

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“INFLUENCIA DE LA ARENISCA CUARZOSA TRITURADA UTILIZADO COMO REEMPLAZO DEL AGREGADO GRUESO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO  $F'C=210\text{KG/CM}^2$ , LIMA, 2019”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Rosangela Mina Montes

Asesor:

Mg. Ing. Julio Christian Quesada Llanto

Lima - Perú

2019



## DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicada a las personas que siempre han estado conmigo en cada paso de mi formación profesional y a cada compañero o estudiante que al igual que yo tienen la tesitura para prepararse hacia un futuro mejor ya que hemos comprendido que "La educación es nuestro pasaporte para el futuro, porque el mañana pertenece a la gente que se prepara para el hoy." Malcolm X (1992)

## AGRADECIMIENTO

A Dios quien permitió que este en este lugar y en este momento, a mis padres, hermanos y seres amados quienes me apoyaron fielmente en cada una de mis decisiones tomadas para alcanzar mis objetivos y ayudarme a culminar mi vida universitaria.

También agradezco a mi alma mater La Universidad Privada del Norte, a los docentes de la facultad de Ingeniería, escuela de ingeniería Civil.

## INDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES .....</b>	<b>11</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Contextualización del Problema.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Antecedentes.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.1. A nivel Internacional.....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2. A nivel Nacional. ....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.3. A nivel local .....</b>	<b>17</b>
<b>1.3. Definiciones Conceptuales. ....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.1. Arenisca .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.2. Cuarzo .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.3. Concreto .....</b>	<b>18</b>
<b>1.3.4. Cemento .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.5. Agua de mezcla. ....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.6. Contenido de aire.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.7. Agregados. ....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.8. Resistencia a la compresión .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.9. Curado.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.10. Probeta. ....</b>	<b>20</b>
<b>1.4. Marco Teórico.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.1. Materiales pétreos.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.3. Composición del cemento portland.....</b>	<b>24</b>
<b>1.4.4. Mecanismo de hidratación del cemento .....</b>	<b>26</b>
<b>1.4.5. Clasificación de los agregados.....</b>	<b>30</b>
<b>1.4.6. Propiedades de los materiales .....</b>	<b>31</b>
<b>1.5. Problema de Investigación.....</b>	<b>36</b>
<b>1.6. Variables de Investigación .....</b>	<b>36</b>
<b>1.6.1. Población .....</b>	<b>36</b>
<b>1.6.2. Muestra. ....</b>	<b>36</b>

1.7.	<b>Tipo de Investigación</b> .....	36
1.8.	<b>Unidad de Estudio</b> .....	36
1.9.	<b>Objetivos de la Investigación</b> .....	37
1.9.1.	<i>Objetivo general</i> .....	37
1.9.2.	<i>Objetivos específicos</i> .....	37
1.10.	<b>Justificación de la Investigación</b> .....	37
1.10.1.	<i>Justificación General</i> .....	37
1.10.2.	<i>Justificación Académica</i> .....	37
1.11.	<b>Hipótesis</b> .....	37
1.11.1.	<i>Hipótesis general</i> .....	38
1.11.2.	<i>Hipótesis específicas</i> .....	38
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA</b> .....		<b>38</b>
2.1.	<b>Procedimiento de Recolección, Tratamiento y Análisis de Datos</b> .....	38
2.1.1.	<i>Técnicas para recolectar datos</i> .....	38
2.1.2.	<i>Técnicas para analizar información</i> .....	38
2.1.3.	<i>Procedimientos</i> .....	39
2.1.3.3.	<i>Obtención de las propiedades físicas</i> . 42	
2.2.	<b>Aspectos Éticos</b> .....	70
2.2.1.	<i>Confiabilidad</i> .....	71
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS</b> .....		<b>71</b>
3.1.	<b>Propiedades Físicas</b> .....	72
3.1.1.	<i>Granulometría</i> .....	72
3.1.2.	<i>Ensayo de Peso Unitario</i> .....	75
3.1.3.	<i>Ensayo de Contenido de Humedad</i> .....	76
3.1.4.	<i>Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino</i> . 76	
3.2.	<b>Diseño de Mezcla</b> .....	77
3.2.1.	<i>Diseño de mezcla para testeo</i> .....	77
3.2.2.	<i>Diseño de mezcla Final</i> .....	80
3.2.3.	<i>Resistencia a la Compresión</i> .....	81
3.2.4.	<i>Comparación económica de los Diseños de mezclas</i> .....	90
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b> .....		<b>91</b>
4.1.	<b>Discusión</b> .....	91
4.1.1.	<i>Limitaciones</i> .....	91
4.1.2.	<i>Interpretación comparativa</i> .....	91
4.1.3.	<i>Implicancias</i> .....	93
4.1.4.	<i>Conclusiones</i> .....	95
<b>REFERENCIAS</b> .....		<b>108</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tamaño Máximo Nominal</i> .....	44
Tabla 2 <i>Granulometría de la Arenisca Cuarzosa</i> .....	72
Tabla 3 <i>Granulometría del agregado grueso convencional</i> .....	73
Tabla 4 <i>Granulometría del agregado fino</i> .....	74
Tabla 5 <i>Peso unitario suelto de los agregados.</i> .....	75
Tabla 6 <i>Peso unitario compactado.</i> .....	76
Tabla 7 <i>Contenido de humedad de la Arenisca Cuarzosa y Agregado convencional</i> .....	76
Tabla 8 <i>Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.</i> .....	77
Tabla 9 <i>Tres Diseños de Concreto <math>f'c=210\text{ kg/cm}^2</math> de Arenisca Cuarzosa, con diferentes relaciones agua – cemento.</i> .....	78
Tabla 10 <i>Tres Diseños de Concreto <math>f'c=210\text{ kg/cm}^2</math> de agregado convencional, con diferentes relaciones agua – cemento.</i> .....	78
Tabla 11 <i>Resultado del cálculo de la desviación estándar y el <math>F'c</math> del concreto con Arenisca Cuarzosa (Testeo).</i> .....	78
Tabla 12 <i>Resistencia a la Compresión de la mezcla con Arenisca Cuarzosa con la corrección en base a la desviación estándar.</i> .....	79
Tabla 13 <i>Resultado del cálculo de la desviación estándar y el <math>F'c</math> .....del concreto con Agregado Convencional (Testeo)</i> .....	79
Tabla 14 <i>Resistencia a la Compresión de la mezcla de agregado convencional con la corrección en base a la desviación estándar.</i> .....	79
Tabla 15 <i>Resumen de Propiedades físicas utilizadas para los 2 diseños de mezclas.</i> .....	80
Tabla 16 <i>Comparativo de las cantidades requeridas por <math>\text{m}^3</math> de concreto.</i> .....	80
Tabla 17 <i>Resistencia a la compresión y Desviación estándar con Arenisca cuarzosa los 7 días.</i> .....	81
Tabla 18 <i>Resistencia a la compresión Requerida para la Arenisca Cuarzosa a los 7.</i> .....	81
Tabla 19 <i>Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra Arenisca Cuarzosa triturada (7 días de curado).</i> .....	82
Tabla 20 <i>Resistencia a la compresión y Desviación estándar del Concreto Convencional a los 7 días.</i> .....	83
Tabla 21 <i>Resistencia a la compresión Requerida para el Concreto Convencional a los 7 días.</i> .....	83
Tabla 22 <i>Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado convencional (7 días de curado).</i> .....	84
Tabla 23 <i>Resistencia a la compresión y Desviación estándar del concreto con Arenisca Cuarzosa a los 14 días.</i> .....	85
Tabla 24 <i>Resistencia a la compresión Requerida para la Arenisca Cuarzosa a los 14 días.</i> .	85
Tabla 25 <i>Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra Arenisca Cuarzosa triturada (14 días de curado)</i> .....	86
Tabla 26 <i>Resistencia a la compresión y Desviación estándar del concreto convencional a los 14 días.</i> .....	87
Tabla 27 <i>Resistencia a la compresión Requerida para el concreto convencional a los 14 días.</i> .....	87
Tabla 28 <i>Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado convencional (14 días de curado).</i> .....	88
Tabla 29 <i>Resistencia a la compresión y Desviación estándar del concreto con Arenisca Cuarzosa a los 28 días.</i> .....	89

Tabla 30 Resistencia a la compresión Requerida para el concreto con Arenisca Cuarzosa a los 14 días. ....	89
Tabla 31 Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con Arenisca Cuarzosa (28 días de curado). ....	90
Tabla 32 Resistencia a la compresión y Desviación estándar del concreto convencional a los 28 días.....	91
Tabla 33 Resistencia a la compresión Requerida para el concreto convencional a los 28 días.....	91
Tabla 34 Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado (28 días de curado). ....	92
Tabla 35 Cálculo de Precios Unitarios de los agregados sin IGV.....	94
Tabla 36 Cantidad de Material por $m^3$ de Concreto $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ con Arenisca cuarzosa. ....	94
Tabla 37 Cantidad de Material por $m^3$ de Concreto $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ con Agregado Convencional .....	95
Tabla 38 Análisis estadístico de grupo .....	96
Tabla 39 Prueba de normalidad .....	98
Tabla 40 Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba $t$ Student .....	99
Tabla 41 Regla de desicion para prueba $T$ Student.....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Proporciones típicas de volúmenes de los componentes del concreto .....	23
Figura 2 .....	23
Figura 3: porcentaje de óxido que componen el cemento portland .....	24
Figura 4 Límites permisibles del agua.....	29
Figura 5 Límites permisibles del agua de curado .....	30
Figura 6 resistencia a la compresión axial de rocas empleadas en la construcción.....	34
Figura 7 Módulo de elasticidad de las rocas.....	35
Figura 8 Chancadora Ubicada en el Km 20 de la av. Túpac Amaru. ....	42
Figura 9 Fajas Transportadora de la Chancadora km 20 de la av. Túpac Amaru.....	42
Figura 10 Volquete de 10 m <sup>3</sup> con el cual fue transportado la arenisca cuarzosa hasta la chancadora. ....	42
Figura 11 Piedra Chancada de Arenisca Cuarzosa obtenida del km 168 de la panamericana norte dirección Lima- Huacho (se aprecia las partículas de cuarzo en la roca) .....	43
Figura 12 Piedra Chancada de Arenisca Cuarzosa obtenida del km 168 de la panamericana norte dirección Lima- Huacho (se aprecia las partículas de cuarzo en la roca) .....	43
Figura 13 Agregado llevado al Laboratorio de materiales de la UNI para ensayar .....	43
Figura 14 Laboratorio de materiales de la Universidad de Ingeniería.....	44
Figura 15 Ensayo de Granulometría- Tamizador para agregado grueso .....	46
Figura 16 Ensayo de Granulometría- Tamizador para agregado fino .....	46
Figura 17 Ensayo de Granulometría: Retenidos de agregado fino (laboratorios de materiales de la UNI) .....	47
Figura 18 Ensayo de Granulometría - pesaje de los retenidos en cada malla (laboratorios de materiales de la UNI).....	47
Figura 19 Ensayo de Granulometría - Retenidos del agregado grueso Arenisca Cuarzosa (Laboratorio de materiales de la UNI).....	47
Figura 20 Ensayo de Granulometría - Retenidos del agregado grueso Arenisca Cuarzosa ....	47
Figura 21 Ensayo de peso Específico- Horno utilizado.....	48
Figura 22 Ensayo de peso específico- secado de muestra .....	49
Figura 23 Ensayo de peso específico- peso de la muestra sumergida .....	49
Figura 24 Compactado para el Peso Unitario Compactado del agregado Grueso Convencional (laboratorios de materiales de la UNI).....	51
Figura 25 Compactado para el Peso Unitario Compactado del Agregado Grueso (Arenisca Cuarzosa) (laboratorios de materiales de la UNI) .....	51
Figura 26 compactado para el Peso Unitario Compactado del Agregado fino (laboratorios de materiales de la UNI).....	51
Figura 27 Enrasado del Peso Unitario Compactado y Suelto (laboratorios de materiales de la UNI).....	52
Figura 28 Pesado del Agregado grueso Arenisca Cuarzosa Suelto(laboratorios de materiales de la UNI) .....	52
Figura 29 Pesado del Agregado grueso Arenisca Cuarzosa Compactado (laboratorios de materiales de la UNI).....	52
Figura 30 Pesado del Agregado fino .....	53
Figura 31 Pesado del Agregado fino suelto (laboratorios de materiales de la UNI). ....	53
Figura 32 Masa Representativa para Contenido de Humedad de Agregados (laboratorios de materiales de la UNI).....	54

Figura 33 Secado de Agregado para contenido de Humedad (laboratorios de materiales de la UNI).....	55
Figura 34 Secado de Muestra para Ensayo de Peso Específico (laboratorios de materiales de la UNI).....	56
Figura 35 Secado de Muestras para Ensayo de Peso Específico (laboratorios de materiales de la UNI).....	56
Figura 36 Pesado del Peso Seco de agregado para ensayo de Peso Especifico (laboratorios de materiales de la UNI).....	57
Figura 37 Compactación de especímenes de Testeo (laboratorio de materiales de la UNI)..	58
Figura 38 Engrasado de especímenes probetas par especímenes de Testeo- (laboratorio de materiales de la UNI).....	58
Figura 39 Especímenes de concreto (testeo) preparados para ruptura (laboratorio de materiales de la UNI) .....	59
Figura 40 Toma de medidas de especímenes de testeo (laboratorio de materiales de la ubi) UNI).....	59
Figura 41 Medicion de probetas de testeo .....	59
Figura 42 especímenes de concreto par testeo con los 3 diseños, se elaboró 6 probetas por diseño siendo total 36 probetas 18 para la mezcla de arenisca cuarzosa y 18 para el concreto convencional.....	59
Figura 43 Muestra de probeta de testeo sometida a compresion (laboratorio de materiales de la UNI).....	60
Figura 44 Probeta de Testeo ensayada a compresion (laboratorio de materiales de la UNI)..	60
Figura 45 Probetas de Testeo ensayadas a compresión (laboratorio de materiales de la UNI).....	60
Figura 46 fabricación del concreto con arenisca cuarzosa y agregado convencional en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte Sede Breña .....	61
Figura 47 Vaciado de los especímenes de agregado arenisca cuarzosa y agregado convencional en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte Sede Breña	61
Figura 48 : especímenes realizados en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte Sede Breña bajo la supervicion del Tec. Jhon Poma Julca.....	61
Figura 49 mezcla de concreto con arenisca cuarzosa y agregado convencional en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte Sede Breña .....	61
Figura 50 apisonado del concreto para prueba de slum.....	63
Figura 51 enrasado del cono de Abrahams para determinación de Slum del concreto. ....	63
Figura 52 Slum .....	63
Figura 53 Determinación del Slum del concreto ( slum del concreto con Arenisca de 4")....	64
Figura 54 Determinación del Slum del concreto ( slum del concreto con Arenisca de 4")....	64
Figura 55 Pesaje del concreto fresco para determinación de peso unitario. ....	65
Figura 56 Ensayo de Peso del concreto Fresco en Probeta Normalizada.....	65
Figura 57 Temperatura del concreto por cada tanda vaciada. ....	65
Figura 58 Curado de especímenes 90 probeta de Arenisca Cuarzosa y 90 probetas de agregado convencional Ensayo realizado en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Breña.....	68
Figura 59 Probetas para ser ensayada a compresion en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos. ....	69
Figura 60 Medición de Probetas para ser ensayada a compresión en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos.....	69
Figura 61 Probetas ensayadas a compresión en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos.....	69
Figura 62 Las probetas de arenisca cuarzosa sometidas a compresión en su mayoría tuvieron una ruptura tipo 5 ( Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los	

Olivos).....	69
Figura 63 Curva Granulométrica de la Arenisca Cuarzosa (Fuente Propia).....	73
Figura 64 Curva Granulométrica del Agregado Grueso Convencional (Fuente: Propia) .....	74
Figura 65 Curva Granulométrica del Agregado Fino (Fuente Propia).....	75
Figura 66 Grafica Comparativo de la Resistencia a compresión Axial a los 7 días.....	93
Figura 67 Grafica Comparativo de la resistencia a compresión axial a los 14 días .....	93
Figura 68 Grafica Comparativo de la resistencia a compresión axial a los 28 días .....	94

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 % de vacíos en el concreto .....	32
Ecuación 2. Porcentaje (%) de humedad en los agregados .....	33
Ecuación 3 Peso específico del agregado grueso .....	48
Ecuación 4 % Absorción del agregado grueso .....	48
Ecuación 5 Peso unitario .....	51
Ecuación 6 Contenido de humedad .....	53
Ecuación 7: Peso específico del agregado Grueso .....	55
Ecuación 8: % Absorción del agregado grueso .....	55
Ecuación 9 .Peso unitario .....	66
Ecuación 10 Resistencia a compresión de probetas cilíndricas .....	68

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se basa en determinar el aumento de la resistencia del concreto usando como agregado grueso la arenisca cuarzosa cuando se le adicionan cargas que actúan sobre ellas. Esta investigación consiste en incrementar la resistencia del concreto convencional utilizando como agregado grueso la arenisca cuarzosa y remplazando al 100% la piedra chancada (agregado grueso), por este tipo de roca, la cual será tritura hasta el tamaño de 1", para posteriormente ser utilizado en el diseño de mezcla de un concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ . La arenisca cuarzosa es un tipo de roca sedimentaria que se encuentra en su mayoría en toda la franja costera, para este proyecto de investigación se tomó la arenisca cuarzosa del km 168 de la carretera panamericana norte. La finalidad de la presente investigación es determinar en cuanto incrementa la resistencia a la compresión axial del concreto remplazando la piedra chancada por roca arenisca cuarzosa triturada.

**Palabras clave:** arenisca cuarzosa, incremento de resistencia.

## ABSTRACT

The present research work to determine the increase in concrete strength using quartz sandstone as coarse aggregate when loads that act on them are added. This research consists of increasing the resistance of conventional concrete using quartz sandstone as coarse aggregate and replacing 100% crushed stone (coarse aggregate) with this type of rock, which will be crushed to a size of 1", to later be used in the design of a concrete mix  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . The quartz sandstone is a type of sedimentary rock that is mostly found in the entire coastal strip, for this research project the quartz sandstone of km 168 of the Carretera Panamericana Norte. The purpose of this investigation is to determine how much the resistance to axial compression of concrete increases by replacing the crushed stone with crushed quartz sandstone.

**Keywords:** quartz sandstone, resistance increase.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contextualización del Problema

En la actualidad cada vez más personas construyen sus hogares, negocios o edificaciones con materiales que sean sustentables y brinden un mayor confort, en donde el concreto ocuparía los primeros puestos en materiales de mayor uso; la demanda cada vez mayor de espacios y el crecimiento acelerado el sector de la construcción en nuestro país y principalmente en Lima ha incrementado la utilización de concreto, el cual es una de las partidas de mayor costo en el presupuesto para la construcción de una edificación. Según Guido Valdivia, director ejecutivo de Capeco, señaló que en la "situación institucional" actual, el sector construcción podría crecer, como máximo, un 4,5%, en el año 2019 (Capeco, 2018)

El desarrollo del estudio se inicia exponiendo las propiedades mecánicas del agregado fino, agregado grueso de piedra chancada de Arenisca cuarzosa y piedra Chancada convencional. Posteriormente se procedió a realizar dos diseños de mezcla variando el agregado grueso y la relación de agua / cemento de cada diseño para obtener un concreto con  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  óptimo para cada uno y ensayando 30 probetas con rupturas a los 7, 14 y 28 días.

Debido a que no existen estudios realizados con el material, en mención el presente trabajo servirá de base para futuras investigaciones.

## 1.2. Antecedentes

### 1.2.1. A nivel Internacional.

**Según Díaz, C., Benítez, E., Ortiz, J. (2005)**, nos dice que en Paraguay se ha realizado investigaciones utilizando la arenisca cuarcítica emboscada como agregado en la elaboración de hormigones de mezcla asfáltica, la cual ha tenido mejores resultados que los convencionales, presentando mayor resistencia a la compresión axial en los ensayos a los 7, 14 y 28 días, además de presentar mayor estabilidad que los dosificados convencionales y mayor fluencia, además se han realizado proyectos utilizando esta tecnología tales como: la pavimentación de la ruta N°3, gral. Elizardo Aquino Acceso Norte a Asunción, Tramos Limpio Emboscada (1998-2001) entre otros.

**Según Solís (2008)**, nos dice que, en México, hay canteras de extracción de areniscas, canteras de ríos y de lagunas compuestas generalmente por rocas sedimentarias con características morfológicamente uniformes. es de ahí de donde se extrae agregado para el concreto el cual se utiliza generalmente para hormigones de asfalto y bases granulares.

**Según Cárdenas (2004)**, nos dice que, en el sur de Bogotá, la litología de la zona está caracterizada por bancos de areniscas de diferentes características granulométricas, de diversas formas y cohesión, por lo cual dependiendo de ello se utiliza para material de triturado, rocas de enchape u ornamentación. Las areniscas arcillosas son utilizadas para material granular de compactación y las cuarzosas como agregado para hormigón.

### 1.2.2. A nivel Nacional.

No se encontraron estudios sobre agregados de Arenisca cuarzosa en la elaboración de concretos. Sin embargo, los depósitos de arenisca cuarzo en el Perú se

Sin embargo, hay estudios relacionados con incremento de la resistencia de concreto con otros materiales tales como, Piedra caliza tritura lavada y sin lavar, fibra de carbono, bagazo de caña de azúcar, vidrios molidos, etc.

**Llatas (2015)** nos menciona que la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra caliza triturada lavada de la cantera Otuzco Mirador incrementa la resistencia de diseño, el esfuerzo máximo 5.29%, y que la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra caliza triturada sin lavar de la cantera Otuzco Mirador disminuye la resistencia de diseño, el esfuerzo máximo 13.86%.

**Chávez (2019)** analizó la influencia de vidrio molido de la malla #8, observando que no hay influencia significativa a los 28 días de edad, es decir, los valores de resistencia del concreto con vidrio y concreto patrón no tienen gran diferencia; sin embargo, destaca positivamente el 60% de vidrio molido de esta malla, el cual generó un pequeño aumento obteniéndose a los 7 días una resistencia de 205  $\text{kg/cm}^2$  y a los 28 días 249  $\text{kg/cm}^2$ , comparado con la resistencia patrón a los 7 y 28 días de 190  $\text{kg/cm}^2$  y 239  $\text{kg/cm}^2$  respectivamente.

**Alva (2018)** afirma que el porcentaje de 2% de fibra de vidrio que tiene como valor promedio de  $f'c=251.69 \text{ kg/cm}^2$  supera en la resistencia a la compresión al concreto patrón que tiene como valor de  $f'c= 230.13 \text{ kg/cm}^2$ , esto significa que aumenta la resistencia a la compresión axial en un 8.67% al del concreto patrón, pero al del concreto del diseño que es  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  aumento en un 19.72%.

compresión de las probetas con adición del 20% de CBCA en reemplazo del agregado fino, esquematizando las resistencias promedio y presentando las curvas esfuerzo – deformación para cada tiempo de curado para lo cual se alcanzó una resistencia máxima promedio de

237.96  $\text{kg/cm}^2$  a los 28 días, correspondiendo una disminución de la resistencia a la compresión del 13.54% con respecto a la probeta patrón.

**Rodríguez (2018)** encontró que la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=175\text{ kg/cm}^2$  a una resistencia requerida de  $245\text{ kg/cm}^2$ , con 3 porcentajes de reemplazo (50%, 75% y 100%) registraron los siguientes valores: para 28 días de curado en la probeta patrón se obtuvo  $252.60\text{ kg/cm}^2$ , con 50% de reemplazo un  $205.88\text{ kg/cm}^2$ , con 75% de reemplazo un  $191.24\text{ kg/cm}^2$  y con 100% de reemplazo un  $186.35\text{ kg/cm}^2$ .

**Gutierrez (2019)** obtiene que la comparación realizada entre las probetas de concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  y las probetas reforzadas con fibra de carbono, el máximo porcentaje que aumento en la resistencia fue de un 30.95 %, habiendo obtenido una máxima resistencia de  $302.58\text{ kg/cm}^2$ .

**Contreras (2017)** demuestra que la incorporación de ceniza volante de carbón para influenciar en la resistencia a la compresión de un concreto requiere de una dosificación que se encuentra entre el 1.5% y 6%, para generar un aumento significativo, lo que quiere decir que una estructura puede resistir mucha más carga para la que fue diseñada antes del colapso. En cuanto a la permeabilidad la dosificación óptima está por encima del 6%, sin embargo, las dosificaciones utilizadas fueron de gran incidencia, ya que genera una disminución considerable en la permeabilidad de un concreto.

**Muro (2019)** demuestra que la adición de agua al concreto en porcentajes de 1%, 5% y 7.5%, disminuye la Resistencia del concreto en un 7%, por lo tanto se afirma que la relación de Agua y Cemento en un concreto afecta a la Resistencia a la Compresión y a la Durabilidad del mismo.

### 1.3. Definiciones Conceptuales.

**1.3.1. Arenisca.** Roca sedimentaria formada por pequeños granos de arena compactados, cuya dureza depende del tamaño de los granos que la componen. Las areniscas están compuestas principalmente por: fragmentos de roca, granos de cuarzo, granos de feldespato, matriz y cemento. La matriz consiste de minerales de arcilla y limo, y en la mayoría de los casos estos materiales de grano fino se depositan junto con los granos de arena (**Tucker, 2003**).

**1.3.2. Cuarzo.** El cuarzo es la especie mineral más común encontrada como grano en areniscas y limolitas. Como mineral primario es el principal constituyente de las rocas graníticas, ocurre en algunas rocas de composición intermedia y está ausente de las rocas ígneas básicas. Las rocas metamórficas como el gneis formado de material granítico y muchas rocas sedimentarias de grano grueso contienen alta proporción de cuarzo. El cuarzo también ocurre en venas, precipitado de fluidos calientes asociados con procesos ígneos y metamórficos. Los granos de cuarzo son resistentes a la descomposición química, pueden ser rotos o erosionados durante el transporte, estos se mantienen intactos durante largas distancias y largos períodos de transporte (**Nichols, 2009**).

**1.3.3. Concreto.** Es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que hace un material ideal para la construcción (Rivera, 2012). El concreto está compuesto por diversos materiales como: cemento, agua, aire, agregado grueso,

agregado fino y aditivos. Cada uno de ellos tiene un rol muy importante en el comportamiento del concreto en sus diferentes estados, aportando diversas características para la resistencia del mismo (Sotil y Zegarra, 2015). Las propiedades más importantes del concreto en estado no endurecido incluyen la trabajabilidad, consistencia, fluidez, posesividad, contenido de aire, segregación, exudación, tiempo de fraguado, calor de hidratación, peso unitario y en el estado endurecido las propiedades del concreto incluyen la resistencia mecánica, durabilidad, cambios de volumen, impermeabilidad, resistencia al desgaste, resistencia a la cavitación, propiedades térmicas y acústicas, y apariencia (Rivva, 2000).

**1.3.4. Cemento.** Es el producto que se obtiene por la pulverización del Clinker Portland con la adición de una o más formas de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos siempre que su inclusión no afecte las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionales deben ser pulverizados conjuntamente con el Clinker (Rivera, 2012). Según la norma ASTM C 150 establece cinco diferentes tipos de cemento, de acuerdo a los usos y necesidades del mercado de la construcción.

**1.3.5. Agua de mezcla.** Cumple dos funciones muy importantes, permitir la hidratación del cemento y hacer la mezcla manejable. De toda el agua que se emplea en la preparación de un mortero o un concreto, parte hidrata el cemento, el resto no presenta ninguna alteración y con el tiempo se evapora y el agua de curado es la cantidad de agua adicional que requiere el concreto una vez endurecido a fin de que alcance los niveles de resistencia para los cuales fue diseñado (Rivva, E. 2010).

**1.3.6. Contenido de aire.** Es el volumen de los poros o vacíos de aire o de otro gas en la pasta de cemento, mortero o concreto, excluyendo los poros de impermeables contenidos en las partículas del agregado, usualmente expresado como un porcentaje del volumen total de la pasta, mortero o concreto (NTP 339.047, 2006).

**1.3.7. Agregados.** Según la Norma Técnica Peruana NTP 339.128 define a los agregados como, el conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Así también estos son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto.

**1.3.8. Resistencia a la compresión.** La resistencia a compresión es la resistencia máxima que presenta una muestra de concreto frente a una carga de compresión axial y se expresa como la fuerza por unidad de área de sección transversal (**American Concrete Institute, 2013**).

**1.3.9. Curado.** Se define como tiempo de curado al periodo durante el cual el concreto es mantenido en condiciones de humedad y temperatura tales como para lograr a hidratación del cemento en la magnitud que se desea para alcanzar la resistencia deseada (**Sánchez y Tapia, 2015**).

**1.3.10. Probeta.** Es una muestra de dimensiones previamente definidas, elaborada a partir de acero, hierro forjado, PVC u otro material no absorbente y que no reaccione con el cemento. Antes de usarse los moldes deben ser cubiertos ligeramente con aceite mineral o un agente separador de encofrado no reactivo (**Torre, 2004**).

## **1.4. Marco Teórico**

**1.4.1. Materiales pétreos.** Todos los materiales pétreos son rocas que se encuentran en las naturales que por lo general forman grandes cantidades de volúmenes de materiales Se llama roca a un agregado natural, que está formado por uno o más minerales asociados químicamente e impurezas en cantidades variables. Sus dimensiones son considerables y no tienen una forma determinada.

Su composición y estructura no son fijas. Son las típicas "piedras" que todo el mundo conoce. La roca es heterogénea y puede ser simple o compuesta. (**Padilla Rodríguez, 2004**)

El concreto es un material pétreo artificial que se obtiene de la mezcla, en determinadas proporciones, de pasta y agregados minerales. La pasta se compone de cemento y agua, que al endurecerse une a los agregados formando un conglomerado semejante a una roca debido a la reacción química entre estos componentes. Para lograr las mejores propiedades mecánicas, el concreto debe contar con un esqueleto pétreo empacado lo más densamente posible, y con la cantidad de pasta de cemento necesaria para llenar los huecos que éste deje (**Palbol, 1996**).

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interface entre estos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.), pueden producir concretos de distintas resistencias (**Çeçen, 1997**).

La necesidad de contar con un concreto de calidad hace indispensable conocer a detalle sus componentes, ya que tanto la resistencia como la durabilidad dependen de las propiedades físicas y químicas de ellos, especialmente de los agregados. Sin embargo, uno de los problemas que generalmente encuentran los ingenieros y los constructores al emplear el concreto, es la poca verificación de las características de los agregados pétreos que utilizan, lo que propicia con cierta frecuencia resultados diferentes a los esperados (**Cerón, 1996**).

La absorción es quizás la propiedad del agregado que más influye en la consistencia del concreto, puesto que las partículas absorben agua directamente en la mezcladora, disminuyendo la manejabilidad de la mezcla. Si dos tipos de agregados tienen absorción similar, otros factores secundarios serán de importancia en la consistencia de la mezcla, tales como forma, tamaño y graduación; ya que mientras mayor superficie del agregado sea necesario cubrir con pasta, se tendrá menos fluidez. Una buena consistencia y manejabilidad

de la mezcla se obtiene con la combinación de índices bajos de absorción y un coeficiente

bueno de forma, en donde las partículas son aproximadamente redondas. **(Fernández, 1996).**

Agregado grueso. - El ripio o piedra triturada, debe provenir de rocas sanas, duras y estar formado por partículas prismáticas, que tiendan a la forma cúbica, no alargadas. Si están recubiertas con el polvo de la trituración, hay que lavarlas. La grava, o canto rodado, debe estar limpio, sin adherencias de limo o arcilla y no tener partículas livianas (pómez) o terrones. No son convenientes las partículas demasiado lisas, aunque son las más duras. Tampoco son deseables las partículas planas porque son livianas o muy poco resistentes. **(Lafarge, 2009)**

**1.4.2. Componentes del concreto.** La Tecnología del concreto en la actualidad define para este material cuatro elementos que lo componen: Cemento, agua, agregados y aditivos como elementos activos y el aire como elemento pasivo. Si bien la definición tradicional consideraba a los aditivos como un elemento opcional, en la práctica moderna mundial estos constituyen un ingrediente normal, por cuanto está científicamente demostrada la conveniencia de su empleo en mejorar condiciones de trabajabilidad, resistencia y durabilidad, siendo a la larga una solución más económica si se toma en cuenta el ahorro en mano de obra y equipo de colocación y compactación, mantenimiento, reparaciones e incluso en reducción de uso de cemento. **(Carbajal, 1998).**

Estableciendo conceptualmente la necesidad de conocer a arduamente las propiedades de los componentes del concreto, se comenta de forma puntual cada componente, dentro del cual amerita un conocimiento especial el "cemento". Si analizamos la Ilustración N° 1 En que se esquematizan las proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes del concreto, concluiremos en que el cemento es el ingrediente activo que interviene en menor cantidad, pero sin embargo es el que define las tendencias del comportamiento, por lo que es obvio que necesitamos profundizar en este aspecto que está muy ligado a las reacciones

químicas que se suceden al entrar en contacto con el agua y los aditivos. (Carbajal, 1998)

**Figura 1** Proporciones típicas de volúmenes de los componentes del concreto

Aire = 1 % a 3 %
Cemento = 7 % a 15 %
Agua = 15 % a 22 %
Agregados = 60 % a 75%

Fuente: (Carbajal, 1998)

**1.4.2.1. Agregados.** Se denomina o se entiende por agregados en el sector de la construcción, al conjunto de partículas inertes, (en general) naturales o artificiales, las cuales mezcladas con cemento Portland y agua forman concreto o mortero (Rivera, 2009)

**1.4.2.2. Cemento portland y su fabricación.** La fabricación del cemento lo constituye la selección y explotación de las materias primas para su procesamiento consiguiente. Los componentes químicos principales de las materias primas para la fabricación del cemento y las proporciones generales en que intervienen son (Frederik, 1988).

Oxido Componente	Porcentaje Típico	Abreviatura
CaO	61% - 67%	C
SiO <sub>2</sub>	20% - 27%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 7%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 4%	F
SO <sub>3</sub>	1% - 3%	
MgO	1% - 5%	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0.25% - 1.5%	

Fuente: (Carbajal, 1998).

**Figura 2**  
componentes químicos del cemento y su procedencia.

	Componente Químico	Procedencia Usual
95%	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas Calizas
	Oxido de Sílica (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, Mineral de Hierro, Pirita
5%	Oxidos de Magnesio, Sodio,	Minerales Varios
	Potasio, Titanio, Azufre,	
	Fósforo y Manganeso	

Fuente: (Frederik, 1988).

*Figura 3: porcentaje de óxido que componen el cemento portland*

**1.4.3. Composición del cemento portland.** El cemento es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse al contacto con el agua.

El endurecimiento hidráulico del cemento se debe principalmente a la hidratación de los silicatos de calcio, aunque también pueden participar en el proceso de endurecimiento otros compuestos químicos, como, por ejemplo, los aluminatos. La suma de las proporciones de óxido de calcio reactivo (CaO) y de dióxido de silicio reactivo (SiO<sub>2</sub>) será al menos del 50% en masa, cuando las proporciones se determinen conforme con la Norma Europea EN 196-2.

Los cementos están compuestos de diferentes materiales (componentes) que adecuadamente dosificadas mediante un proceso de producción controlado, le dan al cemento las cualidades físicas, químicas y resistencias adecuadas al uso deseado.

Existen, desde el punto de vista de composición normalizada, dos tipos de componentes:

Componente principal: Material inorgánico, especialmente seleccionado, usado en proporción superior al 5% en masa respecto de la suma de todos los componentes principales y minoritarios.

Componente minoritario: Cualquier componente principal, usado en proporción inferior al 5% en masa respecto de la suma de todos los componentes principales y minoritarios.

**(Neville 2008).**

La mezcla es posteriormente introducida en un horno giratorio consistente en un gran cilindro metálico recubierto de material refractario con diámetros que oscilan entre 2 y 5 m. y longitudes entre 18 a 150 m. El horno tiene una ligera inclinación con respecto a la horizontal del orden del 4 % y una velocidad de rotación entre 30 a 90 revoluciones por hora.

Dependiendo del tamaño del horno, se pueden producir diariamente de 30 a 700 Toneladas.

La fuente de calor se halla en el extremo opuesto al ingreso del material y pueden obtenerse mediante inyección de carbón pulverizado, petróleo o gas en ignición, con temperaturas máximas entre 1,250 y 1,900 °C **(Carbajal, 1998).**

Las temperaturas desarrolladas a lo largo del horno producen primero la evaporación del agua libre, luego la liberación del CO<sub>2</sub> y finalmente en la zona de mayor temperatura se produce la fusión de alrededor de un 20% a 30% de la carga y es cuando la cal, la sílice y la alúmina se vuelven a combinar aglomerándose en nódulos de varios tamaños usualmente de 1/4" a 1" de diámetro de color negro característico, relucientes y duros al enfriarse, denominados "Clinker de cemento Portland". En la etapa final del proceso, el clinker es enfriado y es molido en un molino de bolas conjuntamente con yeso en pequeñas cantidades (3 a 6%) para controlar el endurecimiento violento. La molienda produce un polvo muy fino que contiene hasta  $1.1 \times 10^{12}$  partículas por Kg. y que pasa completamente por un tamiz N° 200 (0.0737 mm, 200 aberturas por pulgada cuadrada). Finalmente, el cemento pasa ser almacenado a granel, siendo luego suministrado en esta forma o pesado y embolsado para su distribución. **(Carbajal, 1998).**

**1.4.4. Mecanismo de hidratación del cemento.** Se denomina hidratación al conjunto de reacciones químicas entre el agua y los componentes del cemento, que llevan consigo el cambio del estado plástico al endurecido, con las propiedades inherentes a los nuevos productos formados. Los componentes ya mencionados anteriormente, al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de Calcio complejos. La velocidad con que se desarrolla la hidratación es directamente proporcional a la finura del cemento e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener (**Carbajal, 1998**).

Contrariamente a lo que se creía hace años, la reacción con el agua no une las partículas de cemento, sino que cada partícula se dispersa en millones de partículas de productos de hidratación desapareciendo los constituyentes iniciales. El proceso es exotérmico generando un flujo de calor hacia el exterior denominado calor de hidratación. Dependiendo de la temperatura, el tiempo, y la relación entre la cantidad de agua y cemento que reaccionan, se pueden definir los siguientes estados que se han establecido de manera arbitraria para distinguir las etapas del proceso de hidratación (**Carbajal, 1998**).

**1.4.4.1. Fraguado inicial.** Condición de la pasta de cemento en que se aceleran las reacciones químicas, empieza el endurecimiento y la pérdida de la plasticidad, midiéndose en términos de la resistencia a deformarse. Es la etapa en que se evidencia el proceso exotérmico donde se genera el ya mencionado calor de hidratación, que es consecuencia de las reacciones químicas descritas. Se forma una estructura porosa llamada gel de Hidratos de Silicatos de Calcio (CHS o Torbemorita), con consistencia coloidal intermedia entre sólido y líquido que va rigidizándose cada vez más en la medida que se siguen hidratando los silicatos. Este período dura alrededor de tres horas y se producen una serie de reacciones químicas que van haciendo al gel CHS más estable con el tiempo. En esta etapa la pasta puede remezclarse sin

producirse deformaciones permanentes ni alteraciones en la estructura que aún está en formación, **(Frederik, 1988)**.

**1.4.4.2. Endurecimiento.** Se produce a partir del fraguado final y es el estado en que se mantienen e incrementan con el tiempo las características resistentes. La reacción predominante es la hidratación permanente de los silicatos de calcio, y en teoría continúa de manera indefinida. Es el estado final de la pasta, en que se evidencian totalmente las influencias de la composición del cemento. Los sólidos de hidratación manifiestan su muy baja solubilidad por lo que el endurecimiento es factible aún bajo agua, **(Frederik, 1988)**.

Hay dos fenómenos de fraguado, que son diferentes a los descritos; el primero corresponde al llamado "Fraguado Falso" que se produce en algunos cementos debido al calentamiento durante la molienda del clinker con el yeso, produciéndose la deshidratación parcial del producto resultante, por lo que al mezclarse el cemento con el agua, ocurre una cristalización y endurecimiento aparente durante los 2 primeros minutos de mezclado, pero remezclando el material, se recobra la plasticidad, no generándose calor de hidratación ni ocasionando consecuencias negativas. El segundo fenómeno es el del "fraguado violento" que ocurre cuando durante la fabricación no se ha añadido la suficiente cantidad de yeso, lo que produce un endurecimiento inmediato, desarrollo violento del calor de hidratación y pérdida permanente de la plasticidad, sin embargo es muy improbable en la actualidad que se produzca este fenómeno, ya que con la tecnología moderna el yeso adicionado se controla con mucha precisión. **(Frederik, 1988)**.

**1.4.4.3. El agua de mezcla.** El agua de mezcla en el concreto tiene tres funciones principales

- A) Reaccionar con el cemento para hidratarlo
- B) Actuar como lubricante para contribuir a la trabajabilidad del concreto

- C) Procurar la estructura de vacíos necesaria en la pasta para que los productos de hidratación tengan espacio para desarrollarse.

Por lo tanto, la cantidad de agua que interviene en la mezcla de concreto es normalmente por razones de trabajabilidad, mayor de la necesaria para la hidratación del cemento. El problema principal del agua de mezcla reside en las impurezas y la cantidad de éstas, que ocasionan reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. Los efectos más perniciosos que pueden esperarse de aguas de mezcla con impurezas son: retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido, eflorescencias, contribución a la corrosión del acero, cambios volumétricos etc. **(Philip, 1990)**.

**1.4.4.4. Relación Agua – Cemento.** es uno de los parámetros más importantes de la tecnología del hormigón, pues influye considerablemente en la resistencia final del mismo. Dado que el peso del agua utilizada siempre debe ser menor que el peso del cemento, el guarismo resultante es menor que la unidad. Una relación agua/cemento baja, conduce a un Concreto de mayor resistencia que una relación agua/cemento alto. Pero cuanto más alta sea esta relación, el hormigón será más trabajable. La menor relación a/c para obtener una hidratación completa del cemento se considera igual a 0,42 y la mayor 0,60. La razón por la cual la RAC debe ser entre 0,42 y 0,60 (por lo general: una cantidad de peso de agua con respecto a dos cantidades de peso del cemento con una variación del 25% por exceso o 18% por defecto de cemento) es que las partículas de cemento deben hidratarse correctamente. Un exceso de agua lleva a que las partículas lleguen a un punto en el que no absorben más agua, por lo que quedan espacios vacíos en los que nada actúa.

**1.4.4.5. El agua para curado.** En general, los mismos requisitos que se exigen para el agua de mezcla deben ser cumplidos por las aguas para curado, y por otro lado en las obras es

**Figura 4** Límites permisibles del agua.

Componente	Límite permisible
1) Sólidos en suspensión	5,000 p.p.m. Máximo
2) Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
3) Alcalinidad ( $\text{NaHCO}_3$ )	1,000 p.p.m. máximo
4) Sulfato ( Ión $\text{SO}_4$ )	600 p.p.m. máximo
5) Cloruros ( Ión $\text{Cl}^-$ )	1,000 p.p.m. máximo
6) pH	5 a 8

**Fuente: (Carbajal, 1998)**

usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto. No obstante lo mencionado, si revisamos lo ya evaluado con respecto al mecanismo de hidratación del cemento y la estructura de la pasta, podemos concluir, que el agua adicional que puede contribuir a hidratar el concreto proveniente del curado, representa una fracción solamente del agua total (alrededor de la quinta parte en volumen absoluto), por lo que las limitaciones para el caso del agua de curado pueden ser menos exigentes que en el caso del agua de mezcla, pudiendo aceptarse reducirlas a la mitad en la mayoría de los casos (Frederik, 1988).

El curado se define como la prevención del secado prematuro del concreto bajo un nivel de temperatura favorable por un periodo específico, si el agua de la mezcla escapa a edades tempranas, la hidratación del cemento no es total y se producen fisuras por retracción hidráulica. Durante los primeros días del fraguado es indispensable mantener la humedad de

Elemento	Limitación
Cloruros ( Ión Cl )	
a) En concreto pretensado o losas de puentes	500 ppm máximo
b) Cualquier otro concreto armado en ambiente húmedo o con elementos embutidos de aluminio o metales diferentes o con insertos Galvanizados.	1,000 ppm máximo
Sulfatos ( Ión $\text{SO}_4$ )	3,000 ppm máximo
Alkalía ( $\text{NaO} + 0.658 \text{K}_2\text{O}$ )	600 ppm máximo
Sólidos disueltos totales	50,000 ppm máximo

Fuente: (López, 2008).

**Figura 5** Límites permisibles del agua de curado

la mezcla, pues la hidratación del cemento continua durante varios días o meses, si se mantiene un adecuado curado, se facilita una mejor hidratación del cemento y en consecuencia se obtienen estructuras más resistentes, (Awad, 2007).

Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros).

Los agregados generalmente se dividen en dos grupos: finos y gruesos. Los agregados finos consisten en arenas naturales o manufacturadas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10mm; los agregados gruesos son aquellos cuyas partículas se retienen en la malla No. 16 y pueden variar hasta 152 mm. El tamaño máximo de agregado que se emplea comúnmente es el de 19 mm o el de 25 mm.

Los agregados conforman el esqueleto granular del concreto y son el elemento mayoritario ya que representan el 80-90% del peso total de concreto, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones. (neville 2008)

La pasta cementicia (mezcla de cemento y agua) es el material activo dentro de la masa de concreto y como tal es en gran medida responsable de la resistencia, variaciones volumétricas y durabilidad del concreto. Es la matriz que une los elementos del esqueleto granular entre sí.

Cada elemento tiene su rol dentro de la masa de concreto y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

#### **1.4.5. Clasificación de los agregados.**

**1.4.5.1. Por su naturaleza.** Los agregados pueden ser naturales o artificiales, siendo los naturales de uso frecuente, además los agregados utilizados en el concreto se pueden clasificar en: agregado grueso, fino y hormigón (agregado global).

- A) El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas.
- B) El agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.
- C) El hormigón, es el material conformado por una mezcla de arena y grava este material mezclado en proporciones arbitrarias se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y se emplea tal cual se extrae en la cantera.

**1.4.5.2. Por su densidad.** Se pueden clasificar en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.5, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75. (Carbajal, 1998).

**1.4.5.3. Por el origen, forma y textura superficial.** Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angulosidades. En términos descriptivos las formas de los agregados pueden ser:

- A) Angular: Poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- B) Sub angular: Evidencia de algo de desgaste en caras y bordes.
- C) Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- D) Redondeada: Bordos casi eliminados.
- E) Muy Redondeada: Sin caras ni bordes

**(Abanto 1996)**

## **1.4.6. Propiedades de los materiales**

### **1.4.6.1. Propiedades físicas**

*1.4.6.1.1. Densidad.* Depende de la gravedad específica de sus constituyentes sólidos como de la porosidad del material mismo. La densidad de los agregados es especialmente importante para los casos en que se busca diseñar concretos de bajo o alto peso unitario.

Las bajas densidades indican también que el material es poroso y débil y de alta absorción.

La densidad de los agregados es de especial importancia en todos aquellos casos en que, por resistencia o durabilidad, se requieren concretos con un peso por encima o debajo de aquel que corresponde a concretos usuales. Las bajas densidades generalmente indican material poroso, poco resistente y de alta absorción. Tales características, cuando ello fuere necesario, deberán ser confirmadas por ensayos de laboratorio, **(López, 2008)**.

*1.4.6.1.2. Porosidad.* La palabra porosidad viene de poro que significa espacio no ocupado por materia sólida en la partícula de agregado es una de las más importantes propiedades del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad. **(Espinosa, 2003)**.

*1.4.6.1.3. Peso unitario.* Es el resultado de dividir el peso de las partículas entre

el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas influye la forma de acomodo de estos. El procedimiento para su determinación se encuentra normalizado en ASTM C 29 y NTP 400.017. Es un valor útil sobre todo para hacer las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa.

*1.4.6.1.4. Porcentaje de vacíos.* Es la medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas por lo que su valor es relativo como en el caso del peso unitario. Se evalúa usando la siguiente expresión recomendada por ASTM C 29

*Ecuación 1 % de vacíos en el concreto*

$$\% \text{ de vacios} = \frac{(S \times W - P.U.C.)}{S \times W} \times 100$$

Fuente: NTP 400.017

Donde:

S = Peso específico de masa

W = Densidad del agua

P.U.C. = Peso Unitario Compactado seco del agregado

*1.4.6.1.5. Humedad.* Es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma:

*Ecuación 2. Porcentaje (%) de humedad en los agregados*

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

Fuente: ASTM C29

#### 1.4.6.2. Propiedades Resistentes

1.4.6.2.1. *Resistencia.* La resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; la textura la estructura y composición de las partículas del agregado influyen sobre la resistencia. Si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles. La resistencia al chancado o compresión del agregado deberá ser tal que permita la resistencia total de la matriz cementante.

Roca	Resistencia ( kg/cm <sup>2</sup> )
Felsita	3 300
Roca Trapeana	2 850
Cuarcita	2 250
Granito	1 850
Diabasas	1 800
Esquisto	1 700
Caliza	1 800
Gneiss	1 500
Gabro	1 500
Arenisca	1 300

Fuente: (ACI, 2000)

**Figura 6** Resistencia a la compresión axial de rocas empleadas en la construcción.

1.4.6.2.2. *Tenacidad.* Esta característica está asociada con la resistencia al impacto del material. Está directamente relacionada con la flexión, angulosidad y textura del material, (Abanto 1996).

1.4.6.2.3. *Dureza.* Se define como dureza de un agregado a su resistencia a la erosión abrasión o en general al desgaste. La dureza de las partículas depende de sus constituyentes.

Entre las rocas a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas silicosas, (**Abanto 1996**).

**1.4.6.2.4. Módulo de elasticidad.** Es definido como el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones.

El módulo elástico se determina en muy inusual su determinación en los agregados sin embargo el concreto experimentara deformaciones por lo que es razonable intuir que los agregados también deben tener elasticidades acordes al tipo de concreto. El valor del módulo de elasticidad además influye en el escurrimiento plástico y las contracciones que puedan presentarse, (**Neville 2008**)

Roca	Módulo de elasticidad ( kg/cm <sup>2</sup> )
Roca Trapejana	930 000
Gabro	860 000
Diabasas	860 000
Granito	610 000
Arenisca	310 000
Caliza	280 000

Fuente: (**ACI, 2000**).

**Figura 7** Módulo de elasticidad de las rocas.

### **1.4.6.3. Propiedades térmicas**

**1.4.6.3.1. Coeficiente de expansión.** Cuantifica la capacidad de aumento de dimensiones de los agregados en función de la temperatura, depende mucho de la composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de roca.

En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado. Los valores oscilan normalmente entre  $0.9 \times 10^{-6}$  a  $8.9 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ .

1.4.6.3.2. *Calor específico.* Es la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado centígrado la temperatura. No varía mucho en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos. (Awad, 2007).

1.4.6.3.3. *Conductividad térmica.* Es la mayor o menor facilidad para conducir el calor. Está influenciada básicamente por la porosidad siendo su rango de variación relativamente estrecho. Los valores usuales en los agregados son de 1.1 a 2.7 BTU/pie.hr.°F

1.4.6.3.4. *Difusividad.* Representa la velocidad con que se pueden producir cambios térmicos dentro de una masa. Se expresa como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad. (Awad, 2007).

## 1.5. Problema de Investigación

¿De qué manera la influencia de la arenisca cuarzosa triturada utilizado como reemplazo del agregado grueso ayudara al incremento de la resistencia a compresión del concreto  $F'c=210\text{ Kg/cm}^2$ , Lima, 2019?

## 1.6. Objetivos de la Investigación

### 1.6.1. Objetivo general.

- Determinar la influencia de la arenisca cuarzosa triturada utilizado como reemplazo del agregado grueso para determinar la resistencia a compresión del concreto  $F'c=210\text{ Kg/cm}^2$ , Lima, 2019.

### 1.6.2. Objetivos específicos.

- Determinar la influencia de la arenisca cuarzosa triturada en el diseño de mezcla utilizado como reemplazo del agregado grueso para determinar la resistencia a compresión axial del concreto de  $F'c = 210\text{ Kg/cm}^2$ , Lima 2019.
- Determinar la influencia de la arenisca cuarzosa triturada utilizado como reemplazo del agregado grueso para determinar el incremento en un 6.4% de la resistencia a

compresión del concreto  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , Lima, 2019.

- Determinar la influencia de la arenisca cuarzosa triturada en el costo utilizado como reemplazo del agregado grueso para determinar la resistencia a compresión axial del concreto de  $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ , Lima 2019.

## 1.7. Justificación de la Investigación

**1.7.1. Justificación General.** Esta investigación exploratoria permitirá determinar si la piedra arenisca cuarzosa triturada, aumenta la resistencia del concreto al ser incorporado como agregado grueso, este será medido mediante ensayos de Compresión Axial comparado con un concreto tradicional de igual forma con la presente investigación se aportará en conocimiento al área de Tecnología del Concreto, del mismo modo se puede plantear una explotación de los yacimientos existentes en lima con la finalidad de generar Espacios planos en donde se pueda habilitar Urbanizaciones en un futuro.

**1.7.2. Justificación Académica.** Aportará datos importantes a los estudiantes, para que puedan continuar con investigaciones sobre concreto reforzado con arenisca cuarzosa, proporcionara las propiedades físicas de la Arenisca cuarzosa. Según Selvamony, C.; Ravikumar, M. S.; Kannan, S. U.; Gnanappa, S. Vasili (2010), en su investigación sobre sobre concreto autocompactado y de autocurado usando polvo de piedra caliza y clinkers me dio una idea para poder realizar un reemplazo mediante otro mineral, pero esta vez reemplazando al agregado grueso.

Aportará mayor información para continuar con la investigación del Uso de la Arenisca en la Construcción, ya que, al igual Díaz, C., Benítez, E., Ortiz, J. (2005) usando la Arenisca Cuarzosa en el Concreto Asfaltico ha obtenido mejores resultados que con el uso de agregado convencional.

## 1.8. Hipótesis

**1.8.1. Hipótesis general.** La resistencia a compresión axial del concreto se incrementa

en un 10% al cambiar el agregado grueso convencional por el agregado grueso de piedra arenisca cuarzosa lavada, el costo del concreto en comparación con el convencional disminuirá un 5% para las zonas costeras, ya que el material arenisca cuarzosa es un material de origen sedimentario que se encuentra en grandes cantidades en nuestra franja costera.

**1.8.2. Hipótesis específicas.** Se incrementará la resistencia del concreto elaborado con agregado de piedra arenisca cuarzosa en un 10 %

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo y diseño de la investigación.

**2.1.1. Tipo de investigación.** El tipo de investigación que se desarrolló fue aplicada y Cuasi experimental, de carácter descriptivo. Según, Hernández, Collado & Baptista (2014), una investigación es Cuasi experimental, cuando hay manipulación de las variables por parte del investigador que interfieren en el estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables, su efecto en las conductas observadas. Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. Según Montgomery (1991), para elegir el diseño es necesario considerar el tamaño de la muestra (número de repeticiones), seleccionar un orden adecuado para los ensayos y determinar si hay implicado un bloqueo u otras restricciones de aleatorización.

**2.1.2. Diseño de investigación.** La investigación planteada es de tipo Cuasi Experimental debido a que en ella se establece una situación de control en la cual se manipuló de manera intencional la variable independiente, para que se pueda analizar las consecuencias sobre la variable dependiente que es la arenisca cuarzosa.

### 2.2. Variables de Investigación

**2.2.1. Población.** Probetas de concreto diseñados con agregado grueso de Arenisca cuarzosa triturada.

**2.2.2. Muestra.** 90 probetas diseñadas con agregados de roca Arenisca Cuarzosa Triturada y 90 probetas de concreto convencional.

Se utilizarán 30 consecutivos ensayos para poder realizar la desviación estándar según lo indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE E060. Y se realizaran ruptura a los 7, 14 y 28 días.

**2.2.3. Unidad de Estudio** Resistencia a compresión axial de la probeta de

concreto diseñado con agregado de piedra Arenisca cuarzosa triturada.

## 2.3. Procedimiento de Recolección, Tratamiento y Análisis de Datos

**2.3.1. Técnicas para recolectar datos.** La recolección de datos para esta investigación se realizará mediante la observación, el apoyo de un Ingeniero Geólogo y la Carta Geológica Nacional del INGEMMET, además mediante ensayos de laboratorio se determinó las propiedades físicas del agregado roca Arenisca cuarzosa la cual fue obtenida de un banco de arenisca cuarzosa ubicado en el km 168 de la panamericana norte (margen derecho), Este Agregado grueso el cual llamaremos "No Convencional" se utilizara para diseñar las mezclas de concreto para la resistencia requerida la cual es  $F'c=210\text{kg/cm}^2$ , este diseño se realizara de acuerdo a técnicas y procedimientos de normas técnicas peruanas.

### **Validación de Instrumentos de Investigación.**

Se validaron, mediante una prueba piloto la cual fue el diseño de mezcla de Testeo, también se utilizo el Análisis Estadístico, para la confiabilidad se realizaron los Ensayos de Materiales, Diseños de mezcla, el Testeo del diseño de mezcla y la Prueba de Resistencia a la compresión Axial de una muestra de 20 probetas en el laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, la preparación de las probetas se realizaron en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte, bajo la supervisión del Técnico encargado del Laboratorio.

### **2.3.2. Técnicas para analizar información.**

#### ***2.3.2.1. Muestreo de agregados.***

- Localización de beta de Arenisca Cuarzosa.

#### ***2.3.2.2. Obtención de las propiedades físicas.***

- Tamaño máximo nominal.
- Análisis granulométrico del agregado.
- Peso específico del agregado.
- Peso unitario de los agregados.
- Contenido de humedad.
- Absorción del agregado.
- Resistencia a la abrasión.

#### **2.3.2.3. Diseño de mezclas.**

- Testeo
- Curado de los especímenes.

#### **2.3.2.4. Propiedades mecánicas**

- Resistencia a la compresión axial de los especímenes

### **2.3.3. Procedimientos.**

**2.3.3.1. De la obtención de la arenisca Cuarzosa.** Se realizó el día sábado 30 de setiembre del 2018 en coordinación, con el ingeniero geólogo Percy Vicente Aranzábal, el cual determino que el material encontrado y extraído del banco seleccionado es piedra arenisca cuarzosa, luego se procedió a llevar las muestras extraídas a la chancadora ubicada en el km 20 de la av. Túpac Amaru, cabe mencionar que se realizó siguiendo los procedimientos de la NTP 400 019.

La Arenisca cuarzosa fue extraída del km 168 de la panamericano norte (margen derecho). Se desato la piedra para extraer grandes bloques y posteriormente montarlos con ayuda del cargador frontal al volquete. El material Extraído en el Volquete de 10 tn, fue llevado a la chancadora Ubicada en el Km 20 de la avenida Túpac Amaru, se procedió a limpiar las fajas transportadoras de los materiales sobrantes y completamente limpio, se agregó nuestro material triturado en piedras de aproximadamente 20 a 25 cm, para ser

trituradas a piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ ", pero al hacer la granulometría el material usado fue de 1"



**Figura 8**

*Chancadora Ubicada en el Km 20 de la av. Túpac Amaru.*



**Figura 9**

*Volquete de 10 m<sup>3</sup> con el cual fue transportado la arenisca cuarzosa hasta la chancadora.*



**Figura 10**

*Fajas Transportadora de la Chancadora km 20 de la av. Túpac Amaru*



**Figura 11**

*Piedra Chancada de Arenisca Cuarzosa obtenida del km 168 de la panamericana norte dirección Lima- Huacho (se aprecia las partículas de cuarzo en la roca).*

“Influencia de la arenisca cuarzosa triturada utilizado como reemplazo del agregado grueso para determinar la resistencia a la compresión del concreto  $F'c=210\text{kg/cm}^2$ , Lima, 2019”



**Figura 12**

*Piedra Chancada de agregado convencional.*

**2.3.3.2. De la obtención de la muestra significativa.** Siguiendo los lineamientos de la NTP 400.010, se seleccionó una cantidad de agregado al azar, del agregado grueso de arenisca cuarzosa, agregado grueso convencional y agregado fino, obteniendo una masa mínima de 40 kg para proceder a realizar el cuarteo de cada agregado.



**Figura 13**

Agregado llevado al Laboratorio de materiales de la UNI para ensayar.

2.3.3.3. **Obtención de las propiedades físicas.** Los ensayos para la obtención de propiedades físicas Fueron realizados en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva



**Figura 14**

*Laboratorio de materiales de la Universidad de Ingeniería.*

2333.1. **Perfil.** El agregado arenisca cuarzosa tiene un perfil anguloso por la trituración, aunque no son tan pronunciadas debido a que sufrió abrasión en el proceso de triturado en las fajas transportadoras.

2333.2 **Tamaño máximo nominal.**

Tabla 1  
*Tamaño Máximo Nominal*

<b>Agregado Grueso Convencional</b>	Se determinó al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido, reteniendo en la malla de 1" el 12.12% de la masa de muestra, por ende, el tamaño máximo nominal para el agregado de arenisca cuarzosa es de 1 ½"
<b>Agregado Grueso Arenisca Cuarzosa</b>	Se determinó al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido, reteniendo en la malla de 1" el 8.51% de la masa de muestra, por ende, el tamaño máximo nominal para el agregado de arenisca cuarzosa es de 1 ½"
<b>Agregado fino</b>	Se determinó al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido, reteniendo en la malla de N°4 un 4.97% por ende, el tamaño máximo nominal para el agregado de arenisca cuarzosa es de 3/8"

Elaboración: Fuente Propia.

Laboratorio de Materiales de la Universidad de Ingeniería, bajo la supervisión del Ing. Marco Antonio Tejada Silva siguiendo los lineamientos de la norma NTP 400.012, 2018. En esta norma se establecen todos los métodos para determinar la distribución de particular por tamaño del agregado grueso, fino, global mediante el tamizado.

A) Aparatos

- Balanza
- Tamices
- Agitador mecánico de tamices
- Horno: Con temperatura uniforme de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

B) Materiales y equipos

- Agregado grueso y fino
- Balanza
- Cucharón metálico

C) Procedimiento:

- Secar una muestra de agregado.
- Se seleccionan tamaños adecuados de tamices para obtener la información requerida.
- Se encajan los tamices en orden de abertura decreciente.
- Se coloca la muestra en el tamiz superior.
- Se agitan los tamices manualmente o por medio del aparato mecánico.
- Se pesan las cantidades retenidas en cada tamiz.
- Luego de realizar el ensayo tanto para el agregado grueso como para el fino, se pasa a realizar los cálculos.



**Figura 15**

Ensayo de Granulometría- Tamizador para agregado grueso.



**Figura 16**

*Ensayo de Granulometría- Tamizador para agregado fino.*



**Figura 17**

*Ensayo de Granulometría - pesaje de los retenidos en cada malla (laboratorios de materiales de la UNI)*



**Figura 18**

*Ensayo de Granulometría: Retenidos de agregado fino (laboratorios de materiales de la UNI)*



**Figura 20**

*Ensayo de Granulometría - Retenidos del agregado grueso Arenisca Cuarzosa (Laboratorio de materiales de la UNI).*



**Figura 19**

*Ensayo de Granulometría - Retenidos del agregado fino convencional.  
Rosangeia Mina Montes*

23334. *Peso específico del agregado y absorción del agregado grueso. Se*

realizó el 21/05/2019 en el Laboratorio de Materiales de la Universidad de Ingeniería, bajo la supervisión del Ing. Marco Antonio Tejada Silva siguiendo los lineamientos de la norma NTP 400 021. El peso específico de los agregados es la relación de la masa en el aire de un volumen unitario del agregado, a la masa del mismo volumen del agregado sumergido en agua.

A) Aparatos

- Balanza
- Cesta con malla de alambre.
- Depósito de agua
- Tamices
- Estufa

B) Procedimiento:

- Se seca la muestra a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .



Figura 21

*Ensayo de peso Específico- Horno utilizado.*

- Se sumerge el material en agua por un periodo de  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .

- Se saca la muestra del agua y se la rueda sobre un paño grande para que absorba las partículas visibles de agua.



**Figura 22**

*Ensayo de peso específico- secado de muestra*

- Se seca por separado en fragmentos más grandes.
- Se pesa la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.



**Figura 23**

*Ensayo de peso específico- peso de la muestra sumergida.*

- Se coloca la muestra saturada con superficie seca en una cesta de alambre.
- Se determina su peso en agua, con temperatura entre  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ .
- Se seca la muestra a peso constante.
- Se deja enfriar a temperatura ambiente durante 1h a 3 h, hasta que el agregado sea cómodo al tacto.
- Se pesa la muestra enfriada.
- Se procede a realizar los cálculos establecidos en la norma.

*Ecuación 3 Peso específico del agregado grueso*

$$Pm = \frac{A}{B - C} \times 100$$

Fuente: NTP 400.021

*Ecuación 4 % Absorción del agregado grueso*

$$Ab\% = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

(Fuente: NTP 400.021)

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

23335. *Peso volumétrico del agregado.* Se realizó el 21/05/2019 en el Laboratorio de Materiales de la Universidad de Ingeniería, bajo la supervisión del Ing. Marco Antonio Tejada Silva siguiendo los lineamientos de la norma bajo la norma NTP 400 017, 2016. Esta norma establece el procedimiento para la determinación del peso unitario ya sea suelto o compactado y el cálculo de vacíos, aplicándose a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm.

A) Aparatos:

- Balanza
- Barra compactadora
- Recipiente de medida
- Pala de mano

B) Procedimiento por apisonado:

- Se llena la tercera parte del recipiente de medida y la superficie se nivela con la mano.
- Utilizando la barra compactadora, se apisona la capa con 25 golpes distribuidos sobre la superficie.
- Se vuelve a llenar hasta las dos terceras partes y nuevamente se compacta con 25 golpes.



**Figura 26**

*compactado para el  
Peso Unitario  
Compactado del  
Agregado fino  
(laboratorios de  
materiales de la UNI)*



**Figura 25**

*Compactado para el  
Peso Unitario  
Compactado del  
Agregado Grueso  
(Arenisca Cuarzosa)  
(laboratorios de  
materiales de la UNI)*



**Figura 24**

*Compactado para el  
Peso Unitario  
Compactado del  
agregado Grueso  
Convencional  
(laboratorios de  
materiales de la UNI)*

- Se llena la medida hasta rebosar y con la barra compactadora se golpea 25 veces.
- Se elimina el material que sobra con la barra compactadora utilizándola como una regla.



**Figura 27**

*Enrasado del Peso Unitario Compactado y Suelto (laboratorios de materiales de la UNI).*

- Se pesa el recipiente con el material y el recipiente solo.



**Figura 28**

*Pesado del Agregado grueso Arenisca Cuarzosa Suelto (laboratorios de materiales de la UNI)*



**Figura 29**

*Pesado del Agregado grueso Arenisca Cuarzosa Compactado (laboratorios de materiales de la UNI).*

Finalmente se procede a realizar los cálculos según la norma.

*Ecuación 5 Peso unitario*

$$M = \frac{G - T}{V}; M = (G - T) \times F$$

Fuente: NTP 400.017

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en  $\text{kg/m}^3$  (lb/p<sup>3</sup>)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)

T = Peso del recipiente de medida en kg (lb)

V = Volumen de la medida en m<sup>3</sup> (p<sup>3</sup>)

F = Factor de la medida en m<sup>3</sup>



**Figura 31**

*Pesado del Agregado fino suelto  
(laboratorios de materiales de la UNI).*



**Figura 30**

*Pesado del Agregado fino.*

23336 *Contenido de humedad.* Los ensayos de contenido de humedad de los agregados se realizaron el día 21 – 05 – 19 en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, supervisión del Ing. Marco Antonio Tejada Silva, siguiendo los lineamientos de la NTP 339.185. 2018. En esta norma se establecen los procedimientos a

seguir para determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado.

A) Aparatos:

- Balanza.
- Puente de calor: Horno ventilado.
- Recipiente para la muestra: envase que no se afecte con el calor y con la capacidad necesaria para contener la muestra sin que se derrame.

B) Procedimiento:

- Se determina la masa de la muestra representativa.



**Figura 32**

*Masa Representativa para Contenido de Humedad de Agregados (laboratorios de materiales de la UNI).*

- Se seca la muestra contenida en el recipiente mediante la fuente de calor escogida.
- La muestra se considerará seca cuando el calor adicional aplicado genere menos del 0.1% de pérdida adicional de masa.
- Se procede a realizar los cálculos con la fórmula que establece la norma.

*Ecuación 6 Contenido de humedad*

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

(Fuente NTP 339.185)

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos



**Figura 33**

*Secado de Agregado para contenido de Humedad  
(laboratorios de materiales de la UNI).*

2.3.3.7. *Absorción del agregado y peso específico.* El ensayo de absorción del agregado se realizó el día 21 y 22 de mayo del 2019 en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, bajo la supervisión del Ing. Marco Antonio Tejada Silva, siguiendo los lineamientos de la NTP 400 021. 2018.

En esta norma se indican los procedimientos a realizar para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y a absorción (luego de 24 horas) del agregado grueso.

A) Aparatos:

- Balanza
- Cesta con malla de alambre.
- Depósito de agua
- Tamices
- Estufa

B) Procedimiento:

- Se seca la muestra a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Se sumerge el material en agua por un periodo de  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .
- Se saca la muestra del agua y se la rueda sobre un paño grande para que absorba las



**Figura 34**

*Secado de Muestras para Ensayo de Peso Específico (laboratorios de materiales de la UNI).*



**Figura 35**

*Secado de Muestra para Ensayo de Peso Específico (laboratorios de materiales de la UNI).*

partículas visibles de agua.

- Se seca por separado en fragmentos más grandes.
- Se pesa la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.
- Se coloca la muestra saturada con superficie seca en una cesta de alambre.
- Se determina su peso en agua, con temperatura entre  $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ .
- Se seca la muestra a peso constante.

- Se deja enfriar a temperatura ambiente durante 1h a 3 h, hasta que el agregado sea cómodo al tacto.
- Se pesa la muestra enfriada.



**Figura 36**

*Pesado del Peso Seco de agregado para ensayo de Peso Especifico (laboratorios de materiales de la UNI).*

Se procede a realizar los cálculos establecidos en la norma.

*Ecuación 7: Peso específico del agregado Grueso*

$$P_{em} = \frac{A}{B-C} \times 100$$

Fuente: NTP 400.021

*Ecuación 8: % Absorción del agregado grueso*

$$Ab\% = \frac{(B-A)}{A} \times 100$$

(Fuente : NTP 400.021)

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

#### 2.3.3.4. *Diseño de mezclas.*

2.3.3.4.1. *Diseño de mezcla.* Se realizó del 22 de mayo al 10 de junio del 2019 en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva, utilizando el método de Bolomey. Para el diseño de mezcla se hizo un testeo previo para un concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con tres combinaciones agua- cemento para cada tipo de agregado a usar, obteniendo así el diseño más adecuado para este estudio.

2.3.3.4.2. *Testeo.* El diseño de mezclas para el testeo de las 3 relaciones agua y cemento, se realizaron los días 26, 27, 28 y 29 de mayo en el laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, bajo la supervisión del Ing. Marco Antonio Tejada Silva con el método de Bolomey, los cuales fueron ensayados a compresión a los 7 días, realizándose el día 05 de junio y haciendo una corrección el día 06/06/2019 para obtener el diseño de mezcla a utilizar para ensayar las 180 probetas.



**Figura 37**

*Engrasado de especímenes probetas par especímenes de Testeo- (laboratorio de materiales de la UNI).*



**Figura 38**

*Compactación de especímenes de Testeo (laboratorio de materiales de la UNI).*



**Figura 40**

*Toma de medidas de especímenes de testeo (laboratorio de materiales de la ubi) UNI).*



**Figura 39**

*Especímenes de concreto (testeo) preparados para ruptura (laboratorio de materiales de la UNI).*



**Figura 41**

*Especímenes de concreto par testeo con los 3 diseños, se elaboró 6 probetas por diseño siendo total 36 probetas 18 para la mezcla de arenisca cuarzosa y 18 para el concreto convencional.*



**Figura 42**

*Medición de probetas de testeo*



**Figura 44**

*Probeta de Testeo ensayada a compresión (laboratorio de materiales de la UNI).*



**Figura 43**

*Muestra de probeta de testeo sometida a compresión (laboratorio de materiales de la UNI).*



**Figura 45**

*Probetas de Testeo ensayadas a compresión (laboratorio de materiales de la UNI).*

2.3.3.4.3. *Elaboración de los especímenes de concreto y curado con los Diseños finales.* Se realizaron los días 11, 12 y 15 de mayo del 2019 en el Laboratorio de La Universidad Privada del Norte (Sede Breña), bajo la Supervisión del Técnico De Laboratorio Tec. Jhon Poma Julca.

A) Aparatos:

- Moldes cilíndricos
- Varilla compactadora
- Martillo de goma
- Herramientas (Pala y cucharón)
- Herramientas de acabado

B) Moldeo de especímenes:

Vaciado de los cilindros:

- Se moldea los especímenes sobre una superficie nivelada y rígida, sin vibraciones ni alteraciones.
- Se selecciona la barra compactadora apropiada.
- Se determina el método de consolidación.
- Se escoge una cuchara con el tamaño indicado, y se coloca el concreto en el molde.
- Mientras se vacía el concreto se mueve la cuchara perimetralmente de tal forma que se asegure una buena distribución.
- Al momento de colocar la capa final, se adiciona cierta cantidad de concreto para que el molde esté sobrellenado después de la consolidación aplicada.

Consolidación (Apisonado)

- Se coloca el concreto en el molde con el número de capas aproximadamente igual al volumen.
- Se apisona cada capa con el extremo de la barra compactadora, el número requerido de golpes.
- Se distribuye uniformemente los golpes de la barra.
- Para la primera capa se introduce la barra hasta el fondo sin dañar la parte inferior del molde.
- Para las capas superiores, la barra debe introducirse hasta pasar 25 mm de la capa precedente.
- Después, se golpea con el martillo las paredes del molde unas 10 o 15 veces, para eliminar vacíos y burbujas de aire.
- Con un badilejo se acomoda el concreto.
- Llenar completamente con una pequeña porción de concreto los moldes que no fueron llenados completamente.
- Se debe eliminar el concreto que esté en exceso en el molde.

#### Curado:

- Para el curado inicial, después de moldeados y acabados, se almacenan los especímenes por un tiempo de 48 horas, protegiéndolos de la luz directa del sol y otros factores que puedan alterar los especímenes.
- Para el curado final, dentro de los 30 minutos luego de remover los moldes, se deben curar usando agua de tanques de almacenamientos o cuartos húmedos.



**Figura 47**

*fabricación del concreto con arenisca cuarzosa y agregado convencional en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte Sede Breña.*



**Figura 49**

*Mezcla de concreto con arenisca cuarzosa y agregado convencional en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte Sede Breña*

Rosangela Mina Montes



**Figura 46**

*Vaciado de los especímenes de agregado arenisca cuarzosa y agregado convencional en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte Sede Breña.*



**Figura 48**

*Especímenes realizados en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del norte Sede Breña bajo la supervisión del Tec. Jhon Poma Julca.*

### 2.3.3.5. *Propiedades del concreto*

2.3.3.5.1. *Asentamiento del concreto.* Este ensayo se realizó bajo la norma NTP 339.035, 2009

En esta norma se establece el procedimiento para determinar el asentamiento del concreto.

#### A) Aparatos:

- Moldes
- Barra compactadora
- Dispositivo de medida
- Cucharón

#### B) Procedimiento:

- Se humedece el molde.
- Se coloca el molde en una superficie plana, rígida, húmeda y no absorbente.
- Se fija el molde firmemente durante el llenado, para ello se pisa las aletas.
- Se llena el molde vaciando el concreto en tres capas. Cada capa corresponde a la tercera parte del volumen del molde.
- Se coloca el concreto moviendo el cucharón alrededor interno del molde.
- Cada capa de concreto se compacta con 25 golpes, utilizando la barra compactadora.
- Para la capa inferior se compacta en todo su espesor.
- Para las capas superiores se compactan en todo su espesor, de manera que la barra llegue a la capa inmediatamente inferior.
- Se llena el molde por exceso antes de compactar la última capa.

- Se enrasa con la barra compactadora.
- Se elimina el concreto sobrante.
- Se retira cuidadosamente el molde levantándolo, con un movimiento ascendente firme.
- La medida vertical entre la posición inicial y la final, se conoce como el asentamiento del concreto.



**Figura 51**

*Aplisonado del concreto para prueba de slum..*



**Figura 50**

*Enrasado del cono de Abrahams para determinación de Slum del concreto.*



**Figura 52**

*Slum.*



**Figura 54**

*Determinación del Slum del concreto ( slum del concreto con Arenisca de 4").*



**Figura 53**

*Determinación del Slum del concreto ( slum del concreto con Arenisca de 4").*

23352 *Peso unitario, rendimiento y contenido de aire del concreto.* Este ensayo se realizó bajo la norma NTP 339.046 ,2008. Esta norma indica el procedimiento para determinar el peso unitario del concreto en estado fresco.

A) Aparatos

- Balanza
- Barra compactadora
- Recipiente de medida
- Mazo
- Cuchara

B) Procedimiento:

- Se selecciona el método de consolidación del concreto de acuerdo al asentamiento del mismo, cuyo método seleccionado es el de apisonado para este ensayo.

- Se coloca el concreto en el recipiente de medición utilizando la cuchara, luego moviendo la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente asegurando de esta manera una mejor distribución.
- Se llena el recipiente de medición en tres capas de aproximadamente igual volumen, y por cada capa se apisona con 25 golpes con la barra compactadora y luego se golpea con el mazo los lados del recipiente de 10 a 15 veces, para cerrar cualquier poro causado por la barra compactadora.
- Se limpia el concreto en exceso y el adherido a las paredes exteriores del recipiente para luego pesar.



**Figura 56**

*Ensayo de Peso del concreto Fresco en Probeta Normalizada.*



**Figura 55**

*Pesaje del concreto fresco para determinación de peso unitario.*

Se procede a realizar los cálculos.

Ecuación 9 .Peso unitario

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Donde:

$Mc$  = Medida llena de concreto

$Mm$  = Masa del recipiente de medida

$Vm$  = Volumen de la medida

23353. *Temperatura.* Este ensayo se realizó bajo la norma NTP 339.184,2013.

Esta norma establece el procedimiento para obtener la temperatura del concreto en estado fresco

A) Aparatos:

- Recipiente
- Dispositivo para medición de temperatura

B) Procedimiento:

- Se coloca el dispositivo (termómetro) en la mezcla de concreto fresco, verificando que el sensor esté sumergido un mínimo de 75 mm.
- Se deja introducido el termómetro en el concreto de 2 a 5 minutos, y se procede a leer y registrar la temperatura.



**Figura 57**  
Temperatura del concreto por cada tanda vaciada.

23354. *Resistencia.* Este ensayo se realizó bajo la norma NTP 339.184, 2013.

Esta norma indica el procedimiento a realizarse para calcular la resistencia de especímenes cilíndricos.

A) Aparatos:

- Máquina de ensayo

B) Procedimiento:

- Las probetas se ensayarán inmediatamente después de retirarlas del almacenaje de humedad.
- Se ensayan los cilindros en condición de húmedos.
- Se coloca el bloque de rotura inferior encima del cabezal de la máquina.
- El bloque de rotura superior va bajo la rótula del cabezal.
- Se limpia las caras de contacto de los bloques y de las probetas de ensayo.
- Se coloca el cilindro sobre el bloque inferior.
- Se alinean los ejes de la probeta con la parte central del empuje de la rótula del bloque asentado.
- Se verifica que el indicador de carga se encuentra en cero.
- Se rota la porción móvil de forma cuidadosa a fin de uniformizar el asiento.

- Se aplica la carga de forma continua y sin detenimiento.

Se procede a realizar los cálculos.

*Ecuación 10 Resistencia a compresión de probetas cilíndricas*

$$f_m = \frac{P}{A}$$

Fuente: ASTM – C109

Donde:

$f_m$  = Resistencia a la compresión en Kg/cm<sup>2</sup>

P = Carga total máxima en Kg

A = Área de superficie cargada en cm<sup>2</sup>



**Figura 58**

*Curado de especímenes 90 probeta de Arenisca Cuarzosa y 90 probetas de agregado convencional  
Ensayo realizado en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Breña..*



**Figura 62**

*Probetas para ser ensayada a compresión en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos.*



**Figura 61**

*Medición de Probetas para ser ensayada a compresión en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos.*



**Figura 60**

*Probetas ensayadas a compresión en el Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos.*



**Figura 59**

*Las probetas de arenisca cuarzosa sometidas a compresión en su mayoría tuvieron una ruptura tipo 5 ( Laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos).*

## 2.4. Aspectos Éticos.

La tesis se elaboró en base las Normas Técnicas peruanas para los ensayos de las propiedades físicas de los agregados y muestra mínima requerida para los mismo ( Muestra significativa ) tales como

- Norma Técnica Peruana 339.034. (2008). Ensayo para determinar la resistencia a la Compresión.
- NTP 339.033. (2015). CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Lima.
- NTP 339.034. (2008). (HORMIGÓN) CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima.
- NTP 339.035. (2009). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima.
- NTP 339.046. (2008). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). Lima.
- NTP 339.184. (2013). CONCRETO.

El diseño de concreto se basó al Reglamento Nacional de Edificación de edificaciones E 060 para el cálculo de la desviación estar y factores de corrección.

La aplicación de los aspectos éticos reviste gran importancia en todas las profesiones y la ingeniería civil no es la excepción. Según el código deontológico del colegio de ingenieros del Perú (2012) los ingenieros están al servicio de la sociedad. Por consiguiente, tienen la obligación de contribuir al bienestar humano, dando importancia primordial a la seguridad y adecuada utilización de los recursos en el desempeño de sus tareas profesionales, por esta razón el objetivo de esta tesis es

contribuir al desarrollo de nuevas tecnologías en el campo del concreto que brinden mayor seguridad y bienestar a las personas.

**2.4.1. Confiabilidad.** Los ensayos de Propiedades físicas y diseños de mezcla Fueron realizados en el Laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería y revalidado a través de un certificado.

Los Especímenes fueron elaborados en el laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Breña bajo la supervisión del Tec. Jhon Poma Julca.

Los Ensayos de la resistencia a la compresión serán realizados en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos bajo la Supervisión del Tec. Edika Espinoza Cabrera revalidado mediante el certificado de calibración de los instrumentos utilizados y firma de los ensayos realizados.

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra un resumen de los resultados que corresponden a los ensayos realizados en los siguientes laboratorios: Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería, Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Breña y Sede Los Olivos. Los Resultados de los ensayos se presentan a través de tablas sub dividido en: Ensayos para la determinación de las Propiedades Físicas de los materiales, Diseño de mezcla y Resistencia a la compleción Axial.

### 3.1. Propiedades Físicas.

**3.1.1. Granulometría.** Resultados de los 3 ensayos de Granulometría realizados a los agregados: Agregado grueso de Arenisca Cuarzosa (Km 168 de la panamericana Norte-margen derecho), Agregado Grueso Convencional y Agregado fino (Cantera km 20 de la av. Túpac Amaru)

Tabla 2

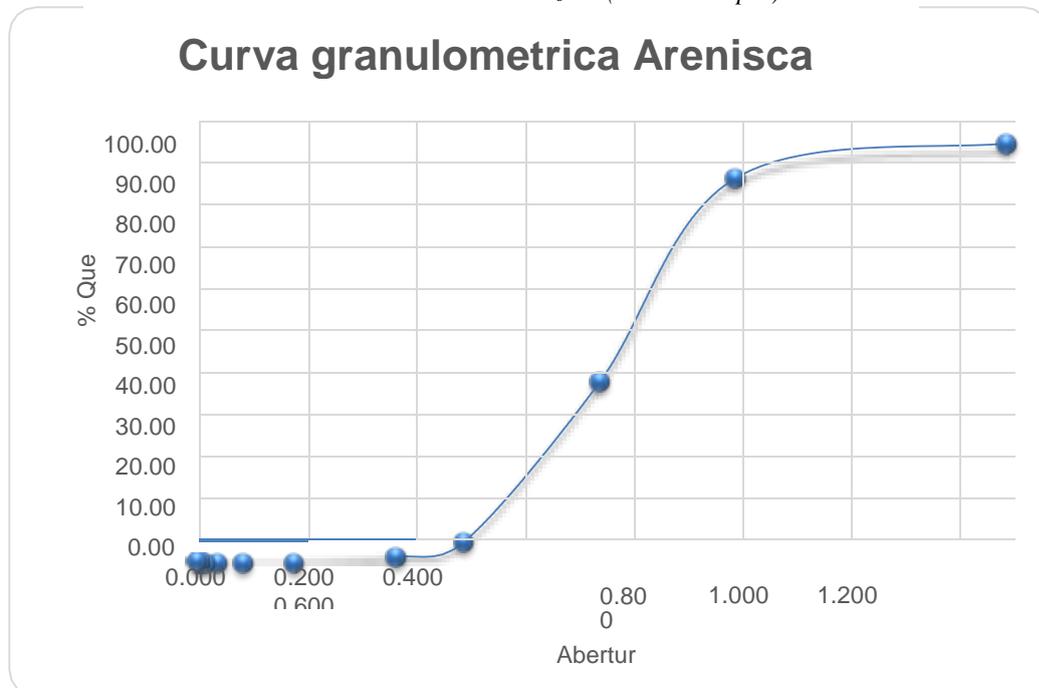
*Granulometría de la Arenisca Cuarzosa*

Tamiz	Peso Ret.	% Ret	% Ret. Acumulado	% Pasa
3"	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.000	0.000	100.000
1"	978.00	8.150	8.150	91.850
3/4"	5812.50	48.438	56.588	43.413
1/2"	4574.00	38.117	94.704	5.296
3/8"	425.00	3.542	98.246	1.754
N°4	177.50	1.479	99.725	0.275
Fondo	33.00	0.275	100.000	0.000
<b>Total</b>	<b>12000.00</b>	<b>M.F</b>	<b>7.546</b>	

*Nota:* Análisis granulométrico de la Arenisca Cuarzosa, se utilizó una muestra de 12 kilogramos, fue vibrado por 2 minutos en la maquina normalizada del Laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Ensayo realizado bajos los parámetros de la NTP 400.012 – 2018 (Fuente Propia)

**Figura 63**

*Curva Granulométrica de la Arenisca Cuarzosa (Fuente Propia).*



Elaboración : Fuente Propia

**Tabla 3**

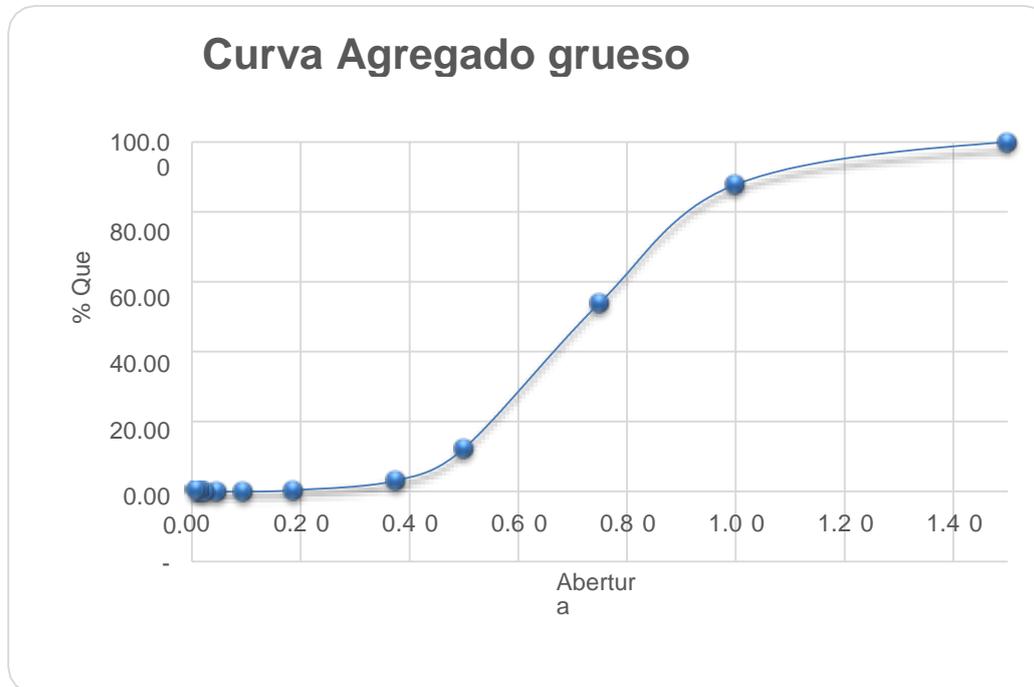
*Granulometría del agregado grueso convencional*

Tamiz	Peso Ret.	% Ret	% Ret. Acumulado	% Pasa
3"	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.000	0.000	100.000
1"	1454.00	12.117	12.117	87.883
3/4"	4067.50	33.896	46.013	53.988
1/2"	4989.50	41.579	87.592	12.408
3/8"	1108.50	9.238	96.829	3.171
N°4	335.50	2.796	99.625	0.375
Fondo	45.00	0.375	100.000	0.000
<b>Total</b>	<b>12000.00</b>	<b>M.F</b>	<b>7.425</b>	

*Nota:* Análisis granulométrico del agregado grueso convencional, se utilizó una muestra de 12 kilogramos, fue vibrado por 2 minutos en la maquina normalizada del Laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Ensayo realizado bajos los parámetros de la NTP 400.012 – 2018 (Fuente Propia)

**Figura 64**

*Curva Granulométrica del Agregado Grueso Convencional (Fuente: Propia)*



Elaboración : Fuente Propia

**Tabla 4**

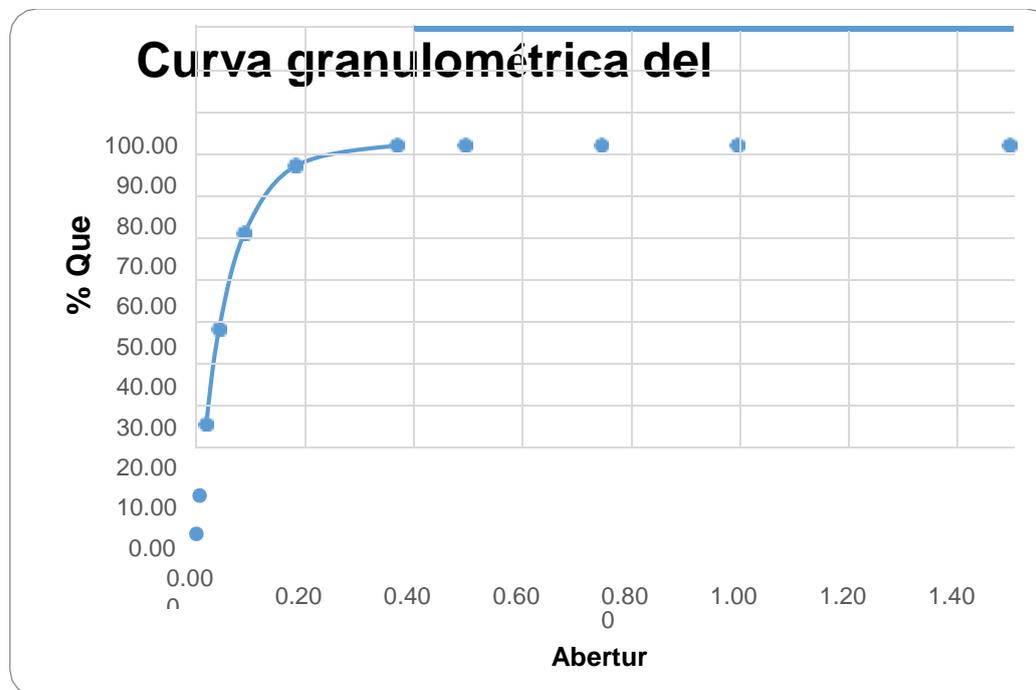
*Granulometría del agregado fino*

Tamiz	Peso Ret.	% Ret	% Ret. Acumulado	% Pasa
3/8"	0.00	0.000	0.000	100.000
N°4	29.80	4.967	4.967	95.033
N°8	96.20	16.033	21.000	79.000
N°16	137.10	22.850	43.850	56.150
N°30	136.20	22.700	66.550	33.450
N°50	102.80	17.133	83.683	16.317
N°100	54.50	9.083	92.767	7.233
Fondo	43.40	7.233	100.000	0.000
<b>Total</b>	<b>600.00</b>	<b>M.F</b>	<b>3.128</b>	

*Nota:* Análisis granulométrico de la Arenisca Cuarzosa, se utilizó una muestra de 600 gramos, fue vibrado por 2 minutos en la maquina normalizada del Laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Ensayo realizado bajos los parámetros de la NTP 400.012 - 2018 (Fuente Propia)

**Figura 65**

*Curva Granulométrica del Agregado Fino (Fuente Propia)*



Elaboración : Fuente Propia

**3.1.2. Ensayo de Peso Unitario.** Se presentan 2 tablas donde se muestran los pesos

Unitarios sueltos y Compactados de los agregados

*Tabla 5*

*Peso unitario suelto de los agregados.*

Descripción	Agregado Fino	Agregado grueso (Arenisca Cuarzosa)	Agregado grueso (convencional)
Peso de la muestra + Recipiente (kg)	6.4156	18.640	17.920
Peso del Recipiente (Kg)	1.5765	4.350	4.350
Peso de la muestra (kg)	4.8391	14.290	13.570
Volumen del Recipiente (m <sup>3</sup> )	0.00283	0.00944	0.00944
Peso unitario suelto (Kg/m <sup>3</sup> )	1708.912	1513.940	1437.660

*Nota:* Para la determinación de los pesos unitarios sueltos de los agregados se utilizaron herramientas normalizadas del Laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Ensayo realizado bajo los parámetros de la NTP 400.17.2016 (Fuente Propia)

Tabla 6

*Peso unitario compactado.*

Descripción	Agregado		Agregado grueso (convencional)
	Fino	Agregado grueso (Arenisca Cuarzoza)	
Peso de la muestra + Recipiente (kg)	6.8475	19.980	19.680
Peso del Recipiente (Kg)	1.5765	4.350	4.350
Peso de la muestra (kg)	5.271	15.630	15.330
Volumen del Recipiente (m3)	0.00283	0.00944	0.00944
Peso unitario compactado (Kg/m3)	1861.436	1655.905	1624.122

*Nota:* Para la determinación de los pesos unitarios compactados de los agregados se utilizaron herramientas normalizadas del Laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Ensayo realizado bajos los parámetros de la NTP 400.17.2016 (Fuente Propia)

**3.1.3. Ensayo de Contenido de Humedad.** Se presentan 1 tabla Comparativa de resultados del Contenido de Humedad del agregado grueso Arenisca Cuarzosa y el agregado grueso Convencional.

Tabla 6

*Contenido de humedad de la Arenisca Cuarzosa y Agregado convencional*

Descripción	Agregado Fino	Agregado grueso (Arenisca Cuarzosa)	Agregado grueso (convencional)
Peso de la muestra en estado ambiental (g)	500	1000.5	1000.7
Peso de la muestra seca al horno (g)	495.9	996.0	997.2
Peso del agua perdida (g)	4.1	4.5	3.5
Contenido de Humedad (%)	0.83	0.45	0.35

*Nota:* Para la determinación de los contenidos de humedad de los agregados se utilizaron herramientas normalizadas del Laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Ensayo realizado bajos los parámetros de la NTP 339.185 – 2018 (Fuente Propia)

**3.1.4. Ensayo de peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.** Se presentan tres tablas en donde se indica los Peso Específico y Porcentaje de Absorción de los Agregados gruesos (Arenisca Cuarzosa y Convencional) y el Agregado fino.

Tabla 7

*Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.*

Descripción	Agregado fino
Peso de la arena superficialmente seca	500.00
Peso de la arena superficialmente seca + peso del balón + peso del agua	999.10
Peso del balón	182.90
Peso del agua (W)	316.20
Peso de la arena seca al horno (A)	497.70
Volumen del balón (V)	500.00
Peso específico de masa $A/(V-W)$	2.71
Peso específico de masa superficialmente seco $500/(V-W)$	2.71
Peso específico aparente $A/(V-W)-(500-A)$	2.71
Porcentaje de absorción $(500-A) \times 100/A$	0.46

*Nota:* Para la determinación de los pesos específicos de agregados se utilizaron herramientas normalizadas del Laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Ensayo realizado bajo los parámetros de la NTP 400.021 – 2018 (Fuente Propia)

### 3.2. Diseño de Mezcla

#### 3.2.1. Diseño de mezcla para testeo.

A continuación se presentan 2 tablas las cuales tienen 3 diseños para el Concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  de Arenisca Cuarzosa y 3 Diseño de mezcla para un Concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  Convencional, 2 tablas con los cálculos de las desviaciones estándar y la Resistencia a la Compresión ( $f'c$ ). y 2 tablas de con los  $f'c$  con el factor de corrección Según el RNE 0.60.

Las relaciones agua y cemento inicialmente fueron 0.5, 0.6 y 0.8, sin embargo al momento de la preparación de la mezcla se añadió 170 ml de agua en los diseños 1 y 2 y 470 ml agua en los diseño 3 para obtener un Slum de 3” a 4.5” en el diseño con Arenisca Cuarzosa, para poder realizar la comparación de los agregado se repitió el mismo procedimiento de incorporación de agua en el diseño convencional con la misma cantidad utilizada en los diseños 1,2 y3 de la Arenisca Cuarzosa.

Tabla 8

*Tres Diseños de Concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  de Arenisca Cuarzosa, con diferentes relación*

*es agua – cemento.*

Diseño	Componentes para la mezcla				Relación
	Cemento (Kg.)	Agua (lt.)	Arena (Kg.)	Piedra (Kg.)	A/C
1	6.6	3.50	12.17	13.79	0.53
2	5.25	3.30	13.23	14.5	0.63
3	4.29	3.49	14.09	14.9	0.81

*Nota:* Diseño de Mezcla para un  $F'c= 210\text{ kg / cm}^2$ , cambiando el agregado grueso por arenisca cuarzosa triturada. El Diseño de Mezcla se Realizó en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva con el método de Bolomey (Fuente Propia).

Tabla 9

*Tres Diseños de Concreto  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  de agregado convencional, con diferentes relaciones agua – cemento.*

Diseño	Componentes para la mezcla				Relación
	Cemento (Kg.)	Agua (lt.)	Arena (Kg.)	Piedra (Kg.)	A/C
1	6.6	3.5	12.17	13.79	0.53
2	5.25	3.3	13.23	14.5	0.63
3	4.29	3.49	14.09	14.9	0.81

*Nota:* Diseño de Mezcla para un  $F'c= 210\text{ kg / cm}^2$ , con agregado grueso convencional. El Diseño de Mezcla se Realizó en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería a cargo del Ing. Marco Antonio Tejada Silva con el método de Bolomey (Fuente: Propia).

Tabla 11

*Resultado del cálculo de la desviación estándar y el  $F'c$  del concreto con Arenisca Cuarzosa (Testeo).*

Relación de A/C	Diámetro promedio	Diámetro 1	Diámetro 2	d %	Carga	Área	Cd	Promedio	Desviación Estándar
0.53	10.25	10.28	10.21	0.683	27635	82.44	335		
0.53	10.1	10.2	10	1.98	27698	80.12	346	343.35	7.24
0.53	10.07	10.15	9.99	1.589	27805	79.64	349		
0.63	10.12	10.16	10.08	0.791	21121	80.44	263		
0.63	10.25	10.28	10.22	0.585	20277	82.52	246	255.87	8.93
0.63	10.06	10.13	9.98	1.492	20589	79.41	259		
0.81	10.02	10.1	9.94	1.597	15233	78.85	193		
0.81	10.12	10.22	10.01	2.076	16369	80.36	204	197.5	5.51
0.81	10.11	10.18	10.03	1.484	15687	80.2	196		

*Nota:* El testeo se Realizó en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería bajo la supervisión del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Resultados de los testeos de la mezcla con la arenisca cuarzosa como agregado grueso con diferentes relaciones de agua – cemento (Fuente: Propia).

Tabla 10

*Resistencia a la Compresión de la mezcla con Arenisca Cuarzosa con la corrección en base a la desviación estándar.*

Nº	A/C	Diámetro promedio	Edad de la muestra	Carga	Área	$F'c$	$Fcr=fc+1.34$ *SS*1	$Fcr=fc+2.33*$ SS*1-3.5
1	0.53	10.13	7d	24366.33	80.60	302	347	377
2	0.63	10.24	7d	21730.67	82.33	264	270	260
3	0.81	10.14	7d	15095.67	80.73	187	190	183

*Nota:* Resultados de los testeos con aplicación de la corrección en base a la desviación estándar de la mezcla de arenisca cuarzosa (Fuente: Propia)

Tabla 13

*Resultado del cálculo de la desviación estándar y el  $F'c$  del concreto con Agregado Convencional (Testeo).*

Relación de A/C	Diámetro promedio	Diámetro 1	Diámetro 2	d %	Carga	Área	Cd	Promedio	Desviación Estándar
0.53	10.21	10.24	10.17	0.686	21572	81.79	263.7		
0.53	10.11	10.21	10	2.078	25756	80.2	321.2	302.6	33.68
0.53	10.08	10.19	9.97	2.183	25771	79.8	322.9		
0.63	10.34	10.37	10.3	0.677	22027	83.89	262.6		
0.63	10.29	10.32	10.25	0.681	21630	83.08	260.4	264	4.52
0.63	10.1	10.19	10	1.882	21535	80.04	269.1		
0.81	10.23	10.28	10.17	1.076	15515	82.11	188.9		
0.81	10.2	10.3	10.09	2.06	15258	81.63	186.9	187	1.98
0.81	10	10.09	9.9	1.901	14514	78.46	185		

*Nota:* El testeo se Realizó en el Laboratorio de Materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería bajo la supervisión del Ing. Marco Antonio Tejada Silva. Resultados de los testeos de la mezcla con la arenisca cuarzosa como agregado grueso con diferentes relaciones de agua – cemento (Fuente Propia)

Tabla 11

*Resistencia a la Compresión de la mezcla de agregado convencional con la corrección en base a la desviación estándar.*

Nº	A/C	Diámetro promedio	Edad de la muestra	Carga	Área	$F'c$	$Fcr=fc+1.34$ *SS*1	$Fcr=fc+2.33*$ SS*1-3.5
1	0.53	10.13	7d	24366.33	80.60	302	347	377
2	0.63	10.24	7d	21730.67	82.33	264	270	271
3	0.81	10.14	7d	15095.67	80.73	187	190	188

*Nota:* Resultados de los testeos con aplicación de la corrección en base a la desviación estándar de la mezcla Convencional (Fuente: Propia)

**3.2.2. Diseño de mezcla Final.** Se presenta 2 tablas la primera tabla muestra las propiedades físicas de los materiales a usar para cada diseño y la segunda es una tabla comparativa con las cantidades para un  $\text{m}^3$  concreto para un  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ . Se puede evidenciar que el Concreto diseñado con agregado grueso Arenisca Cuarzosa necesita menos cantidad de cemento que el diseño con agregado convencional.

Tabla 12

*Resumen de Propiedades físicas utilizadas para los 2 diseños de mezclas.*

Propiedades Físicas	Agregado Grueso Arenisca Cuarsoza	Agregado Grueso Convencional	Agregado fino
Módulo de fineza	7.53	7.41	3.13
Peso Unitario Suelto ( $\text{Kg/m}^3$ )	1513.00	1437	1708
Peso Unitario Compactado ( $\text{Kg/m}^3$ )	1655.00	1623	1861
Peso Específico ( $\text{g/cm}^3$ )	2.79	2.83	2.71
Contenido de Humedad (%)	0.45	0.35	0.83
Porcentaje de Absorción (%)	1.00	0.61	0.46

*Nota:* Se presenta el resumen de las propiedades físicas, los diseños se realizaron teniendo el agregado fino como elemento en común (Fuente Propia).

Tabla 13

*Comparativo de las cantidades requeridas por  $\text{m}^3$  de concreto.*

Cantidad de Material por $\text{m}^3$ de Concreto $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ con Arenisca cuarzosa A/C= 0.73			Cantidad de Material por $\text{m}^3$ de Concreto $F'c=210\text{ kg/cm}^2$ con Agregado Convencional A/C= 0.72		
Componente	Unidad	Cantidad	Componente	Unidad	Cantidad
Cemento	Kg.	284	Cemento	Kg.	303
Arena	Kg.	932	Arena	Kg.	931
Piedra	Kg.	952	Piedra	Kg.	966
Agua	Lt.	208	Agua	Lt.	218

*Nota:* En la tabla se muestra las cantidades requeridas por  $\text{m}^3$  de concreto, en donde se evidencia una reducción del cemento la piedra y el agua. (Fuente Propia).

### 3.2.3. Resistencia a la Compresión.

Tabla 14

*Resistencia a la compresión y Desviación estándar con Arenisca cuarzosa los 7 días.*

N° Prob	A/C	Øi prom (cm)	Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	d (%)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv estándar
1	0.73	10.12	10.12	10.12	0.0000	14852	80.44	184.64		
2	0.73	10.13	10.13	10.12	0.0988	15350	80.52	190.65		
3	0.73	10.08	10.10	10.06	0.3968	15686	79.80	196.56		
4	0.73	10.09	10.11	10.07	0.3964	16506	79.96	206.43		
5	0.73	10.12	10.12	10.12	0.0000	18699	80.44	232.47		
6	0.73	10.13	10.12	10.13	-0.0988	16572	80.52	205.82		
7	0.73	10.09	10.09	10.08	0.0992	14662	79.88	183.55		
8	0.73	10.14	10.14	10.13	0.0987	17322	80.67	214.71		
9	0.73	10.07	10.05	10.09	-0.3972	15914	79.64	199.82		
10	0.73	10.06	10.09	10.03	0.5964	15824	79.49	199.08		
11	0.73	10.11	10.08	10.13	-0.4948	15800	80.20	197.01		
12	0.73	10.09	10.08	10.09	-0.0992	16479	79.88	206.30		
13	0.73	10.13	10.13	10.12	0.0988	16253	80.52	201.86		
14	0.73	10.11	10.10	10.11	-0.0990	15033	80.20	187.45		
15	0.73	10.12	10.12	10.11	0.0989	16182	80.36	201.38		
16	0.73	10.12	10.10	10.13	-0.2966	16189	80.36	201.46	192.96	17.57
17	0.73	10.12	10.11	10.12	-0.0989	17077	80.36	212.00		
18	0.73	10.13	10.13	10.12	0.0988	15446	80.52	191.84		
19	0.73	10.00	10.00	10	0.0000	17351	78.54	220.92		
20	0.73	10.11	10.12	10.09	0.2969	15960	80.20	199.01		
21	0.73	10.13	10.13	10.12	0.0988	14301	80.52	177.62		
22	0.73	10.11	10.10	10.11	-0.0990	13817	80.20	172.29		
23	0.73	10.12	10.12	10.11	0.0989	14954	80.36	186.10		
24	0.73	10.06	10.09	10.03	0.5964	14830	79.49	186.58		
25	0.73	10.11	10.08	10.13	-0.4948	13495	80.20	168.27		
26	0.73	10.08	10.10	10.06	0.3968	15033	79.80	188.38		
27	0.73	10.11	10.15	10.07	0.7913	12182	80.28	151.75		
28	0.73	10.13	10.12	10.13	-0.0988	14533	80.52	180.50		
29	0.73	10.13	10.13	10.12	0.0988	12485	80.52	155.06		
30	0.73	10.06	10.02	10.1	-0.7952	15046	79.49	189.29		

*Nota:* Resistencia a la compresión Axial del concreto con Arenisca Cuarzosa (Elaboración Propia)

Tabla 15

*Resistencia a la compresión Requerida para la Arenisca Cuarzosa a los 7.*

N°	A/C	Ø prom Curado (cm)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fcr=fc+1.34*SS*1	Fcr=fc+2.33*SS*1-3.5
1	0.73	10.10	7d	15461.10	80.13	192.96	216.51
							230.40

Nota: Desviación estándar y  $f'c$  requerido (Elaboración Propia)

Tabla 16

*Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra Arenisca Cuarzosa triturada (7 días de curado).*

<b>Probeta N°</b>	<b>Carga última (kg)</b>	<b>Resistencia Máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F'c Requerida (kg/cm<sup>2</sup>) 65%</b>	<b>Resistencia a los 7d (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>
1	14852	184.64	136.50	87.93	
2	15350	190.65	136.50	90.78	
3	15686	196.56	136.50	93.60	
4	16506	206.43	136.50	98.30	
5	18699	232.47	136.50	110.70	
6	16572	205.82	136.50	98.01	
7	14662	183.55	136.50	87.40	
8	17322	214.71	136.50	102.24	
9	15914	199.82	136.50	95.15	
10	15824	199.08	136.50	94.80	
11	15800	197.01	136.50	93.82	
12	16479	206.30	136.50	98.24	
13	16253	201.86	136.50	96.12	
14	15033	187.45	136.50	89.26	
15	16182	201.38	136.50	95.89	
16	16189	201.46	136.50	95.94	91.89
17	17077	212.00	136.50	100.95	
18	15446	191.84	136.50	91.35	
19	17351	220.92	136.50	105.20	
20	15960	199.01	136.50	94.77	
21	14301	177.62	136.50	84.58	
22	13817	172.29	136.50	82.04	
23	14954	186.10	136.50	88.62	
24	14830	186.58	136.50	88.85	
25	13495	168.27	136.50	80.13	
26	15033	188.38	136.50	89.70	
27	12182	151.75	136.50	72.26	
28	14533	180.50	136.50	85.95	
29	12485	155.06	136.50	73.84	
30	15046	189.29	136.50	90.14	

Nota: Calculo del  $f'c$  del concreto con arenisca, las probetas fueron ensayadas a compresión en el Laboratorio de Materiales de la UNI - a los 7 días se aprecia un incremento significativo del concreto ya que lo esperado era un  $f'c$  aproximado de 136.5 como mínimo. (Elaboración Propia)

Tabla 17

*Resistencia a la compresión y Desviación estándar del Concreto Convencional a los 7 días.*

N° Prob	A/C	Øi prom (cm)	Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	d (%)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv estándar
1	0.72	10.18	10.20	10.15	0.4914	16320	81.31	200.71		
2	0.72	10.20	10.30	10.10	1.9608	16220	81.71	198.50		
3	0.72	10.25	10.20	10.30	-0.9756	13675	82.52	165.73		
4	0.72	10.30	10.50	10.10	3.8835	14515	83.32	174.20		
5	0.72	10.10	10.20	10.00	1.9802	15265	80.12	190.53		
6	0.72	10.07	10.15	9.99	1.5889	13280	79.64	166.74		
7	0.72	10.02	10.10	9.94	1.5968	16090	78.85	204.05		
8	0.72	10.23	10.15	10.30	-1.4670	12420	82.11	151.25		
9	0.72	10.15	10.10	10.20	-0.9852	13435	80.91	166.04		
10	0.72	10.30	10.50	10.10	3.8835	16365	83.32	196.40		
11	0.72	10.15	10.10	10.20	-0.9852	14790	80.91	182.79		
12	0.72	10.35	10.40	10.30	0.9662	14765	84.13	175.49		
13	0.72	10.20	10.20	10.20	0.0000	14760	81.71	180.63		
14	0.72	10.16	10.12	10.20	-0.7874	15375	81.07	189.64		
15	0.72	10.35	10.40	10.30	0.9662	13625	84.13	161.94		
16	0.72	10.06	9.89	10.22	-3.2819	13610	79.41	171.40	179.55	13.91
17	0.72	10.31	10.11	10.51	-3.8797	14315	83.48	171.47		
18	0.72	10.25	10.20	10.30	-0.9756	15410	82.52	186.75		
19	0.72	10.35	10.30	10.40	-0.9662	16135	84.13	191.78		
20	0.72	10.33	10.35	10.31	0.3872	13560	83.81	161.80		
21	0.72	10.19	10.15	10.22	-0.6873	14055	80.91	173.70		
22	0.72	10.22	10.22	10.21	0.0979	13975	82.03	170.36		
23	0.72	10.12	10.10	10.14	-0.3953	15045	80.12	187.78		
24	0.72	10.55	10.90	10.20	6.6351	15599	93.31	167.17		
25	0.72	10.15	10.15	10.15	0.0000	16175	80.91	199.90		
26	0.72	10.17	10.16	10.17	-0.0984	15905	81.07	196.18		
27	0.72	10.19	10.18	10.20	-0.1963	14665	81.39	180.18		
28	0.72	10.35	10.30	10.40	-0.9662	15375	83.32	184.52		
29	0.72	10.35	10.50	10.20	2.8986	14110	86.59	162.95		
30	0.72	10.06	9.97	10.15	-1.7893	13730	78.07	175.87		

Nota: Resistencia a la compresión Axial del concreto Convencional (Elaboración Propia)

Tabla 18

*Resistencia a la compresión Requerida para el Concreto Convencional a los 7 días.*

N°	A/C	Ø prom (cm)	Cur ado	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fcr=fc+1.34*SS*1	Fcr=fc+2.33*SS*1-3.5
1	0.72	10.22	7d	14752.13	82.05	179.80	198.44	208.71

 Nota: Desviación estándar y  $f'c$  requerido (Elaboración Propia)

Tabla 19

*Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado convencional (7 días de curado).*

<b>Probeta N°</b>	<b>Carga última (kg)</b>	<b>Resist. Máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F'c Requerida (kg/cm<sup>2</sup>) 65%</b>	<b>Resistencia a los 7d (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>
1	16320	200.71	136.50	95.57	
2	16220	198.50	136.50	94.52	
3	13675	165.73	136.50	78.92	
4	14515	174.20	136.50	82.95	
5	15265	190.53	136.50	90.73	
6	13280	166.74	136.50	79.40	
7	16090	204.05	136.50	97.17	
8	12420	151.25	136.50	72.03	
9	13435	166.04	136.50	79.07	
10	16365	196.40	136.50	93.53	
11	14790	182.79	136.50	87.04	
12	14765	175.49	136.50	83.57	
13	14760	180.63	136.50	86.02	
14	15375	189.64	136.50	90.31	
15	13625	161.94	136.50	77.12	
16	13610	171.40	136.50	81.62	85.50
17	14315	171.47	136.50	81.65	
18	15410	186.75	136.50	88.93	
19	16135	191.78	136.50	91.32	
20	13560	161.80	136.50	77.05	
21	14055	173.70	136.50	82.72	
22	13975	170.36	136.50	81.12	
23	15045	187.78	136.50	89.42	
24	15599	167.17	136.50	79.60	
25	16175	199.90	136.50	95.19	
26	15905	196.18	136.50	93.42	
27	14665	180.18	136.50	85.80	
28	15375	184.52	136.50	87.87	
29	14110	162.95	136.50	77.60	
30	13730	175.87	136.50	83.75	

*Nota:* Cálculo del  $f'c$  del concreto convencional, las probetas fueron ensayadas a compresión en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte - a los 7 días. (Elaboración Propia)

Tabla 20

*Resistencia a la compresión y Desviación estándar del concreto con Arenisca Cuarzosa a los 14 días.*

N° Prob	A/C	Øi prom (cm)	Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	d (%)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv estándar
1	0.73	10.18	10.15	10.21	-0.5894	19850	81.39	243.88		
2	0.73	10.19	10.20	10.17	0.2946	20045	81.47	246.03		
3	0.73	10.07	10.15	9.99	1.5889	16975	79.64	213.14		
4	0.73	10.12	10.16	10.08	0.7905	20121	80.44	250.15		
5	0.73	10.25	10.28	10.22	0.5854	20277	82.52	245.73		
6	0.73	10.06	10.13	9.98	1.4918	20589	79.41	259.29		
7	0.73	10.02	10.10	9.94	1.5968	24500	78.85	310.70		
8	0.73	10.12	10.22	10.01	2.0761	17300	80.36	215.29		
9	0.73	10.11	10.18	10.03	1.4844	15687	80.20	195.60		
10	0.73	10.19	10.20	10.18	0.1963	15995	81.55	196.13		
11	0.73	10.16	10.16	10.15	0.0985	18570	80.99	229.28		
12	0.73	10.11	10.10	10.11	-0.0990	20010	80.20	249.51		
13	0.73	10.13	10.11	10.14	-0.2963	19895	80.52	247.10		
14	0.73	10.04	9.98	10.10	-1.1952	16980	79.17	214.48		
15	0.73	10.19	10.20	10.18	0.1963	22950	81.55	281.41		
16	0.73	10.17	10.19	10.14	0.4919	19870	81.15	244.85	246.87	26.66
17	0.73	10.16	10.15	10.16	-0.0985	19050	80.99	235.20		
18	0.73	10.19	10.18	10.20	-0.1963	21045	81.55	258.05		
19	0.73	10.13	10.12	10.14	-0.1974	20035	80.60	248.59		
20	0.73	10.10	10.08	10.12	-0.3960	19650	80.12	245.26		
21	0.73	10.21	10.21	10.20	0.0980	22890	81.79	279.85		
22	0.73	10.18	10.21	10.15	0.5894	18560	81.39	228.03		
23	0.73	10.15	10.14	10.16	-0.1970	19650	80.91	242.85		
24	0.73	10.17	10.16	10.17	-0.0984	20180	81.15	248.67		
25	0.73	10.10	10.07	10.13	-0.5941	19960	80.12	249.13		
26	0.73	10.17	10.15	10.19	-0.3933	18060	81.23	222.32		
27	0.73	10.10	10.06	10.13	-0.6934	21650	80.04	270.49		
28	0.73	10.13	10.11	10.15	-0.3949	20965	80.60	260.13		
29	0.73	10.19	10.21	10.17	0.3925	22860	81.55	280.31		
30	0.73	10.19	10.21	10.17	0.3925	24025	81.55	294.59		

Nota: Resistencia a la compresión Axial del concreto con Arenisca Cuarzosa (Elaboración Propia)

Tabla 21

*Resistencia a la compresión Requerida para la Arenisca Cuarzosa a los 14 días.*

N°	A/C	Ø prom (cm)	Curado	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_{cr}=f_c+1.34*SS*1$	$F_{cr}=f_c+2.33*SS*1-3.5$
1	0.73	10.14	14d	19940	80.76	246.89	282.62	305.51

Nota: Desviación estándar y  $f'c$  requerido (Elaboración Propia)

Tabla 22

***Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra Arenisca Cuarzosa triturada (14 días de curado)***

<b>Probeta N°</b>	<b>Carga última (kg)</b>	<b>Resist. Máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F'c Requerida (kg/cm<sup>2</sup>) 90%</b>	<b>Resistencia a los 14d (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>
1	19850	243.88	189.00	116.13	
2	20045	246.03	189.00	117.16	
3	16975	213.14	189.00	101.49	
4	20121	250.15	189.00	119.12	
5	20277	245.73	189.00	117.02	
6	20589	259.29	189.00	123.47	
7	24500	310.70	189.00	147.95	
8	17300	215.29	189.00	102.52	
9	15687	195.60	189.00	93.14	
10	15995	196.13	189.00	93.40	
11	18570	229.28	189.00	109.18	
12	20010	249.51	189.00	118.81	
13	19895	247.10	189.00	117.66	
14	16980	214.48	189.00	102.13	
15	22950	281.41	189.00	134.01	
16	19870	244.85	189.00	116.59	117.56
17	19050	235.20	189.00	112.00	
18	21045	258.05	189.00	122.88	
19	20035	248.59	189.00	118.38	
20	19650	245.26	189.00	116.79	
21	22890	279.85	189.00	133.26	
22	18560	228.03	189.00	108.59	
23	19650	242.85	189.00	115.64	
24	20180	248.67	189.00	118.41	
25	19960	249.13	189.00	118.63	
26	18060	222.32	189.00	105.87	
27	21650	270.49	189.00	128.81	
28	20965	260.13	189.00	123.87	
29	22860	280.31	189.00	133.48	
30	24025	294.59	189.00	140.28	

*Nota:* Calculo del  $f'c$  del concreto con arenisca, las probetas fueron ensayadas a compresión en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte Sede Los Olivos - a los 14 días se aprecia un incremento significativo del concreto ya que lo esperado era un  $f'c$  aproximado de 189 como mínimo. (Elaboración Propia)

Tabla 23

Resistencia a la compresión y Desviación estándar del concreto convencional a los 14 días.

Nº Prob	A/C	Øi prom (cm)	Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	d (%)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv estándar
1	0.72	10.18	10.20	10.15	0.4914	20320	81.31	249.90		
2	0.72	10.20	10.30	10.10	1.9608	17220	81.71	210.74		
3	0.72	10.25	10.20	10.30	-0.9756	18675	82.52	226.32		
4	0.72	10.30	10.50	10.10	3.8835	19515	83.32	234.21		
5	0.72	10.10	10.20	10.00	1.9802	19265	80.12	240.46		
6	0.72	9.90	9.90	9.90	0.0000	18280	76.98	237.47		
7	0.72	10.02	10.10	9.94	1.5968	20090	78.85	254.77		
8	0.72	10.15	10.00	10.30	-2.9557	18120	80.91	223.94		
9	0.72	10.15	10.10	10.20	-0.9852	18335	80.91	226.60		
10	0.72	10.30	10.50	10.10	3.8835	16365	83.32	196.40		
11	0.72	10.15	10.10	10.20	-0.9852	16790	80.91	207.51		
12	0.72	10.35	10.40	10.30	0.9662	20765	84.13	246.81		
13	0.72	10.20	10.20	10.20	0.0000	18760	81.71	229.58		
14	0.72	10.10	10.00	10.20	-1.9802	20375	80.12	254.31		
15	0.72	10.35	10.40	10.30	0.9662	19625	84.13	233.26		
16	0.72	10.00	9.80	10.20	-4.0000	18610	78.54	236.95	232.00	18.40
17	0.72	10.30	10.10	10.50	-3.8835	22315	83.32	267.81		
18	0.72	10.25	10.20	10.30	-0.9756	16410	82.52	198.87		
19	0.72	10.35	10.30	10.40	-0.9662	18135	84.13	215.55		
20	0.72	10.45	10.60	10.30	2.8708	19560	85.77	228.06		
21	0.72	10.15	10.10	10.20	-0.9852	19055	80.12	237.84		
22	0.72	10.20	10.20	10.20	0.0000	19875	81.71	243.23		
23	0.72	10.25	10.10	10.40	-2.9268	21045	80.12	262.67		
24	0.72	10.35	10.50	10.20	2.8986	20150	86.59	232.71		
25	0.72	10.15	10.15	10.15	0.0000	20175	80.91	249.34		
26	0.72	10.17	10.16	10.17	-0.0984	19905	81.07	245.52		
27	0.72	10.19	10.18	10.20	-0.1963	18665	81.39	229.32		
28	0.72	10.35	10.30	10.40	-0.9662	18375	83.32	220.53		
29	0.72	10.35	10.50	10.20	2.8986	17110	86.59	197.60		
30	0.72	9.85	9.80	9.90	-1.0152	16730	75.43	221.80		

Nota: Resistencia a la compresión Axial del concreto Convencional (Elaboración Propia)

Tabla 24

Resistencia a la compresión Requerida para el concreto convencional a los 14 días.

Nº	A/C	Ø prom (cm)	Curado	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_{cr}=f_c+1.34*SS*1$	$F_{cr}=f_c+2.33*SS*1-3.5$
1	0.72	10.20	14d	18954	81.74	231.88	256.54	271.25

Nota: Desviación estándar y  $f'c$  requerido (Elaboración Propia)

Tabla 25

*Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado convencional (14 días de curado).*

<b>Probeta N°</b>	<b>Carga última (kg)</b>	<b>Resist. Máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F'c Requerida (kg/cm<sup>2</sup>) 90%</b>	<b>Resistencia a los 14d (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>
1	20320	249.90	189.00	119.00	
2	17220	210.74	189.00	100.35	
3	18675	226.32	189.00	107.77	
4	19515	234.21	189.00	111.53	
5	19265	240.46	189.00	114.50	
6	18280	237.47	189.00	113.08	
7	20090	254.77	189.00	121.32	
8	18120	223.94	189.00	106.64	
9	18335	226.60	189.00	107.90	
10	16365	196.40	189.00	93.53	
11	16790	207.51	189.00	98.81	
12	20765	246.81	189.00	117.53	
13	18760	229.58	189.00	109.33	
14	20375	254.31	189.00	121.10	
15	19625	233.26	189.00	111.08	
16	18610	236.95	189.00	112.83	110.48
17	22315	267.81	189.00	127.53	
18	16410	198.87	189.00	94.70	
19	18135	215.55	189.00	102.64	
20	19560	228.06	189.00	108.60	
21	19055	237.84	189.00	113.25	
22	19875	243.23	189.00	115.82	
23	21045	262.67	189.00	125.08	
24	20150	232.71	189.00	110.81	
25	20175	249.34	189.00	118.73	
26	19905	245.52	189.00	116.91	
27	18665	229.32	189.00	109.20	
28	18375	220.53	189.00	105.01	
29	17110	197.60	189.00	94.09	
30	16730	221.80	189.00	105.62	

*Nota:* Calculo del  $f'c$  del concreto convencional, las probetas fueron ensayadas a compresión en el Laboratorio de Concreto del Universidad Privada del Norte - a los 14 días. (Elaboración Propia)

Tabla 26

*Resistencia a la compresión y Desviación estándar del concreto con Arenisca Cuarzosa a los 28 días*

N° Prob	A/C	Øi prom (cm)	Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	d (%)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv estándar
1	0.73	10.17	10.15	10.18	-0.2951	22020	81.15	271.34		
2	0.73	10.15	10.17	10.12	0.4929	20675	80.83	255.77		
3	0.73	10.14	10.13	10.14	-0.0987	21575	80.67	267.43		
4	0.73	10.13	10.10	10.15	-0.4938	21120	80.52	262.31		
5	0.73	10.15	10.17	10.12	0.4929	22860	80.83	282.80		
6	0.73	10.15	10.14	10.15	-0.0986	21935	80.83	271.36		
7	0.73	10.13	10.12	10.13	-0.0988	20640	80.52	256.35		
8	0.73	10.11	10.11	10.10	0.0990	22005	80.20	274.38		
9	0.73	10.11	10.12	10.10	0.1978	19755	80.28	246.08		
10	0.73	10.12	10.12	10.12	0.0000	21130	80.44	262.69		
11	0.73	10.16	10.17	10.14	0.2954	21400	80.99	264.22		
12	0.73	10.11	10.12	10.10	0.1978	21405	80.28	266.64		
13	0.73	10.12	10.11	10.12	-0.0989	22630	80.36	281.62		
14	0.73	10.15	10.14	10.16	-0.1970	20720	80.91	256.08		
15	0.73	10.14	10.18	10.10	0.7890	22065	80.75	273.24	270.01	15.70
16	0.73	10.12	10.12	10.11	0.0989	24400	80.36	303.65		
17	0.73	10.12	10.11	10.12	-0.0989	24450	80.36	304.27		
18	0.73	10.12	10.11	10.13	-0.1976	22565	80.44	280.53		
19	0.73	10.21	10.20	10.21	-0.0980	21975	81.79	268.67		
20	0.73	10.22	10.21	10.22	-0.0979	22370	81.95	272.96		
21	0.73	10.14	10.17	10.10	0.6907	22220	80.67	275.43		
22	0.73	10.17	10.20	10.13	0.6886	21295	81.15	262.41		
23	0.73	10.28	10.25	10.30	-0.4866	23555	82.92	284.07		
24	0.73	10.20	10.22	10.17	0.4904	22055	81.63	270.17		
25	0.73	10.13	10.15	10.11	0.3949	21550	80.60	267.39		
26	0.73	10.14	10.12	10.16	-0.3945	22715	80.75	281.29		
27	0.73	10.17	10.17	10.17	0.0000	23005	81.23	283.20		
28	0.73	10.18	10.18	10.17	0.0983	18060	81.31	222.11		
29	0.73	10.16	10.18	10.14	0.3937	20865	81.07	257.36		
30	0.73	10.13	10.13	10.12	0.0988	22090	80.52	274.36		

Nota: Resistencia a la compresión Axial del concreto con Arenisca Cuarzosa (Elaboración Propia)

Tabla 27

*Resistencia a la compresión Requerida para el concreto con Arenisca Cuarzosa a los 14 días.*

N°	A/C	Ø prom (cm)	Curado	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_{cr}=f_c+1.34*SS*1$	$F_{cr}=f_c+2.33*SS*1-3.5$
1	0.73	10.15	14d	21837	80.88	270.00	291.04	303.07

Nota: Desviación estándar y  $f'c$  requerido (Elaboración Propia)

Tabla 28

*Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con Arenisca Cuarzosa (28 días de curado).*

<b>Probeta N°</b>	<b>Carga última (kg)</b>	<b>Resist. Máxima (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F'c Requerida (kg/cm<sup>2</sup>) 65%</b>	<b>Resistencia a los 7d (%)</b>	<b>Promedio (%)</b>
1	22020	271.34	136.50	129.21	
2	20675	255.77	136.50	121.80	
3	21575	267.43	136.50	127.35	
4	21120	262.31	136.50	124.91	
5	22860	282.80	136.50	134.67	
6	21935	271.36	136.50	129.22	
7	20640	256.35	136.50	122.07	
8	22005	274.38	136.50	130.66	
9	19755	246.08	136.50	117.18	
10	21130	262.69	136.50	125.09	
11	21400	264.22	136.50	125.82	
12	21405	266.64	136.50	126.97	
13	22630	281.62	136.50	134.10	
14	20720	256.08	136.50	121.94	
15	22065	273.24	136.50	130.11	
16	24400	303.65	136.50	144.59	128.57
17	24450	304.27	136.50	144.89	
18	22565	280.53	136.50	133.59	
19	21975	268.67	136.50	127.94	
20	22370	272.96	136.50	129.98	
21	22220	275.43	136.50	131.16	
22	21295	262.41	136.50	124.96	
23	23555	284.07	136.50	135.27	
24	22055	270.17	136.50	128.65	
25	21550	267.39	136.50	127.33	
26	22715	281.29	136.50	133.95	
27	23005	283.20	136.50	134.86	
28	18060	222.11	136.50	105.76	
29	20865	257.36	136.50	122.55	
30	22090	274.36	136.50	130.65	

*Nota:* Calculo del  $f'c$  del concreto con Arenisca Cuarzosa, las probetas fueron ensayadas a compresión en el Laboratorio de Concreto del Universidad Privada del Norte - a los 28 días. (Elaboración Propia)

Tabla 29

*Resistencia a la compresión y Desviación estándar del concreto convencional a los 28 días*

N° Prob	A/C	Øi prom (cm)	Ø 1 (cm)	Ø 2 (cm)	d (%)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom (kg/cm <sup>2</sup> )	Desv estándar
1	0.72	10.17	10.15	10.18	-0.2951	20015	81.15	246.63		
2	0.72	10.15	10.17	10.12	0.4929	19785	80.83	244.76		
3	0.72	10.14	10.13	10.14	-0.0987	20085	80.67	248.96		
4	0.72	10.13	10.10	10.15	-0.4938	21070	80.52	261.69		
5	0.72	10.15	10.17	10.12	0.4929	20895	80.83	258.49		
6	0.72	10.15	10.14	10.15	-0.0986	21095	80.83	260.97		
7	0.72	10.13	10.12	10.13	-0.0988	21420	80.52	266.04		
8	0.72	10.11	10.11	10.10	0.0990	17295	80.20	215.65		
9	0.72	10.11	10.12	10.10	0.1978	21195	80.28	264.02		
10	0.72	10.12	10.12	10.12	0.0000	20645	80.44	256.66		
11	0.72	10.16	10.17	10.14	0.2954	19580	80.99	241.75		
12	0.72	10.11	10.12	10.10	0.1978	21065	80.28	262.40		
13	0.72	10.12	10.11	10.12	-0.0989	20405	80.36	253.93		
14	0.72	10.15	10.14	10.16	-0.1970	19470	80.91	240.63		
15	0.72	10.14	10.18	10.10	0.7890	20145	80.75	249.46	250.49	11.28
16	0.72	10.12	10.12	10.11	0.0989	19500	80.36	242.67		
17	0.72	10.12	10.11	10.12	-0.0989	21030	80.36	261.71		
18	0.72	10.12	10.11	10.13	-0.1976	20990	80.44	260.95		
19	0.72	10.21	10.20	10.21	-0.0980	20095	81.79	245.68		
20	0.72	10.22	10.21	10.22	-0.0979	19095	81.95	233.00		
21	0.72	10.14	10.17	10.10	0.6907	20015	81.23	246.39		
22	0.72	10.17	10.20	10.13	0.6886	18970	81.71	232.15		
23	0.72	10.28	10.25	10.30	-0.4866	20460	82.52	247.95		
24	0.72	10.20	10.22	10.17	0.4904	19980	82.03	243.56		
25	0.72	10.13	10.15	10.11	0.3949	20550	80.91	253.97		
26	0.72	10.14	10.12	10.16	-0.3945	21265	80.44	264.37		
27	0.72	10.17	10.17	10.17	0.0000	19895	81.23	244.91		
28	0.72	10.18	10.18	10.17	0.0983	20745	81.39	254.88		
29	0.72	10.16	10.18	10.14	0.3937	20750	81.39	254.94		
30	0.72	10.13	10.13	10.12	0.0988	20605	80.60	255.66		

Nota: Resistencia a la compresión Axial del concreto Convencional (Elaboración Propia)

Tabla 30 *Resistencia a la compresión Requerida para el concreto convencional a los 28 días.*

N°	A/C	Ø prom (cm)	Cur ado	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	$F_{cr}=f_c+1.34*SS*1$	$F_{cr}=f_c+2.33*SS*1-3.5$
1	0.72	10.15	14d	20270	80.88	250.63	265.75	273.41

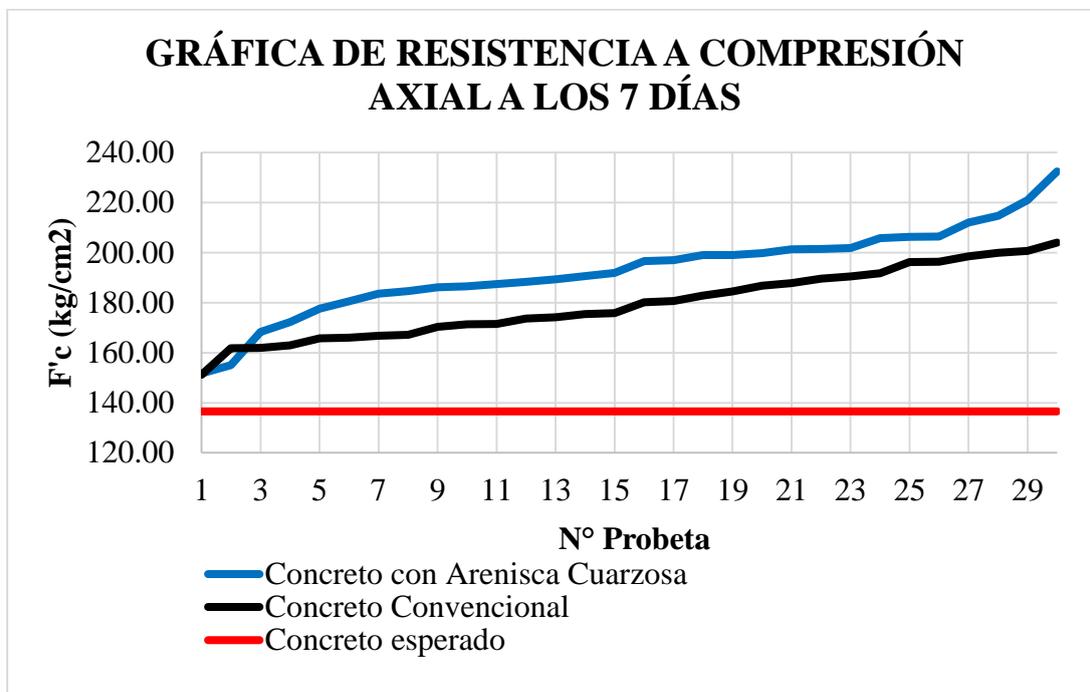
Nota: Desviación estándar y  $f'c$  requerido (Elaboración Propia)

Tabla 31 Resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado (28 días de curado).

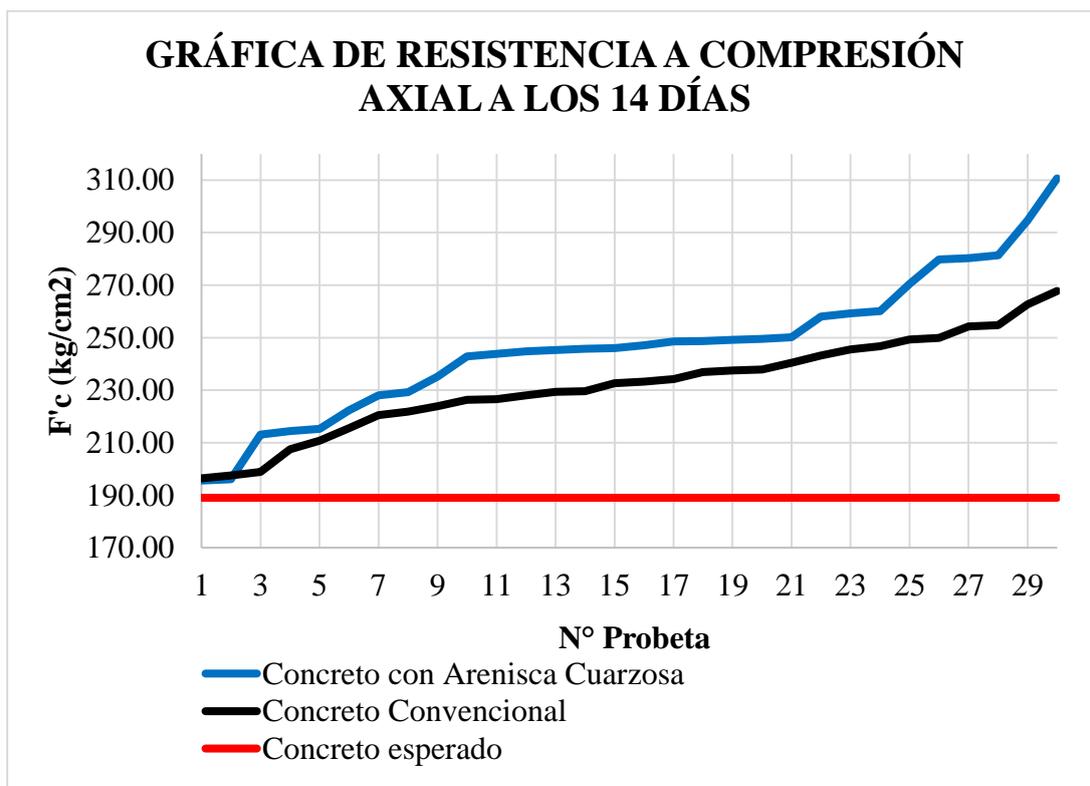
Probeta N°	Carga última (kg)	Resist. Máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	F'c Requerida (kg/cm <sup>2</sup> ) 100%	Resistencia a los 28d (%)	Promedio (%)
1	20015	246.63	210.00	117.44	
2	19785	244.76	210.00	116.55	
3	20085	248.96	210.00	118.55	
4	21070	261.69	210.00	124.61	
5	20895	258.49	210.00	123.09	
6	21095	260.97	210.00	124.27	
7	21420	266.04	210.00	126.68	
8	17295	215.65	210.00	102.69	
9	21195	264.02	210.00	125.73	
10	20645	256.66	210.00	122.22	
11	19580	241.75	210.00	115.12	
12	21065	262.40	210.00	124.95	
13	20405	253.93	210.00	120.92	
14	19470	240.63	210.00	114.58	
15	20145	249.46	210.00	118.79	
16	19500	242.67	210.00	115.56	119.28
17	21030	261.71	210.00	124.62	
18	20990	260.95	210.00	124.26	
19	20095	245.68	210.00	116.99	
20	19095	233.00	210.00	110.95	
21	20015	246.39	210.00	117.33	
22	18970	232.15	210.00	110.55	
23	20460	247.95	210.00	118.07	
24	19980	243.56	210.00	115.98	
25	20550	253.97	210.00	120.94	
26	21265	264.37	210.00	125.89	
27	19895	244.91	210.00	116.63	
28	20745	254.88	210.00	121.37	
29	20750	254.94	210.00	121.40	
30	20605	255.66	210.00	121.74	

Nota: Cálculo del  $f'c$  del concreto convencional, las probetas fueron ensayadas a compresión en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte - a los 28 días. (Elaboración Propia)

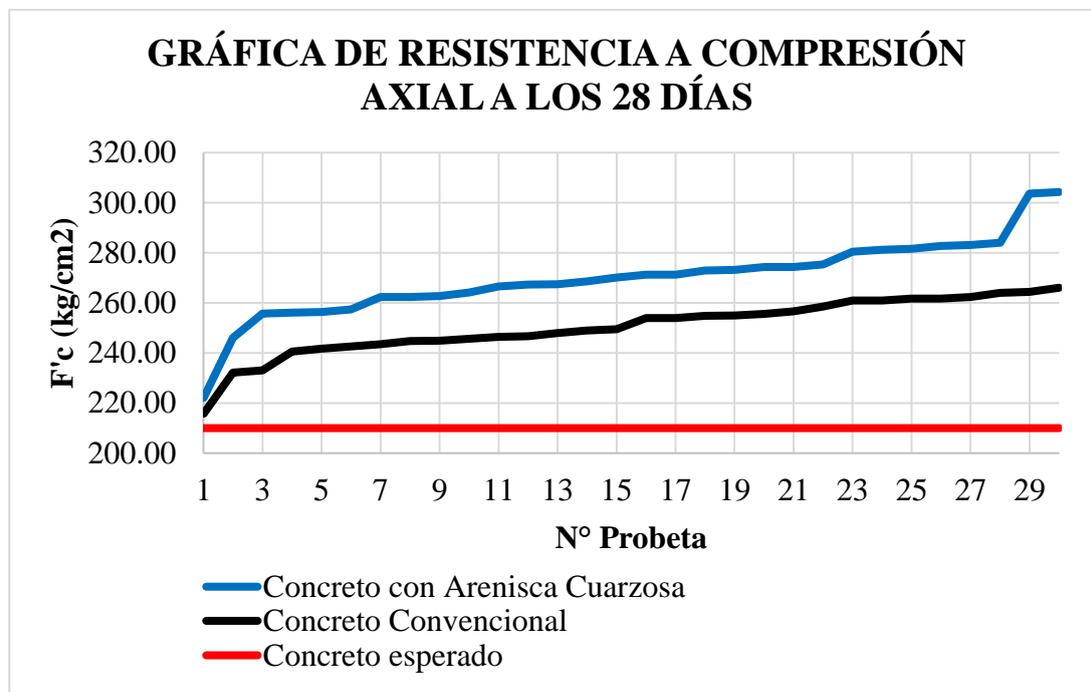
**Figura 66** Grafica Comparativo de la Resistencia a compresión Axial a los 7 días.



**Figura 67** Grafica Comparativo de la resistencia a compresión axial a los 14 días



**Figura 68** Grafica Comparativo de la resistencia a compresión axial a los 28 días



**3.2.4. Comparación económica de los Diseños de mezclas.** En la siguiente tabla se muestra

el precio por metro cubico del concreto convencional comparado con el concreto

Tabla 32

*Cálculo de Precios Unitarios de los agregados sin IGV.*

Componente	Unidad	Cantidad	recio sin IGV	Precio Unitario
Cemento	Kg.	41.5	20.34	0.4786
Arena	kg/m <sup>3</sup>	1500	50.00	0.0313
Piedra	kg/m <sup>3</sup>	1700	55.08	0.0324
Agua	Lt.	1000	8.47	0.0085
Piedra Arenisca Curzosa	kg/m <sup>3</sup>	1700	46.61	0.0274

*Nota: Precios Unitarios (Elaboración Propia)*

Tabla 33

*Cantidad de Material por m<sup>3</sup> de Concreto  $F'c=210\text{ kg/cm}^2$  con Arenisca cuarzosa.*

Componente	Unidad	Cantidad	Precio	
			Unit.	Precio Total
Cemento	Kg.	284	S/ 0.4786	S/ 135.91

Arena	Kg.	932	S/ 0.0313	S/ 29.14
Piedra				
Arenisca Cuarzosa Triturada	Kg.	952	S/ 0.0275	S/ 26.14
Agua	Lt.	208	S/ 0.0085	S/ 1.76
		Sub Total		S/ 192.96
		IGV (18%)		S/ 34.73
		Costo x m <sup>3</sup>		S/ 227.69

*Nota:* se ha reducido el costo por m<sup>3</sup> de concreto, no se ha incluido mano de obra ni equipos y herramientas (Elaboración Propia)

Tabla 34

*Cantidad de Material por m<sup>3</sup> de Concreto  $F'c=210\text{ kg/cm}^2$  con Agregado Convencional*

Componente	Unidad	Precio		
		Cantidad	Unit.	Precio Total
Cemento	Kg.	303	S/ 0.4786	S/ 145.00
Arena	Kg.	931	S/ 0.0313	S/ 29.11
Piedra Convencion al	Kg.	966	S/ 0.0324	S/ 31.30
Agua	Lt.	218	S/ 0.0085	S/ 1.85
		Sub Total		S/ 207.27
		IGV (18%)		S/ 37.31
		Costo x m <sup>3</sup>		S/ 244.58

*Nota:* Costo por m<sup>3</sup> de concreto no se ha incluido mano de obra ni equipos y herramientas (Elaboración Propia)

### 3.3. Inferencia estadística

Los resultados en el presente capítulo se fundamentan en el orden de los objetivos e hipótesis como se detalla a continuación.

**3.3.1. Objetivo específico 2.** Determinar la influencia de la arenisca cuarzosa triturada utilizado como reemplazo del agregado grueso para determinar el incremento de la resistencia a compresión del concreto  $F'c = 210\text{ kg/cm}^2$ , Lima, 2019.

#### 3.3.2. Hipótesis específico 2.

**3.3.2.1. Planteamiento de la prueba de hipótesis del investigador.** Si existe una influencia de la arenisca cuarzosa triturada utilizado como reemplazo del agregado grueso para determinar el incremento de la resistencia a compresión del concreto  $F'c = 210\text{ kg/cm}^2$ , Lima, 2019.

### 3.3.2.2. *Planteamiento estadístico de la prueba de hipótesis.*

3.3.2.2.1. *Hipótesis Nula (Ho):* No existe un incremento significativo de la media de la resistencia a la compresión del concreto F'c=210 kg/cm2, al reemplazar el agregado grueso por la arenisca triturada, Lima, 2019.

$$\mu_{\text{experimental}} \leq \mu_{\text{patrón}}$$

3.3.2.2.2. *Hipótesis Alternativa (Ha):* Si existe un incremento significativo de la media de la resistencia a la compresión del concreto F'c=210 kg/cm2, al reemplazar el agregado grueso por la arenisca triturada, Lima, 2019.

$$\mu_{\text{experimental}} > \mu_{\text{patrón}}$$

3.3.2.3. *Datos de la resistencia a la compresión.* Los datos de las resistencias a la compresión a los 28 días de madurez se encuentran en las tablas 29 y 32 tanto del diseño experimental como el del convencional respectivamente.

### 3.3.2.4. *Análisis descriptivo.*

Tabla 35

*Análisis estadístico de grupo*

Estadísticas de grupo					
	Diseños	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Resistencia a la Compresión Axial	Convencional	30.000	2319967.000	1840089.000	335953.000
	Diseño con Arenisca Cuarzosa Triturada	30.000	2468667.000	2666862.000	486900.000

*Nota :* Elaboración (Fuente Propia).

De los resultados obtenidos notamos claramente que para la muestra de 30 probetas en cada grupo, la media de la resistencia a la compresión del diseño experimental es mayor al del diseño convencional en un 6.4%, lo que hace suponer que, si existe un aumento significativo

en la resistencia a la compresión al usar arenisca cuarzosa triturada en el diseño de mezcla, esto se

comprobará más adelante con la prueba de contraste estadística.

#### 3.3.2.4.1. *Consideraciones de la prueba*

- Definimos nuestro nivel de significancia  $\alpha=0.05$  (5%), que es el porcentaje de error que estamos dispuesto a asumir al realizar nuestra prueba.
- Para el análisis de la prueba, utilizaremos la prueba paramétrica T-Student para muestras independientes debido a que la investigación es de tipo transversal, es decir se trata de dos grupos en comparación, donde la variable Resistencia a la Compresión es de tipo cuantitativa (medible) y el tamaño de las muestras de cada grupo son pequeñas iguales a 30.
- Antes de realizar esta prueba, previamente se tiene que corroborar los supuestos de Normalidad y Homogeneidad, en caso no se cumpla el supuesto de normalidad se realizará la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney.
- Todas las pruebas se realizarán con el programa estadístico SPSS v.25.

**3.3.3. Normalidad.** Existen dos métodos para probar el supuesto de normalidad, la prueba de Kolmogorov-Smirnov para muestras grandes y la de Chapiro Wilk para muestras pequeñas, para nuestro caso utilizaremos la de Chapiro Wilk por ser una muestra pequeña.

##### 3.3.3.1. *Planteamiento de las hipótesis para el supuesto de normalidad*

*Ho: Los datos provienen de una distribución normal*

*Ha: Los datos no provienen de una distribución normal*

Criterio para determinar la normalidad

Si p-valor de la prueba  $< \alpha=0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

Si p-valor de la prueba  $\geq \alpha=0.05$  entonces se acepta la hipótesis nula  $H_0$ .

### 3.3.3.2. Resultados de la prueba de normalidad.

Tabla 36

#### Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
	Diseños	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia a la Compresión Axial	Convencional	,078	30	,200*	,978	30	,778
	Diseño con Arenisca Cuarzosa Triturada	,152	30	,076	,966	30	,429

Nota: \*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors (Fuente Propia).

**3.3.3.3. Decisión.** Como Los p-valores sig iguales a 0.778 y 0.429 tanto del convencional como el experimental son mayores  $> 0.05$  entonces aceptamos la hipótesis nula, por tanto, se concluye con un nivel de significancia del 5%, que la variable resistencia a la compresión en ambos grupos se distribuyen normalmente.

### 3.3.4. Homogeneidad de las varianzas

- Se comprueba con la prueba de Levene
- Planteamiento de las hipótesis

Ho: Las varianzas en ambos grupos son iguales

Ha: Existe diferencia significativa entre las varianzas

- Criterio para determinar la homogeneidad de las varianzas

Si p-valor de la prueba  $\geq \alpha=0.05$  se acepta la hipótesis nula Ho, caso contrario se rechaza.

### 3.3.3.4. Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba t Student

Tabla 37

Resultados de la prueba de Homogeneidad y la prueba t Student

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 a la Compresion Axial	Se asumen varianzas iguales	1400	.242	2514	58	.015	-148700	591554	302876	2671124
	No se asumen varianzas iguales			2514	51510	.015	-148700	591554	299692	2674308

Nota : *Elaboración (Fuente Propia).*

**3.3.3.5. Decisión.** Como el p-valor sig de la prueba de Levene es igual a 0.242 > 0.05 entonces aceptamos la hipótesis nula, por tanto, se concluye con un nivel de significancia del 5%, que las varianzas en ambos grupos son iguales, es decir existe homocedasticidad entre las varianzas.

### 3.3.5. Prueba T Student

Una vez probado los supuestos de normalidad y homogeneidad, procedemos a probar la hipótesis a través de la prueba T Student, la cual viene dado por los resultados del cuadro prueba de muestras independientes.

### 3.3.3.6. *Regla de Decisión.*

Tabla 38

*Regla de desicion para prueba T Student.*

<b>Regla de Decisión</b>	
Si el estadístico $t > 0$	entonces el p-valor = $\text{sig}/2$
Si el estadístico $t < 0$	entonces el p-valor = $1 - \text{sig}/2$

Nota: Si p-valor de la prueba  $< \alpha=0.05$  entonces se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , caso contrario se acepta. (Fuente Propia).

### 3.3.3.7. *Decisión*

- De los resultados obtenidos vemos que el estadístico t es positivo e igual a 2.514
- Calculamos el p-valor =  $\text{sig}/2 = 0.015/2 = 0.0075$
- Como el p-valor  $0.0075 < 0.05$ , entonces rechazamos  $H_0$  y aceptamos la hipótesis del investigador.

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

**4.1.1. Limitaciones.** Una de las limitaciones fue la no existencia de antecedentes de concretos elaborados con Arenisca cuarzosa triturada, como agregado grueso, también se tuvo dificultad con el hallazgo de las betas, pero tuve la ayuda de la carta geográfica del IGN y contar con el asesoramiento de un ingeniero Geológico. Adicionalmente se tuvo problemas con el transporte del material hacia la cantera (chancadora).

**4.1.2. Interpretación comparativa.** Los resultados de los ensayos de compresión axial a los 7 días del concreto elaborado con agregado grueso de piedra Arenisca Cuarzosa triturada en comparación con los ensayos realizados a la mezcla de concreto convencional, muestra un incremento en la resistencia a compresión axial del concreto de 5.98%, en los ensayos se pudo evidenciar que la adherencia de la piedra arenisca cuarzo con el cemento fue buena al igual que la del agregado convencional. Además, como se muestra en la tabla 18, los ensayos de resistencia a la compresión superaron las expectativas a los 7 días, llegando en promedio a una resistencia de 91.89 % de la resistencia de diseño.

Los resultados de los ensayos de compresión axial a los 14 días del concreto elaborado con agregado grueso de piedra Arenisca Cuarzosa triturada en comparación con los ensayos realizados a la mezcla de concreto convencional, muestra un incremento en la resistencia a compresión axial del concreto de 7.08% , los ensayos a la compresión de resistencia superó a los 28 días la resistencia de diseño siendo la resistencia en promedio 117.6 % de la resistencia de diseño, equivalente a un concreto de  $246.88 \text{ kg/cm}^2$  .

Los resultados de los ensayos de compresión axial a los 28 días del concreto elaborado con agregado grueso de piedra Arenisca Cuarzosa triturada en comparación con los ensayos realizados a la mezcla de concreto convencional, muestra un incremento en la resistencia a

compresión axial del concreto de 9.29% , los ensayos a la compresión de resistencia superó a los 28 días la resistencia de diseño siendo la resistencia en promedio 128.57 % de la resistencia de diseño, equivalente a un concreto de  $270.01\text{ kg/cm}^2$

Realizando una comparación de precios del costo del metro cubico de concreto en materiales del diseño de mezcla con arenisca cuarzosa y el diseño de mezcla convencional, existe un decremento del precio de S/. 16.88 (dieciséis con 88/100 soles) por metro cubico, lo que porcentualmente representa un 6.90%. Esto quiere decir que un concreto elaborado con Arenisca cuarsoza como agregado grueso representará una reducción de costo de aproximadamente 6.90 % en crecida, tomando en cuenta que nuestro agregado convencional es de muy buena calidad porque el mismo también ha superado las expectativa en cuanto resistencia tanto a los 7,14 y 28 días como se evidencia en las tablas del capítulo de resultados.

En el proceso de preparación de los especímenes se observó que las probetas realizadas con arenisca cuarzosa tuvieron una buena trabajabilidad, además la piedra chancada de arenisca cuarsoza tiene una superficie más rugosa que el agregado convencional , lo cual sugiere una mejor adherencia con la pasta del concreto, la temperatura del concreto no tuvo variaciones en cuanto al convencional; durante los ensayos a compresión las probetas tuvieron un buen comportamiento de ruptura, que no fallaron completamente teniendo en su mayoría una falla de tipo .

Comparando con otras investigaciones tenemos que nuestro agregado incrementa significativamente la resistencia y disminuye los costos.

Elver Campos LLata nos menciona que la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra caliza triturada lavada de la cantera Otuzco Mirador incrementa la resistencia de diseño, el esfuerzo máximo 5.29%, y que la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado de piedra caliza triturada sin lavar de la

cantera Otuzco Mirador disminuye la resistencia de diseño, el esfuerzo máximo 13.86%, sin embargo, no hace mención al costo que este demande.

Alva en su tesis afirma que el porcentaje de 2% de fibra de vidrio que tiene como valor promedio de  $f'c=251.69\text{ kg/cm}^2$  supera en la resistencia a la compresión al concreto patrón que tiene como valor de  $f'c= 230.13\text{ kg/cm}^2$ , esto significa que aumenta la resistencia a la compresión axial en un 8.67% al del concreto patrón, pero al del concreto del diseño que es  $f'c= 210\text{ kg/cm}^2$  aumento en un 19.72%.

**4.1.3. Implicancias.** La presente tesis sirve como base a futuras investigaciones ya que ha demostrado que la arenisca cuarzosa como agregado en el diseño de mezcla favorece al incremento de la resistencia del concreto además de tener el plus e disminuir significativamente los costos viéndolo a grandes rasgos y teniendo en cuenta que el concreto es uno de las partidas más caras de una edificación.

Una desventaja de la utilización de este material es que la arenisca cuarzosa se encuentra solo en las franjas costeras, ya que es un material sedimentario, por ende, su mayor explotación podría estar en Lima, Trujillo, Piura y otros lugares que tengan margen costero ya que la utilización del mismo en otras zona, por el flete del transporte ya no sería muy económico aunque no se ha realizado ninguna investigación para determinar el incremento al trasladar este concreto.

Sin ir muy lejos se debería ampliar investigaciones para utilizar el este agregado en la construcción, con finalidad de habilitar distritos como Puente piedra, Ancón, Santa Rosa, ya que son distritos en los cuales hay bastante presencia de este material y las viviendas construidas en Asentamientos humano y Urbanizaciones han construido sus casa sobre estos materiales (cerros y loma ), haciendo que la arquitectura urbanística no sea tan agradable a la vista humana , habiéndose podido habilitar estas áreas , beneficiando tanto a la población como al sector de la construcción.

Por otro lado para la elaboración del diseño de mezcla con agregado de arenisca cuarzosa hay que tener en cuenta que el agua de mezcla esté limpia y sin impurezas ya que puede producir efectos que alteren el comportamiento normal de la pasta de cemento los efectos esperados son el retardo en el endurecimiento, reducción de la resistencia, manchas en el concreto endurecido cambios volumétricos del concreto.

El curado del concreto es una parte fundamental ya que previene el secado prematuro del concreto bajo un nivel de temperatura favorable, ya que la hidratación del concreto continua durante varios días o meses si se mantiene un adecuado curado por un periodo específico, en este caso el curado para las muestras de concreto se realizó a los 7 días, 14 días, y 28 días, una vez que se ha realizado el curado de las muestras a los diferentes edades es recomendable antes de ensayar las muestras dejarlas que su superficie se encuentre totalmente seca para no disminuir la resistencia de dichas muestras.

La interacción química entre la roca caliza y la pasta de cemento puede conducir a un incremento en la fuerza de la adherencia, siempre y cuando el agregado de roca caliza triturada sea lavado para eliminar los finos, la piedra caliza reacciona con la pasta de cemento hasta producir una gran cantidad de poros en la ITZ, lo que resulta en una reducción en la fuerza de adherencia a edades tempranas, sin embargo a mayor edad estos poros se llenan con productos de reacciones posteriores incrementando la fuerza de adherencia y aumentando la resistencia del concreto. El concreto tiene la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo su mejor comportamiento en compresión en comparación con el de tracción, debido a las propiedades adherentes de la pasta de cemento.

Los cambios de temperatura también son un agente que contribuye a disminuir la resistencia de diseño ya que el concreto tiende a cambiar su estructura interna del concreto existe cambios como contracción y expansión por la variación de la temperatura. Afectando también la resistencia a compresión axial del concreto, sin embargo, como los especímenes

fueron realizados en el Laboratorio de Concreto de la Universidad Privada del Norte sede

Breña no estuvieron expuestos a variaciones significativas de temperatura por ende no presentó ninguna alteración, para el caso de preparaciones en obra se tendría que prever alguna forma de mitigar los efectos climatológicos.

#### 4.1.4. Conclusiones y Recomendaciones.

En primera instancia se concluye que la resistencia a compresión axial del concreto elaborado con agregado grueso de piedra Arenisca Cuarzos triturada obtenida de la beta de ubicada en el margen derecho del km 168 de la panamericana norte dirección lima – Huacho, incrementa la resistencia de diseño, el esfuerzo máximo en un 9.29% en comparación con el diseño de agregado convencional y en un 28.58% en comparación al  $f'c$  de diseño, la hipótesis no se cumple ya que la resistencia del concreto incrementa más de un 10% de su resistencia de diseño, superando las expectativas. Se recomienda tener en cuenta el diseño de mezcla utilizado y seguir las buenas prácticas para la realización de un adecuado diseño.

En segunda instancia se concluye que el precio por  $\text{m}^3$  cubico de concreto elaborado con arenisca cuarzosa en comparación con un concreto tradicional, disminuye los costos en materiales requeridos en un 6.90% lo que representa en soles (S/.16.88). La hipótesis se ha cumplido ya que en base a los diseños haciendo una idealización de precios de los componentes de la mezcla como se muestran en las tablas 36 y 37 del capítulo de resultado en el diseño con arenisca cuarzosa el cemento requerido es menor que en el convencional. Se recomienda tener en cuenta los valores de los precios del mercado para poder realizar una adecuada comparación, estandarizando los precios de los materiales secundarios tales como el agregado fino y el cemento.

En tercera instancia se concluye que estadísticamente con un nivel de significancia del 5% que, si existe evidencia suficiente para afirmar que existe un incremento significativo en la resistencia a la compresión del concreto  $F'c=210\text{kg/cm}^2$ , debido a la influencia de la arenisca cuarzosa triturada en reemplazo del agregado grueso, Lima, 2019. Se recomienda para futuras investigaciones poder



realizar ensayos con otros tipos de minerales los cuales pueden ser reemplazados por agregado grueso o fino (caliza, magnetita, diorita, etc.).

## REFERENCIAS

- American Concrete Institute. (2017). ACI Concrete Terminology. American Concrete Institute, 1, 78.
- ACI, P. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. Lima-Perú: editorial ACI.
- Abanto Castillo, F. (1996). Tecnología del concreto (teoría y problemas). Lima: San Marcos, 9.
- Alva, S, Anita (2018). Influencia Del Tamaño De Vidrio Molido En La Resistencia A Compresión Del Concreto, Cajamarca, Perú.
- Alonzo, E. (2003). Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán. Ingeniería Revista Académica, Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán, 23.
- Alonzo, P. J. (2003). Caracterización del material calizo de la Formación Carrillo Puerto en Yucatán. Ingeniería Revista Académica, Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán, 22.
- Araujo, B, Johnathan (2019). Resistencia a la compresión del concreto, adicionando ceniza de bagazo de caña de azúcar, en reemplazo del agregado fino, Cajamarca, Perú.
- ASTMC150. (1986). "Standard Specification for Portland"
- ASTMC595. (1986). "Standard Specification for Blended, Hydraulic"
- Awad, R. R. (2007). Hormigón Reforzado. Colombia: Universidad EAFIT
- Cárdenas, M. (2004). Industria Minera de los Materiales de Construcción: su sustentabilidad en América del Sur. United Nations Publications.
- Carbajal, e. P. (1998). Tópicos de tecnología del concreto. Perú.

Çeçen, Ö. y. (1997). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Chan J., et. al. / Ingeniería.

Cerón (1996). Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. Chan J., et. al. / Ingeniería, 39-46.

Cerón, D. F. (1996). Propiedades físicas de los agregados pétreos de la Ciudad de Mérida. Ingeniería Revista Académica, Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma, 27,40.

Chávez S, Ana (2019). Influencia Del Tamaño De Vidrio Molido En La Resistencia A Compresión Del Concreto. Trujillo, Perú.

Colegio de ingenieros del Perú (2012), Código deontológico del colegio de ingenieros del Perú. Lima, Perú.

Comercio. (2018). Capeco: El crecimiento máximo del sector construcción para el 2019 sería 4,5%. Obtenido de: <https://elcomercio.pe/economia/peru/capeco-crecimiento-maximo-sector-construccion-2019-seria-4-5-noticia-587220>.

Contreras, C. Karol (2017). Análisis de la resistencia a la compresión y permeabilidad en el concreto adicionando dosificaciones de cenizas volantes de carbón en la mezcla. Trujillo, Perú.

Espinosa, M. J. F. (2003). Mecánica estadística de fluidos confinados en medios porosos desordenados (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Madrid).

Fernández, A. y. (1996). High-performance concrete. Chan J., et. al. / Ingeniería, 93, 236

Frederik, L. (1988). "The Chemistry of Cement and Concrete". London.

Gutierrez. Ll, Ronald (2019). Resistencia a la compresión axial de probetas de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , reforzadas externamente con platinas de fibra de carbono. Cajamarca, Perú.

Lafarge. (2009). Guía Práctica para fabricar Hormigones De Calidad. Ecuador.

López, E. R. (1992). Diseño de Mezclas. Lima.

López, I. E. (2008). Materiales Para El Concreto. Lima: ICG

Nichols, G. (2009). Biogenic, Chemical and volcanogenic sediments. En Sedimentology and stratigraphy (second ed., págs. 28-36). Oxford: Wiley- blackwell.

Norma Técnica Peruana 339.034. (2008). Ensayo para determinar la resistencia a la Compresión.

NTP 339.033. (2015). CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Lima.

NTP 339.034. (2008). (HORMIGÓN) CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima.

NTP 339.035. (2009). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima.

NTP 339.046. (2008). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). Lima.

NTP 339.184. (2013). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto. Lima.

NTP 339.185. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima.

NTP 400.012. (2013). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima.

NTP 400.017. (1999). AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso

NTP 400.021. (2002). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima.

NTP 400.022. (2013). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Lima.

Orellana, L. (2001). Estadística Descriptiva. Recuperado el 29 de marzo de 2019 Palbol.

(1996). Influencia de los agregados pétreos en las Características del Concreto.

et. al. / Ingeniería, 7-2 / 39-46.

Padilla Rodríguez, A. (2004). Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista.

Philip, O. (1990). "Water and its role in Concrete". USA.

Ponce Sánchez, R. S., & Tapia Mejía, V. A. (2015). Comportamiento de cementos ecuatorianos con humo de sílice y aditivo súper plastificante (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2015.).

Rivera, G. (s.f.). CONCRETO SIMPLE.

Rivva López, E. (2000). Naturaleza y materiales del concreto. ACI Capítulo Peruano del American Concrete Institute.

Rodríguez, Cabanillas (2018). Resistencia a la compresión del concreto  $F'c=175\text{kg/cm}^2$  con tres porcentajes de reemplazo de agregados con concreto reciclado, Cajamarca, Perú.

Sifuentes. R. Joshua (2016). Resistencia a compresión uniaxial de concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  de agregados de cerro con la adición de fibras de polipropileno, upn - 2016. Cajamarca, Perú.

Solis R, M. E. (2008). Estudio de la Resistencia del Concreto por el efecto combinado de

la relación agua - cemento, la relación grava - arena y el origen de los agregados.

ALCONPAT, 22, 23

Sotil, A., & Zegarra, J. (2015). “ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND FF3 Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND FF4”, Lima.

Torre, A. (2004). Curso Básico de tecnología del concreto. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima Perú.

Tucker, M. (2003). Sedimentary rocks in the field (Third ed.). John Wiley & sons Ltd.