresión para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ es diferente según la fuente de agua en la mezcla a los 28 días de maduración del concreto (p-value ANOVA=0.00). Dicho de otra manera y de acuerdo a la NTP, el agua de fuentes que no sean potables, en su mayoría, no son aptas para la elaboración del concreto; ya que, influyen negativamente en su resistencia a la compresión; por lo tanto, también afecta su durabilidad.
- El agua termal de los Baños del Inca influye negativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica. Es decir, la resistencia obtenida con agua de los Baños termales del Inca es 33.261 % menos de la resistencia obtenida con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A. (p-value “Prueba t” = 0.00). Por lo que antes de se ha dicho, el agua de los Baños termales del Inca no posee propiedades y características favorables para el mezclado y curado del concreto; entonces, no es apta para el concreto.
- El agua del río Ichu influye negativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica. Vale decir, la resistencia obtenida con agua del río es menor en 12.516 % respecto a la resistencia obtenida con agua potable de EMAPA Huancavelica S. A. (p-value “Prueba t” = 0.00). Por el motivo o las razones de que acaba de hablarse, el agua del río Ichu no posee propiedades y características favorables para el mezclado y curado del concreto; entonces, no es apta para el concreto.
- El agua de la laguna de Quellaqocha influye negativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, en la ciudad de Huancavelica. Es decir, el agua de la laguna de Quellaqocha tiene una influencia negativa respecto al agua potable de EMAPA Huancavelica S. A. en la resistencia del concreto, la cual no supera el 14.333 % (p-value “Prueba t” = 0.00). Por consiguiente, el agua de la laguna de Quellaqocha no posee propiedades y características favorables para el mezclado y curado del concreto; entonces, no es apto para el concreto.

Recomendaciones

- No se recomienda, a las personas naturales y jurídicas de la ciudad de Huancavelica y otros del exterior, el uso del agua de Baños termales del Inca en la mezcla y curado del concreto; ya que, la resistencia del concreto usada con la misma disminuye y no cumple o llega a un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- No se recomienda, a los ciudadanos huancavelicanos y del Estado, el empleo del agua del río Ichu, en la mezcla y curado del concreto; puesto que, la resistencia del concreto con la misma no llega a un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- No se recomienda, a las personas físicas e instituciones públicas y privadas de la ciudad de Huancavelica y externos, el uso del agua de la laguna de Qeullacocha para la elaboración de mezclas de concreto; porque, la resistencia del concreto con la misma es demasiado menor a $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
- Se recomienda en forma general a todos los usuarios que tienen interés en el uso del agua de la laguna de Qeullacocha, río Ichu y Baños termales del Inca no utilizar estas fuentes; ya que, no son aptas para elaboración y curado del concreto. Por esta razón y de acuerdo a la norma peruana, se aconseja el uso del agua potable; ya que sus propiedades químicas y físicas son beneficiosas para el concreto. Si se halla una fuente de agua con dudosa procedencia para la mezcla del concreto, es necesario la toma de muestras y luego realizar los ensayos respectivos para determinar las cantidades de sustancias perjudiciales que beneficia o no al concreto.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, O., Rodríguez, E., & Sermeño, J. (2009). *Determinación de la resistencia del concreto a edades tempranas bajo la norma ASTM C 1074, en viviendas de concreto coladas en el sitio*. El Salvador: Universidad de el Salvador.
- Aliaga, J. (2017). *Influencia del agua tratada sobre las propiedades físicas del concreto para las provincias de Concepción, Chupaca y Jauja*. Huancayo: Universidad Peruana los Andes.
- Angelis, P. (2015). *Coleccion de obras y documentos relativos á la historia antigua y moderna de las provincias del Rio de la Plata, Volumen5*. Argentina : Universidad de Illinois en Urbana-Champaign.
- Aragón, S. (2006). *Manual de elaboración de concreto en obra*. Costa Rica: Instituto costarricense del cemento y del concreto.
- Arévalo, W. (2016). *Influencia del agua de mar tratada, a través de un destilador solar, en las propiedades físicas y mecánicas del concreto para las resistencias de 3000 PSI y 4000 PSI*. Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena.
- Armstrong, F. B., & Bennet, T. P. (1982). El agua: disolvente de la vida. En F. B. Armstrong, & T. P. Bennet, *Bioquímica* (págs. 23-36). España: Editorial Reverte.
- Arredondo, F. (2001). *Estudio de Materiales: V.- Hormigones*. Madrid: Consejo Superior de Investigación Científica: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del concreto.
- Auge, M. (2007). *Agua fuente de vida*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- Balbi, A. (1836). *Compendio de Geografía Universal: redactado bajo un nuevo plan, con presencia de los ultimos tratados de paz y los descubrimientos mas recientes*. Madrid: Universidad de Paris.
- Bedoya, C. (2017). Incidencias del contenido de agua en la trabajabilidad, resistencia a la compresión y durabilidad del concreto. *Arquitectura e ingeniería*, 1-9.
- Belito, G., & Paucar, F. (2018). *Influencia de agregados de diferentes procedencias y diseño de mezcla sobre la resistencia del concreto*. Huancavelica: Universidad Nacional Huancavelica.
- Braun, C. L., & Sergei, N. S. (1993). Why is water blue. *Why is water blue*.
- Campell, N. A., & Reece, J. B. (2007). *Biología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.
- Carcaño, R., & Moreno, E. (2005). Influencia del curado húmedo en la resistencia a compresión del concreto en clima cálido subhúmedo. *Ingeniería*, 5-17.
- Ccanto, F., & Mallco, A. (2019). *Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando el agua subterránea en el mezclado en el distrito de Acobamba - Huancavelica - 2018*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales del INDECOPI. (2021). *Norma Técnica Peruana*. Lima: Instituto Nacional de Calidad.
- Crespo, A. (2006). La crisis de agua refleja otras crisis. *BBC Mundo*.
- Darling, D. (2017). Encyclopedia of Astrobiology, Astronomy and Spaceflight. *Habitable Zone*.

- Del Valle, A., Pérez, T., & Maerínez, M. (2001). *El fenómeno de la corrosión en estructuras de concreto reforzado*. México: SCT.
- Díaz, B. (2014). Influencia del agua potable, río y mar en la resistencia a compresión de un concreto convencional no estructurado, para la construcción de aceras en la ciudad de Trujillo. *Influencia del agua potable*, 15-22.
- Díaz, B., Ríos, N., Murga, K., & Robles, L. (2014). Influencia del agua potable, río y mar en la resistencia a compresión de un concreto convencional no estructurado, para la construcción de aceras en la ciudad de Trujillo. *Refi UPN*, 15-22.
- EEA. (2021). Water glossary. *European Environment Information and Observation Network*.
- El peruano. (2018). *Aprueban Normas Técnicas Peruanas versión 2018 sobre hormigón, concreto, agregados y cementos*. Lima: Diario oficial del bicentenario.
- Elizondo, G. (2013). *Resistencia vs. relación A/C del concreto a tres edades y con dos tipos de cemento (UG y MP-AR)*. Costa Rica: Iso tec.
- Ercilio, F., Rodríguez, S., Cabel, W., Ortiz, I., Noriega, P., & Maria, T. (2005). *Desafíos del Derecho Humano al agua en el Perú*. Lima, Perú: Centro de Investigación Social y Educación Popular.
- ESPAÑA. (1999). *Instrucción de Hormigón Estructural*. España: Centro de publicaciones del Ministerio de Fomento. .
- España, L. y. (1999). *Instrucción de Hormigón Estructural. EHE*. Madrid: Centro de publicaciones del Ministerio de Fomento.
- Espinoza Montes, C. (2010). *Metodología de la investigación tecnológica*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Espinoza, R., & Valdiviezo, O. (2019). *Influencia del curado en la permeabilidad del hormigón de alta resistencia fabricado con y sin adiciones reciclables*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- Flores et al., L. (2015). *Tecnología del concreto*. Lima: Aci Perú.
- Galván, J., & Guzmán, A. (2020). *Influencia de la calidad del agua subterránea en la resistencia a la compresión de morteros hidráulicos*. Barranquilla: Universidad de la Costa.
- González, Ó. (2005). *Aspectos fundamentales del concreto reforzado*. México: Limusa.
- Guevara, G. (2012). Efecto de la variación agua/cemento en el concreto. *Tecnología en marcha*, 80-86.
- Harmsem, T. (2002). *Diseño de estructuras de concreto armado*. Lima: Pontifica Universidad Católica del Perú.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill interamericana.
- INEI. (2017). *Características de la infraestructura de las viviendas particulares*. Lima: República del Perú.
- INIFED. (2015). *Normas y especificaciones para estudios, proyectos, construcción e instalaciones*. México: INIFED.
- Jiménez, P., García, Á., & Morán, F. (1987). *Hormigón armado Tomo I*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S. A.

- Julio, D., & Morales, L. (2018). *Influencia de la calidad del agua de lluvia en la resistencia a compresión de morteros hidráulicos*. Barranquilla: Universidad de la Costa.
- Kosmatka, S. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*. Illinois: Portland cement association.
- León, A., & Reyes, C. (2018). *Incidencia del PH del agua de mezclado en la resistencia a la compresión de concreto hidráulico*. Bogotá: Universidad católica de Colombia.
- Lozano, L. (2017). *Influencia del uso de agua del río Cumbaza en la resistencia del concreto en las localidades de San Antonio, Morales y Juan Guerra – 2017*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Martinez, H., & Gonzalez, B. N. (2020). *La neutrosfía para la toma de decisiones en los tratamientos médicos con aguas termales*. La habana, Cuba: Universidad de Piñar del Río Hermanos Saiz Montes de Oca.
- MDSCC. (2015). El Sistema Solar y más allá está repleto de agua. *Explorando el Sistema Solar y más allá*.
- Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de calidad del agua para consumo humano*. Perú: Dirección General de Salud Ambiental.
- Moreno, E. (2016). Resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo de alta absorción. *Investigación y desarrollo*, 35-45.
- Munuera, A. J., & Rodríguez, E. A. (2007). *Estrategias de marketing un enfoque basado en el proceso de dirección*. España: Businessmarketingschool.
- Nieves, J. M. (2013). Encuentran agua en el ecuador de la Luna. *ABC*.
- Nilson, A. (2001). *Diseño de estructuras de concreto*. Bogotá: McGraw-hill interamericana.
- Nweihed, K. G. (1992). *Frontera y límite en su marco mundial: una aproximación a la "fronterología"*. Caracas-Venezuela: Universidad Simon Bolivar.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). Aspectos relativos a la aceptabilidad. En O. M. Salud, *Guías para la calidad del agua potable* (págs. 183-190).
- Orozco et al., M. (2018). Factores influyentes en la calidad del concreto: una encuesta a los actores relevantes de la industria del hormigón. *Ingeniería de construcción*, 161-172.
- Palacios, A. (2019). *Influencia del curado acelerado con agua hirviendo en la resistencia temprana del concreto - Perú. 2019*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Park, C. (2007). *A dictionary of environment and conservación*. Oxford: Oxfor University Press.
- Peopleandplanet.net. (2002). Freshwater: lifeblood of the planet. *Water Issues*, 1-3.
- Pérez, A. M. (1997). *Termalismo antiguo: actas*. España: Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Perman, H. (2017). El ciclo del agua. *USGS Science for a changing word*.
- PNUMA, Dang, N. T., Nam, V., & Pictures, S. (2011). *Agua dulce*. Nairobi.
- Porrero et al., J. (2017). *Manual del concreto estructural*. PAG Marketing soluciones.
- Quintero, L., Cruz, R., & Peña, D. (2014). Efecto del contenido de agua sobre la resistencia y la velocidad de pulso ultrasónico del concreto. *Tecnura*, 103-113.

- Real Academia Española; Asociación de Academia de la Lengua Española. (2020). *Diccionario de la lengua española*. Madrid: Real Academia Española; Asociación de Academia de la Lengua Española.
- Rios, O. (2018). *Influencia de curadores formadores de membrana en la resistencia y evaporación de agua del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . Huaraz: Universidad San Pedro.
- Rodríguez, J. M., & Marín, R. (1999). *Fisicoquímica de aguas*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- Roldan, P. G., & Ramirez, R. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical segunda edición*. Antioquía: Universidad de Antioquía.
- Sánchez Carlessi, H., Reyes Romero, C., & Mejía Sáenz, K. (2018). *Manual de términos de investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- SEDAPAL. (2016). *Obras de concreto*. Lima: SEDAPAL.
- SIKA. (2010). *Concreto. Aditivos para concreto*. Bogotá: Sika.
- Soria, F. (1972). *Estudio de materiales: IV.- Conglomerantes Hidráulicos*. Madrid: Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento.
- Tello, J., & Tello, J. (2018). *Influencia del uso del agua del pozo IRHS-42 del balneario Los Palos en la resistencia a la compresión del concreto utilizado en el distrito de la Yarada - Los Palos, de la provincia de Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Thompson, R., Delcour, I., Berckmoes, E., & Stavridou, E. (2020). *The Fertigation Bible*. Unión Europea: Fertinnowa.
- Toriac, J. (2009). La resistencia a compresión del hormigón, condición necesaria pero no suficiente para el logro de la durabilidad de las obras. *Ciencia y sociedad*, 463-504.
- Tuesca, M. R., Ávila, R. H., Sisa, C. A., & Pardo, C. D. (2015). *Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano*. Colombia: Universidad del Norte.
- U.S. Geological Survey. (2007). *Earth's water distribution*. U. S. Geological Survey.
- UNDESA. (2014). Water Scarcity. *International Decade for Action 'Water for Life' 2005-2015*, 1-3.
- UNESCO. (2006). *2º informe de la Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. España: Programa Manual de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (2017). *Óxidos, Hidróxidos, oxoácidos y sales*.
- Valera, P. (2018). *Influencia de las propiedades físico-químicas del agua del río Shilcayo en la resistencia del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, Tarapoto - 2018*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Villena, C. J. (2018). Calidad de agua y desarrollo sostenible. *Scielo*, 24.

Apéndice A

Matriz de consistencia

“Influencia del agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto $f'c$ 210 kg/cm², en la ciudad de Huancavelica”

Definición del problema	Objetivos	Marco teórico	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general a) ¿De qué manera influye el agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica? Problemas específicos: ¿De qué manera influye el agua termal de los Baños del Inca en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica? ¿De qué manera influye el agua del río Ichu en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica? ¿De manera qué influye el agua de la laguna de Quellaqocha en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica?	Objetivo general Determinar de qué manera influye el agua de diferentes fuentes en la resistencia del concreto a compresión para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica. Objetivos específicos: - Determinar de qué manera influye el agua de los Baños termales del Inca en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica. - Determinar de qué manera influye el agua del río Ichu, si influye en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica. - Determinar de qué manera influye el agua de la laguna de Quellaqocha en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica.	Antecedentes Internacional - Universidad de la Costa, Colombia (2020): Galván y Guzmán “Influencia de la calidad del agua subterránea en la resistencia a la compresión de morteros hidráulicos”. Nacional - Universidad Cesar Vallejo, Lima (2017): Lozano “Influencia del uso de agua del río Cumbaza en la resistencia del concreto en las localidades de San Antonio, Morales y Juan Guerra – 2017”. Local - Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica (2019): Ccanto y Mallco “Análisis comparativo de la resistencia de un concreto convencional $f'c = 210$ kg/cm² utilizando el agua subterránea en el mezclado en el distrito de Acobamba - Huancavelica – 2018”.	Hipótesis general El agua de diferentes fuentes influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica. Hipótesis específicas: - El agua de los Baños termales del Inca influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica. - El agua del río Ichu influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica. - El agua de la laguna de Quellaqocha, influye significativamente en la resistencia del concreto para un $f'c = 210$ kg/cm², en la ciudad de Huancavelica.	Identificación de variables: a) Variable independiente: Agua de diferentes fuentes Dimensiones: - Agua potable de EMAPA Huancavelica S. A. - Agua termal de los Baños del Inca. - Agua del río Ichu. - Agua de la laguna de Quellaqocha. b) Variable dependiente: Resistencia del concreto $f'c = 210$ kg/cm². Dimensión: - Resistencia a la compresión.	Tipo Investigación: aplicada. Nivel Investigación: explicativo. Diseño de investigación: cuasiexperimental con un grupo de control y grupo experimental. $G_1 X_1 O_1$ $G_2 X_2 O_2$ $G_3 X_3 O_3$ $G_4 \text{ — } O_4$ Población: 64 probetas. Muestra: 64 probetas. Muestreo No existe muestreo porque se trabaja con los mismos elementos de la población. Técnicas e instrumentos de recolección de datos - La observación. - Fichas. Técnicas e instrumentos de análisis de datos - Estadística descriptiva e inferencial. Software: - Microsoft Excel y Word. - IBM SPSS Statistics 25.

Apéndice C

Panel fotográfico

Figura 19 Laguna de Cceullacocha localizada en localidad del Centro Poblado de Santa Bárbara



Figura 20 Río Ichu localizado en los confines de San Cristóbal y Santa Ana de la ciudad de Huancavelica

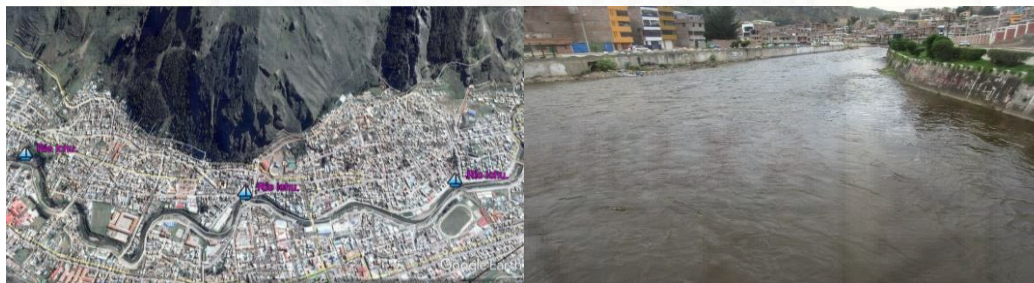


Figura 21 Baños termales del Inca localizado en Villa Agraria y Paturpampa en la ciudad de Huancavelica



Figura 22 Planta de tratamiento de agua potable de EMAPA Huancavelica S. A., localizada en Callqui Chico del distrito de Ascensión



Figura 23 Tanques de curado con aguas fuentes diferentes, de izquierda a derecha: agua de EMAPA Huancavelica S. A., Baños termales del Inca, río Ichu y la laguna de Cceullacocha



Nota. La fotografía muestra los tanques de curado con agua, de izquierda a derecha, de EMAPA Huancavelica S. A., Baños termales del Inca, río Ichu y la laguna de Qeullqocha.

Figura 24 Desencofrado de moldes de probetas de concreto



Figura 25 Curado de probetas de concreto con cada una de las fuentes de agua, de izquierda a derecha: laguna de Cceullacocha, río Ichu, Baños termales del Inca y EMAPA Huancavelica S. A.



Nota. La fotografía presenta el curado de probetas cilíndricas, de izquierda a dercha, con agua de la laguna de Qeullaqocha, río Ichu, Baños termales del Inca y EMAPA Huancavelica S.A.

Figura 26 Ensayo de compresión de las probetas cilíndricas de concreto con la prensa hidráulica o máquina de rotura



Nota. La primera fotografía presenta la probeta ensayada con agua de la laguna de Quellaqocha. La segunda fotografía, primera fila segunda columna, es la probeta ensayada con agua del río Ichu. La tercera fotografía, segunda fila primera columna, muestra la probeta ensayada con agua de los Baños termales del Inca. La última fotografía representa la probeta ensayada con agua de EMAPA Huancavelica S. A.