



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EDAD VS LA RESISTENCIA  
A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO ELABORADO CON LAS  
MARCAS DE CEMENTOS PORTLAND TIPO I-IP EN LA CIUDAD  
DE PUNO 2018.”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. YVANNI VICTOR ARAGÓN CHOQUE**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

A mi Madre, mi fortaleza, por el apoyo incondicional que me brinda día a día y que, a pesar de las adversidades, sigue guiando mis pasos.

De manera muy especial a mi hermana Edith por su comprensión y apoyo.

A mi hijo, mis familiares y amigos que contribuyeron en lograr que este reto, que parecía imposible, sea una realidad.



## AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado fuerza, salud y valor; y así permitirme a llegar a cumplir esta meta en mi vida profesional.

A nuestra Primera Casa de Estudios, Universidad Nacional del Altiplano, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por acogernos en sus aulas de clase.

A mis docentes, por compartir sus conocimientos y orientarnos durante nuestra formación profesional.

A mis jurados, M.Sc. Emilio Castillo Aroni, Ing. José Luis Cutipa Arapa, Ing. Guillermo Nestor Fernandez Sila; por las correcciones y recomendaciones brindadas a esta investigación.

A mi Director/Asesor de Tesis, D.Sc. Felix Rojas Chahuares, por el tiempo dedicado en la corrección y elaboración de este proyecto.

A mis primos Sergio, Percy y Walter, por orientarme al momento de elegir esta hermosa profesión.



## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTO</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>15</b>

### CAPÍTULO I

#### INTRODUCCIÓN

<b>1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>17</b>
1.2.1. Problema General .....	17
1.2.2. Problemas Específicos .....	18
<b>1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>18</b>
1.3.1. Hipótesis General.....	18
1.3.2. Hipótesis Específicas .....	18
<b>1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>19</b>
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.2. Objetivos Específicos .....	19

### CAPÍTULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
2.1.1. Antecedentes .....	20
2.1.2. Bases Teóricas .....	22
<b>2.2. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>60</b>
2.2.1. Definición de Términos .....	60



## CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. MATERIALES.....</b>	<b>63</b>
3.1.1. Cemento .....	63
3.1.2. Agregados .....	64
3.1.3. Agua.....	65
<b>3.2. MÉTODOS .....</b>	<b>67</b>
3.2.1. Enfoque de la Investigación.....	67
3.2.2. Nivel o Tipo de Investigación:.....	67
3.2.3. Diseño de Investigación.....	68
3.2.4. Población y Muestra de Estudio .....	68
<b>3.3. PROCEDIMIENTOS .....</b>	<b>70</b>
3.3.1. Propiedades Físicas de los Agregados .....	70
3.3.2. Diseño de Mezclas .....	85
<b>3.4. ENSAYOS REALIZADOS .....</b>	<b>103</b>
3.4.1. Ensayo de Consistencia o Asentamiento en el Cono de Abrams. ....	103
3.4.2. Ensayo de Resistencia a Compresión Simple.....	104

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. RESULTADOS .....</b>	<b>106</b>
4.1.1. Propiedades Físicas de los Agregados .....	106
4.1.2. Diseño de Mezclas .....	112
4.1.3. Ensayo de las Muestras a los 7,14 y 28 Días .....	115
4.1.4. Costos por Metro Cúbico.....	125
4.1.5. Validación de Hipótesis .....	126



4.1.6. Prueba de Hipótesis para la Diferencia de la Resistencia en Concretos con Cementos Tipo IP .....	132
4.1.7. Prueba de Hipótesis para la Diferencia de la Resistencia en Concretos con Cementos Tipo I.....	135
<b>4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>138</b>
4.2.1. Discusión y Análisis de Resultados de Resistencia a Compresión.....	138
4.2.2. Discusión y Análisis de Resultados de los Costos por Metro Cúbico .....	148
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>150</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>153</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>154</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>157</b>

**Área** : Construcciones

**Tema** : Comparación de concretos normales

**Línea de Investigación:** Construcciones y gerencia

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 04 de enero de 2021



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Colores patrones de acuerdo a las impurezas orgánicas Fuente: Adaptado de ASTM C-40.....	30
<b>Figura 2.</b> Tabla de colores. Fuente: Adaptado de ASTM C-40 .....	31
<b>Figura 3.</b> Distribución de frecuencia de datos de resistencia correspondiente a una distribución normal. Fuente: Torre (2004).....	34
<b>Figura 4.</b> Equipo Cono de Abrams, para el ensayo de consistencia del concreto .....	47
<b>Figura 5.</b> Procedimiento del ensayo de consistencia.....	47
<b>Figura 6.</b> Esquema de los patrones de tipos de fracturas. Fuente: NTP 339.034 (2015). .....	52
<b>Figura 7.</b> Marcas de cemento usados en la presente tesis. ....	63
<b>Figura 8.</b> Agregado fino de la cantera Viluyo.....	64
<b>Figura 9.</b> Agregado grueso de la cantera Viluyo.....	65
<b>Figura 10.</b> Medición de algunos compuestos del agua potable UNA-PUNO.....	66
<b>Figura 11.</b> Ensayo de impurezas orgánicas del Agregado Fino, cantera Viluyo .....	84
<b>Figura 12.</b> Comparación de colores del reactivo en el agregado fino, cantera Viluyo .....	84
<b>Figura 13.</b> Ensayo de consistencia (cono de abrams). Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo .....	104
<b>Figura 14.</b> Medición del asentamiento mediante el ensayo de consistencia (cono de abrams). Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo .....	104
<b>Figura 15.</b> Curva granulométrica del agregado fino. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo. ....	110
<b>Figura 16.</b> Curva granulométrica del agregado grueso, Huso 467. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.....	111
<b>Figura 17.</b> Comparación de costos por metro cúbico, concretos con cementos tipo I-IP, diseño ACI-211. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo. ....	125
<b>Figura 18.</b> Comparación de los costos por m <sup>3</sup> de los concretos con cementos tipo I-IP, diseño WALKER. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo. ....	126
<b>Figura 19.</b> Región crítica para probar $u_1=u_2$ , $u_1 \neq u_2$ . ....	134



<b>Figura 20.</b> Región crítica para probar $u_1=u_2$ , $u_1 \neq u_2$ .....	137
<b>Figura 21.</b> Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión vs edad 7 días, diseño ACI-211. .....	138
<b>Figura 22.</b> Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión vs edad 14 días, diseño ACI-211.....	140
<b>Figura 23.</b> Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión vs edad 28 días, diseño ACI-211.....	142
<b>Figura 24.</b> Comparación de la resistencia de concretos elaborados con cementos Portland T-I, método de diseño ACI-211. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo .....	144
<b>Figura 25.</b> Curva evolución de la resistencia a la compresión vs edad, con cementos tipo I, diseño ACI-211. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo. ....	144
<b>Figura 26.</b> Comparación de la resistencia de concretos elaborados con cementos tipo IP, método de diseño ACI-211. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo. ....	145
<b>Figura 27.</b> Curva evolución de la resistencia a la compresión vs edad, con cementos tipo IP, diseño ACI-211. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.....	146
<b>Figura 28.</b> Curva evolución de las resistencias vs edad, con cementos tipo I-IP, diseño ACI-211 .....	147
<b>Figura 29.</b> Distribución promedio de costos por $m^3$ de concreto .....	148





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Requisitos granulométricos del agregado fino.....	28
<b>Tabla 2</b>	Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	29
<b>Tabla 3</b>	Requisitos para el agua de mezcla .....	32
<b>Tabla 4</b>	Factores de modificación para la desviación estándar .....	35
<b>Tabla 5</b>	Requisito mínimo promedio de resistencia sin suficientes datos históricos .....	36
<b>Tabla 6</b>	Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.....	37
<b>Tabla 7</b>	Porcentaje de aire atrapado para diferentes valores de Tamaño Máximo Nominal..	37
<b>Tabla 8</b>	Contenido de aire incorporado y total.....	38
<b>Tabla 9</b>	Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	39
<b>Tabla 10</b>	Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	39
<b>Tabla 11</b>	Relación agua - cemento por resistencia.....	40
<b>Tabla 12</b>	Condiciones especiales de exposición. Relación a/c por Durabilidad. ....	40
<b>Tabla 13</b>	Consistencia de mezcla de concreto.....	47
<b>Tabla 14</b>	Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días.....	49
<b>Tabla 15</b>	Estandares de control para $f'c \leq 34.5$ MPa (aprox. 350 kg/cm <sup>2</sup> ) .....	55
<b>Tabla 16</b>	Análisis de la composición del agua de mezcla y curado .....	66
<b>Tabla 17</b>	Población de probetas planteada de acuerdo al método de diseño de mezclas, marcas y tipos de cementos.....	68
<b>Tabla 18</b>	Número de probetas a ser ensayadas de acuerdo al método de diseño y marca de cementos.....	69
<b>Tabla 19</b>	Tiempos de saturación de los agregados Fino y Grueso, de acuerdo a normativa internacional estandarizada .....	73
<b>Tabla 20</b>	Características físicas de las marcas de cemento utilizadas .....	85
<b>Tabla 21</b>	Resumen de las propiedades físicas de los agregados, cantera Viluyo. ....	86



<b>Tabla 22</b>	Resistencia del concreto a la compresión promedio requerida. ....	87
<b>Tabla 23</b>	Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	88
<b>Tabla 24</b>	Porcentaje de aire atrapado para diferentes valores de Tamaño Máximo Nominal..	88
<b>Tabla 25</b>	Relación agua - cemento por resistencia.....	89
<b>Tabla 26</b>	Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto.....	90
<b>Tabla 27</b>	Resistencia del concreto a la compresión promedio. ....	94
<b>Tabla 28</b>	Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.....	95
<b>Tabla 29</b>	Porcentaje de aire atrapado para diferentes valores de Tamaño Máximo Nominal..	96
<b>Tabla 30</b>	Relación agua - cemento por resistencia.....	97
<b>Tabla 31</b>	Porcentaje del agregado fino (tablas Walker) .....	99
<b>Tabla 32</b>	Contenido de humedad del agregado fino, Cantera Viluyo .....	106
<b>Tabla 33</b>	Contenido de humedad del agregado grueso, Cantera Viluyo .....	107
<b>Tabla 34</b>	Ensayo de peso específico y % de absorción del agregado fino, Cantera viluyo....	107
<b>Tabla 35</b>	Ensayo de peso específico y % de absorción del agregado grueso, Cantera viluyo. .....	108
<b>Tabla 36</b>	Peso unitario suelto del agregado fino, Cantera Viluyo.....	108
<b>Tabla 37</b>	Peso unitario compactado del agregado fino, Cantera Viluyo .....	109
<b>Tabla 38</b>	Peso unitario suelto del agregado grueso, Cantera Viluyo.....	109
<b>Tabla 39</b>	Peso unitario compactado del agregado grueso, Cantera Viluyo.....	109
<b>Tabla 40</b>	Ensayo de granulometría del agregado fino, Cantera Viluyo. ....	110
<b>Tabla 41</b>	Ensayo de granulometría del agregado grueso, Cantera Viluyo. ....	111
<b>Tabla 42</b>	Resultados de las propiedades físicas de los agregados, cantera Viluyo. ....	112
<b>Tabla 43</b>	Resultados del diseño de mezcla para cemento Frontera IP, método ACI-211 $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , relación a/c=0.56 por resistencia.....	112
<b>Tabla 44</b>	Resultados del diseño de mezcla para cemento Rumi IP, método ACI-211 $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , relación a/c=0.56 por resistencia.....	113



<b>Tabla 45</b>	Resultados del diseño de mezcla para cemento Yura tipo I, método ACI-211 $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , relación a/c=0.56 por resistencia.....	113
<b>Tabla 46</b>	Resultados del diseño de mezcla para cemento Wari tipo I, método ACI-211 $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , relación a/c=0.56 por resistencia.....	113
<b>Tabla 47</b>	Resultados del diseño de mezcla para cemento Frontera, método WALKER $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , relación a/c=0.56 por resistencia.....	114
<b>Tabla 48</b>	Resultados del diseño de mezcla para cemento Rumi IP, método WALKER $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , relación a/c=0.56 por resistencia.....	114
<b>Tabla 49</b>	Resultados del diseño de mezcla para cemento Yura tipo I, método WALKER $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , relación a/c=0.56 por resistencia.....	114
<b>Tabla 50</b>	Resultados del diseño de mezcla para cemento Wari tipo I, método WALKER $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , relación a/c=0.56 por resistencia.....	115
<b>Tabla 51</b>	Resistencia a la compresión con cemento Frontera IP: $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , diseño ACI-211, Slump=3.8", a/c=0.56 por "Resistencia".....	116
<b>Tabla 52</b>	Resistencia a la compresión con cemento Rumi IP: $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , diseño ACI-211, Slump=3.8", a/c=0.56 por "Resistencia".....	117
<b>Tabla 53</b>	Resistencia a la compresión con cemento Yura T I: $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , diseño ACI-211, Slump=3.5", a/c=0.56 por "Resistencia".....	118
<b>Tabla 54</b>	Resistencia a la compresión con cemento Wari T I: $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , diseño ACI-211, Slump=3.9", a/c=0.56 por "Resistencia".....	119
<b>Tabla 55</b>	Resistencia a la compresión con cemento Frontera IP $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Slump=3.9", método de diseño WALKER, a/c=0.56 por "Resistencia".....	120
<b>Tabla 56</b>	Resistencia a la compresión con cemento Rumi IP $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Slump=3.9", método de diseño WALKER, a/c=0.56 por "Resistencia".....	121
<b>Tabla 57</b>	Resistencia a la compresión con cemento Yura tipo I, $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Slump=3.8", método de diseño WALKER, a/c=0.56 por "Resistencia".....	122
<b>Tabla 58</b>	Resistencia a la compresión con cemento WariT-I, $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , Slump=3.7", método de diseño WALKER, a/c=0.56 por "Resistencia".....	123



<b>Tabla 59</b>	Cuadro resumen resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , método de diseño ACI-211.....	124
<b>Tabla 60</b>	Cuadro resumen resistencia a la compresión $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , método de diseño WALKER.....	124
<b>Tabla 61</b>	Costo de concreto por metro cúbico, diseño ACI-211, relación $a/c=0.56$ por resistencia.....	125
<b>Tabla 62</b>	Costo de concreto por metro cúbico, diseño WALKER, relación $a/c=0.56$ por resistencia.....	126
<b>Tabla 63</b>	Datos para determinar el promedio ( $u$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación ( $V$ ) para concreto con cemento Frontera $f'c$ (28 días). ....	127
<b>Tabla 64</b>	Datos para determinar el promedio ( $u$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación ( $V$ ) para concreto con cemento Rumi IP $f'c$ (28 días).....	128
<b>Tabla 65</b>	Datos para determinar el promedio ( $u$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación ( $V$ ) para concreto con cemento Yura Tipo I, $f'c$ (28 días). ....	130
<b>Tabla 66</b>	Datos para determinar el promedio ( $u$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación ( $V$ ) para concreto con cemento Wari Tipo I, $f'c$ (28 días). ....	131
<b>Tabla 67</b>	Resumen de las funciones estadísticas de los concretos con cementos tipo IP, a los 28 días. ....	132
<b>Tabla 68</b>	Resumen de las funciones estadísticas de los concretos con cementos portland tipo I, a los 28 días.....	135
<b>Tabla 69</b>	Distribución de la estructura promedio de costos, por m <sup>3</sup> de concreto .....	148



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

- $f^c$  : Resistencia a la compresión especificada del concreto, kg/cm<sup>2</sup>
- $f^{cr}$  : Resistencia a la compresión del concreto promedio requerida, kg/cm<sup>2</sup>.
- a/c : Relación agua/cemento.
- MPa/s : Mega Pascales por segundo.
- u : Media aritmética.
- $\sigma^2$  : Varianza.
- s : Desviación estándar.
- H<sub>0</sub> : Hipótesis nula.
- H<sub>a</sub> : Hipótesis alternativa.
- $\alpha$  : Nivel de significancia.
- t<sub>0</sub> : Estadístico de prueba.
- A°F° : Agregado fino.
- A°G° : Agregado grueso
- W% : Contenido de humedad
- TM : Tamaño máximo del agregado.
- TMN : Tamaño máximo nominal del agregado.
- P.U. : Precio unitario.
- ACI : American Concrete Institute.
- ASTM : American Society of Testing Materials.
- NTP : Norma técnica peruana.



## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la ciudad Puno, donde se comercializa varias marcas de cemento, consolidándose las del tipo IP Rumi y Frontera, a causa de diversos factores como son: antigüedad, costos y amplitud de mercado; actualmente se tienen otras marcas entre ellas los cementos Yura y Wari del tipo I, debido a esta variedad se presenta la necesidad de conocer la que mejor se adecua en calidad y costo para el constructor de la zona; por ello, esta investigación tiene por objeto, determinar las diferencias entre las resistencias a la compresión, por medio de ensayos de laboratorio a edades de 7, 14 y 28 días para concretos  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>. En principio la investigación implicó la recolección de información técnica sobre los cementos Rumi, Frontera, Yura y Wari, luego se realizaron los análisis físicos de los agregados, seguidamente el diseño de mezcla mediante los métodos ACI - 211 y Walker, después la dosificación y la elaboración de las probetas de concreto, finalmente se realizaron las pruebas de resistencia a la compresión, así como los análisis estadísticos y el costo por metro cúbico. Se descubrió que: el concreto con cemento Rumi alcanzó mayores resistencias en todas sus edades en comparación al de Frontera, de la misma manera el concreto con cemento Yura logró alcanzar mayores resistencias en edades tempranas (7 y 14 días), en relación al concreto con cemento Wari; sin embargo, este último ganó mayor resistencia a edades mayores (28 días) superando al de Yura; además, de acuerdo al análisis de costos por metro cúbico, el mayor fue el concreto con cemento Yura (S/ 337.78) seguidamente el de cemento Wari (S/ 317.67) luego el de cemento Rumi IP (S/ 312.75) y finalmente el concreto con cemento Frontera (S/ 296.53).

**Palabras Clave:** Comparación, costo por metro cúbico, edad del concreto, marcas de cemento, resistencia a la compresión.



## ABSTRACT

This research was developed in the city of Puno, where several brands of cement are marketed, consolidating those of the Rumi IP and Frontera, due to various factors such as: age, costs and market size, currently there are other brands including the Yura and Wari type I cements, due to this variety there is a need to know the one that best suits in quality and cost for the builder in the area. For this reason, this research aims to determine the differences between compressive strengths through laboratory tests at ages 7, 14 and 28 days for concrete  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$ . In principle, the research involved the collection of technical information on the Rumi, Frontera, Yura and Wari cements, then the physical analyzes of the aggregates were carried out, then the mixture design through the ACI - 211 and Walker methods, then the dosage and the elaboration of the concrete specimens, finally the compressive strength tests, the statistical and cost analyzes were carried out. It is concluded that concrete with Rumi cement achieves higher strengths at all ages compared to Frontera, while concrete with Yura cement achieves higher strengths at early ages (7 and 14 days) in relation to concrete with Wari cement, but the latter acquires greater resistance at older ages (28 days), surpassing that of Yura, in addition, according to the analysis of costs per cubic meter, the highest is concrete with Yura TI cement (S / 337.78), followed by Wari cement (S / 317.67), then Rumi IP cement (S / 312.75) and finally concrete with Frontera cement (S / 296.53).

**Keywords:** Comparison, cost per cubic meter, age of concrete, cement marks, compressive strength.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

“Se considera comúnmente que la propiedad más valiosa del concreto es su resistencia” (Neville, 1995, p. 185). Además, es fundamental añadir que las características de la marca y tipo de cemento, así como su contenido (proporción), tienen una gran influencia dentro de la resistencia del concreto a cualquier edad.

El cemento es el material más importante e indispensable para la elaboración de concretos, en ese contexto, se tiene diversas marcas de cemento que el mercado ofrece, cuyas características técnicas no son muy conocidas por parte de algunos profesionales involucrados en la industria de la construcción y en especial de la población de bajos recursos económicos, que también utiliza el cemento en la autoconstrucción de viviendas, debido a que los fabricantes ofrecen poca o casi nula información técnica acerca de sus productos, generando un desconocimiento de sus propiedades, como es el desarrollo de la resistencia a la compresión, que el poblador común debe conocer referencialmente como medida de la calidad con que está ejecutando sus obras de concreto y la autoconstrucción en sus propiedades.

Actualmente, en la ciudad de Puno se comercializan diferentes tipos y marcas de cemento como es: Yura, Rumi y Frontera, y en los últimos años se ha incorporado al mercado local el cemento marca Wari importada por la empresa Direpsur, siendo esta última, una marca nueva en comparación con las otras tres, las cuales tienen una larga trayectoria en el mercado local y nacional. Al igual que en la mayor parte del ámbito nacional en la ciudad de Puno se tiene una desinformación técnica respecto a la resistencia a compresión de los concretos elaborados con las diferentes marcas y tipos de cemento que se comercializan por parte del personal relacionado a la autoconstrucción de





viviendas, como es el caso de “contratistas”, maestros de obra y personal obrero, en éstas construcciones, prácticamente no existe controles de calidad durante la elaboración y colocado del concreto, ni estudios comparativos, que establezcan las diferencias de resistencia a compresión en relación a la edad, para concretos elaborados con las marcas de cemento: Frontera y Rumi, así como Yura y Wari.

De continuar esta desinformación, las edificaciones tipo viviendas familiares y obras civiles comunes en la ciudad de Puno, en la que no existe intervención de profesionales de la especialidad, seguirán realizándose con concretos del que no se tiene referencia empírica de su resistencia a la compresión, que no es función de costo, como muchas veces los relaciona el poblador común.

Para salir de esta desinformación técnica, resulta necesario realizar un estudio comparativo de la resistencia a compresión versus la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos elaborados con las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno, utilizando para ello agregados de canteras locales, cuyos resultados nos permitirán elegir una marca de cemento que mejor se ajuste al autoconstrucción de viviendas. De allí se formula el siguiente problema de investigación.

## **1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuáles son las diferencias, al comparar la resistencia a compresión versus la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborados con las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno?



### 1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo influyen las propiedades físicas de los agregados, en la resistencia a compresión de los concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborados con las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno?
- ¿Cómo influyen los métodos de diseño de mezclas del ACI-211 y Walker, en la resistencia a compresión, al elaborar concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?
- ¿Cuáles son las diferencias en las resistencias a compresión a edades de 7, 14 y 28 días, según la marca y tipo de cemento para el diseño más adecuado?
- ¿Cuáles son las diferencias en los costos por metro cúbico, que se generan al usar las diferentes marcas y tipos de cemento para un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

### 1.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.3.1. Hipótesis General

Existe una diferencia significativa en la resistencia a compresión vs la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, por efecto del uso de las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.

#### 1.3.2. Hipótesis Específicas

- Las propiedades físicas de los agregados, influyen directamente en la resistencia a compresión, de los concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborados con las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.
- Los métodos de diseño de mezclas del ACI-211 y Walker, influyen directamente en la resistencia a compresión de los concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.



- Existe una diferencia significativa, en la resistencia a compresión de los concretos, a edades de: 7, 14 y 28 días, según la marca y tipo de cemento para el diseño más adecuado.
- Existe una diferencia significativa, en los costos por metro cúbico, que se generan al usar las diferentes marcas y tipos de cemento para un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

## **1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo General**

Efectuar un análisis comparativo de la resistencia a compresión versus la edad y el costo por metro cúbico, de los concreto normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborados con las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Determinar las propiedades físicas de los agregados, según normativa vigente.
- Aplicar los métodos de diseño de mezclas del ACI-211 y Walker, para elaborar concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, con las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno
- Comparar la resistencia a compresión en edades de 7, 14 y 28 días, según la marca y tipo de cemento para el diseño más adecuado.
- Determinar los costos por metro cúbico, que se generan al usar las diferentes marcas y tipos de cemento, para un concreto normal  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. Antecedentes

Cortez & Perilla (2014), en su investigación, determinaron las características físicas y mecánicas de cuatro cementos tipo I, con diferentes marcas, para evaluar su calidad según las normas técnicas colombianas (NTC), por medio de ensayos de laboratorio físicos y mecánicos, realizaron los cálculos estadísticos respectivos a fin de conocer la confiabilidad de los datos y poder establecer la comparación entre las diferentes marcas de cemento. Los resultados muestran que los parámetros físicos de los cuatro cementos se encuentran en los límites admisibles; además, las resistencias a compresión para las marcas Tequendama, Cemex, Boyaca y Argos a los 3 días fue de: 12.04, 15.09, 6.34 y 12.48 Mpa; a los 7 días fue de: 19.20, 20.40, 12.00 y 20.80 Mpa; finalmente a los 28 días fue de: 24.45, 26.17, 19.19, 29.55 Mpa respectivamente. Concluyen que los parámetros físicos y mecánicos de los cuatro cementos cumplen con los límites admisibles a excepción de los valores de resistencia en todas las edades del cemento Boyacá los cuales presentan un valor inferior al mínimo estipulado por la NTC 121, esto se debe a que, el cemento Boyacá posee una demanda de agua elevada tanto en los ensayos de consistencia normal como en el ensayo de fluidez; además, existe una relación entre la finura y el desarrollo de resistencia a edades tempranas.

Martínez (2016), tuvo por objetivo efectuar un análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la compresión del hormigón, elaborado con diferentes marcas de cemento portland en Ambato Ecuador. En principio realizó los ensayos de caracterización física para los agregados y las marcas de cemento, después la dosificación y elaboración de los cilindros de hormigón, por ultimo las resistencias a compresión a las edades de 7, 14, 28



y 56 días bajo condiciones de laboratorio. Los resultados muestran que; a los 7 días, el hormigón elaborado con cemento Holcim (tipo GU), alcanzó un 74.52% de resistencia a compresión, con cemento Selvalegre (tipo IP) se logró 60.83%; a los 14 días el cemento Sol (tipo I) presentó un 87.29%, mientras el cemento Selvalegre continuó siendo el más bajo 77.4%; a los 28 días todas las marcas alcanzaron la resistencia de diseño especificada, Holcim con 100.04%, Chimborazo 100.80%, Sol 100.12%, Selvalegre con 99.09% y a los 56 días el cemento Holcim tuvo un incremento de resistencia de 22.97%, Chimborazo 22.49%, Sol 21.37% y Selvalegre 13.04%, siendo el cemento Holcim el que adquirió mayores resistencias luego de los 28 días. Concluye que mediante el ensayo a compresión se verificó que las cuatro marcas de cemento cumplen con las resistencias de diseño a los 28 días de edad, e incrementando en un 20% aproximadamente su resistencia a los 56 días.

Vicente (2016), propuso determinar las diferencias en la resistencia a la compresión de los concretos, por efecto de la utilización de los diferentes tipos de cementos de mayor comercialización en la ciudad de Tacna 2016. Realizó el análisis de las propiedades físicas de los agregados, elaboró los diseños de mezcla con los Métodos ACI-Comité 211 y Walker, comparó la resistencia de los concretos a la compresión con los diferentes diseños de mezcla y según el tipo de cemento. Los resultados muestran que, a los 7 días, por el método ACI-211, los concretos con las marcas Sol, Yura HE y Yura IP obtienen resistencias de: 199.42, 191.29 y 178.64 kg/cm<sup>2</sup>; a los 14 días 282.82, 285.55 y 209.38 kg/cm<sup>2</sup>; a los 28 días 356.67, 360.14 y 252.98 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Concluye señalando, que la diferencia en la resistencia de los concretos se da por efecto de la utilización de los distintos tipos de cemento, en donde: el concreto elaborado con cemento Sol Portland Tipo I, obtiene una mejor resistencia inicial a los 7 días, que con cemento Yura HE y Yura IP. El concreto elaborado con cemento Yura HE–alta resistencia inicial



supera en resistencia a los 14 días al concreto elaborado con cemento sol portland tipo-I, manteniendo esa tendencia también a los 28 días. El concreto que alcanza menor resistencia es el elaborado con el cemento portland puzolánico Yura IP-alta durabilidad.

Mamani (2018), en su tesis buscó determinar la resistencia a compresión en concretos normales, especiales y morteros producidos con los diferentes tipos de cementos que se comercializan en la región Puno. En principio obtuvo los agregados y cementos, luego realizó el diseño de mezclas, después los ensayos físicos y mecánicos de los agregados gruesos y finos, siguió con la elaboración de las mezclas y los ensayos de asentamiento al concreto, por último, ejecutó el ensayo de resistencia a la compresión a los diferentes concretos. Los resultados muestran que los porcentajes de la resistencia a compresión de sus concretos normales para los cementos: Yura, Rumi, Frontera, Mishky, a los 7 días fueron: 79.97%, 71.06%, 68.01%, 78.09%; a los 14 días 91.64%, 85.64%, 81.87%, 91.03% y a los 28 días 106.48%, 101.67%, 98.28%, 104.40% respectivamente, todos del tipo IP. Por tanto, concluye que los diseños de mezclas para concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, elaborados con los diferentes tipos de cemento varían ligeramente en la resistencia a compresión, debido al peso específico de cada marca de cemento.

## **2.1.2. Bases Teóricas**

### **2.1.2.1. *Cemento para el Concreto***

El cemento es el componente más activo del concreto y, generalmente, tiene el mayor costo unitario. Por ello, y considerando que las propiedades del concreto dependen tanto de la cantidad como de la calidad de sus componentes, la selección y uso adecuado del cemento son fundamentales para obtener en forma económica las propiedades deseadas para una mezcla dada. (Rivva, 2000, p. 28)



#### **2.1.2.1.1. *Cemento Portland***

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.009 (2016): Es el “cemento hidráulico producido mediante la pulverización del clinker compuesto esencialmente de silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente sulfato de calcio y eventualmente caliza como adición durante la molienda” (p.5).

Cemento Pórtland = Clinker Pórtland + Yeso

“El cemento Pórtland es un polvo muy fino de color verdoso. Al mezclarlo con agua forma una masa (pasta) muy plástica y moldeable que luego de fraguar y endurecer, adquiere gran resistencia y durabilidad” (Torre, 2004, p. 5).

#### **2.1.2.1.2. *Cemento Pórtland Puzolánico***

Es aquel cemento que contiene puzolana se obtiene por la pulverización conjunta de una mezcla de clinker Pórtland y puzolana con adición de Sulfato de calcio: El contenido de puzolana debe estar comprendido entre 15 y 40% en peso total. La puzolana debe ser un material arcilloso o silico-aluminoso que por sí mismo puede tener poco o ninguna actividad hidráulica pero que finamente dividida y en presencia de humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas. (Torre, 2004, p. 6).

#### **2.1.2.1.3. *Cementos Portland por Especificación de la Performance***

Según la Norma Técnica Peruana NTP 334.082 (2008) indica:

Está basado en los atributos del cemento Portland relativos a la performance del concreto, incluyendo desarrollo de resistencias, resistencia al sulfato, calor de hidratación y resistencia a la reacción álcali-sílice. La performance del concreto es dependiente de muchos factores tales como las características de otros materiales del concreto, diseño de la mezcla, producción, manipuleo y condiciones ambientales. Para las propiedades de performance del concreto, incluyendo permeabilidad, resistencia a ciclos de hielo -



deshielo y al descascaramiento por sales de deshielo, se puede obtener información adicional a través de ensayos comparativos de concretos (p.4).

#### **2.1.2.2. Clasificación de los Cementos Según Normativa**

A continuación, se detalla la clasificación de los cementos de acuerdo a la normativa nacional vigente y su equivalente americano; sin embargo, solo se indica los tipos que actualmente se producen en la región y aquellos relacionados al tema de investigación.

##### **2.1.2.2.1. Cementos Portland Tradicionales: NTP 334.009 – ASTM C 150**

- **Tipo I:** Para uso general que no requiera propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- **Tipo V:** Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfatos.

##### **2.1.2.2.2. Cementos Portland Adicionados: NTP 334.090 – ASTM C 595**

- **Tipo IP:** Cemento Portland puzolánico, para usos en construcciones generales de concreto.

##### **2.1.2.2.3. Cementos Portland por Desempeño: NTP 334.082 – ASTM C 1157**

- **Tipo GU:** Cemento Portland para construcciones generales. Usar cuando no se requieran propiedades especiales.
- **Tipo HE:** De alta resistencia inicial.
- **Tipo HS:** De alta resistencia a los sulfatos.
- **Tipo LH:** De bajo calor de hidratación.

#### **2.1.2.3. Agregados para el Concreto**

“El concreto está conformado por una pasta de cemento y agua, en la cual se encuentran embebidas las partículas del material conocido como agregado el cual ocupa del 65% al 80% del volumen de la unidad cubica de concreto” (Rivva, 2000, p. 128).





### **2.1.2.3.1. Clasificación de los Agregados**

#### ***a) Por su naturaleza***

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

#### *Agregado fino*

Según la NTP 400.037 (2018) define: “Es el agregado proveniente de la desintegración natural o artificial, que pasa el tamiz normalizado 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenido en el tamiz normalizado 75  $\mu$ m (No. 200)” (p.6). Sin embargo, el Manual de Ensayo de Materiales EM (2016) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones indica: “Que para mezclas de agregados gruesos y finos la muestra será separado en dos tamaños, por el tamiz 4.75mm (N°4)” (p.304), el cual está basado según las normas ASTM 136 y AASHTO T 27, los mismos que se han adaptado a nivel de implementación, a las condiciones propias de nuestra realidad. Por esta razón, para la presente investigación, se utilizó al tamiz N°4 para separar el agregado grueso del fino.

#### *Agregado Grueso*

Según la NTP 400.037 (2018) define: “Es el agregado que queda retenido en el tamiz N°4 (4.75mm) viene de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en dicha norma” (p.6). El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada. etc.

#### ***b) 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” (Torre, 2004, p. 44).



### *c) Por el Origen, forma y textura superficial*

“Por naturaleza los agregados tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades. En términos descriptivos la forma de los agregados pueden ser:” (Torre, 2004, p. 45).

- Angular: Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas) además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes.
- Sub angular: Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas.
- Sub redondeada: Considerable desgaste en caras y bordes.
- Redondeada: Bordes desgastados casi eliminados.
- Muy Redondeada: Sin caras ni bordes

Respecto de la textura superficial estas pueden ser:

- Lisa
- Áspera
- Granular
- Vítrea
- Cristalina

### **2.1.2.3.2. *Propiedades Físicas de los Agregados***

A continuación, se definen las propiedades físicas de los agregados de mayor importancia para realizar los diseños de mezclas establecidos en la presente tesis, a fin de elaborar concretos normales  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , los cuales son:

#### *a) Peso Unitario (Masa volumétrica, densidad)*

La masa volumétrica (peso unitario) de un agregado es la masa o el peso del agregado necesario para llenar un recipiente con un volumen unitario especificado. El volumen a que se refiere aquí es aquél ocupado por los agregados y por los vacíos entre

las partículas de agregado. El peso volumétrico aproximado de un agregado usado en un concreto de peso normal, varía desde aproximadamente 1,200 kg/m<sup>3</sup> a 1,760 kg/m<sup>3</sup>. (Kosmatka et al., 2004, p. 114)

Se distinguen dos tipos de peso unitario:

- Peso Unitario Suelto (P.U.S.)
- Peso Unitario Compactado (P.U.C.)

#### ***b) Peso específico***

El peso específico (densidad relativa) de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión). Se usa en ciertos cálculos para proporcionamientos de mezclas y control, por ejemplo, en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado. (Polanco, 2002, p. 15).

#### ***c) Absorción***

“Es la cantidad de agua que un agregado necesita para pasar de la condición seca a la condición de saturado superficialmente seco, se expresa generalmente en porcentaje” (Abanto, 1995, p. 39).

$$\% \text{ absorción} = \frac{S - A}{A} * 100$$

Donde:

S = Peso del agregado saturado superficialmente seco.

A = Peso del agregado en condición seca.

#### ***d) Contenido de humedad***

La humedad o contenido de humedad, es la cantidad de agua expresada en porcentaje del peso de agua en una masa dada de agregado, respecto al peso de las partículas sólidas en un momento dado. Los agregados presentan porosidades, que son espacios vacíos interconectados entre si desde el interior del material hasta la superficie del mismo. Dichos espacios en la gran mayoría de los casos son usados por el agua como

canales para infiltrarse al interior presentando un determinado grado de saturación o humedad que puede ser parcialmente saturado, saturado superficialmente seco y húmedo.

El contenido de humedad viene dado por la cantidad de agua que posee el agregado en estado natural, se expresa en porcentaje (%).

$$w(\%) = \frac{W_w - W_s}{W_s} * 100$$

Donde:

$w(\%)$  = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

$W_w$  = Masa de la muestra húmeda original

$W_s$  = Masa de la muestra seca

### *e) Granulometría*

La granulometría está definida como la distribución de los tamaños de las partículas que constituyen una masa de agregados. Se determina mediante al análisis granulométrico que consiste en dividir una muestra de agregado en fracciones de igual tamaño, la medida de la cuantía de cada una de estas fracciones es lo que se conoce como granulometría. (Sanchez De Guzman, 2001, p. 72)

**Tabla 1**

*Requisitos granulométricos del agregado fino.*

<b>Tamiz</b>	<b>Porcentaje que pasa</b>
9,5 mm (3/8 pulg)	100
4,75 mm (No. 4)	95 a 100
2,36 mm (No. 8)	80 a 100
1,18 mm (No. 16)	50 a 85
600 $\mu$ m (No. 30)	25 a 60
300 $\mu$ m (No. 50)	05 a 30
150 $\mu$ m (No. 100)	0 a 10

Fuente: NTP 400.037 (2018).

**Tabla 2**  
*Requisitos granulométricos del agregado grueso.*

Huso	Tamaño máximo nominal	Porcentaje que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4 pulg)	90 mm (3 ½ pulg)	75 mm (3 pulg)	63 mm (2 ½ pulg)	50 mm (2 pulg)	37,5 mm (1 ½ pulg)	25,0 mm (1 pulg)	19,0 mm (¾ pulg)	12,5 mm (½ pulg)	9,5 mm (¾ pulg)	4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)	1,18 mm (No. 16)	300 µm (No. 50)
1	90 mm a 37,5mm (3 ½ pulg a 1 ½ pulg)	100	90 a 100	-	25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37,5 mm (2 ½ pulg a 1 ½ pulg)	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25,0 mm (2 pulg a 1 pulg)	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 mm a 4,75 mm (2 pulg a No. 4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37,5 mm a 19,0 mm (1 ½ pulg a ¾ pulg)	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 5	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (1 ½ pulg a No. 4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25,0 mm a 12,5mm (1 pulg a ½ pulg)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25,0 mm a 9,5 mm (1 pulg a ¾ pulg)	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25,0 mm a 4,75mm (1 pulg a No. 4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19,0 mm a 9,5 mm (¾ pulg a ¾ pulg)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19,0 mm a 4 mm (¾ pulg a No. 4)	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	-	-	-
7	12,5 mm a 4,75 mm (1/2 pulg a No. 4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 5	-	-	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (¾ pulg a No. 8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5	-
89	12,5 mm a 9,5 mm (1/2 pulg a ¾ pulg)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10	0 a 5
9A	4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Fuente: NTP 400.037 (2018)

**f) Tamaño Máximo**

Corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado.

**g) Tamaño Nominal Máximo**

Corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido.

**h) Módulo de Fineza**

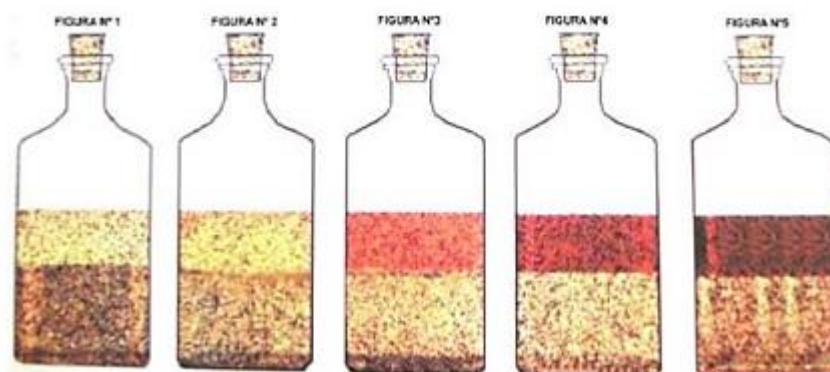
Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión: (Torre, 2004, p. 42).

$$M. F = \frac{\Sigma \% \text{ Acumulados retenidos } (1\frac{1}{2}'' , \frac{3}{4}'' , \frac{3}{8}'' , N 4, N 8, N 16, N 30, N 50 \text{ y } N 100)}{100}$$

**i) Impurezas Orgánicas del Agregado Fino**

Herreria & Villegas (2008), mencionan: Que este método de ensayo cubre dos procedimientos para la terminación aproximada de la presencia de materia orgánica e impurezas perjudiciales en los agregados para el concreto. Un procedimiento utiliza una solución de color estándar y el otro utiliza colores estándar en vidrio (p83).

Se considera que la arena contiene componentes posiblemente orgánicos perjudiciales, si el color del líquido que está por encima de la muestra de ensayo transcurridas 24 horas, es más oscuro que el color normal de referencia o color patrón.



**Figura 1.** Colores patrones de acuerdo a las impurezas orgánicas  
Fuente: Adaptado de ASTM C-40

1	<b>Blanco claro a transparente</b>	Arena de muy buena calidad por no contener materia orgánica, limos o arcillas.
2	<b>Amarillo pálido</b>	Arena de poca presencia de materia orgánica, limos o arcillas. Se considera de buena calidad.
3	<b>Amarillo Encendido</b>	Contiene materia orgánica en altas cantidades. Puede usarse en hormigones de baja resistencia.
4	<b>Café</b>	Contiene materia orgánica en concentraciones muy elevadas. Se considera de mala calidad.
5	<b>Café Chocolate</b>	Arena de muy mala calidad. Existe demasiada materia orgánica, limos o arcillas. No se usa.

**Figura 2.** Tabla de colores.  
Fuente: Adaptado de ASTM C-40

#### **2.1.2.4. Agua para el Concreto**

El agua que debe ser utilizada para la producción de concreto, debe satisfacer los requisitos de la norma NTP 339.088, y ASTM C 109M. Considerándose como referente principal, la idoneidad del agua potable.

Cualquier agua con un pH (grado de acidez) de 6 a 8 que no tenga un sabor salado es adecuada para su uso, pero un color oscuro o un mal olor no significan necesariamente que haya presentes sustancias nocivas. Las aguas naturales que son ligeramente ácidas son inofensivas, pero el agua que contiene ácidos húmicos u otros ácidos orgánicos puede afectar negativamente el endurecimiento del concreto (Neville, 1995, p. 125).

El agua se puede definir como aquel componente del concreto con el cual, el cemento experimenta reacciones químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados. Para ello, se clasifica en agua de mezclado y agua de curado. (Sanchez De Guzman, 2001, p. 57)

**Tabla 3**  
*Requisitos para el agua de mezcla*

Descripción	Límite Permisible
Cloruros (ion Cl <sup>-</sup> )	
1. En concreto pretensado, tableros de puentes, o designados de otra manera.	500 ppm Máximo
2. Otros concretos reforzados en ambientes húmedos o que contengan aluminio embebido o metales diversos o con formas metálicas galvanizadas permanentes.	1000 ppm Máximo
Sulfatos (ion SO <sub>4</sub> )	3000 ppm Máximo
Alcalinidad	600 ppm Máximo
Sólidos en suspensión	50000 ppm Máximo

Fuente: NTP 339.088 (2014)

#### **2.1.2.5. Diseño de Mezclas del Concreto**

Hablar de diseño de mezclas es referirnos, a la necesidad de conocer y determinar la dosificación de cada uno de los materiales que intervienen en una mezcla de concreto.

Siendo el concreto un elemento que en su fase inicial es una mezcla plástica, que luego se transforma en una estructura sólida y resistente, cuyas características dependen de la dosificación de cada uno de sus componentes; por ello, debemos determinar las cantidades relativas de materiales a ser usados en las mezclas de concreto, a fin de que dicha mezcla sea óptima tanto en su fase plástica como en la fase endurecida y cumpla los requerimientos de cada proyecto.

La dosificación puede realizarse mediante dos tipos de diseño.

- Diseños empíricos
- Diseños técnicos

Los diseños empíricos están basados en la experiencia; generalmente se usan en obras pequeñas y son las más comunes en uso.





Los diseños técnicos están basados en métodos ya establecidos; en los cuales se debe de conocer y determinar en forma experimental en laboratorio cada una de las propiedades de los materiales a emplearse, se considera también el costo, requisitos de buen acabado y colocación del concreto y principalmente deben de cumplir con las propiedades en estado fresco (asentamiento, peso unitario, trabajabilidad, exudación y tiempo de fraguado) como también en estado endurecido (resistencia, durabilidad, etc.). (Burgos, 2012, p. 43)

“Un concreto es calificado de buena o mala calidad, de acuerdo a su resistencia en compresión ( $f_c$ ) ya que este parámetro es de vital importancia ya que sobre el descansan teorías de diseño actual” (Burgos, 2012, p. 43).

La resistencia a la compresión especificada se plantea  $210 \text{ kg/cm}^2$  (a los 28 días), puesto que ésta es considerada como la resistencia de concretos de peso normal y es la mínima recomendada para elementos estructurales.

#### **2.1.2.5.1. Criterios Básicos para el Diseño:**

“En todo diseño de mezclas de concreto se debe tener en cuenta los siguientes criterios y consideraciones” (Burgos, 2012, p. 44):

- A la fecha ningún método teórico o empírico resulta ser exactamente preciso como para reemplazar a una comprobación experimental; por la diversidad de materiales disponibles en nuestro país.
- La selección de las proporciones de cada uno de los materiales a combinarse, para la obtención de las mezclas de concreto, es un paso previo sujeta a los resultados experimentales.
- Por tanto, esta selección de los diferentes componentes que forman la mezcla de concreto y la proporción de cada uno de ellos, debe de ser el resultado de un balance del factor económico y el requisito de

cumplimiento y satisfacción de cada una de las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.

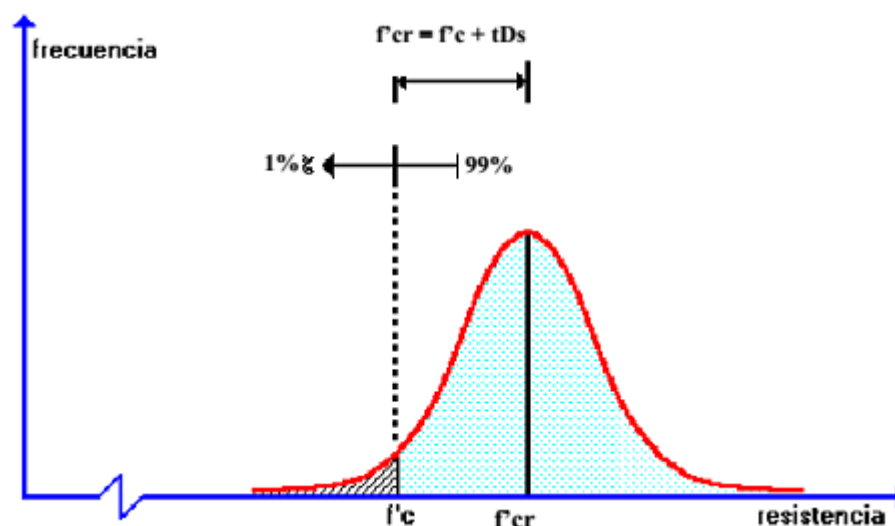
#### 2.1.2.5.2. Pasos Básicos para Diseñar una Mezcla de Concreto

##### a) Recaudar el siguiente conjunto de información:

- Los materiales.
- Del elemento a vaciar; tamaño y forma de las estructuras.
- Resistencia a la compresión promedio requerida ( $f'_{cr}$ ).
- Condiciones ambientales durante el vaciado.
- Condiciones a la que estará expuesta la estructura.

##### b) Determinar la resistencia promedio requerida $f'_{cr}$

Esta resistencia va estar en función a la experiencia del diseñador o la disponibilidad de información que tenga el mismo, pero siempre vamos a tener que diseñar para algo más de resistencia de tal manera que solo un pequeño porcentaje de las muestras (normalmente el 1%, según el ACI) puedan tener resistencias inferiores a la especificada. (Torre, 2004, p. 91), como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 3.** Distribución de frecuencia de datos de resistencia correspondiente a una distribución normal.  
Fuente: Torre (2004).



Según el comité ACI 318s - 14 muestra tres posibles casos que se podrían presentar al tratar de calcular la resistencia promedio requerida  $f'_{cr}$

Caso 1: Si se contarán con datos estadísticos de producción en obra, así como resultados de la rotura de probetas

En este caso, se utilizarán las siguientes fórmulas para calcular el  $f'_{cr}$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34D_s \quad (1)$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33D_s - 35 \quad (2)$$

Donde:

$f'_{c}$ : Resistencia a la compresión especificada ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

$f'_{cr}$ : Resistencia a la compresión promedio requerida ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

$D_s$ : Desviación estándar en obra ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

De ambos resultados se escogerá el mayor valor de las fórmulas, siendo este el  $f'_{cr}$  requerido con el cual se debe realizar el diseño de mezclas.

Caso 2: No contamos con suficientes datos estadísticos (entre 15 y 30 resultados)

En este caso se utilizarán las fórmulas anteriores, donde al valor de  $D_s$  se amplificará por un factor de acuerdo a la tabla 4:

**Tabla 4**

*Factores de modificación para la desviación estándar*

N° ensayos	Factor de incremento
Menos de 15	Usar tabla Caso 3
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30 o mas	1.00

Fuente: Adaptado de ACI - 318s 14

Entonces para calcular el  $f'_{cr}$  tendremos:

$$f'_{cr} = f'_{c} + 1.34(\alpha D_s)$$

$$f'_{cr} = f'_{c} + 2.33(\alpha D_s) - 35$$



Dónde:  $\alpha$  = factor de amplificación

Caso 3: Contamos con escasos (menos de 15 ensayos) o ningún dato estadístico

Para este caso el Comité del ACI nos indica aplicar la tabla 5 para determinar el  $f'_{cr}$ .

**Tabla 5**

*Requisito mínimo promedio de resistencia sin suficientes datos históricos*

<b><math>f'c</math> especificado</b>	<b><math>f'_{cr}</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Adaptado de ACI 318

***c) Selección del Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso (T.M.N.).***

La mayoría de veces son las características geométricas y las condiciones de refuerzo de las estructuras las que limitan el Tamaño Máximo del agregado que pueden utilizarse, pero a la vez existen también consideraciones a tomar en cuenta como la producción, el transporte y la colocación del concreto que también pueden influir en limitarlo. (Torre, 2004, p. 93)

El T.M.N. del agregado grueso no deberá ser mayor de uno de estos puntos:

- 1/5 de la menor dimensión entre las caras de encofrados.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzo, paquetes de barras, torones o ductos de presfuerzo.
- 1/3 del peralte de las losas.

Estas limitaciones a menudo se evitan si la trabajabilidad y los métodos de compactación son tales que el concreto puede colocarse sin dejar zonas o vacíos (cangrejas).

#### *d) Selección del asentamiento*

Si el asentamiento no se encuentra especificado entonces se puede partir con los valores indicados en la tabla 6 (Tipo de Estructura).

**Tabla 6**

*Asentamientos recomendados para diversos tipos de estructuras.*

Tipo de estructura	Slump	Slump
	Máximo	Mínimo
Zapatatas y muros de cimentación reforzados	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Muros y pavimentos	3"	1"
Concreto ciclópeo	2"	1"

Fuente: Torre (2004).

#### *e) Determinación del contenido de aire*

El ACI 211 establece una tabla que proporciona aproximadamente el porcentaje de contenido de aire atrapado en una mezcla de concreto en función del tamaño máximo nominal del agregado grueso. La tabla 7 indica la cantidad aproximada de contenido de aire atrapado que se espera encontrar en concretos sin aire incluido.

**Tabla 7**

*Porcentaje de aire atrapado para diferentes valores de Tamaño Máximo Nominal.*

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Adaptado de ACI-Comité 211

En el caso del contenido de aire incorporado también presenta una tabla indicando valores aproximados en función de las condiciones de exposición, suave, moderada y severa.

**Tabla 8**

*Contenido de aire incorporado y total*

TMN del agregado grueso	Contenido de aire total ( % )		
	Exposición suave	Exposición moderada	Exposición severa
3/8"	4.5	6	7.5
1/2"	4	5.5	7
3/4"	3.5	5	6.5
1"	3	4.5	6
1 1/2"	2.5	4	5.5
2"	2	3.5	5
3"	1.5	3	4.5
6"	1	2.5	4

Fuente: Torre (2004).

Estos valores señalados en esta tabla no siempre pueden coincidir con las indicadas en algunas especificaciones técnicas. Pero muestra los niveles recomendables del contenido promedio de aire para el concreto, cuando el aire se incluye a propósito por razones de durabilidad.

#### ***f) Determinación del volumen de agua***

La cantidad de agua (por m<sup>3</sup>), que se requiere para producir un asentamiento deseado, depende del tamaño máximo, perfil, textura y granulometría de los agregados, además de la cantidad de aire incluido, no siendo apreciablemente afectada por la cantidad de cemento. La tabla 9 proporciona estimaciones de la cantidad de agua requerida en la mezcla de concreto, en función del tamaño máximo de agregado y del asentamiento con aire incluido y sin él. Según la textura y forma del agregado, los requisitos de agua en la mezcla pueden ser mayores o menores que los valores tabulados, pero estos ofrecen suficiente aproximación para una primera mezcla de prueba. (Torre, 2004, p. 94)

**Tabla 9**

*Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.*

Asentamiento	Agua, en $\text{lt}/\text{m}^3$ , para los tamaños máximos nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incluido								
1" a 2"	207	199	185	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---
Concretos con aire incluido								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	187	184	174	166	160	---

Fuente: Adaptado de ACI-Comité 211

**Tabla 10**

*Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.*

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua, expresado en $\text{lt}/\text{m}^3$ , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados					
	Redondeado			Angular		
	1" - 2"	3" - 4"	6" - 7"	1" - 2"	3" - 4"	6" - 7"
3/8"	185	201	230	212	227	250
1/2"	182	197	219	201	216	238
3/4"	170	185	208	189	204	227
1"	163	178	197	182	197	216
1 1/2"	155	170	185	170	185	204
2"	148	163	178	163	178	197
3"	136	151	163	151	167	182

Fuente: Rivva (2018)

***g) Selección de la relación agua/cemento "a/c"***

La relación a/c, requerida, se determina no solo por los requisitos de resistencia, sino también por los factores como la durabilidad y propiedades para el acabado. Puesto

que distintos agregados y cementos producen generalmente resistencias diferentes con la misma relación a/c, es muy conveniente conocer o desarrollar la relación entre la resistencia y la relación a/c de los materiales que se usaran realmente. (Torre, 2004, p. 95)

**Tabla 11**

*Relación agua - cemento por resistencia.*

<b>f'cr (28 días)</b> <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Relación a/c de diseño en peso</b>	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
100	0.9	0.81
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: Adaptado de ACI-Comité 211

**Tabla 12**

*Condiciones especiales de exposición. Relación a/c por Durabilidad.*

<b>Condiciones de exposición</b>	<b>Relación a/c máxima, en concretos con agregado de peso normal</b>	<b>Resistencia en compresión mínima en concretos con agregado liviano</b>
Concretos de baja permeabilidad		
Expuesto a agua dulce	0.50	
Expuesto a agua de mar o aguas solubles	0.45	260
Expuesto a la acción de aguas cloacales	0.45	
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condición húmeda		
Sardineles, cunetas, secciones delgadas	0.45	300
Otros elementos	0.50	
Protección contra la corrosión de concreto expuesto a la acción de aguas de mar, aguas salobres, neblina o rocío de estas aguas	0.40	325
Si el recubrimiento mínimo se incrementa en 15 mm.	0.45	300

**Nota:** La resistencia f'c no deberá ser menor de 245 kg/cm<sup>2</sup> por razones de durabilidad.

Fuente: Adaptado de ACI-Comité 211





***h) Cálculo del contenido de cemento***

Se obtiene dividiendo los valores hallados en los pasos (f)/(g)

***i) Cálculo de los pesos de los agregados***

Está en función del método de diseño específico a emplear o basado puntualmente en alguna teoría de combinación de agregados.

***j) Presentar el diseño de mezcla en condiciones secas***

***k) Corrección por humedad del diseño de mezcla en estado seco***

Hay que tener en cuenta la humedad de los agregados para pesarlos correctamente.

Generalmente los agregados están húmedos y a su peso seco debe sumarse el peso del agua que contienen, tanto absorbida como superficial.

$$\text{Peso agregado húmedo} = \text{Peso agregado seco} (1 + \text{Cont. humedad del agregado } \%)$$

***l) Cálculo del agua efectiva***

El agua a utilizarse en la mezcla de prueba debe incrementarse o reducirse en una cantidad igual a la humedad libre que contiene el agregado, esto es, humedad total menos absorción.

Para esto se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Aporte de humedad de los agregados} = \text{Peso Agreg. Seco} (\% \text{ humedad} - \% \text{ abs.})$$

Entonces:

$$\text{Agua efectiva} = \text{Agua de diseño} - \text{Aporte de humedad de los agregados}$$

***m) Presentar el diseño de mezcla en condiciones húmedas.***

***n) Realizar los ajustes a las mezclas de pruebas***

Para obtener las proporciones de la mezcla de concreto que cumpla con las características deseadas, con los materiales disponibles se prepara una primera mezcla de prueba, para luego de lograr el asentamiento y la resistencia deseados reajustar las proporciones.



### **2.1.2.5.3. Diseño de Mezcla por el Método ACI - 211**

El comité 211 del ACI, ha desarrollado un procedimiento de diseño de mezclas de concreto bastante simple, el cual, basándose en algunas tablas, permiten obtener valores de los diferentes materiales que integran la unidad cúbica de concreto, la secuencia de diseño es la siguiente:

- Selección de la resistencia requerida ( $f'_{cr}$ )
- Selección del TMN del agregado grueso.
- Selección del asentamiento (Tabla 6).
- Seleccionar el contenido de aire atrapado (Tablas 7.y 8).
- Seleccionar el contenido de agua (Tablas 9).
- Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia a compresión o por durabilidad. (Tablas 11 y 12).
- Cálculo del contenido de cemento (e)/(f)
- Seleccionar el peso del agregado grueso (proporciona el valor de  $b/b_o$ , donde  $b_o$  y  $b$  son los pesos unitarios secos con y sin compactar respectivamente del agregado grueso).
- Calcular la suma de los volúmenes absolutos de todos los materiales sin considerar el agregado fino.
- Cálculo del volumen del agregado fino.
- Cálculo del peso en estado seco del agregado fino.
- Presentación del diseño en estado seco.
- Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- Presentación del diseño en estado húmedo.



#### **2.1.2.5.4. *Diseño de Mezcla por el Método WALKER***

El Método de diseño Walker, se desarrolla principalmente gracias al Profesor Norteamericano Stanton Walker, quien observó que sea cual fuera la resistencia de diseño del concreto, así como su relación agua-cemento, contenido de cemento y características del agregado fino, la cantidad de agregado grueso era la misma, todo ello siguiendo la metodología desarrollada por el comité 211 del ACI.

Considerando que la relación fino-grueso debería variar en función del contenido de la pasta en la mezcla, así como del perfil y tamaño máximo nominal del agregado grueso, y que otro factor que debería ser considerado era la mayor o menor fineza del agregado fino, el profesor Walker desarrollo una serie de tablas en donde consideró el módulo de fineza del agregado fino, clasificándolo en tres categorías, fino, mediano y grueso. Igualmente se considera si el agregado grueso es de perfil redondeado o angular y, para cada uno de los dos casos se considera cuatro alternativas de factor cemento. Todo ello permite encontrar en la tabla un porcentaje de agregado fino que se considera con el más conveniente en relación al volumen absoluto total de agregado (Rivva, 2018, p. 149).

La secuencia de diseño es la siguiente:

- Selección de la resistencia promedio requerida ( $f'_{cr}$ ) a partir de  $f'_{c}$
- Selección del TMN del agregado grueso.
- Selección del asentamiento (Tabla 6).
- Seleccionar el contenido de aire atrapado (Tabla 7.y 8).
- Seleccionar el contenido de agua (Tabla 10).
- Selección de la relación agua/cemento sea por resistencia o por durabilidad. (Tablas 11 y 12).
- Cálculo del contenido de cemento (e)/(f)



- Determinación de la suma de volúmenes absolutos de cemento, agua y aire.
- Calcular el volumen absoluto del agregado total.
- Determinación del porcentaje de agregado fino en relación al volumen absoluto total del agregado (Tabla 30).
- Calcular el volumen absoluto del agregado grueso.
- Cálculo de los pesos en estado seco del agregado fino y grueso.
- Corrección del diseño por el aporte de humedad de los agregados.
- Presentación del diseño en estado húmedo.
- Determinación de los pesos por tanda de un saco.

#### **2.1.2.6. El Concreto**

Siendo el concreto el principal objeto de estudio de la presente tesis, es indispensable definirlo, así como también los factores que afectan su desarrollo y las propiedades del mismo.

Según Torre (2004) afirma:

El concreto es un material de uso común, o convencional y se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales, cemento, agua y agregados, a los cuales eventualmente se incorpora un cuarto componente que genéricamente se designa como aditivo. Al mezclar estos componentes y producir lo que se conoce como concreto, se introduce de manera simultánea un quinto participante representado por el aire. (p74)

##### **2.1.2.6.1. Clasificación del Concreto**

###### **a) Concreto simple**

Es una mezcla de cemento Portland agregado fino, grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado



fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta. (Abanto, 1995, p. 12)

CEMENTO+ A. FINO+ A. GRUESO + AGUA=CONCRETO SIMPLE

#### ***b) Concreto armado***

Se denomina así al concreto simple cuando este lleva armaduras de acero y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar esfuerzos de tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. (Abanto, 1995, p. 13)

CONCRETO SIMPLE + ARMADURAS = CONCRETO ARMADO

#### ***c) Concretos normales***

“Son preparados con agregados corrientes y su peso unitario varía de 2300 a 2500 kg/m<sup>3</sup>, según el tamaño máximo del agregado. El peso promedio es de 2400 kg/m<sup>3</sup>” (Abanto, 1995, p. 13).

Existen otros tipos de concreto, por ejemplo: El concreto ciclópeo, ligero, pesado, premezclado, prefabricado, bombeado entre otros; los cuales forman parte de los concretos especiales y no son de importancia para los fines de esta tesis.

### **2.1.2.6.2. Propiedades del Concreto**

#### ***a) Propiedades en Estado Fresco***

##### ***i. Trabajabilidad***

“Es la facilidad que tiene el concreto para ser mezclado, manipulado y puesto en obra, con los medios de compactación del que se disponga” (Torre, 2004, p. 82). La trabajabilidad depende de:

- Dimensiones del elemento.
- Secciones armadas.
- Medios de puesta en obra.



Habrá una mayor trabajabilidad cuando:

- contenga más agua. Repercute en la resistencia (Baja).
- Más finos.
- Agregados redondeados.
- Más cemento.
- Fluidificantes / plastificantes.
- Adiciones.

Pasquel (1998) afirma:

El método tradicional de medir la trabajabilidad ha sido desde hace muchos años el "Slump" o asentamiento con el cono de Abrams, ya que permite una aproximación numérica a esta propiedad del concreto, sin embargo, debe tenerse clara la idea que es más una prueba de uniformidad que de trabajabilidad. (p.131)

## *ii. Consistencia.*

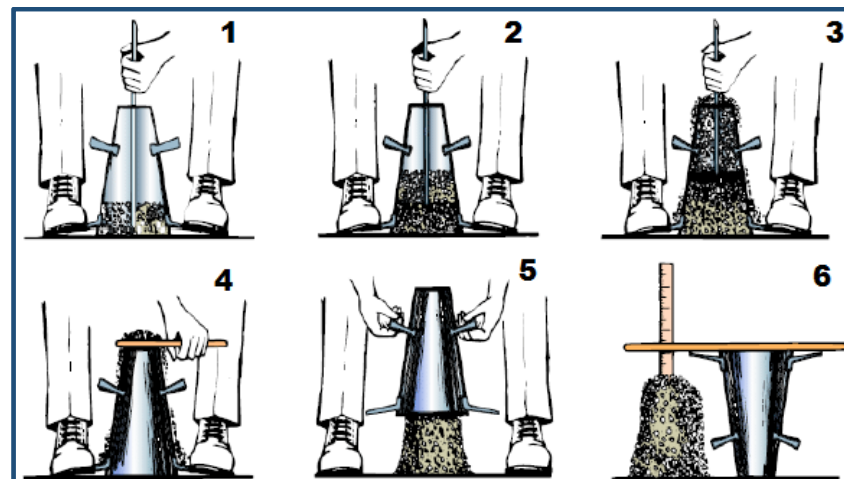
Torre (2004) define: "La consistencia como la mayor o menor facilidad que tiene el concreto fresco para deformarse o adaptarse a una forma específica" (p82). La consistencia depende:

- Agua de amasado.
- Tamaño máximo del agregado.
- Granulometría.
- Forma de los agregados influye mucho el método de compactación.

El equipo necesario para realizar la consistencia del concreto consiste en un tronco de cono, los dos círculos de las bases son paralelos entre si midiendo 20 cm y 10 cm los diámetros respectivos, la altura del molde es de 30 cm. (Abanto, 1995, p. 48)



**Figura 4.** Equipo Cono de Abrams, para el ensayo de consistencia del concreto



**Figura 5.** Procedimiento del ensayo de consistencia.

**Tabla 13**

*Consistencia de mezcla de concreto.*

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Abanto (1995).



### ***iii. Exudación***

Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos. Este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado.

La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, de un exceso de agua en la misma, de la utilización de aditivos, y de la temperatura, en la medida en que a mayor temperatura mayor es la velocidad de exudación. (Abanto, 1995, p. 54)

### ***iv. Segregación***

Se define como la separación de los materiales que constituyen una mezcla heterogénea de concreto, de manera que su distribución deja de ser uniforme por falta de cohesión. Entre las causas inherentes al concreto, que puede producir segregación, se encuentra la diferencia en tamaño de partículas y su distribución granulométrica, así como la densidad de los constituyentes y su proporción dentro de la mezcla. (Sanchez De Guzman, 2001, p. 123)

## ***b) Propiedades del Concreto Endurecido***

### ***i. Resistencia a la Compresión***

La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que utiliza como índice de su calidad. La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo. (Rivva, 2018, p. 42)

La resistencia de un concreto, normalmente aumenta con la edad, dicho aumento se produce muy rápidamente durante los primeros días posteriores a su colocación, resultando más gradual al transcurrir el tiempo, aún continuará incrementándose en una



proporción más reducida durante un período de tiempo. La resistencia a compresión de un concreto a los 28 días, determinada de acuerdo con los ensayos normalizados y suponiendo que haya sido curado en forma correcta, se emplea generalmente como índice de calidad del mismo.

En la tabla 14 se muestra la relación entre la resistencia del concreto a una determinada edad y su resistencia a los 28 días.

**Tabla 14**

*Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días.*

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'c(t)/f'c(28)$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

Fuente: Harmsen & Mayorca (2002)

Donde:

$f'c(t)$  : Resistencia a compresión en un periodo de tiempo.

$f'c(28)$ : Resistencia a compresión a los 28 días.

**ii. Pruebas de resistencia a la compresión.**

La prueba de resistencia a la compresión para concretos consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y normalmente se reporta en unidades de  $\text{kg}/\text{cm}^2$  o en megapascales (MPa).

Algunas recomendaciones de la Normas Técnicas Peruanas NTP 339.183 (2013) y del ASTM son las siguientes:

- Las probetas cilíndricas normalizadas para pruebas de aceptación deben tener un tamaño de 6 x 12 pulgadas (150 x 300 mm) o 4 x 8 pulgadas (100 x 200 mm).



- El espécimen puede permanecer en el molde 24 +/- 8 horas después del vaciado y posteriormente debe ser curado bajo agua hasta el momento del ensayo.
- Con el fin de conseguir una distribución uniforme de la carga, generalmente los cilindros se tapan (refrendan) con mortero de azufre (ASTM C 617) o con tapas de almohadillas de neopreno NTP 339.216 (2007), ASTM C 1231). Las cubiertas de almohadilla de neopreno se pueden utilizar para medir las resistencias del concreto entre 1.500 y 7.000 psi (10 a 50 MPa). Los requerimientos de dureza en durómetro para las almohadillas de neopreno varían desde 50 a 70 dependiendo del nivel de resistencia sometido a ensayo. Las almohadillas se deben sustituir si presentan desgaste excesivo.
- No se debe permitir que los cilindros se sequen antes de la prueba.
- El diámetro del cilindro se debe medir en dos sitios en ángulos rectos entre sí a media altura de la probeta y deben promediarse para calcular el área de la sección. Si los dos diámetros medidos difieren en más del 2%, no se debe someter a prueba el cilindro.
- Los extremos de las probetas no deben presentar desviación con respecto a la perpendicularidad del eje del cilindro en más 0.5% y los extremos deben hallarse planos dentro de un margen de 0.002 pulgadas (0.05 mm).
- Los cilindros se deben centrar en la máquina de ensayo de compresión y cargados hasta completar la ruptura. El régimen de carga con máquina hidráulica se debe mantener en un rango de  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s durante la última mitad de la fase de carga. Se debe anotar el tipo de ruptura.
- La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura por (entre) el área promedio de la



sección. Se someten a prueba por lo menos 2 cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba.

- Se debe anotar la fecha en que se recibieron las probetas en el laboratorio, la fecha de la prueba, la identificación de la probeta, el diámetro del cilindro, la edad de los cilindros de prueba, la máxima carga aplicada, el tipo de fractura, y todo defecto que presenten los cilindros o sus tapas.

#### Cálculo de la resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión de la probeta cilíndrica se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f'c = \frac{P}{A} \left( \frac{kg}{cm^2} \right); A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Dónde:

$f'c$  : Es la resistencia de rotura a la compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>).

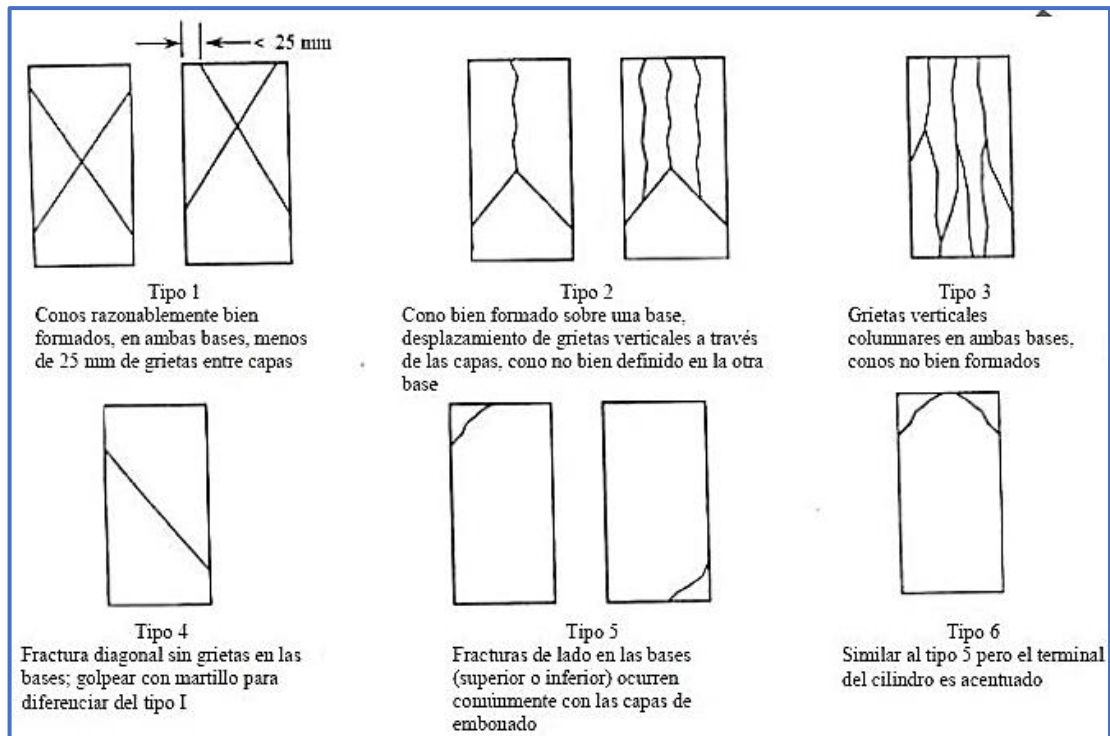
P : Carga de rotura (kg).

$\phi$  : Diámetro de la probeta cilíndrica (cm).

A : Área promedio de la probeta (cm<sup>2</sup>).

#### Tipo de fractura

Según la norma NTP 339.034 (2015), los tipos de fractura que pueden presentarse son:



**Figura 6.** Esquema de los patrones de tipos de fracturas.

Fuente: NTP 339.034 (2015).

### 2.1.2.6.3. Curado del Concreto.

El curado es un proceso que consiste en mantener húmedo al concreto por varios días después de su colocación, con el fin de permitir la reacción química entre el cemento y el agua (hidratación del cemento). Si el concreto, seca muy rápidamente se producen rajaduras superficiales además se le impide alcanzar la resistencia especificada. (Abanto, 1995, p. 235)

El curado, según el ACI 308R, es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor.

#### *a) Razones para curar el concreto*

En sentido práctico curar el concreto es garantizar las condiciones óptimas de humedad y temperatura necesarias para que el concreto desarrolle su resistencia potencial (compresión y flexión), se reduzca la porosidad de la pasta, en especial en el recubrimiento de concreto sobre las armaduras, haciendo que el ingreso de humedad y



agresivos hacia el interior del elemento de concreto endurecido se vea disminuido, garantizando así, que la estructura cumpla con la vida útil de diseño requerida por el propietario. Un buen y oportuno curado aumenta la resistencia a la abrasión de pisos de concreto, vías y obras hidráulicas, reduce la posibilidad de aparición de grietas por contracción plástica, y, aunque no la puede evitar, retarda la contracción de secado. (Umiri, 2019, párrafo. 14)

### ***b) Formas de Curado***

Básicamente existen dos sistemas de curado que permiten mantener cierto nivel de humedad en el concreto como son:

#### ***i. Curado con agua:***

Por inmersión: Es el método que produce los mejores resultados, pero presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto.

Mediante el empleo de rociadores aspersores: Con este método se consiguen buenos resultados y es fácil de ejecutar. Tiene el inconveniente de que la intermitencia o la aplicación ocasional, pueden conducir a un curado deficiente. El agua para curado del concreto debe estar libre de contaminantes y materiales deletéreos, en general se recomienda usar agua potable y que cumpla la norma de agua de amasado para concreto (ASTM C-59). El agua de curado no debe estar a una temperatura tal que cree al aplicarla un choque térmico al concreto, pues puede fisurarlo. Se recomienda que el agua no esté a una temperatura inferior en 11°C a la temperatura de la masa del concreto. (Umiri, 2019, párrafo. 17)

#### ***ii. Curado con materiales sellantes***

Esta categoría incluye las láminas y los compuestos curadores líquidos que forman membranas.



Película de plástico: Son livianas y se extienden fácilmente en superficies horizontales; sin embargo, en elementos verticales es más complicada su utilización. Se usan generalmente plásticos blancos, transparentes y negros. Los primeros reflejan los rayos del sol mientras protegen, son útiles, como los transparentes, en clima cálido. El plástico negro absorbe calor de los rayos del sol y calienta la pieza estructural, por tal razón es útil para generar un curado adecuado del concreto a bajas temperaturas o acelerar “gratis” resistencias aprovechando la radiación solar. Cuando se precisa un excelente acabado del concreto, como en el caso del concreto arquitectónico “cara vista”, el empleo de películas plásticas para el curado puede dar como resultado la aparición de manchas en el concreto debidas a la distribución no homogénea del agua y al movimiento de sustancias solubles en la superficie. (Umiri, 2019, párrafo. 19)

#### **2.1.2.7. *Análisis Estadístico y Prueba de Hipótesis***

##### **2.1.2.7.1. *Análisis Estadístico***

El análisis estadístico es de importancia en la evaluación de los resultados obtenidos, porque nos permite tener certeza de la confiabilidad de los valores extraídos de las pruebas y en función a los parámetros estadísticos poder evaluar los resultados.

El análisis estadístico de los datos se basó en lo propuesto por el comité ACI - 214 (2011) *Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete* (Guía para la evaluación de los resultados de las pruebas de resistencia del hormigón). Este documento establece una metodología de control de resultados, donde se analiza la desviación estándar y el coeficiente de variación. En la tabla 15 se muestran los valores de desviación estándar para diferentes niveles de control en concretos de  $f'c$  menores a 34.5 MPa (aprox. 350 kg/cm<sup>2</sup>).

**Tabla 15***Estandares de control para  $f'c \leq 34.5$  MPa (aprox. 350 kg/cm<sup>2</sup>)*

<b>DISPERSIÓN TOTAL</b>					
<b>Clase de operación</b>	<b>Desviación estándar para diferentes grados de control</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Deficiente</b>
Concreto en obra	Menor a 28.6	28.6 a 34.7	34.7 a 41.8	41.8 a 48.9	Mayor a 48.9
Concreto en Laboratorio	Menor a 14.3	14.3 a 17.3	17.3 a 21.4	21.4 a 24.5	Mayor a 24.5

<b>DISPERSIÓN ENTRE TESTIGOS</b>					
<b>Clase de operación</b>	<b>Desviación estándar para diferentes grados de control</b>				
	<b>Excelente</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Bueno</b>	<b>Suficiente</b>	<b>Deficiente</b>
Concreto en obra	Menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	Mayor a 6
Concreto en Laboratorio	Menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	Mayor a 5

Fuente: Adaptado del ACI-214R (2011)

**a) Funciones estadísticas (ACI-214R)****i. Promedio ( $u$ ) resistencia promedio de todas las pruebas individuales**

Una prueba se define como la resistencia promedio de todos los cilindros de la misma edad, elaborados de una muestra tomada de una única mezcla de concreto, así como se muestra en la siguiente ecuación:

$$u = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

Dónde:  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son los resultados de la resistencia de las pruebas individuales y  $n$  es el número total de pruebas efectuadas.

**ii. Desviación estándar ( $\sigma$ )**

La medida de dispersión más reconocida es la raíz cuadrada del promedio de la suma de los cuadrados de las desviaciones de las resistencias, en relación con la resistencia promedio, dividido entre el número de resultados menos uno:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{n - 1}}$$



### *iii. Coeficiente de variación (V)*

La desviación estándar, expresada como un porcentaje de la resistencia promedio, se llama coeficiente de variación:

$$V = \frac{\sigma}{u} * 100$$

#### **2.1.2.7.2. Prueba de Hipótesis**

Para poder obtener conclusiones respecto a una población es necesario acudir a la estadística inferencial, que en función a estimadores como son: la desviación estándar, la media, mediana, etc., y técnicas: la prueba de hipótesis y la estimación de parámetros; nos permiten inferir sobre las características de la misma. (Leandro, 2015, p. 38)

La hipótesis en la estadística es una proposición que hace el investigador en base a uno o varios parámetros que permiten que ésta sea aceptada o rechazada respecto a un solo número (estimador puntual), todo el procedimiento de toma de decisiones sobre la hipótesis se llama “PRUEBA DE HIPÓTESIS”. (Leandro, 2015, p. 38)

No es posible saber con absoluta certeza la verdad o falsedad de una hipótesis estadística, pues para ello habría que trabajar con toda la población. En la práctica se toma una muestra aleatoria de la población de interés y se utilizan los datos que contiene la muestra para proporcionar evidencias que confirmen o no la hipótesis. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces ésta se rechaza y si la evidencia apoya a la hipótesis planteada, entonces ésta se acepta. (Morales, 2012, p. 150)

Las pruebas de concreto para la resistencia son tratadas como si ellas cayeran dentro de un modelo similar de distribución a una curva normal de distribución de frecuencia.

El esquema para realizar una prueba de hipótesis acerca de un parámetro “u” es el siguiente: (Leandro, 2015, p. 40)





**a) Identificar el parámetro de interés:**

Es decir, en base a qué parámetros se va a evaluar la hipótesis, pudiendo ser este parámetro la media “ $\mu$ ” de la Población.

Para el caso de esta investigación el parámetro de interés es la resistencia a la compresión promedio por cada grupo de concreto en estudio, se denotará como “ $\mu$ ”.

**b) Establecer la hipótesis nula ( $H_0$ ):**

La hipótesis nula no tiene alternativas de cambio, está basada en un solo valor exacto del parámetro poblacional, generalmente se construye esta hipótesis como una igualdad ( $\mu_1 = \mu_2$ ).

**c) Especificar una apropiada hipótesis alternativa ( $H_a$ ):**

Existen dos tipos de hipótesis alternativa; la primera de ellas es la hipótesis bilateral la cual se utiliza cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica, y la respuesta será “no es igual a”. La segunda es la denominada hipótesis unilateral, que es la que se aplica en esta investigación, se utiliza cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, etc.

- Si  $H_a: \mu_1 > \mu_2$ , significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba.
- Si  $H_a: \mu_1 < \mu_2$ , significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución normal del estadístico de prueba.
- Si  $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ , significa que la región crítica se encuentra en ambas colas inferior y superior de la distribución normal del estadístico de prueba.

Para fines de esta investigación se plantea,  $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ .

**d) Seleccionar el nivel de significancia ( $\alpha = 0.05, 0.01$  o  $0.10$ ):**

Los niveles de significancia más recomendados son:

- $\alpha = 0.10$  con 90% de probabilidad de certeza.



- $\alpha = 0.05$  con 95% de probabilidad de certeza.
- $\alpha = 0.01$  con 99% de probabilidad de certeza.

El nivel de significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia del concreto es 0.05, con el cual se determina, de las tablas estadísticas.

#### *e) Estadístico de prueba – Distribución T de Student*

Se utiliza para detectar la existencia de diferencias significativas entre las medias de una determinada variable cuantitativa en dos grupos de datos.

Requisitos:

- Datos distribuidos según una distribución normal en cada grupo.
- Muestras independientes y menores a 30.

Procedimiento de cálculo:

El estadístico de prueba para una distribución t-student con  $n_1 + n_2 - 2$  grados de libertad es el siguiente:

$$t_p = \frac{u_1 - u_2}{S_p * \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}; S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Donde:

$n_1, n_2$  : Tamaños de las muestras 1 y 2 respectivamente.

$u_1, u_2$  : Medias de las muestras 1 y 2 respectivamente.

$\sigma_1^2, \sigma_2^2$  : Varianzas de las muestras respectivamente.

Luego se mide la significación del estadístico  $t_p$ , comparando ese valor con el valor de un estadístico t (tabla) que se obtiene de las tablas correspondientes.

Para identificar el que nos corresponde hemos de fijarnos en el número de colas que tiene nuestra hipótesis (una cola o dos colas), en el nivel de significación ( $\alpha$ ) con el



que pretendemos rechazar la hipótesis nula; y en los grados de libertad del test  $(n_1+n_2-2)$ .

Si  $t_p \geq t_{(tabla)} \Rightarrow$  se rechaza  $H_0$  y se acepta  $H_1$ .

Si  $t_p < t_{(tabla)} \Rightarrow$  se acepta  $H_0$  y se rechaza  $H_1$ .



## 2.2. MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1. Definición de Términos

#### *ACI*

American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto ACI). Es la mayor sociedad técnica y educacional, sin fines de lucro, dedicada a impulsar el diseño, la construcción y fabricación de nuevos materiales, así como de brindar programas de certificación. Esto con la finalidad de fomentar la investigación científica y con el objetivo de desarrollar nuevas técnicas y usos eficientes del concreto. (Revista Civilízate 2013, p. 41)

#### *Análisis comparativo:*

“El método comparativo (Análisis Comparativo) es un procedimiento de investigación sistemático, basado en la diferenciación de fenómenos, con la intención de establecer semejanzas y diferencias entre ellos” (Pacheco, 2019, p. 12).

#### *Aglomerante o conglomerante*

Materiales cementantes, ya sea cementos hidratados o productos de cemento o cal y materiales silíceos reactivos; los tipos de cemento y las condiciones de curado determinan el tipo general de aglomerante formado; también se denomina así a los materiales tales como el asfalto, las resinas y otros materiales que forman la matriz de los hormigones, morteros y lechadas arenosas. (ACI 116, 2000, p. 14)

#### *ASTM*

“American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)”. (Revista Civilízate 2013, p. 41)

#### *Calidad en el concreto*



“Es cumplir rigurosamente con cada etapa del proceso, desde la selección de los componentes individuales hasta su instalación en obra, incluyendo el curado y las pruebas de laboratorio” (Patiño & Méndez, 2016, p. 23).

### ***Durabilidad***

“Capacidad del hormigón de resistir la acción de los agentes meteorológicos, ataques químicos, abrasión y otras condiciones de servicio” (ACI 116, 2000, p. 43).

### ***Ensayo de compresión***

Ensayo que se realiza sobre una probeta de mortero u hormigón para determinar su resistencia a la compresión (ACI 116, 2000, p. 27).

### ***Fraguado***

Condición alcanzada por una pasta cementicia, mortero u hormigón que ha perdido plasticidad hasta un nivel arbitrario, generalmente medido en términos de la resistencia a la penetración o deformación; fraguado inicial se refiere a la primera rigidización; fraguado final se refiere a una rigidez significativa; también, deformación remanente luego de retirada la tensión. (ACI 116, 2000, p. 98).

### ***Hidratación***

“Formación de un compuesto por la combinación de agua con alguna otra sustancia; en el hormigón, reacción química entre el cemento hidráulico y el agua” (ACI 116, 2000, p. 59).

### ***Laboratorio de concreto***

El laboratorio de Concreto es un ambiente en el cual se realizan actividades relacionadas a la ejecución de pruebas y ensayos de todos los materiales que intervienen para la elaboración de concretos hidráulicos, de acuerdo a procedimientos y normativas establecidas (NTP, ASTM, ACI, entre otros) que facilitan el desarrollo de competencias



en el diseño y control de calidad de los concretos, mediante la ejecución de prácticas académicas e investigación experimental.

### ***Pasta de Cemento***

“La pasta de cemento es la mezcla de cemento más agua, la cual llena los espacios libres entre partículas y durante el proceso de fraguado genera cristales hidratados que unen químicamente las partículas de agregados” (Torre, 2004, p. 77).

### ***Probeta o testigo***

“Probeta cilíndrica de hormigón endurecido o roca que se obtiene por medio de una barrena o taladro circular” (ACI 116, 2000, p. 35).

### ***Resistencia***

Capacidad de un material de presentar oposición, en mayor o menor grado, frente a las fuerzas aplicadas sobre el mismo, sin sufrir deformaciones o rotura.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. Cemento

Para la presente investigación se utilizó cuatro marcas de cemento, siendo estas las de mayor comercio en la ciudad de Puno, además cumplen con la norma nacional NTP 334.009 para cementos portland tipo I y NTP 334.090 para cementos portland tipo IP, siendo los siguientes:

- Cemento Portland Tipo IP, marca FRONTERA con peso específico 2.85 g/cm<sup>3</sup>. (Ver ficha técnica en Anexo 1).
- Cemento Portland Tipo IP, marca RUMI con peso específico 2.82 g/cm<sup>3</sup>. (Ver ficha técnica en Anexo 1).
- Cemento Portland Tipo I, marca YURA con peso específico 3.09 g/cm<sup>3</sup>. (Ver ficha técnica en Anexo 1).
- Cemento Portland Tipo I, marca WARI con peso específico 3.14 g/cm<sup>3</sup>. (Ver ficha técnica en Anexo 1).

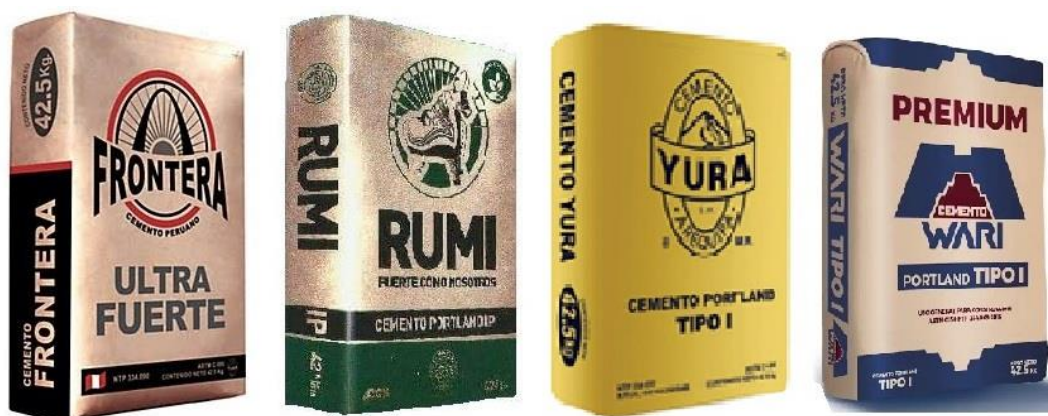


Figura 7. Marcas de cemento usados en la presente tesis.

### 3.1.2. Agregados

Los agregados, usados para esta investigación, fueron obtenidos de la cantera de Viluyo, ubicado aproximadamente a 34 km de la ciudad de Puno, en el distrito de Pichacani, provincia de Puno; el agregado es de lecho río a simple vista limpio y de gradación uniforme.

Se utilizó el agregado de esta cantera porque en la actualidad es la de mayor explotación por parte de la asociación de volqueteros, los cuales comercializan este material para la elaboración de concretos en la mayoría de obras civiles en la ciudad de Puno.

#### 3.1.2.1. Agregado Fino

El agregado fino, utilizado en la presente investigación, se obtuvo por separación de agregados en laboratorio (fracción que pasa por el tamiz N 4), debido a que fue provisto como agregado global (hormigón).

Luego de realizar los diferentes ensayos requeridos, a fin de realizar el diseño de mezclas, se concluye que dicho agregado cumple con las especificaciones técnicas establecidas en las normas ASTM C33 y NTP 400.037 (2018), las mismas que se presentan a mayor detalle en el Anexo 2.



**Figura 8.** Agregado fino de la cantera Viluyo.



### 3.1.2.2. Agregado Grueso

El agregado grueso utilizado en la presente investigación, al igual que el agregado fino, se obtuvo por separación de agregados en laboratorio (fracción retenida por el tamiz N 4), debido a que fue provisto como agregado global (hormigón).

Luego de realizar los diferentes ensayos requeridos a fin de realizar el diseño de mezclas, se concluyó que dicho agregado cumple con las especificaciones técnicas establecidas en las normas ASTM C33 y NTP 400.037 (2018), las mismas que se presentan a mayor detalle en el Anexo 2.



**Figura 9.** Agregado grueso de la cantera Viluyo.

### 3.1.3. Agua

Se usó agua potable de la Ciudad Universitaria (UNA-PUNO), luego de realizar el análisis correspondiente se verificó que cumple con los límites permisibles para el agua de mezcla y curado, especificados en la norma NTP 339.088 (2006).

**Tabla 16**

*Análisis de la composición del agua de mezcla y curado*

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	818.5 ppm
Materia Orgánica	1 ppm
Cloruros ( ión Cl- )	630 ppm
pH	7.55
Temperatura	13.9 °C

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

Muestreo realizado en las instalaciones del laboratorio de Construcciones UNA-PUNO



**Figura 10.** Medición de algunos compuestos del agua potable UNA-PUNO



## 3.2. MÉTODOS

### 3.2.1. Enfoque de la Investigación

Dado el propósito fundamental de esta tesis, el cual pretendió describir (medir) y relacionar, el desarrollo de la resistencia a la compresión  $f'c$  y el costo por metro cúbico de concreto, a edades determinadas, con las marcas y tipos de cemento disponibles en la ciudad de Puno, por ello se adoptó un enfoque cuantitativo, utilizando la recolección de datos para probar la hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico.

### 3.2.2. Nivel o Tipo de Investigación:

El tipo de investigación es mixta de tipo descriptivo, correlacional y comparativo, debido a:

#### *Descriptivo*

Puesto que se buscó detallar de manera minuciosa el comportamiento de la resistencia a la compresión  $f'c$  del concreto por efecto del uso de las diferentes marcas y tipos de cemento en el estudio, y así determinar las edades en que alcanza las resistencias especificadas ( $f'c$ ) dentro del análisis.

#### *Correlacional*

La investigación es de tipo correlacional debido a que existe una estrecha relación entre la edad y la resistencia a la compresión  $f'c$  del concreto. Al utilizarse diferentes marcas y tipos de cementos varía la resistencia a compresión en función de la edad, así como el costo por metro cúbico de concreto.

#### *Comparativo*

Por último, se caracterizó en base a comparaciones en datos generales o categorizarlos uno a uno (curva  $f'c$  versus edad).

### 3.2.3. Diseño de Investigación

Se trata de un diseño “no experimental”, debido a que no se hizo variar en forma intencional las variables independientes (marcas y tipos de cemento, edad del concreto) para ver su efecto sobre otras variables (resistencia a la compresión, costos por metro cúbico) y luego compararlas, sólo se observaron los fenómenos en su contexto natural para analizarlos, este diseño se sub clasifica en transeccional o transversal en vista que su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado.

### 3.2.4. Población y Muestra de Estudio

#### 3.2.4.1. Población

La población destinada para esta investigación fueron el conjunto de probetas de concreto (especímenes) elaborados bajo condiciones de laboratorio según NTP 339.183 (2013), se organizó por un total de 160 probetas por la metodología del ACI-211 y WALKER, divididas, en ocho grupos de 20 probetas por cada marca de cemento y para cada dosificación utilizada, de acuerdo a la tabla 17:

**Tabla 17**

*Población de probetas planteada de acuerdo al método de diseño de mezclas, marcas y tipos de cementos.*

Método de diseño de mezclas	Marca de cemento	Cantidad de probetas a elaborar			Sub total por marca	Total por método
		7 Días	14 Días	28 Días		
ACI-211	Frontera IP	5	5	10	20	80
	Rumi IP	5	5	10	20	
	Yura tipo I	5	5	10	20	
	Wari tipo I	5	5	10	20	
WALKER	Frontera IP	5	5	10	20	80
	Rumi IP	5	5	10	20	
	Yura tipo I	5	5	10	20	
	Wari tipo I	5	5	10	20	
<b>TOTAL</b>		<b>160</b>				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.2.4.2. Muestra

Para la presente investigación se pudo realizar una cantidad infinita de muestra dependiendo del investigador y su grado de minuciosidad, lo cual involucraría altos costos y tiempos prolongados dentro de la investigación; sin embargo, se basó en los criterios de aceptación de acuerdo al código americano ACI 318S.

#### *Tamaño de la Muestra:*

El código del ACI 318s (2019), establece:

“Un ensayo de resistencia debe ser el promedio de las resistencias de al menos dos probetas de 150 por 300 mm o de al menos tres probetas de 100 por 200 mm., preparadas de la misma muestra de concreto y ensayadas a 28 días o a la edad de ensayo designada para la determinación de  $f'c$ ”. (p.507)

Sin embargo, para lograr mayor precisión estadística y considerando probetas estándar de 150 por 300 mm., el número de muestras a analizar se realizó de acuerdo a la tabla 18:

**Tabla 18**

*Número de probetas a ser ensayadas de acuerdo al método de diseño y marca de cementos.*

Método de diseño de mezclas	Marca de cemento	Número de probetas a ensayar			Sub total por marca	Total por método
		7 Días	14 Días	28 Días		
ACI-211	Frontera IP	3	3	6	12	48
	Rumi IP	3	3	6	12	
	Yura tipo I	3	3	6	12	
	Wari tipo I	3	3	6	12	
WALKER	Frontera IP	3	3	6	12	48
	Rumi IP	3	3	6	12	
	Yura tipo I	3	3	6	12	
	Wari tipo I	3	3	6	12	
<b>TOTAL</b>		<b>96</b>				

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



### 3.3. PROCEDIMIENTOS

#### 3.3.1. Propiedades Físicas de los Agregados

Para el análisis de las propiedades físicas de los agregados, de la cantera Viluyo, se desarrollaron los ensayos de caracterización, haciendo uso de las normativas y procedimientos respectivos, a fin de realizar los diseños de mezclas. A continuación, se detalla de manera práctica dichos procedimientos.

##### 3.3.1.1. Contenido de Humedad

###### Normativa

- NTP 339.185
- ASTM C 566

###### Objetivo

Determinar el porcentaje total de humedad evaporable de las muestras de agregado fino y grueso por secado.

###### Equipos y materiales

- Balanza de 0.1 gramo de sensibilidad.
- Horno que mantenga una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Recipientes volumétricos (taras) resistentes al calor y de capacidad suficiente para contener la muestra
- Cucharón o espátulas de tamaño conveniente.

###### Preparación de la muestra

- Para el agregado fino, se determinó la masa de la muestra, aproximadamente 500g con una precisión del 0,1 % NTP 339.185 (2013).
- Para el agregado grueso, se determinó la masa de la muestra, aproximadamente 4 kg NTP 339.185 (2013).



### Procedimiento

- Primeramente, se tomó un recipiente (tara), se anotó su identificación y se determinó su peso.
- Luego, se pesó la muestra húmeda más el recipiente que la contenía.
- Después, se colocó la tara con la muestra húmeda a una temperatura constante de 110°C, se comprobó que la muestra está suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0,1 % de pérdida adicional de masa, esto normalmente se obtiene en un periodo de 24 horas.
- Se retiró la muestra del horno y dejándola enfriar hasta que alcanzó la temperatura ambiente.
- Finalmente, se pesó la muestra seca más el recipiente y se anotó su peso.

### Expresión de los resultados

Se calculó el contenido de humedad total evaporable de la siguiente manera:

$$w(\%) = \frac{W_w - W_s}{W_s} * 100$$

Donde:

w (%) = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W<sub>w</sub> = Masa de la muestra húmeda original en gramos

W<sub>s</sub> = Masa de la muestra seca en gramos

#### **3.3.1.2. Peso Específico y Absorción del Agregado Fino**

##### Normativa

- NTP 400.022
- ASTM C 128



### Objetivo

Establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado fino (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

### Equipo y materiales

- Balanza, con una precisión de 0.1 %.
- Picnómetro (fiola), con capacidad 500 ml.
- Molde cónico metálico (cono de absorción) de  $40 \pm 3$  mm de diámetro en la parte superior,  $90 \pm 3$  mm de diámetro en la parte inferior y  $75 \pm 3$  mm de altura. Confeccionado por una plancha metálica de un espesor igual o superior a 0.8 mm.
- Pisón metálico, la cual es una varilla con uno de sus extremos de sección plana y circular, de  $25 \pm 3$  mm de diámetro. Debe tener una masa de  $340 \pm 15$  g.
- Bandejas.
- Estufa (horno) de tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ .

### Preparación de la muestra

- Primeramente, se mezcló uniformemente y se redujo por cuarteo el agregado fino (aproximadamente 1 kg), secándolo a peso constante a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ °C}$  en un recipiente y cubriéndolo con agua por inmersión, dejando reposar durante  $24 \pm 4$  horas. Además, existen otras normativas internacionales que determinaron en base a pruebas estandarizadas de laboratorio el tiempo necesario de saturación de los



agregados de peso normal, en todas ellas establecen tiempos de saturación de 24 h o menores, tal como se detalla en la tabla 19:

**Tabla 19**

*Tiempos de saturación de los agregados Fino y Grueso, de acuerdo a normativa internacional estandarizada*

<b>NORMATIVA</b>	<b>ENSAYO</b>	<b>TIEMPO DE SATURACIÓN ESTABLECIDO</b>
NTP 400.021/022	Densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino y grueso.	24 h $\pm$ 4 h
AASHTO T 84/85	Peso específico y la absorción de agregado fino y grueso	15 h – 19 h
AASHTO T 84/85 Modificación NDDOT	Peso específico y la absorción de agregado fino y grueso	17h $\pm$ 1 h
ASTM C 127/128	Gravedad específica (bulk) y absorción de agregado fino y grueso	24 h $\pm$ 4 h

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

- Luego, se decantó el agua evitando pérdida de finos y extendiendo el agregado sobre una superficie plana expuesta a una fuente de calor (estufa), removiendo frecuentemente para lograr un secado uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.
- Prueba de humedad superficial: Se colocó el molde cónico firmemente con el diámetro mayor hacia abajo, luego se introdujo el agregado fino suelto parcialmente seco en el molde, llenándolo hasta sobreponer material adicional por encima de la parte superior y sujetándolo con los dedos de la mano que sostiene el molde, después se procedió a apisonar el agregado fino en el molde aplicando 25 golpes con la pisón metálico, comenzando cada golpe aproximadamente a 5 mm por encima de la superficie superior del agregado fino, permitiendo que el pisón metálico caiga libremente bajo



la atracción gravitatoria, luego se limpió la arena suelta de la base y se levantó el molde verticalmente, comprobando si existe humedad superficial el agregado fino conservará la forma moldeada, en cambio la ligera caída del agregado fino moldeado indica que se ha llegado a un estado de saturado superficialmente seco (SSS).

#### Procedimiento Gravimétrico

- Primeramente, se llenó parcialmente el picnómetro con agua, introduciendo 500g de agregado fino saturado superficialmente seco (SSS), llenando con agua adicional a una temperatura de  $23 \pm 2$  °C, hasta aproximadamente el 90% de la capacidad.
- Después, se colocó el picnómetro en un baño de agua a  $23 \pm 2$ °C durante  $60 \pm 15$  minutos, para eliminar las burbujas de aire, de forma periódica se retiró el picnómetro del baño de agua de 15 a 20 minutos, agitando suavemente y colocándolo de nuevo en el baño de agua, todas las burbujas de aire fueron eliminadas, si las burbujas de aire no se eliminan completamente los resultados serían erráticos.
- Luego de eliminar las burbujas de aire, se ajustó la temperatura del frasco y su contenido a  $23 \pm 2$  °C y se llenó el frasco hasta la capacidad calibrada. Se determinó el peso total del frasco, muestra y agua.
- Finalmente, se removió el agregado fino del frasco, se secó en el horno hasta mantener un peso constante a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, se hizo enfriar a temperatura ambiente por ½ hora y se determinó el peso.

#### Expresión de los resultados

$$\text{Peso específico aparente} = A/(B+S-C)$$

$$\text{Peso específico aparente (S.S.S.)} = S/(B+S-C)$$



$$\% \text{ de Absorción} = ((S-A) / A) * 100$$

Dónde:

A: Peso seco de la muestra al horno (g).

B: Peso del picnómetro + agua.

C: Peso del picnómetro + agua + muestra.

S: Peso de la muestra saturado superficialmente seca.

### **3.3.1.3. *Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso***

#### Normativa

- NTP 400.021
- ASTM C 127

#### Objetivo

Establecer un procedimiento para determinar la densidad promedio de partículas de agregado grueso (no incluye los orificios entre las partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.

#### Equipo utilizado

- Balanza: Sensible a 0,5 g y con capacidad de 5 000 g o más. La balanza estará equipada con un dispositivo capaz de suspender la muestra en una cesta con malla de alambre en el recipiente con agua desde el centro de la plataforma de pesado.
- Cesta con malla de alambre: Con abertura correspondiente al tamiz N° 6 o abertura menor. El cesto deberá ser construido de tal forma de prevenir el aire atrapado cuando esté sumergido.
- Depósito de agua: Un depósito adecuado para sumergir la cesta de alambre en el agua y un dispositivo para suspenderla del centro de la escala de la balanza.



- Horno: Un horno capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

#### Preparación de la muestra

- Se mezcló la muestra y fue reducida aproximadamente a la cantidad de 4 kg NTP 400.021 (2013).
- Se secó la muestra a peso constante, a una temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ , luego se sumergió el agregado en agua a una temperatura ambiente por un período de  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ .

#### Procedimiento

- Primeramente, se retiró la muestra del agua, secándola sobre un paño grande y absorbente, hasta hacer desaparecer toda película de agua visible, aunque las superficies de las partículas aún parecían húmedas. Se tuvo cuidado en evitar la evaporación durante la operación del secado de la superficie, después se obtuvo el peso de la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca (SSS). Se determinó este y todos los demás pesos con aproximación de 0,5 g o al 0,05% del peso de la muestra, la que sea mayor.
- Después de pesar, se colocó de inmediato la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y se determinó su peso en agua a una temperatura entre  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , densidad  $997 \pm 2 \text{ kg/m}^3$ . Se tuvo cuidado de remover todo el aire atrapado antes del pesado sacudiendo el recipiente mientras se sumergía.
- Finalmente, se secó la muestra hasta peso constante, a una temperatura entre  $100 \text{ }^\circ\text{C} + 5^\circ\text{C}$  y se dejó enfriar hasta la temperatura ambiente, durante 1 a 2 horas o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea cómoda al tacto (aproximadamente  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y se pesó.



### Expresión de los resultados

$$\text{Peso específico aparente} = A/(S-C)$$

$$\text{Peso específico aparente (S. S. S.)} = S/(S-C)$$

$$\% \text{ Absorción} = ((S-A) / A) * 100$$

Donde:

A: Peso al aire de la muestra seca al horno. (g)

S: Peso de la muestra S.S.S. (g)

C: Peso en el agua de la muestra saturada. (g)

#### **3.3.1.4. *Peso Unitario (Masa por unidad de volumen)***

##### Normativa

- NTP 400.017
- ASTM C 29

##### Objetivo

Determinación de la densidad de masa (“Peso unitario”) del agregado fino y grueso en condición suelto o compactado.

##### Equipo y materiales

- Balanza: con una exactitud de 0,1% con respecto al peso del material usado.
- Recipiente de medida, metálico, cilíndrico, preferiblemente provisto de agarraderas, a prueba de agua, con el fondo y borde superior pulido, plano y suficientemente rígido, para no deformarse bajo condiciones duras de trabajo.



- Varilla compactadora, de acero, cilíndrica, de 16 mm (5/8") de diámetro, con una longitud aproximada de 600 mm (24"). Un extremo debe ser semiesférico y de 8 mm de radio (5 /16").
- Pala o cucharón de suficiente capacidad para llenar el recipiente con el agregado.

#### Procedimiento peso unitario suelto

- Primeramente, el recipiente de medida se llenó con un cucharón, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50 mm (2") hasta que rebose el recipiente.
- Se eliminó el agregado sobrante con la varilla compactadora.
- Finalmente, se determinó el peso del recipiente de medida más el agregado y se registró los pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

#### Procedimiento peso unitario compactado

- Primeramente, se llenó la tercera parte del recipiente con el agregado, y se emparejó la superficie con los dedos.
- Luego, se procedió a apisonar la capa de agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente, utilizando el extremo semiesférico, después se llenó las 2/3 partes del recipiente, volviendo a emparejar la superficie y apisonando como anteriormente se describió, por último, se llenó el recipiente hasta colmarlo y apisonándolo otra vez de la manera antes mencionada.
- Al apisonar la primera capa, se evitó que la varilla golpee el fondo del recipiente. Al apisonar las capas superiores, solo se aplicó la fuerza necesaria para que la varilla atravesara solamente la respectiva capa.



- Finalmente, colmado el recipiente, se enrasó la superficie con la varilla, usándola como regla, determinando su peso del recipiente lleno y peso del recipiente solo, y registrando los pesos con aproximación de 0,05 kg (0,1 lb).

Nota. El procedimiento fue el mismo para el agregado grueso y fino; se usó también el mismo molde.

#### Expresión de los resultados

Peso unitario: se calculó el peso unitario suelto o compactado, como sigue:

$$P. U. = \frac{Wt - Wm}{Vr}$$

Donde:

P.U. = Peso unitario del agregado en kg/m<sup>3</sup>.

Wt = Peso del recipiente de medida más el agregado suelto o compactado en kg.

Wm = Peso del agregado suelto o compactado en kg.

Vr = Volumen del recipiente de medida en m<sup>3</sup>.

El peso unitario determinado por este ensayo es para agregado en la condición seco.

#### **3.3.1.5. Análisis Granulométrico**

##### Normativa

- NTP 400.012
- ASTM C 136

##### Objetivo

Establecer el método para la determinación de la distribución por tamaño de partículas del agregado fino y grueso por tamizado.



### Equipo y materiales

- Balanzas: Si se va a pesar agregados finos se debe utilizar una balanza con aproximación de 0.1gr, por otro lado, en el caso del agregado grueso, una balanza con aproximación al 0.5gr.
- Juego de tamices serie gruesa: 3", 2", 1 ½", 1", ¾", 1/2", 3/8", Nro. 4, base y tapa.
- Juego de tamices serie fina: Nro. 4, Nro. 8, Nro. 16, Nro. 30, Nro. 50, Nro. 100, Nro. 200, base y tapa.
- Envases adecuados para el manejo y secado de las muestras
- Cepillo y brocha para limpiar las mallas de los tamices.
- Bandejas para el vaciado de agregado contenida en cada tamiz
- Horno a 105 +/- 5°C

### Preparación de la muestra

- Se mezcló y redujo completamente la muestra para ensayo, por cuarteo manual. El agregado fue completamente mezclado y tuvo suficiente humedad para evitar la segregación y pérdida de finos.
- Luego se secó la muestra a peso constante a una temperatura de 110 °C ± 5 °C.
- Agregado fino: La cantidad de muestra de agregado fino, después de secado, fue de 500 g NTP 400.012 (2013).
- Agregado grueso. La cantidad de muestra de agregado grueso, después de secado, fue de 10 kg NTP 400.012 (2013).

### Procedimiento

- Primeramente, se seleccionó la serie de tamices correspondiente (gruesa y fina), encajándolos en orden decreciente, por tamaño de abertura, luego se





colocó la muestra sobre el tamiz superior, para efectuar el tamizado de forma manual, durante un período adecuado.

- Se limitó la cantidad de material en un tamiz determinado, de forma que todas las partículas alcancen las aberturas del tamiz varias veces durante la operación del tamizado.
- Se previno la sobrecarga de material sobre algún tamiz individual.
- Luego, se continuó el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado no pase más del 1% de la cantidad en peso retenida en cada tamiz, durante aproximadamente un (1) minuto de tamizado manual.
- Después, se determinó el peso de la muestra retenida en cada tamiz, con una balanza de acuerdo al tipo de agregado (fino o grueso).
- Finalmente, se verificó el peso total del material después del tamizado con el peso original de la muestra ensayada, si la cantidad hubiese diferido en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no se usaría con fines de aceptación.

#### Expresión de los resultados

- Se calcula el porcentaje que pasa, porcentaje total retenido, o porcentaje sobre cada tamiz con aproximación de 0,1% sobre la base del peso total de la muestra inicial seca.

#### **3.3.1.6. Impurezas Orgánicas en el Agregado Fino**

##### Normativa

- NTP 400.024
- ASTM C 40



### Objetivo

Determinación aproximada de la presencia de impurezas orgánicas no deseadas en el agregado fino a ser usado en los concretos, usando una solución de color estándar.

### Equipo y materiales

- Botellas de vidrio graduadas, incoloras de aproximadamente 240 ml a 470 ml de capacidad nominal, equipadas con tapones impermeables, no solubles en los reactivos especificados. Las graduaciones en las botellas serán en mililitros u onzas, excepto que las botellas no marcadas serán calibradas y marcadas con graduaciones por el usuario. En cuyo caso, las marcas de graduaciones serán requeridas en sólo 3 puntos como sigue:
  - Nivel de la solución de color estándar: 75 ml.
  - Nivel del agregado fino: 130 ml.
  - Nivel de solución NaOH: 200 ml.
- Reactivo y solución de color estándar: Reactivo Solución de Hidróxido de Sodio (3%): Disolver 3 partes del Hidróxido de Sodio grado reactivo (NaOH) en 97 partes de agua por peso.
- Solución de color estándar: Disolver Dicromato de Potasio grado reactivo ( $K_2Cr_2O_7$ ) en ácido sulfúrico concentrado ( $D=1,84$ ) a la velocidad de 0,250 g/100 ml de ácido. La solución debe ser fresca hecha para el color de comparación usando un calor suave si es necesario para efectos de disolución.

### Procedimiento

- Primeramente, se llenó una botella de vidrio al nivel aproximado de 130 ml con la muestra de agregado fino.



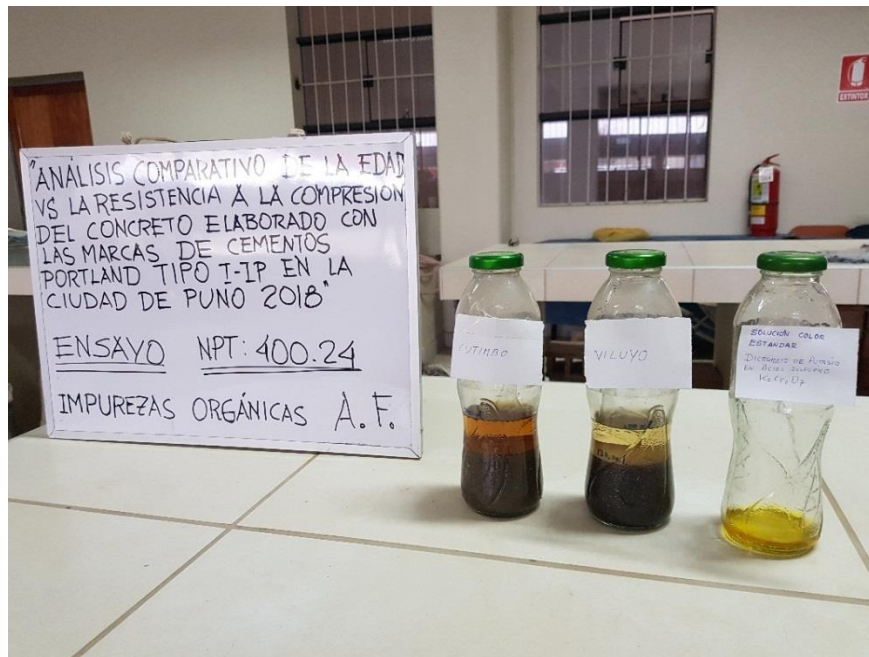
- Luego, se añadió la solución de hidróxido de sodio mientras el volumen del agregado fino y el líquido luego de la agitación indican aproximadamente 200 ml.
- Finalmente, se tapa la botella, agitándola vigorosamente y dejándola reposar por 24 h.

*Procedimiento para la solución de color estándar:*

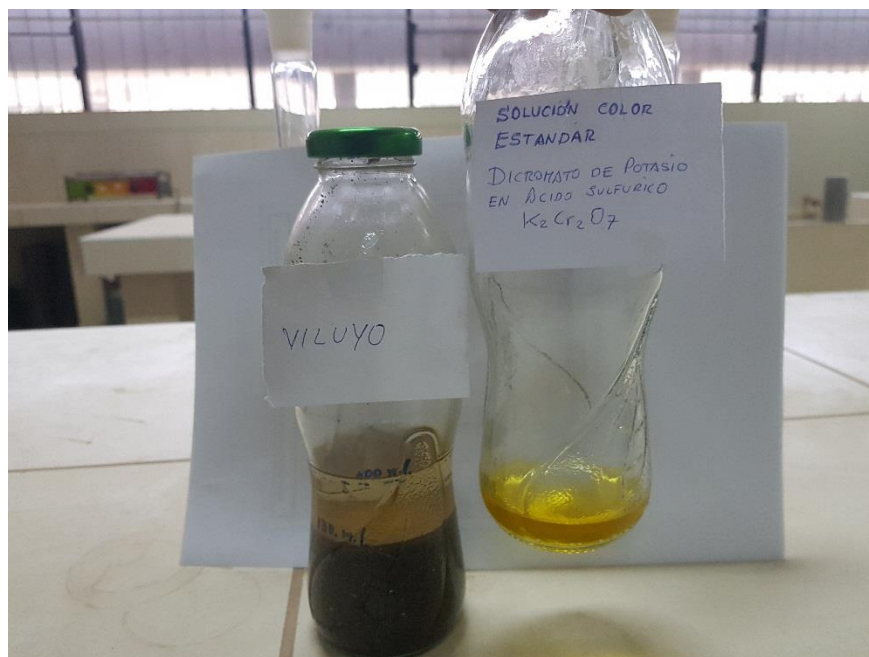
- Al final del periodo de 24 h de reposo, se llenó una botella de vidrio al nivel aproximado de 75 ml con la solución fresca de color estándar, preparada previamente en no más de 2 h.
- Se colocó la botella con la muestra de ensayo y la botella con la solución de color estándar, ambas de lado a lado para comparar el color de luz transmitido a través del líquido sobre-nadante por encima de la muestra con el color de luz transmitido a través de la solución de color estándar. Se registró si el líquido sobre-nadante fue en mayor, menor o igual al color de la solución estándar.

*Interpretación del ensayo*

Cuando una muestra sujeta a este procedimiento de ensayo produzca un color más oscuro que el color estándar, o el de la Placa Orgánica No.3 (Color del Patrón Gardner No. 11), se considera que el agregado fino bajo ensayo posiblemente presente contenido de impurezas orgánicas no deseadas. Se recomienda desarrollar pruebas adicionales antes de aprobar el agregado fino para su uso en concreto.



**Figura 11.** Ensayo de impurezas orgánicas del Agregado Fino, cantera Viluyo



**Figura 12.** Comparación de colores del reactivo en el agregado fino, cantera Viluyo

### Interpretación

De acuerdo a la coloración de la figura 12, se considera que el agregado fino no presenta contenido de impurezas orgánicas no deseadas, debido a que presenta una tonalidad de coloración más clara que la solución estándar, por lo tanto, es recomendable aprobar el agregado fino para su uso en concreto.

### 3.3.2. Diseño de Mezclas

Luego de realizar todos los ensayos correspondientes, en donde se determinaron las propiedades de cada uno de los componentes del concreto, estos se combinan en proporciones adecuadas, y de esa manera, se logra un balance entre economía y cumplimiento de la normativa, para la elaboración concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en estado fresco y endurecido.

El diseño de mezclas se realizó por los métodos del comité 211 del ACI y el método WALKER, enfocándonos en obtener las proporciones más adecuadas para elaborar concretos con las marcas y tipos de cemento analizados en esta tesis.

#### 3.3.2.1. Materiales Cementantes

En principio se obtuvo las características físicas indicadas en las fichas técnicas de cada marca y tipo de cemento que se comercializa en la ciudad de Puno y que además cumplen con la normativa nacional correspondiente, las cuales se describen en la tabla 20:

**Tabla 20**

*Características físicas de las marcas de cemento utilizadas*

Ítem.	Marca de cemento	Tipo	Und.	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Normativa vigente
1	Frontera	IP	bls.	2.85	NTP 334.090
2	Rumi	IP	bls.	2.82	NTP 334.090
3	Yura	I	bls.	3.09	NTP 334.009
4	Wari	I	bls.	3.14	NTP 334.009

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 3.3.2.2. Agregados

Se utilizaron los agregados provenientes de la cantera Viluyo, luego de realizar los diferentes ensayos, se verificó que cumplen con especificaciones de la normativa nacional correspondiente y éstos presentan las siguientes características:

**Tabla 21***Resumen de las propiedades físicas de los agregados, cantera Viluyo.*

Descripción	Unidad	Agregados	
		Fino	Grueso
Tamaño máximo	Pulgada	N° 4	1 1/2"
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	2.56	2.53
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1594	1482
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1715	1650
Contenido de humedad	%	2.85	1.40
Absorción	%	4.00	1.51
Módulo de fineza		2.94	7.16

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.3.2.3. Agua

Se usó el agua potable provisto a las instalaciones de los Laboratorios de Construcciones de la escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno. Verificándose también el cumplimiento de los parámetros establecidos en la normativa NTP 339.088 (2006), resultando ser apta para la elaboración de concretos.

### 3.3.2.4. Diseño de Mezcla – Método: ACI - 211

A continuación, se presenta la secuencia del diseño de mezcla del concreto elaborado con cemento Frontera IP.

#### 3.3.2.4.1. Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida “ $f'_{cr}$ ”

Puesto que no se cuenta con registros anteriores de ensayos de resistencia a compresión para concretos elaborados con agregados de la cantera Viluyo y las marcas de cemento consideradas en esta tesis, por ello para el cálculo de la resistencia promedio se utilizó la tabla 22:

**Tabla 22***Resistencia del concreto a la compresión promedio requerida.*

$f'c$	$f'cr$
menos de 210	$f'c + 70$
<b>210 a 350</b>	<b><math>f'c + 84</math></b>
sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: ACI-Comité 211

Por lo tanto, para una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se considera el factor de 84 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo una resistencia promedio de 294 kg/cm<sup>2</sup>.

Resistencia especificada :  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia promedio requerida :  $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$

#### **3.3.2.4.2. Tamaño Máximo y Máximo Nominal del Agregado Grueso**

De acuerdo a la normativa NTP 400.037 (2018) el tamaño máximo y máximo nominal obtenido para la presente investigación es:

Tamaño Máximo : 1 ½”

Tamaño Máximo Nominal : 1”

#### **3.3.2.4.3. Selección del Asentamiento**

Se ha considerado realizar el diseño de mezcla con una consistencia plástica con el fin de garantizar la trabajabilidad del concreto, eligiendo un asentamiento de 3” a 4”.

#### **3.3.2.4.4. Volumen Unitario de Agua**

Para la determinación del volumen unitario de agua, se ha considerado la tabla 23 establecida por el ACI 211:

**Tabla 23**

*Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.*

Asentamiento	Agua, en lt/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominales de agregado grueso y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concretos sin aire incluido								
1" a 2"	207	199	185	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	<b>193</b>	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	---

Fuente: Adaptado del ACI-Comité 211

Por lo tanto, para una mezcla de consistencia plástica (asentamiento de 3" a 4"), y de tamaño máximo nominal de 1", se tiene un volumen unitario de **193 l/m<sup>3</sup>**.

#### **3.3.2.4.5. Selección del Contenido de Aire**

Puesto que no ha sido considerado la incorporación de aire en el diseño, se procedió a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la tabla 24:

**Tabla 24**

*Porcentaje de aire atrapado para diferentes valores de Tamaño Máximo Nominal.*

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
<b>1"</b>	<b>1.5%</b>
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: ACI-Comité 211

Por lo tanto, para un tamaño máximo nominal de 1", se consideró 1.5% de aire atrapado en la mezcla.



### 3.3.2.4.6. Selección de la Relación Agua/Cemento (a/c) por Resistencia.

Considerándose un concreto de uso genérico, con una resistencia promedio requerida  $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ , no fue considerado para el diseño problemas de intemperismo, ni de ataques por sulfatos, u otro tipo de acciones que pudieran dañar al concreto, por ello se eligió usar la relación agua-cemento por resistencia.

**Tabla 25**

*Relación agua - cemento por resistencia.*

f'cr (28 días)	Relación a/c de diseño en peso	
	Sin aire incorporado	Con aire incorporado
100	0.9	0.81
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
<b>250</b>	<b>0.62</b>	0.53
<b>300</b>	<b>0.55</b>	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: ACI-Comité 211

Ingresando a la tabla; vemos que para la resistencia promedio requerida  $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$  y concreto sin aire incorporado, obtuvimos por regla de tres simple con límite superior e inferior, obtenemos una relación agua cemento de:

Se interpola los valores para hallar la relación a/c:

$$\frac{300 - 250}{210 - 250} = \frac{0.55 - 0.62}{X - 0.62}$$

Despejando X se obtiene:

$$X=0.56$$

Por lo tanto, se asume:

$$a/c = 0.56$$

### 3.3.2.4.7. Factor Cemento

El Factor cemento se determinó dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua - cemento:

$$FC = \frac{\text{Vol. unitario de agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{193 \text{ l/m}^3}{0.56} = 345.63 \text{ kg/m}^3$$

$$FC = 345.63 \text{ kg/m}^3$$

$$FC = \frac{345.63 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg}}$$

$$FC = 8.3 \text{ bolsas/m}^3$$

### 3.3.2.4.8. Selección del Contenido de Agregado Grueso

La selección del contenido del agregado grueso se determinó mediante la tabla 26, que está en función del Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso y del módulo de finura del agregado fino. Obteniéndose, de esta tabla, el coeficiente  $b/b_0$  resultante de la división del peso seco del agregado grueso requerido por la unidad cúbica del concreto, entre el peso unitario seco y varillado del agregado grueso, expresado en  $\text{kg/m}^3$ .

**Tabla 26**

*Peso del Agregado Grueso por Unidad de Volumen del Concreto*

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto, para diversos módulos de finura del fino ( $b/b_0$ )			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	<b>0.67</b>	<b>0.65</b>
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Adaptado del ACI-Comité 211



Interpolando valores para hallar el factor  $b/b_0$  de la tabla:

$$\frac{3 - 2.94}{2.94 - 2.80} = \frac{0.65 - x}{x - 0.67}$$

Despejando  $x$  obtenemos:

$$x = 0.66$$

Por lo tanto, con un módulo de finura de 2.94 y un tamaño máximo nominal del agregado grueso de 1", se encuentra un valor de  $b/b_0=0.66 \text{ m}^3$  de agregado grueso seco y compactado por unidad de volumen de concreto. De donde se tiene que:

$$\text{Peso del Agregado Grueso seco y compactado} = 1650 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.66 \times 1650 \text{ kg/m}^3 = 1082.91 \text{ kg/m}^3$$

#### 3.3.2.4.9. Cálculo de los Volúmenes Absolutos

Conocidos los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como el volumen de aire, se procedió a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes:

Volumen absoluto de:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P. e. del cemento}} = \frac{345.63 \text{ kg}}{2820 \text{ kg/m}^3} = 0.121 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Vol. unitario del agua}}{\text{P. e. del agua}} = \frac{193 \text{ l}}{1000 \text{ l/m}^3} = 0.193 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \% \text{ de aire atrapado} = 1.5\% = 0.015 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{\text{Peso A. G. Seco y compactado}}{\text{p. e. del A. G.}} = \frac{1082.91 \text{ kg}}{2530 \text{ kg/m}^3} = 0.428 \text{ m}^3$$

Sumatoria de volúmenes absolutos conocidos:

Cemento : 0.121 m<sup>3</sup>

Agua : 0.193 m<sup>3</sup>

Aire : 0.015 m<sup>3</sup>

A. Grueso : 0.428 m<sup>3</sup>

---

Sub total : 0.758 m<sup>3</sup>



#### 3.3.2.4.10. *Contenido de Agregado Fino*

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

$$\text{Volumen A. Fino} : 1 - 0.758 = 0.242 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. Abs Agregados} : 0.242 + 0.428 = 0.67 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso A. Fino} = (\text{Volumen A. Fino}) * (\text{p.e. A. Fino})$$

$$\text{Peso A. Fino} = (0.242) * (2.56 * 1000) \text{ kg}$$

$$\text{Peso A. Fino} = 620.23 \text{ kg}$$

#### 3.3.2.4.11. *Valores de Diseño*

Las cantidades de materiales calculados como valores de diseño fueron:

$$\text{Cemento} : 345.63 \text{ kg}$$

$$\text{Agua de diseño} : 193.00 \text{ lt}$$

$$\text{Agregado Fino Seco} : 620.23 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado Grueso Seco} : 1082.91 \text{ kg}$$

#### 3.3.2.4.12. *Corrección por Humedad del Agregado*

Una vez obtenido los valores de diseño, en proporciones secas, estas fueron corregidas en función de las condiciones de humedad, de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

*Pesos húmedos:*

$$\text{A. Fino} : (\text{Peso seco}) * (1 + w\%) \text{ kg/m}^3 = (620.23) * (1 + 2.85/100)$$

$$\text{A. Grueso} : (\text{Peso seco}) * (1 + w\%) \text{ kg/m}^3 = (1082.91) * (1 + 1.40/100)$$

$$\text{A. Fino} : 637.91 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. Grueso} : 1098.07 \text{ kg/m}^3$$



*Humedad superficial*

A. Fino : Contenido de humedad – Absorción = 2.85 – 4.00 = -1.15 %

A. Grueso : Contenido de humedad – Absorción = 1.40 – 1.51 = -0.11 %

*Aporte de humedad*

A. Fino: (Peso húmedo) \*(humedad superficial) lt/m<sup>3</sup> = (637.91) \*(-1.15/100)

A. Grueso: (Peso húmedo) \*(humedad superficial) lt/m<sup>3</sup> = (1098.07) \*(-0.11/100)

A. Fino : -7.095 lt/m<sup>3</sup>

A. Grueso : -1.159 lt/m<sup>3</sup>

---

Total : -8.254 lt/m<sup>3</sup>

*Agua efectiva*

193.00 -Aporte humedad (lt/m<sup>3</sup>)

193.00 – (-8.254) = 201.25 lt/m<sup>3</sup>

*Pesos corregidos*

Cemento : 345.63 kg/m<sup>3</sup>

Agua efectiva : 201.25 lt/m<sup>3</sup>

Agregado fino húmedo : 637.93 kg/m<sup>3</sup>

Agregado grueso húmedo : 1098.07 kg/m<sup>3</sup>

**3.3.2.4.13. Proporciones de la Mezcla**

Culminado el diseño paso a paso y obtenidas las dosificaciones, se calculó en peso todos los materiales necesarios para una tanda de concreto.

La proporción en pesos húmedos resultó:

$$\frac{345.63}{345.63} : \frac{637.93}{345.63} : \frac{1098.07}{345.63} / \frac{201.25}{\frac{345.63}{42.5}}$$

$$1 : 1.85 : 3.18 / 24.75 \text{ lt/bolsa}$$

#### 3.3.2.4.14. *Presentación Final del Diseño*

Este diseño se presentó en tandas, de acuerdo al número de probetas a elaborar y la capacidad de la mezcladora que se tiene en laboratorio. Considerando que se sigue la misma secuencia de diseño por el método ACI-211, resulta tedioso e innecesario presentar la secuencia de diseño para cada marca de cemento usado en esta tesis, por esta razón se muestran los resúmenes de los diseños en tablas para cada marca y tipo de cemento, los cuales se detallan en el Capítulo IV Resultados y Discusión.

#### 3.3.2.5. *Diseño de Mezcla – Método: WALKER*

A continuación, se presenta la secuencia del diseño de mezcla por el método del profesor Walker, realizado para cemento Yura tipo I.

##### 3.3.2.5.1. *Cálculo de la Resistencia Promedio*

Considerando la resistencia a compresión especificada de 210 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, además que se desconocen datos de desviación estándar para concretos elaborados con estos materiales, debido a ello se aplicó la tabla 27:

**Tabla 27**

*Resistencia del concreto a la compresión promedio.*

$f'c$	$f'cr$
menos de 210	$f'c + 70$
<b>210 a 350</b>	<b><math>f'c + 84</math></b>
sobre 350	$f'c + 98$

Fuente: Adaptado del ACI-Comité 211

Por lo tanto, para una resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se considera el factor de 84 kg/cm<sup>2</sup>, obteniendo una resistencia promedio de 294 kg/cm<sup>2</sup>.

Resistencia especificada :  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia promedio requerida :  $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$

### 3.3.2.5.2. *Tamaño Máximo y Máximo Nominal del Agregado Grueso*

De acuerdo a la normativa NTP 400.037 (2018) el tamaño máximo y máximo nominal obtenido para la presente investigación es:

Tamaño Máximo : 1 ½"

Tamaño Máximo Nominal : 1"

Perfil del agregado grueso : Redondeado

### 3.3.2.5.3. *Selección del Asentamiento*

No detallándose en el diseño una estructura específica, se consideró realizar el diseño de mezcla con una consistencia plástica, a fin de garantizar la trabajabilidad del concreto, por ello se eligió un asentamiento de 3" a 4", por ser el más adecuado para la mayoría de estructuras de concreto.

### 3.3.2.5.4. *Volumen Unitario de Agua*

Para la determinación del volumen unitario de agua, se consideró la tabla 28:

**Tabla 28**

*Requerimientos aproximados de agua de mezclado para diferentes valores de asentamiento y tamaños máximos de agregados.*

Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso	Volumen unitario de agua , expresado en lt/m <sup>3</sup> , para los asentamientos y perfiles de agregado grueso indicados					
	Redondeado			Angular		
	1" - 2"	3" - 4"	6" - 7"	1" - 2"	3" - 4"	6" - 7"
3/8"	185	201	230	212	227	250
1/2"	182	197	219	201	216	238
3/4"	170	185	208	189	204	227
1"	163	<b>178</b>	197	182	197	216
1 1/2"	155	170	185	170	185	204
2"	148	163	178	163	178	197
3"	136	151	163	151	167	182

Fuente: Rivva (2018).

Ingresando a la tabla de doble entrada, elaborada por el profesor Walker, para una consistencia plástica que corresponde un asentamiento de 3" a 4", agregado grueso con

Tamaño Máximo Nominal de 1" y con perfil redondeado, obtenemos un volumen unitario de agua de 178 Lt/m<sup>3</sup>.

### 3.3.2.5.5. Selección del Contenido de Aire

Puesto que no ha sido considerado la incorporación de aire en el diseño, se procedió a obtener el porcentaje de aire atrapado, según la tabla 29:

**Tabla 29**

*Porcentaje de aire atrapado para diferentes valores de Tamaño Máximo Nominal.*

Tamaño Máximo Nominal	Aire atrapado
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
<b>1"</b>	<b>1.5%</b>
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
6"	0.2%

Fuente: Adaptado del ACI-Comité 211

Por lo tanto, para un tamaño máximo nominal de 1", se consideró 1.5% de aire atrapado en la mezcla.

### 3.3.2.5.6. Selección de la Relación Agua/Cemento (a/c) por Resistencia.

Considerándose un concreto de uso genérico, con una resistencia promedio requerida  $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ , no fue considerado para el diseño problemas de intemperismo, ni de ataques por sulfatos, u otro tipo de acciones que pudieran dañar al concreto, por ello se eligió usar la relación agua-cemento por resistencia.



**Tabla 30***Relación agua - cemento por resistencia.*

<b>f'cr (28 días)</b>	<b>Relación a/c de diseño en peso</b>	
	<b>Sin aire incorporado</b>	<b>Con aire incorporado</b>
100	0.9	0.81
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
<b>250</b>	<b>0.62</b>	0.53
<b>300</b>	<b>0.55</b>	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	
450	0.38	

Fuente: ACI-Comité 211

Ingresando a la tabla; vemos que para la resistencia promedio requerido  $f'_{cr} = 294$  kg/cm<sup>2</sup> y concreto sin aire incorporado, obtuvimos por regla de tres simple con límite superior e inferior una relación agua cemento de:

Se interpola los valores para hallar la relación a/c:

$$\frac{300 - 250}{210 - 250} = \frac{0.55 - 0.62}{X - 0.62}$$

Despejando X se obtiene:

$$X=0.56$$

$$a/c = 0.56$$

### 3.3.2.5.7. Factor Cemento

El Factor cemento se determinó dividiendo el volumen unitario de agua entre la relación agua – cemento.

Determinamos el factor cemento por la siguiente expresión:

$$FC = \frac{\text{Vol. unitario de agua}}{\text{Relación a/c}} = \frac{178 \text{ l/m}^3}{0.56} = 318.77 \text{ kg/m}^3$$

$$FC = \frac{318.77 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg}}$$



$$FC = 7.50 \text{ bolsas/m}^3$$

### 3.3.2.5.8. Cálculo del Volumen Absoluto de la Pasta.

La suma de volúmenes absolutos de los materiales integrantes de la pasta fue:

Volumen absoluto de:

$$\text{Cemento} = \frac{\text{Factor Cemento}}{\text{P. e. del cemento}} = \frac{318.77 \text{ Kg}}{3090 \text{ Kg/m}^3} = 0.103 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{\text{Vol. unitario del agua}}{\text{P. e. del agua}} = \frac{178 \text{ l}}{1000 \text{ l/m}^3} = 0.178 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \% \text{ de aire atrapado} = 1.5\% = 0.015 \text{ m}^3$$

Por lo tanto:

$$\text{Cemento} \quad \quad \quad : 0.103 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} \quad \quad \quad : 0.178 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} \quad \quad \quad : 0.015 \text{ m}^3$$

---

$$\text{Volumen Abs de la pasta} \quad : 0.296 \text{ m}^3$$

### 3.3.2.5.9. Volumen Absoluto del Agregado

El volumen absoluto del agregado será igual a la unidad menos el volumen absoluto de la pasta.

$$\text{Volumen absoluto del agregado} = 1 - 0.296 = 0.704 \text{ m}^3$$

### 3.3.2.5.10. Porcentaje del Agregado Fino

Para determinar el porcentaje del agregado fino en relación al volumen total de agregado entramos a la tabla 31:

**Tabla 31**  
*Porcentaje del agregado fino (tablas Walker)*

<b>PORCENTAJE DEL AGREGADO FINO</b>								
<b>Tamaño Máximo Nominal del agregado grueso.</b>	<b>Agregado redondeado</b>				<b>Agregado angular</b>			
	<b>Factor cemento expresado en sacos por metro cúbico</b>							
	<b>Agregado fino módulo de fineza de 2.3 a 2.4</b>							
	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
3/8"	60	57	54	51	69	65	61	58
1/2"	49	46	43	40	57	54	51	48
3/4"	41	38	35	33	48	45	43	41
1"	40	37	34	32	47	44	42	40
1 1/2"	37	34	32	30	44	41	39	37
2"	36	33	31	29	43	40	38	36
<b>Agregado fino módulo de fineza de 2.6 a 2.7</b>								
	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
3/8"	66	62	59	56	75	71	67	64
1/2"	53	50	47	44	61	58	55	53
3/4"	44	41	38	36	51	48	46	44
1"	42	39	37	35	49	46	44	42
1 1/2"	40	37	35	33	47	44	42	40
2"	37	35	33	32	45	42	40	38
<b>Agregado fino módulo de fineza de 3.0 a 3.1</b>								
	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
3/8"	74	70	66	62	84	80	76	73
1/2"	59	56	53	50	70	66	62	59
3/4"	49	46	43	40	57	54	51	48
<b>1"</b>	47	44	<b>41</b>	<b>38</b>	55	52	49	46
1 1/2"	44	41	38	36	52	49	46	44
2"	42	38	36	34	49	46	44	42

Fuente: Rivva (2018).

Para un agregado grueso redondeado de Tamaño Máximo Nominal 1" y factor cemento de 7.50 bolsas/m<sup>3</sup>.



Se interpola los valores para hallar el porcentaje de Agregado Fino:

$$\frac{8 - 7.5}{7.5 - 7} = \frac{38 - x}{x - 41}$$

Despejando x se obtiene:

$$x = 39.50$$

Por lo tanto:

$$\% \text{ A. Fino} = 39.50$$

$$\% \text{ A. Grueso} = 100\% - 39.50\% = 60.50\%$$

#### **3.3.2.5.11. Volúmenes Absolutos de Agregados**

Para determinar los volúmenes absolutos de los agregados fino y grueso, se multiplicó el porcentaje de agregado fino por el volumen absoluto total de agregado, determinando así el volumen absoluto de agregado fino y por diferencia se determinó el volumen de agregado grueso.

$$\text{A. Fino} = 0.704 \times 0.395 = 0.278 \text{ m}^3$$

$$\text{A. Grueso} = 0.704 - 0.278 = 0.426 \text{ m}^3$$

#### **3.3.2.5.12. Pesos Secos de los Agregados**

$$\text{A. Fino} = (\text{Volumen A. Fino}) * (\text{p.e. A Fino})$$

$$\text{A. Fino} = 0.278 \text{ m}^3 \times 2.56 \times 1000 = 711.679 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{A. Grueso} = (\text{Volumen A. Grueso}) * (\text{p.e. A Grueso})$$

$$\text{A. Grueso} = 0.426 \text{ m}^3 \times 2.53 \times 1000 = 1076.315 \text{ kg/m}^3$$

#### **3.3.2.5.13. Valores de Diseño**

Las cantidades de materiales que fueron empleados por la metodología de Walker como valores de diseño son:

Cemento : 318.77 kg

Agua de diseño : 178.00 lt

Agregado Fino Seco : 711.68 kg



Agregado Grueso Seco : 1076.32 kg

#### 3.3.2.5.14. Corrección por Humedad del Agregado

Una vez obtenido los valores de diseño, en proporciones secas, estas fueron corregidas en función de las condiciones de humedad, de los agregados fino y grueso, a fin de obtener los valores a ser utilizados en obra.

*Pesos húmedos:*

A. Fino : (Peso seco)\*(1+w%) kg/m<sup>3</sup> = (711.68)\*(1+2.85/100)

A. Grueso : (Peso seco)\*(1+w%) kg/m<sup>3</sup> = (1076.32)\*(1+1.40/100)

*Pesos húmedos:*

A. Fino : 731.99 kg/m<sup>3</sup>

A. Grueso : 1091.38 kg/m<sup>3</sup>

*Humedad superficial*

A. Fino : Contenido de humedad – Absorción = 2.85 – 4.00 = -1.15 %

A. Grueso : Contenido de humedad – Absorción = 1.40 – 1.51 = -0.11 %

*Aporte de humedad*

A. Fino: (Peso húmedo)\*(humedad superficial) lt/m<sup>3</sup> = (637.91)\*(-1.15/100)

A. Grueso: (Peso húmedo)\*(humedad superficial) lt/m<sup>3</sup> = (1098.07)\*(-0.11/100)

A. Fino : -7.095 lt/m<sup>3</sup>

A. Grueso : -1.159 lt/m<sup>3</sup>

---

Total : -8.254 lt/m<sup>3</sup>

*Agua efectiva*

178.00 -Aporte humedad (lt/m<sup>3</sup>)

178.00 – (-8.254) = 187.29 lt/m<sup>3</sup>

*Pesos corregidos*

Cemento : 318.77 kg/m<sup>3</sup>



Agua efectiva	: 187.29 lt/m <sup>3</sup>
Agregado fino húmedo	: 731.99 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso húmedo	: 1091.38 kg/m <sup>3</sup>

#### **3.3.2.5.15. Proporciones de la Mezcla**

Culminado el diseño paso a paso y obtenidas las dosificaciones, se calculó en peso todos los materiales necesarios para una tanda de concreto.

La proporción en pesos húmedos sería:

$$\frac{318.77}{318.77} : \frac{731.99}{318.77} : \frac{1091.38}{318.77} / \frac{187.29}{\frac{318.77}{42.5}}$$
$$1 : 2.30 : 3.42 / 25.0 \text{ lt/bolsa}$$

#### **3.3.2.5.16. Presentación Final del Diseño**

Este diseño se presentó en tandas, de acuerdo al número de probetas a elaborar y la capacidad de la mezcladora que se tiene en laboratorio. Considerando que se sigue la misma secuencia de diseño por el método Walker, resulta tedioso e innecesario presentar la secuencia de diseño para cada marca de cemento usado en esta tesis, por esta razón se muestran los resúmenes de los diseños en tablas para cada marca y tipo de cemento, los cuales se detallan en el Capítulo IV Resultados y Discusión.



### 3.4. ENSAYOS REALIZADOS

#### 3.4.1. Ensayo de Consistencia o Asentamiento en el Cono de Abrams.

Normativa: NTP 339.035 (1999)

##### *Equipo utilizado*

- Varilla Lisa de 5/8” punta redonda.
- Molde (cono de Abrams).
- Base metálica plana.

##### *Descripción del proceso*

- Primeramente, se colocó el molde sobre una superficie plana y humedecida, manteniéndose inmóvil pisando las aletas. Seguidamente se procedió a verter una capa de concreto hasta un tercio del volumen. Se apisonó con la varilla, aplicando 25 golpes, distribuidos uniformemente.
- Enseguida se colocó otras dos capas con el mismo procedimiento a un tercio del volumen y consolidando, de manera que la barra penetre ligeramente en la capa inmediata inferior (como máximo 1”).
- Luego, la tercera capa se llenó en exceso, para luego enrasar al término de la consolidación. Lleno y enrasado el molde, se levantó lenta y cuidadosamente en dirección vertical.
- Finalmente, el concreto moldeado fresco se asentó, la diferencia entre la altura del molde y la altura de la mezcla fresca se denomina Slump.
- Se estima que desde el inicio de la operación hasta el término no deben transcurrir más de 2 minutos, de los cuales el proceso de desmolde no toma más de cinco segundos.



**Figura 13.** Ensayo de consistencia (cono de abrams).  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



**Figura 14.** Medición del asentamiento mediante el ensayo de consistencia (cono de abrams).  
Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

### 3.4.2. Ensayo de Resistencia a Compresión Simple

Normativa: NTP 339.034, ASTM C-39

Para la evaluación, de la resistencia a compresión, se utilizaron probetas moldeadas con concreto fresco, de las siguientes dimensiones: diámetro=15 cm, altura=30 cm. Estas probetas fueron curadas durante, 7, 14 y 28 días, luego se sometieron





a la prueba de compresión, en una maquina hidráulica (Ele International), a velocidad de carga constante de 530 kg/s equivalente a 0.29 MPa/s comprendido en el rango de la normativa establecida.

Los resultados del ensayo de resistencia a compresión se detallan en el CAPÍTULO IV Resultados y Discusión.

#### *Equipo utilizado*

- Máquina de pruebas de compresión (Ele International capacidad 1200 KN).
- Bloques de acero con caras duras. (Almohadillas de neopreno).
- Vernier (precisión de 0.02 mm)

#### *Procedimiento de Ensayo*

- Primeramente, se retiró los especímenes a ser ensayados de las pozas de curado.
- Luego, se codificó las probetas a ser ensayadas.
- Después, se realizó las medidas de los diámetros, se midieron en dos sitios en ángulos rectos entre sí, estas deben de promediarse para posteriormente calcular el área de la sección.
- Los platillos de retención tienen colocado las almohadillas de neopreno, se introdujo la probeta de concreto en platillo inferior, luego se coloca el platillo superior y finalmente se centra en la máquina de ensayo de compresión.
- Se procede a cargar hasta completar la rotura, el régimen de carga de la máquina hidráulica es de 530 kg/s.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. RESULTADOS

Antes de presentar los resultados cabe reiterar que se trabajó con las marcas de cemento Frontera y Rumi del tipo IP; Yura y Wari del tipo I, se usó agregados de la cantera Viluyo, los diseños de mezcla fueron realizados por la metodología del ACI-211 y WALKER con una relación a/c por resistencia, para concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, todo ello utilizando los instrumentos y equipos en los ambientes del Laboratorio de Construcciones de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

##### 4.1.1. Propiedades Físicas de los Agregados

###### 4.1.1.1. Contenido de Humedad

**Tabla 32**

*Contenido de humedad del agregado fino, Cantera Viluyo*

HUMEDAD DEL AGREGADO FINO				
Descripción	Und.	E-1	E-2	E-3
Peso de tara	g	29.82	50.68	50.65
Peso de tara + M. Húmeda	g	529.05	664.98	550.57
Peso de tara + M. Seca	g	514.56	648.37	537.08
Peso de agua	g	14.49	16.61	13.49
Peso muestra seca	g	484.74	597.69	486.43
Contenido de humedad W%	%	2.99	2.78	2.77
Promedio cont. Humedad W%	%		2.85	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

**Tabla 33**

*Contenido de humedad del agregado grueso, Cantera Viluyo*

HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO				
Descripción	Und.	E-1	E-2	E-3
Peso de tara	g	256.89	240.43	225.75
Peso de tara + m. Húmeda	g	1574.76	1737.48	1689.83
Peso de tara + m. Seca	g	1557.12	1716.5	1669.51
Peso de agua	g	17.64	20.98	20.32
Peso muestra seca	g	1300.23	1476.07	1443.76
Contenido de humedad W%	%	1.36	1.42	1.41
Promedio cont. Humedad W%	%		1.40	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

*Interpretación:* El contenido de humedad, de los agregados, es usado para la corrección por humedad en el diseño de mezclas y de esa manera buscar un diseño ideal con el agregado en su estado de humedad real, se puede apreciar valores de humedad bajos, debido a que los ensayos en laboratorio se realizan en condición seca.

#### 4.1.1.2. *Peso Específico y Absorción*

**Tabla 34**

*Ensayo de peso específico y % de absorción del agregado fino, Cantera viluyo.*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO FINO			
I.- DATOS			
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad
S	Peso de la muestra de arena superficialmente seca	g	500.00
B	Peso del picnómetro + peso del agua	g	708.61
C	Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua	g	1020.80
A	Peso de la arena secada al horno	g	480.78
II.- RESULTADOS			
1	Peso específico de la masa ( $A/(B+S-C)$ )	g/cm <sup>3</sup>	2.56
2	Peso específico aparente (SSS)	g/cm <sup>3</sup>	2.66
3	Porcentaje de absorción: $\% \text{ abs}((S-A)/A)$	%	4.00

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

**Tabla 35**

*Ensayo de peso específico y % de absorción del agregado grueso, Cantera viluyo.*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADO GRUESO			
Ítem	Descripción	Und.	Cantidad
I.- DATOS			
A	Peso de la muestra secada al horno.	g	1970.31
S	Peso de la muestra saturada superficialmente seca.	g	2000.00
	Peso de la canastilla sumergida	g	141.08
	Peso de la canastilla sumergida + muestra sss sumergida	g	1361.55
C	Peso de la muestra saturada superficialmente seca sumergida en agua	g	1220.47
II.- RESULTADOS			
1	Peso específico de la masa (A/(S-C))	g/cm <sup>3</sup>	2.53
2	Peso específico aparente (SSS)	g/cm <sup>3</sup>	2.57
3	Porcentaje de absorción: % abs (S-A)/A)	%	1.51

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

*Interpretación:* Los pesos específicos están relacionados con la porosidad, mientras más alto es su valor este será más estable y menos poroso. De acuerdo a los valores 2.56 y 2.53 para el agregado fino y grueso respectivamente, son aceptables para la elaboración de concreto, ya que el peso específico deberá estar entre 2.50 a 2.75 para obtener concretos con peso normal (Torre, 2004).

#### 4.1.1.3. *Peso Unitario (Masa por unidad de volumen)*

**Tabla 36**

*Peso unitario suelto del agregado fino, Cantera Viluyo*

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO FINO				
Descripción	Und.	Número de muestras		
		I	II	III
Peso del molde	kg	10025.000	10025.000	10025.000
Peso molde + muestra	kg	18835.000	18845.000	18900.000
Peso de la muestra	kg	8810.000	8820.000	8875.000
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5541.769	5541.769	5541.769
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.590	1.592	1.601
Promedio	kg/m <sup>3</sup>		1594	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

**Tabla 37***Peso unitario compactado del agregado fino, Cantera Viluyo*

PESO UNITARIO VARILLADO DEL AGREGADO FINO				
Descripción	Und.	Muestra		
		I	II	III
Peso del molde	kg	10025.000	10025.000	10025.000
Peso molde + muestra	kg	19500.000	19550.000	19535.000
Peso de la muestra	kg	9475.000	9525.000	9510.000
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5541.769	5541.769	5541.769
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.710	1.719	1.716
Promedio	kg/m <sup>3</sup>		1715	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

**Tabla 38***Peso unitario suelto del agregado grueso, Cantera Viluyo*

PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO GRUESO				
Descripción	Und.	Muestra		
		I	II	III
Peso del molde	kg	10025.000	10025.000	10025.000
Peso molde + muestra	kg	18260.000	18260.000	18200.000
Peso de la muestra	kg	8235.000	8235.000	8175.000
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5541.769	5541.769	5541.769
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.486	1.486	1.475
Promedio	kg/m <sup>3</sup>		1482	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

**Tabla 39***Peso unitario compactado del agregado grueso, Cantera Viluyo*

PESO UNITARIO VARILLADO DEL AGREGADO GRUESO				
Descripción	Und.	Muestra		
		I	II	III
Peso del molde	kg	10025.000	10025.000	10025.000
Peso molde + muestra	kg	19280.000	19075.000	19150.000
Peso de la muestra	kg	9255.000	9050.000	9125.000
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	5541.769	5541.769	5541.769
Peso unitario	g/cm <sup>3</sup>	1.670	1.633	1.647
Promedio	kg/m <sup>3</sup>		1650	

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

*Interpretación:* Estos valores se encuentran dentro de los rangos recomendables que son entre 1200 y 1760 kg/m<sup>3</sup> para concretos de peso normal Kosmatka et al. (2004), teniendo una mayor capacidad de reacomodo de sus partículas.

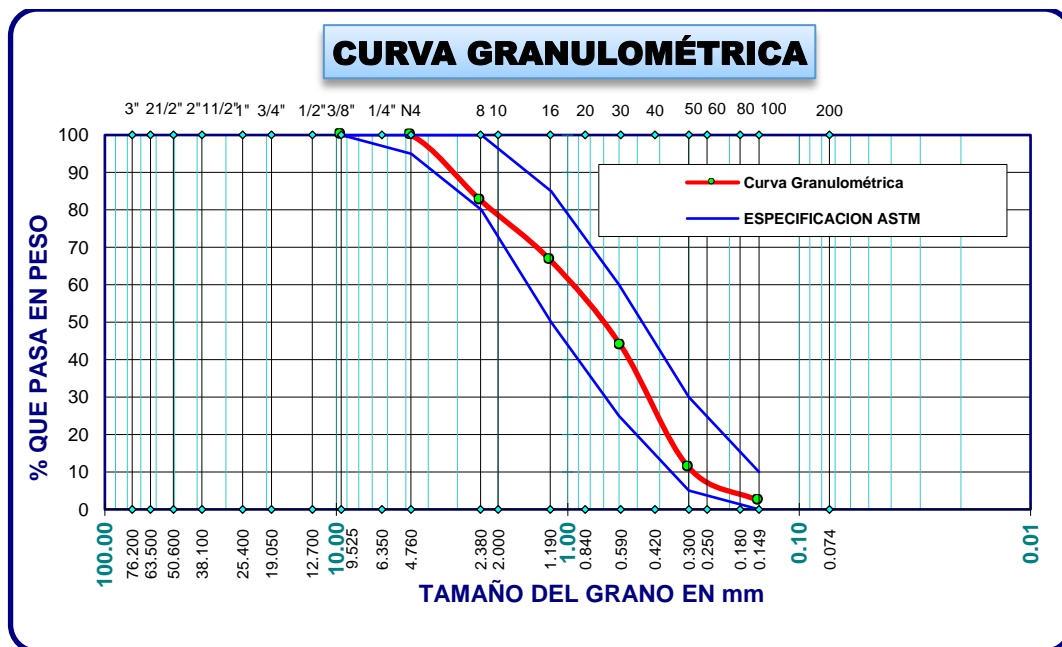
#### 4.1.1.4. Análisis Granulométrico

**Tabla 40**

*Ensayo de granulometría del agregado fino, Cantera Viluyo.*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO							
Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Especificaciones ASTM	
3/8"	9.525						100
No4	4.760	0.31	0.06	0.06	99.94	95	100
No8	2.380	86.85	17.39	17.45	82.55	80	100
No10	2.000						
No16	1.190	79.72	15.96	33.41	66.59	50	85
No20	0.840						
No30	0.590	113.92	22.81	56.21	43.79	25	60
No40	0.420						
No50	0.300	162.73	32.58	88.79	11.21	5	30
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	44.62	8.93	97.72	2.28	0	10
No200	0.074	7.34	1.47	99.19	0.81		
Base		4.03	0.81	100.00	0.00		
Total		499.52	100.00				
% Pérdida		0.096%					

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



**Figura 15.** Curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

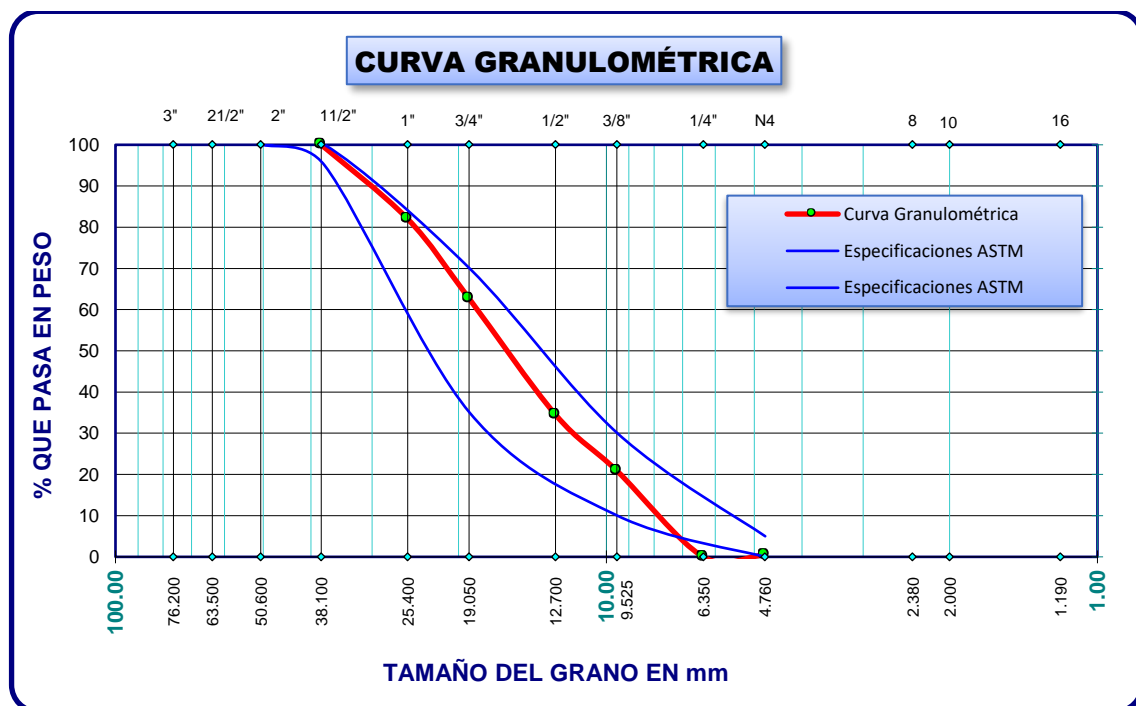
*Interpretación:* Se puede observar, que la granulometría del agregado fino está dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037 (2018), por lo que se considera que cumple las especificaciones para la preparación de concreto.

**Tabla 41**

*Ensayo de granulometría del agregado grueso, Cantera Viluyo.*

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO							
Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa	Especificaciones ASTM	
2"	50.600					100	100
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	95	100
1"	25.400	1800.00	18.00	18.00	82.00		
3/4"	19.050	1930.00	19.30	37.30	62.70	35	70
1/2"	12.700	2820.00	28.20	65.50	34.50		
3/8"	9.525	1360.00	13.60	79.10	20.90	10	30
1/4"	6.350				0.00		
Base		45.00	0.45	100.00	0.00		
Total		10000.00	100.00				
% Perdida		0					

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



**Figura 16.** Curva granulométrica del agregado grueso, Huso 467.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

*Interpretación:* Se puede observar, que la granulometría del agregado grueso está dentro de los parámetros de gradación establecidos por la norma NTP 400.037 (2018), encajando en los límites del huso 467, por lo que se considera que cumple las especificaciones para la preparación de concreto.

#### 4.1.1.5. Resumen de las Propiedades Físicas de los Agregados

**Tabla 42**

*Resultados de las propiedades físicas de los agregados, cantera Viluyo.*

Descripción	Unidad	Agregado	
		Fino	Grueso
Tamaño máximo	Pulgada	N° 4	1 1/2"
Peso específico	g/cm <sup>3</sup>	2.56	2.53
Peso unitario suelto	kg/m <sup>3</sup>	1594	1482
Peso unitario compactado	kg/m <sup>3</sup>	1715	1650
Contenido de humedad	%	2.85	1.40
Absorción	%	4.00	1.51
Módulo de fineza		2.94	7.16

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.1.2. Diseño de Mezclas

##### 4.1.2.1. Diseño de Mezcla – Método: ACI-211

**Tabla 43**

*Resultados del diseño de mezcla para cemento Frontera IP, método ACI-211  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, relación  $a/c=0.56$  por resistencia.*

DISEÑO DE MEZCLA ACI-211 (FRONTERA)				
Materiales	Proporción en pesos húmedos	kg/m <sup>3</sup>	Para 20 Probetas (kg)	% En peso
Cemento	1	345.63	36.65	15.14
Agregado fino húmedo	1.85	637.93	67.64	27.94
Agregado grueso húmedo	3.18	1098.07	116.43	48.10
Agua efectiva (litros)	24.75	201.25	21.34	8.82

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Tabla 44**

Resultados del diseño de mezcla para cemento Rumi IP, método ACI-211  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, relación a/c=0.56 por resistencia.

DISEÑO DE MEZCLA ACI-211 (RUMI)				
Materiales	Proporción en pesos húmedos	kg/m <sup>3</sup>	Para 20 Probetas (kg)	% En peso
Cemento	1	345.63	36.65	15.16
Agregado fino húmedo	1.84	634.53	67.28	27.84
Agregado grueso húmedo	3.18	1098.07	116.43	48.17
Agua efectiva (litros)	24.74	201.22	21.33	8.83

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 45**

Resultados del diseño de mezcla para cemento Yura tipo I, método ACI-211  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, relación a/c=0.56 por resistencia.

DISEÑO DE MEZCLA ACI-211 (YURA)				
Materiales	Proporción en pesos húmedos	kg/m <sup>3</sup>	Para 20 Probetas (kg)	% En peso
Cemento	1	345.63	36.65	14.98
Agregado fino húmedo	1.92	662.73	70.27	28.72
Agregado grueso húmedo	3.18	1098.07	116.43	47.58
Agua efectiva (litros)	24.78	201.53	21.37	8.73

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 46**

Resultados del diseño de mezcla para cemento Wari tipo I, método ACI-211  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, relación a/c=0.56 por resistencia.

DISEÑO DE MEZCLA ACI-211 (WARI)				
Materiales	Proporción en pesos húmedos	kg/m <sup>3</sup>	Para 20 Probetas (kg)	% En peso
Cemento	1	345.63	36.65	14.94
Agregado fino húmedo	1.93	667.42	70.77	28.86
Agregado grueso húmedo	3.18	1098.07	116.43	47.48
Agua efectiva (litros)	24.79	201.58	21.37	8.72

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.1.2.1. Diseño de Mezcla – Método: WALKER

**Tabla 47**

Resultados del diseño de mezcla para cemento Frontera, método WALKER  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, relación  $a/c=0.56$  por resistencia.

DISEÑO DE MEZCLA WALKER (FRONTERA)				
Materiales	Proporción en pesos húmedos	kg/m <sup>3</sup>	Para 20 Probetas (kg)	% En peso
Cemento	1	318.77	33.80	13.82
Agregado fino húmedo	2.27	722.95	76.65	31.34
Agregado grueso húmedo	3.38	1077.91	114.29	46.73
Agua efectiva (litros)	24.96	187.18	19.85	8.11

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 48**

Resultados del diseño de mezcla para cemento Rumi IP, método WALKER  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, relación  $a/c=0.56$  por resistencia.

DISEÑO DE MEZCLA WALKER (RUMI)				
Materiales	Proporción en pesos húmedos	kg/m <sup>3</sup>	Para 20 Probetas (kg)	% En peso
Cemento	1	318.77	33.80	13.84
Agregado fino húmedo	2.26	721.72	76.52	31.33
Agregado grueso húmedo	3.38	1076.07	114.09	46.71
Agua efectiva (litros)	24.95	187.16	19.84	8.12

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

**Tabla 49**

Resultados del diseño de mezcla para cemento Yura tipo I, método WALKER  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, relación  $a/c=0.56$  por resistencia.

DISEÑO DE MEZCLA WALKER (YURA)				
Materiales	Proporción en pesos húmedos	kg/m <sup>3</sup>	Para 20 Probetas (kg)	% En peso
Cemento	1	318.77	33.80	13.68
Agregado fino húmedo	2.30	731.99	77.61	31.42
Agregado grueso húmedo	3.42	1091.38	115.72	46.85
Agua efectiva (litros)	24.97	187.29	19.86	8.04

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Tabla 50**

*Resultados del diseño de mezcla para cemento Wari tipo I, método WALKER  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, relación a/c=0.56 por resistencia.*

<b>DISEÑO DE MEZCLA WALKER (WARI)</b>				
<b>Materiales</b>	<b>Proporción en pesos húmedos</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Para 20 Probetas (kg)</b>	<b>% En peso</b>
Cemento	1	318.77	33.80	13.66
Agregado fino húmedo	2.30	733.70	77.79	31.44
Agregado grueso húmedo	3.43	1093.93	115.99	46.88
Agua efectiva (litros)	24.97	187.32	19.86	8.03

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### **4.1.3. Ensayo de las Muestras a los 7,14 y 28 Días**

Se ensayó las probetas cilíndricas estándares de 15 cm x 30 cm, de acuerdo a la normativa NTP 339.034 (2015) y los procedimientos descritos en el capítulo III (Ensayos de resistencia a la compresión), a fin de establecer gráficos y tablas comparativas.

#### 4.1.3.1. Resultados de las Pruebas a Compresión Simple Método: ACI-211

**Tabla 51**

*Resistencia a la compresión con cemento Frontera IP:  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, diseño ACI-211, Slump=3.8",  $a/c=0.56$  por "Resistencia".*

Descripción	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Lectura del dial kg	Resistencia $f'c$		% Resistencia	Promedio $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	% Promedio
							Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )			
Frontera IP (M-1)	20/07/2019	27/07/2019	7	15.26	183	26439	144.65	210	69%		
Frontera IP (M-2)	20/07/2019	27/07/2019	7	15.32	184	26543	143.99	210	69%	144.33	69%
Frontera IP (M-3)	20/07/2019	27/07/2019	7	15.29	183	26486	144.34	210	69%		
Frontera IP (M-1)	20/07/2019	03/08/2019	14	15.29	183	33326	181.62	210	86%		
Frontera IP (M-2)	20/07/2019	03/08/2019	14	15.30	184	34181	185.91	210	89%	182.36	87%
Frontera IP (M-3)	20/07/2019	03/08/2019	14	15.33	184	33117	179.54	210	85%		
Frontera IP (M-1)	20/07/2019	17/08/2019	28	15.30	184	39150	213.08	210	101%		
Frontera IP (M-2)	20/07/2019	17/08/2019	28	15.33	185	35815	194.04	210	92%		
Frontera IP (M-3)	20/07/2019	17/08/2019	28	15.31	184	38551	209.55	210	100%	210.64	100%
Frontera IP (M-4)	20/07/2019	17/08/2019	28	15.12	179	38798	216.22	210	103%		
Frontera IP (M-5)	20/07/2019	17/08/2019	28	15.21	182	38922	214.21	210	102%		
Frontera IP (M-6)	20/07/2019	17/08/2019	28	15.27	183	39663	216.72	210	103%		

Datos obtenidos en el Laboratorio de Construcciones UNA PUNO 2019.

**Tabla 52**

*Resistencia a la compresión con cemento Rumi IP:  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, diseño ACI-211, Slump=3.8",  $a/c=0.56$  por "Resistencia".*

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN RUMI (ACI-211)**

Descripción	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Lectura del dial kg	Resistencia f'c			Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% Promedio
							Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resistencia		
Rumi IP (M-1)	06/08/2019	13/08/2019	7	15.22	182	35559	195.57	210	93%	192.12	91%
Rumi IP (M-2)	06/08/2019	13/08/2019	7	15.24	182	34447	188.96	210	90%	192.12	91%
Rumi IP (M-3)	06/08/2019	13/08/2019	7	15.33	185	35407	191.83	210	91%		
Rumi IP (M-1)	06/08/2019	20/08/2019	14	15.26	183	42693	233.58	210	111%		
Rumi IP (M-2)	06/08/2019	20/08/2019	14	15.22	182	43691	240.30	210	114%	233.13	111%
Rumi IP (M-3)	06/08/2019	20/08/2019	14	15.28	183	41354	225.52	210	107%		
Rumi IP (M-1)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.24	182	50075	274.51	210	131%		
Rumi IP (M-2)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.32	184	49723	269.92	210	129%		
Rumi IP (M-3)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.26	183	48697	266.26	210	127%	272.45	130%
Rumi IP (M-4)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.25	183	49866	273.01	210	130%		
Rumi IP (M-5)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.07	178	49210	275.89	210	131%		
Rumi IP (M-6)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.17	181	49730	275.14	210	131%		

Datos obtenidos en el Laboratorio de Construcciones UNA PUNO 2019 (Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo).

**Tabla 53**

*Resistencia a la compresión Yura T I:  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, diseño ACI-211, Slump=3.5",  $a/c=0.56$  por "Resistencia".*

Descripción	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Lectura del dial kg	Resistencia f'c			Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% Promedio
							Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia		
Yura tipo I (M-1)	07/08/2019	14/08/2019	7	15.17	181	58098	321.65	210	153%		
Yura tipo I (M-2)	07/08/2019	14/08/2019	7	15.28	183	56262	306.82	210	146%	316.83	151%
Yura tipo I (M-3)	07/08/2019	14/08/2019	7	15.26	183	58897	322.03	210	153%		
Yura tipo I (M-1)	07/08/2019	21/08/2019	14	15.32	184	70406	381.95	210	182%		
Yura tipo I (M-2)	07/08/2019	21/08/2019	14	15.33	184	69980	379.79	210	181%	383.44	183%
Yura tipo I (M-3)	07/08/2019	21/08/2019	14	15.25	183	71050	388.99	210	185%		
Yura tipo I (M-1)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.17	181	73024	404.02	210	192%		
Yura tipo I (M-2)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.17	181	72148	399.17	210	190%		
Yura tipo I (M-3)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.22	182	72046	396.00	210	189%		
Yura tipo I (M-4)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.14	180	72259	401.64	210	191%	402.28	192%
Yura tipo I (M-5)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.08	178	73040	409.22	210	195%		
Yura tipo I (M-6)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.16	180	72810	403.64	210	192%		

Datos obtenidos en el Laboratorio de Construcciones UNA PUNO 2019 (Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo).

**Tabla 54**

*Resistencia a la compresión con cemento Wari T I:  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , diseño ACI-211, Slump=3.9",  $a/c=0.56$  por "Resistencia".*

Descripción	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Lectura del dial kg	Resistencia f'c		
							Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	% Resistencia
Wari tipo I (M-1)	11/08/2019	18/08/2019	7	15.21	182	56355	310.16	210	148%
Wari tipo I (M-2)	11/08/2019	18/08/2019	7	15.25	183	54417	297.92	210	142%
Wari tipo I (M-3)	11/08/2019	18/08/2019	7	15.34	185	54383	294.45	210	140%
Wari tipo I (M-1)	11/08/2019	25/08/2019	14	15.25	183	66190	362.62	210	173%
Wari tipo I (M-2)	11/08/2019	25/08/2019	14	15.35	185	65399	353.63	210	168%
Wari tipo I (M-3)	11/08/2019	25/08/2019	14	15.28	183	66224	361.14	210	172%
Wari tipo I (M-1)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.18	181	78311	432.70	210	206%
Wari tipo I (M-2)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.10	179	77648	433.60	210	206%
Wari tipo I (M-3)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.09	179	77257	432.27	210	206%
Wari tipo I (M-4)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.12	179	77367	431.17	210	205%
Wari tipo I (M-5)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.11	179	76980	429.58	210	205%
Wari tipo I (M-6)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.09	179	77100	431.39	210	205%

Datos obtenidos en el Laboratorio de Construcciones UNA PUNO 2019 (Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo).

#### 4.1.3.2. Resultados de las Pruebas a Compresión Simple Método: WALKER

**Tabla 55**

*Resistencia a la compresión con cemento Frontera IP  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Slump=3.9", método de diseño WALKER,  $a/c=0.56$  por "Resistencia".*

Descripción	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Lectura del dial kg	Resistencia $f'c$			% Resistencia	Promedio $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	% Promedio
							Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia			
Frontera IP (M-1)	27/07/2019	03/08/2019	7	15.32	184	24434	132.55	210	63%			
Frontera IP (M-2)	27/07/2019	03/08/2019	7	15.32	184	23807	129.15	210	62%	129.45	62%	
Frontera IP (M-3)	27/07/2019	03/08/2019	7	15.32	184	23332	126.66	210	60%			
Frontera IP (M-1)	27/07/2019	10/08/2019	14	15.31	184	30144	163.74	210	78%			
Frontera IP (M-2)	27/07/2019	10/08/2019	14	15.32	184	32576	176.72	210	84%	171.46	82%	
Frontera IP (M-3)	27/07/2019	10/08/2019	14	15.27	183	31854	173.94	210	83%			
Frontera IP (M-1)	27/07/2019	24/08/2019	28	15.27	183	35929	196.19	210	93%			
Frontera IP (M-2)	27/07/2019	24/08/2019	28	15.31	184	37801	205.33	210	98%			
Frontera IP (M-3)	27/07/2019	24/08/2019	28	15.30	184	35758	194.62	210	93%	200.78	96%	
Frontera IP (M-4)	27/07/2019	24/08/2019	28	15.30	184	36642	199.30	210	95%			
Frontera IP (M-5)	27/07/2019	24/08/2019	28	15.18	181	37040	204.66	210	97%			
Frontera IP (M-6)	27/07/2019	24/08/2019	28	15.17	181	36980	204.60	210	97%			

Datos obtenidos en el Laboratorio de Construcciones UNA PUNO 2019 (Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo).



**Tabla 56**

*Resistencia a la compresión con cemento Rumi IP  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Slump=3.9", método de diseño WALKER,  $a/c=0.56$  por "Resistencia".*

Descripción	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Lectura del dial kg	Resistencia $f'c$		
							Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )	%
									Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> )
Rumi IP (M-1)	06/08/2019	13/08/2019	7	15.29	184	29165	158.84	210	76%
Rumi IP (M-2)	06/08/2019	13/08/2019	7	15.31	184	29859	162.30	210	77%
Rumi IP (M-3)	06/08/2019	13/08/2019	7	15.30	184	28510	155.07	210	74%
Rumi IP (M-1)	06/08/2019	20/08/2019	14	15.28	183	35502	193.73	210	92%
Rumi IP (M-2)	06/08/2019	20/08/2019	14	15.02	177	34020	192.00	210	91%
Rumi IP (M-3)	06/08/2019	20/08/2019	14	15.28	183	33773	184.17	210	88%
Rumi IP (M-1)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.29	184	40233	219.12	210	104%
Rumi IP (M-2)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.32	184	41382	224.64	210	107%
Rumi IP (M-3)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.26	183	42171	230.57	210	110%
Rumi IP (M-4)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.25	183	40119	219.79	210	105%
Rumi IP (M-5)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.08	179	41090	230.06	210	110%
Rumi IP (M-6)	06/08/2019	03/09/2019	28	15.25	183	41320	226.37	210	108%

Datos obtenidos en el Laboratorio de Construcciones UNA PUNO 2019 (Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo).

**Tabla 57**

*Resistencia a la compresión con cemento Yura tipo I,  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Slump=3.8", método de diseño WALKER,  $a/c=0.56$  por "Resistencia".*

Descripción	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Lectura del dial kg	Resistencia f'c		% Resistencia	Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% Promedio
							Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )			
Yura tipo I (M-1)	07/08/2019	14/08/2019	7	15.31	184	54451	295.97	210	141%		
Yura tipo I (M-2)	07/08/2019	14/08/2019	7	15.26	183	52726	288.29	210	137%	284.44	135%
Yura tipo I (M-3)	07/08/2019	14/08/2019	7	15.28	183	49309	269.08	210	128%		
Yura tipo I (M-1)	07/08/2019	21/08/2019	14	15.30	184	45556	247.95	210	118%		
Yura tipo I (M-2)	07/08/2019	21/08/2019	14	15.22	182	62203	341.89	210	163%	291.25	139%
Yura tipo I (M-3)	07/08/2019	21/08/2019	14	15.30	184	52165	283.92	210	135%		
Yura tipo I (M-1)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.20	181	71128	391.98	210	187%		
Yura tipo I (M-2)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.13	180	70049	389.87	210	186%		
Yura tipo I (M-3)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.22	182	68867	378.52	210	180%	387.74	185%
Yura tipo I (M-4)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.19	181	70355	388.49	210	185%		
Yura tipo I (M-5)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.16	180	70560	391.16	210	186%		
Yura tipo I (M-6)	07/08/2019	04/09/2019	28	15.18	181	69890	386.43	210	184%		

Datos obtenidos en el Laboratorio de Construcciones UNA PUNO 2019 (Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo).

**Tabla 58**

*Resistencia a la compresión con cemento WariT-I,  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, Slump=3.7", método de diseño WALKER,  $a/c=0.56$  por "Resistencia".*

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN WARI (WALKER)**

Descripción	Fecha de moldeo	Fecha de rotura	Edad días	Diámetro cm	Área cm <sup>2</sup>	Lectura del dial kg	Resistencia f'c			% Resistencia	Promedio f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	% Promedio
							Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	Diseño (kg/cm <sup>2</sup> )				
Wari tipo I (M-1)	11/08/2019	18/08/2019	7	15.21	182	43903	241.63	210	115%			
Wari tipo I (M-2)	11/08/2019	18/08/2019	7	15.25	183	42135	230.68	210	110%	236.73	113%	
Wari tipo I (M-3)	11/08/2019	18/08/2019	7	15.34	185	43937	237.89	210	113%			
Wari tipo I (M-1)	11/08/2019	25/08/2019	14	15.25	183	57537	315.21	210	150%			
Wari tipo I (M-2)	11/08/2019	25/08/2019	14	15.35	185	59339	320.86	210	153%	317.56	151%	
Wari tipo I (M-3)	11/08/2019	25/08/2019	14	15.28	183	58055	316.59	210	151%			
Wari tipo I (M-1)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.18	181	72684	401.61	210	191%			
Wari tipo I (M-2)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.10	179	72794	406.49	210	194%			
Wari tipo I (M-3)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.09	179	72072	403.26	210	192%	403.67	192%	
Wari tipo I (M-4)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.12	179	72259	402.70	210	192%			
Wari tipo I (M-5)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.08	179	71980	403.01	210	192%			
Wari tipo I (M-6)	11/08/2019	08/09/2019	28	15.14	180	72850	404.93	210	193%			

Datos obtenidos en el Laboratorio de Construcciones UNA PUNO 2019 (Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo)

#### 4.1.3.3. Resumen del Promedio de Resistencias a la Compresión $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>,

##### Método de diseño ACI-211

**Tabla 59**

Cuadro resumen resistencia a la compresión  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, método de diseño ACI-211

ACI - 211			
Marca de cemento	Resistencia a la compresión promedio $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) (edad en días)		
	7	14	28
Frontera IP	144	182	211
Rumi IP	192	233	272
Yura tipo I	317	383	402
Wari tipo I	301	359	432

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.1.3.1. Resumen del Promedio de Resistencia a la Compresión $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>,

##### Método de diseño WALKER

**Tabla 60**

Cuadro resumen resistencia a la compresión  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, método de diseño WALKER

WALKER			
Marca de Cemento	Resistencia a la compresión promedio $f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) (edad en días)		
	7	14	28
Frontera IP	129	171	201
Rumi IP	159	190	225
Yura tipo I	284	291	388
Wari tipo I	237	318	404

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo

#### 4.1.4. Costos por Metro Cúbico

Para toda obra de ingeniería se realiza el análisis de costos por pequeña que esta sea; por lo tanto, se hace necesario el análisis de costos por m<sup>3</sup> de concreto, para los concretos elaborados con las diferentes marcas de cemento como son: Frontera IP, Rumi IP, Yura tipo I y Wari tipo I, en el Anexo 3 se detalla el análisis de costos unitarios para cada marca y tipo de cemento.

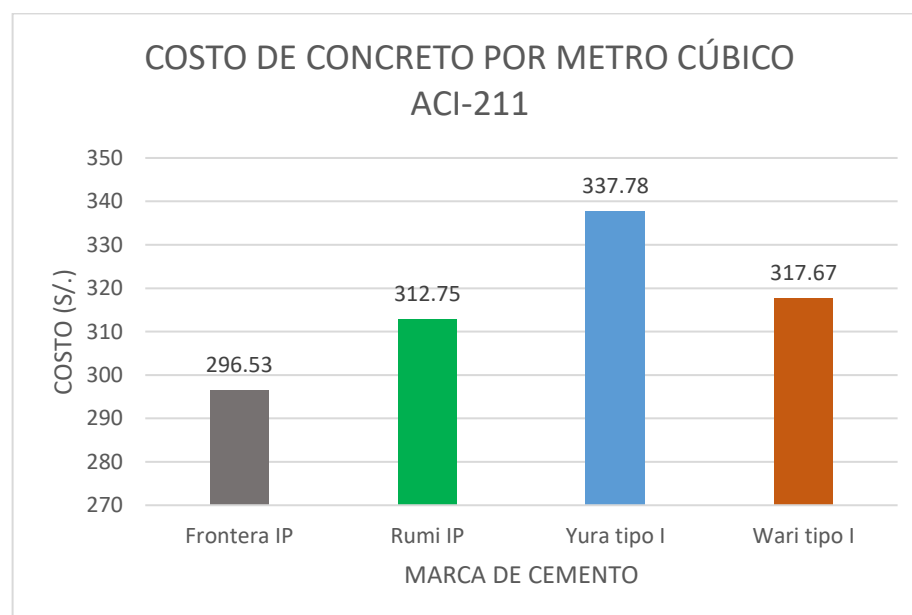
##### 4.1.4.1. Costos por Metro Cúbico Método: ACI-211

**Tabla 61**

*Costo de concreto por metro cúbico, diseño ACI-211, relación a/c=0.56 por resistencia.*

COSTO DE CONCRETO POR METRO CÚBICO ACI-211			
Marca de cemento	Cantidad (Bol/m <sup>3</sup> )	Costo/m <sup>3</sup> (S/)	f'c 28 Días (kg/cm <sup>2</sup> )
Frontera IP	8.13	296.53	211
Rumi IP	8.13	312.75	272
Yura tipo I	8.13	337.78	402
Wari tipo I	8.13	317.67	432

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 17.** Comparación de costos por metro cúbico, concretos con cementos tipo I-IP, diseño ACI-211.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

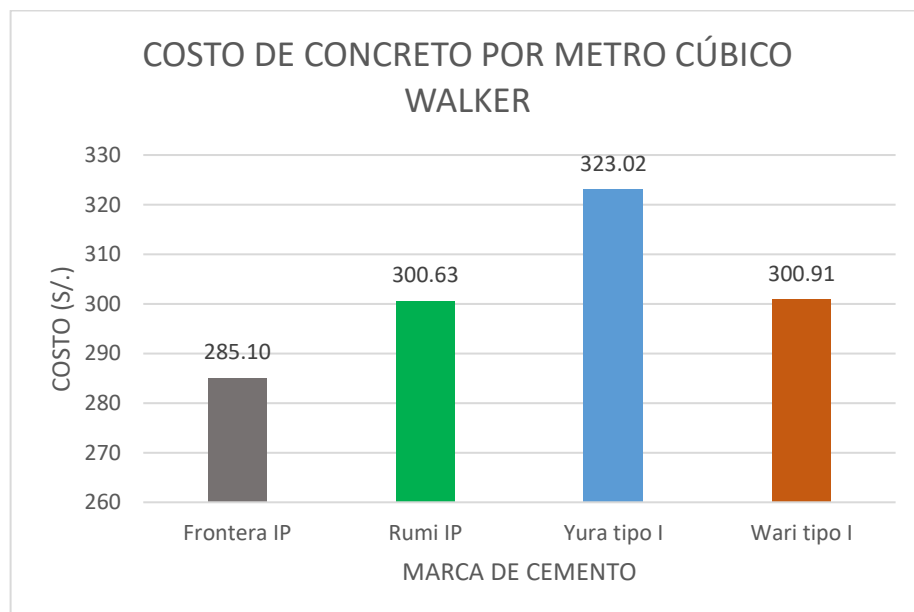
#### 4.1.4.2. Costos por Metro Cúbico Método: WALKER

**Tabla 62**

Costo de concreto por metro cúbico, diseño WALKER, relación  $a/c=0.56$  por resistencia.

COSTO DE CONCRETO POR METRO CÚBICO WALKER			
Marca de Cemento	Cantidad (Bol/m <sup>3</sup> )	Costo/m <sup>3</sup> (S/)	f'c 28 Días (kg/cm <sup>2</sup> )
Frontera IP	7.50	285.10	201
Rumi IP	7.50	300.63	225
Yura tipo I	7.50	323.02	388
Wari tipo I	7.50	300.91	404

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 18.** Comparación de los costos por m<sup>3</sup> de los concretos con cementos tipo I-IP, diseño WALKER.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 4.1.5. Validación de Hipótesis

Dado que se trata de medias poblacionales pequeñas (menores a 30), se usó pruebas de hipótesis para la diferencia entre las medias de dos poblaciones con muestras independientes pequeñas, usando la distribución “t student”.



Se siguió la siguiente secuencia de pasos para probar la hipótesis general planteada.

- 1) Se estableció la hipótesis nula y la hipótesis alternativa.
- 2) Se seleccionó un nivel de significancia para la prueba.
- 3) Se identificó el estadístico de prueba.
- 4) Se formuló una regla para tomar decisiones.
- 5) Se tomó una muestra y se llegó a una decisión: en donde, se acepta o se rechaza la hipótesis nula.

#### 4.1.5.1. Parámetros Estadísticos para la Resistencia a los 28 días con Cemento

##### *Frontera*

##### **Tabla 63**

*Datos para determinar el promedio ( $\mu$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación ( $V$ ) para concreto con cemento Frontera  $f'c$  (28 días).*

Muestra	X	(X - $\mu$ )	(X - $\mu$ ) <sup>2</sup>
Frontera IP (M-1)	213.08	2.44	5.97
Frontera IP (M-2)	194.04	-16.60	275.45
Frontera IP (M-3)	209.55	-1.09	1.18
Frontera IP (M-4)	216.22	5.58	31.17
Frontera IP (M-5)	214.21	3.57	12.77
Frontera IP (M-6)	216.72	6.08	37.01

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Calculando:

$$\begin{aligned}
 n &= 6 \\
 \sum(X) &= 1263.82 \\
 \mu &= 210.64 \\
 \sum(X - \mu)^2 &= 363.55 \\
 \sigma &= 8.53
 \end{aligned}$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

$$V = 4\%$$



Donde:

n: Número de datos

u: Promedio

s: Desviación estándar

V: Coeficiente de variación

En relación a la tabla 15 (Estándares de Control para  $f'c \leq 34.5$  MPa del ACI 214), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 8.53(\text{Muy bueno}), \text{ ya que: } \sigma < 14.30$$

Y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 4\%(\text{Bueno}), \text{ ya que: } V (3\% - 4\%)$$

Estos resultados representan que de acuerdo a los estándares de control del ACI 214 cumplen con la categoría de “muy bueno” logrando un mínimo grado de dispersión, comprobado mediante la desviación estándar y el coeficiente de variación de las pruebas realizadas.

#### 4.1.5.2. Parámetros Estadísticos para la Resistencia a los 28 días con Cemento Rumi

##### IP

**Tabla 64**

Datos para determinar el promedio (u), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación (V) para concreto con cemento Rumi IP  $f'c$  (28 días).

Muestra	X	(X - u)	(X - u) <sup>2</sup>
Rumi IP (M-1)	274.51	2.06	4.22
Rumi IP (M-2)	269.92	-2.53	6.43
Rumi IP (M-3)	266.26	-6.19	38.38
Rumi IP (M-4)	273.01	0.56	0.31
Rumi IP (M-5)	275.89	3.44	11.80
Rumi IP (M-6)	275.14	2.69	7.21

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Calculando:

$$n = 6$$





$$\sum(X) = 1634.73$$

$$u = 272.46$$

$$\sum(X - u)^2 = 68.34$$

$$\sigma = 3.70$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

$$V = 1.36\%$$

Donde:

n: Número de datos

u: Promedio

s: Desviación estándar

V: Coeficiente de variación

En relación a la tabla 15 (Estándares de Control para  $f'c \leq 34.5$  MPa del ACI 214), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 3.70(\text{Excelente}), \text{ ya que: } \sigma < 14.30$$

Y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 1.36\%(\text{Excelente}), \text{ ya que: } V < 2\%$$

Estos resultados representan que de acuerdo a los estándares de control del ACI 214 cumplen con la categoría de “excelente” logrando un mínimo grado de dispersión, comprobado mediante la desviación estándar y el coeficiente de variación de las pruebas realizadas.

#### 4.1.5.3. Parámetros Estadísticos para la Resistencia a los 28 días con Cemento Yura

##### Tipo I

**Tabla 65**

Datos para determinar el promedio ( $u$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación ( $V$ ) para concreto con cemento Yura Tipo I,  $f'c$  (28 días).

Muestra	X	(X - u)	(X - u) <sup>2</sup>
Yura tipo I (M-1)	404.02	1.74	3.02
Yura tipo I (M-2)	399.17	-3.11	9.68
Yura tipo I (M-3)	396.00	-6.28	39.46
Yura tipo I (M-4)	401.64	-0.64	0.41
Yura tipo I (M-5)	409.22	6.94	48.14
Yura tipo I (M-6)	403.64	1.36	1.85

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Calculando:

$$n = 6$$

$$\sum(X) = 2413.69$$

$$u = 402.28$$

$$\sum(X - u)^2 = 102.56$$

$$\sigma = 4.53$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

$$V = 1.13\%$$

Donde:

n: Número de datos

u: Promedio

s: Desviación estándar

V: Coeficiente de variación

En relación a la tabla 15 (Estándares de Control para  $f'c \leq 34.5$  MPa del ACI 214), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 4.53(\text{Excelente}), \text{ ya que: } \sigma < 14.30$$



Y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 1.13 \%(Excelente), ya que: V < 2\%$$

Estos resultados representan que de acuerdo a los estándares de control del ACI 214 cumplen con la categoría de “excelente” logrando un mínimo grado de dispersión, comprobado mediante la desviación estándar y el coeficiente de variación de las pruebas realizadas.

#### 4.1.5.4. Parámetros Estadísticos para la Resistencia a los 28 días con Cemento Wari tipo I

**Tabla 66**

*Datos para determinar el promedio ( $\mu$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ) y coeficiente de variación ( $V$ ) para concreto con cemento Wari Tipo I,  $f'c$  (28 días).*

Muestra	X	(X - $\mu$ )	(X - $\mu$ ) <sup>2</sup>
Wari tipo I (M-1)	432.7	0.91	0.84
Wari tipo I (M-2)	433.6	1.82	3.29
Wari tipo I (M-3)	432.27	0.48	0.24
Wari tipo I (M-4)	431.17	-0.62	0.38
Wari tipo I (M-5)	429.58	-2.21	4.86
Wari tipo I (M-6)	431.39	-0.40	0.16

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

Calculando:

$$n = 6$$

$$\sum(X) = 2590.71$$

$$\mu = 431.79$$

$$\sum(X - \mu)^2 = 9.76$$

$$\sigma = 1.40$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \times 100$$

$$V = 0.32\%$$

Donde:

n: Número de datos

u: Promedio

s: Desviación estándar

V: Coeficiente de variación

En relación a la tabla 15 (Estándares de Control para  $f'c \leq 34.5$  MPa del ACI 214), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$\sigma = 1.40(\text{Excelente}), \text{ ya que: } \sigma < 14.30$$

Y el coeficiente de variación se considera:

$$V = 0.32\%(\text{Excelente}), \text{ ya que: } V < 2\%$$

Estos resultados representan que de acuerdo a los estándares de control del ACI 214 cumplen con la categoría de “excelente” logrando un mínimo grado de dispersión, comprobado mediante la desviación estándar y el coeficiente de variación de las pruebas realizadas.

#### 4.1.6. Prueba de Hipótesis para la Diferencia de la Resistencia en Concretos con Cementos Tipo IP

Para comparar el promedio de resistencias a la compresión  $f'c$  a los 28 días, se agrupó primero los concretos elaborados con cementos Frontera y Rumi IP

Datos:

##### Tabla 67

*Resumen de las funciones estadísticas de los concretos con cementos tipo IP, a los 28 días.*

Descripción	Grupo 1	Grupo 2
	Concreto con cemento Frontera IP	Concreto con cemento Rumi IP
Número de muestras (n)	6	6
Media (u)	210.64	272.46
Desviación estándar ( $\sigma$ )	8.53	3.70

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

#### 1) Formulación de la Hipótesis

Ho: No existe una diferencia significativa, en la resistencia a compresión vs la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , por efecto del uso de las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.

Hipótesis Nula Ho:  $u_1=u_2$

H<sub>1</sub>: Existe una diferencia significativa, en la resistencia a compresión vs la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , por efecto del uso de las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.

Hipótesis Alternativa H<sub>1</sub>:  $u_2 \neq u_1$

$u_1, \sigma_1$ : media y desviación estándar de Frontera

$u_2, \sigma_2$ : media y desviación estándar de Rumi

## 2) Nivel de significancia

El nivel de significancia es  $\alpha = 0.05$  con 95% de probabilidad de certeza.

## 3) Elección del Estadístico de Prueba

El estudio es de tipo longitudinal, ya que se está evaluando las resistencias del concreto a través del tiempo, con dos grupos cuyas variables aleatorias son numéricas, por lo que la prueba estadística a emplear será “t de student”.

$$Sp = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad tp = \frac{u_2 - u_1}{Sp \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Los grados de libertad son:  $gl = n_1 + n_2 - 2$

Reemplazando los datos de la tabla 67, se tiene:

$$Sp = \sqrt{\frac{(6 - 1)8.53^2 + (6 - 1)3.70^2}{6 + 6 - 2}} = 6.57 \quad tp = \frac{272.46 - 210.64}{6.57 \sqrt{\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{6}\right)}}$$

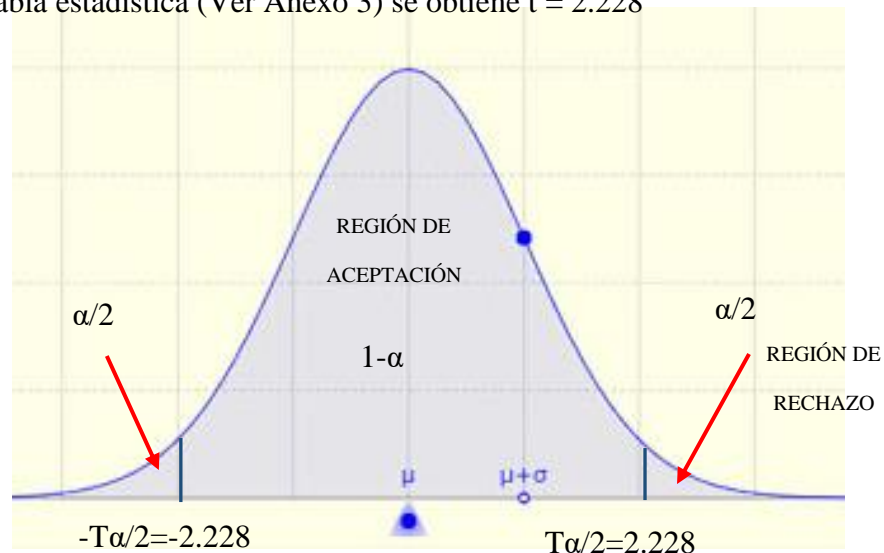
$$Sp=6.57$$

$$tp=16.29$$

De la tabla estadística de distribución t, obtenemos “t tabular”  $1-\alpha = 0.95$ , dos colas ( $\alpha/2$ ),  $\alpha=0.05$  ( $0.05/2=0.025$ )

$$gl=n_1+n_2-2=6+6-2=10$$

De la tabla estadística (Ver Anexo 3) se obtiene  $t = 2.228$



**Figura 19.** Región crítica para probar  $u_1=u_2$ ,  $u_1 \neq u_2$ .

Región de Aceptación  $\langle -2.228, 2.228 \rangle$

#### 4) Regla de decisión

Dado que  $|tp| > |t|$ , en otras palabras  $tp$  no pertenece  $\langle -2.228, 2.228 \rangle$

Se rechaza hipótesis Nula  $H_0: u_2 = u_1$

Quiere decir que la diferencia es significativa, por tanto:

Se acepta la hipótesis Alternativa  $H_1: u_2 \neq u_1$

#### 5) Conclusión

**“Se rechaza  $H_0$ ”**

Puesto que  $t < tp$   $2.228 < 16.92$  se concluye que existe una diferencia altamente significativa, por tanto hay evidencia suficiente para concluir que existe una diferencia significativa, en la resistencia a compresión vs la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, por efecto del uso de las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.

#### 4.1.7. Prueba de Hipótesis para la Diferencia de la Resistencia en Concretos con Cementos Tipo I

Para comparar del promedio de resistencias a la compresión  $f'c$  a los 28 días, se agrupará los concretos elaborados con cementos Yura y Wari tipo I.

Se seguirá la misma secuencia de pasos para probar la hipótesis, señalados en el numeral 4.1.5.

Datos:

##### Tabla 68

*Resumen de las funciones estadísticas de los concretos con cementos portland tipo I, a los 28 días.*

Descripción	Grupo 1	Grupo 2
	Concreto con cemento Yura tipo I	Concreto con cemento Wari tipo I
Número de muestras (n)	6	6
Media (u)	402.28	431.79
Desviación estándar ( $\sigma$ )	4.53	1.40

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

##### 1) *Formulación de la Hipótesis*

$H_0$ : No existe una diferencia significativa, en la resistencia a compresión vs la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, por efecto del uso de las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.

Hipótesis Nula  $H_0: u_1=u_2$

$H_1$ : Existe una diferencia significativa, en la resistencia a compresión vs la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, por efecto del uso de las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.

Hipótesis Alternativa  $H_1: u_2 \neq u_1$

$u_1, \sigma_1$ : media y desviación estándar de Frontera

$u_2, \sigma_2$ : media y desviación estándar de Rumi

## 2) Nivel de significancia

El nivel de significancia es  $\alpha = 0.05$  con 95% de probabilidad de certeza.

## 3) Elección del Estadístico de Prueba

El estudio es de tipo transversal, ya que se está evaluando las resistencias de concreto en un momento dado, con dos grupos cuyas variables aleatorias son numéricas, por lo que la prueba estadística a emplear será “t de student”.

$$Sp = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad tp = \frac{u_2 - u_1}{Sp \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Los grados de libertad son:  $gl = n_1 + n_2 - 2$

Reemplazando los datos de la tabla 68, se tiene:

$$Sp = \sqrt{\frac{(6 - 1)4.53^2 + (6 - 1)1.40^2}{6 + 6 - 2}} = 3.35 \quad tp = \frac{431.79 - 402.28}{3.35 \sqrt{\left(\frac{1}{6} + \frac{1}{6}\right)}}$$

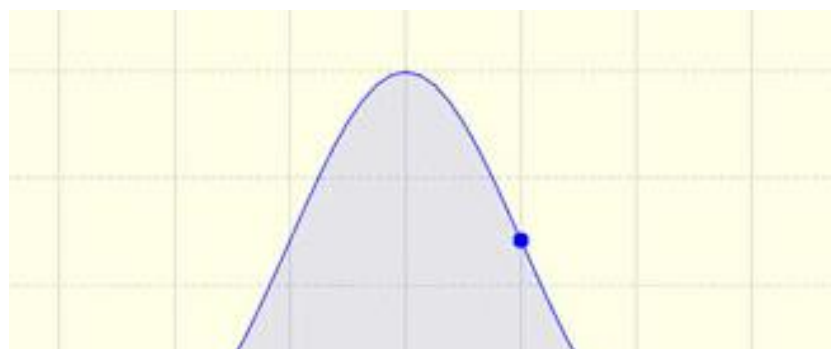
$$Sp = 3.35$$

$$tp = 15.25$$

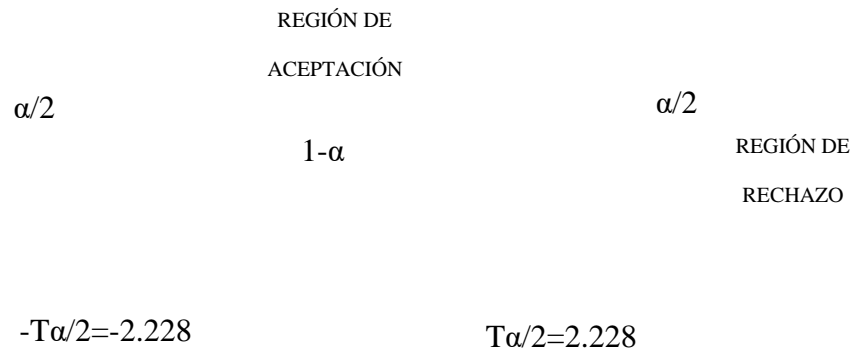
De la tabla estadística de distribución t, obtenemos “t tabular”  $1 - \alpha = 0.95$ , dos colas ( $\alpha/2$ ),  $\alpha = 0.05$  ( $0.05/2 = 0.025$ )

$$gl = n_1 + n_2 - 2 = 6 + 6 - 2 = 10$$

De la tabla estadística (Ver Anexo 3) se obtiene  $t = 2.228$







**Figura 20.** Región crítica para probar  $u_1=u_2$ ,  $u_1 \neq u_2$ .

Región de Aceptación.  $\langle -2.228, 2.228 \rangle$

#### 4) *Regla de decisión*

Dado que  $|t_p| > |t|$ , en otras palabras  $t_p$  no pertenece  $\langle -2.228, 2.228 \rangle$

Se rechaza hipótesis Nula  $H_0: u_2 = u_1$

Quiere decir que la diferencia es significativa, por tanto:

Se acepta la hipótesis Alternativa  $H_1: u_2 \neq u_1$

#### 5) *Conclusión*

**“Se rechaza  $H_0$ ”**

Puesto que  $t < t_p$   $2.228 < 15.25$  se concluye que existe una diferencia altamente significativa, por tanto hay evidencia suficiente para concluir que existe una diferencia significativa, en la resistencia a compresión vs la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, por efecto del uso de las diferentes marcas de cemento Portland Tipo I y IP en la ciudad de Puno.

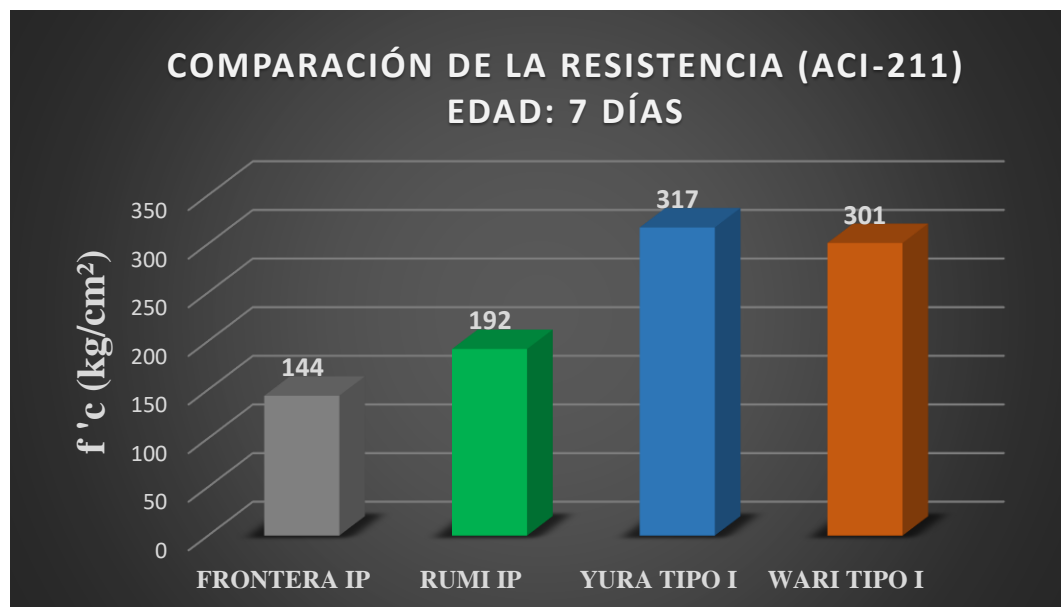
## 4.2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos, se aprecia que, para el caso del cemento Frontera, en el diseño Walker, este no llegó a alcanzar la resistencia especificada  $f'c=210$   $\text{kg/cm}^2$ , además tampoco cumplió con la relación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a los 28 días, recomendados en la tabla 14 (Relación entre la resistencia a la compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días); por ello no se consideró dicho método para la discusión y análisis de resultados, debido a que existiría una desventaja con las demás marcas para fines de realizar un análisis comparativo, donde se buscó uniformidad en los estándares establecidos, para los concretos fabricados con las diferentes marcas y tipos en estudio.

A continuación, se muestra de manera gráfica los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la compresión y se expone la discusión correspondiente.

### 4.2.1. Discusión y Análisis de Resultados de Resistencia a Compresión

#### 4.2.1.1. *Discusión y Análisis de la Resistencia a los 7 días.*



**Figura 21.** Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión vs edad 7 días, diseño ACI-211.

### **Para concretos con cementos tipo IP**

De la figura 21 se observa: las probetas de concreto con cemento Frontera alcanzaron una resistencia promedio de 144 kg/cm<sup>2</sup>, logrando un 69% de la resistencia especificada  $f'c$ , en cambio las probetas de concreto con cemento Rumi IP alcanzaron una resistencia promedio de 192 kg/cm<sup>2</sup> logrando un 91% de la resistencia especificada  $f'c$ ,

Estos resultados guardan relación con lo encontrado por Mamani (2018), quien coinciden que la relación entre la resistencia obtenida a los 7 días y la resistencia a los 28 días, fue aproximadamente 75% en promedio para concretos con cementos tipo IP; sin embargo. Martínez (2016) obtiene solo un 60%, de esto, se deduce, que los concretos elaborados con cementos Frontera y Rumi Tipo IP logran una resistencia aceptable a los 7 días de edad, obteniendo el concreto con cemento Rumi un 22% mayor de resistencia, en comparación al concreto con cemento Frontera, además de acuerdo a las respectivas fichas técnicas, el cemento Rumi es el que ofrece la mayor resistencia a los 7 días, verificándose esta tendencia en los concretos elaborados con estos cementos para fines de esta tesis.

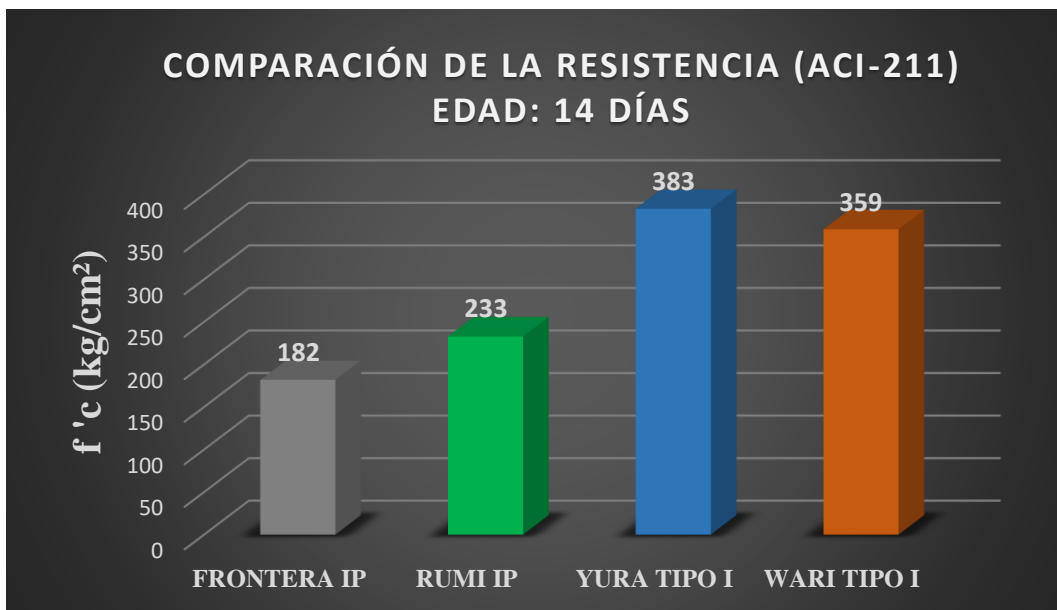
### **Para concretos con cementos tipo I**

De la figura 21 se observa: las probetas de concreto con cemento Yura alcanzaron una resistencia promedio de 317 kg/cm<sup>2</sup>, logrando un 151% de la resistencia especificada  $f'c$ , en cambio las probetas de concreto con cemento Wari alcanzaron una resistencia promedio de 301 kg/cm<sup>2</sup> logrando un 143% de la resistencia especificada  $f'c$ .

Estos resultados guardan relación con lo encontrado por Vicente (2016) y Martínez (2016), quienes coinciden que las resistencias a compresión de sus concretos elaborados con cementos tipo I son mayores; sin embargo, no llegan a alcanzar altas resistencias como las obtenidas en la presente tesis, por ello, se deduce, que los concretos

elaborados con cementos Yura y Wari Tipo I, superan ampliamente la resistencia a los 7 días de edad, obteniendo el concreto con cemento Yura un 8% mayor de resistencia en comparación con el concreto con cemento Wari, además de acuerdo a las respectivas fichas técnicas el cemento Wari es el que ofrece la mayor resistencia a los 7 días, no comprobándose esta tendencia en los concretos elaborados con estos cementos para fines de esta tesis.

#### 4.2.1.2. *Discusión y Análisis de la Resistencia a los 14 días.*



**Figura 22.** Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión vs edad 14 días, diseño ACI-211.

#### *Para concretos con cementos tipo IP*

De la figura 22 se observa: las probetas de concreto con cemento Frontera IP alcanzaron una resistencia promedio de 182 kg/cm<sup>2</sup>, logrando un 87% de la resistencia especificada  $f'c$ , en cambio las probetas de concreto con cemento Rumi IP alcanzaron una resistencia promedio de 233 kg/cm<sup>2</sup> logrando un 111% de la resistencia especificada  $f'c$ ,

Estos resultados guardan relación con lo encontrado por Mamani (2018), quien coinciden que la relación entre la resistencia obtenida a los 14 días y la resistencia a los



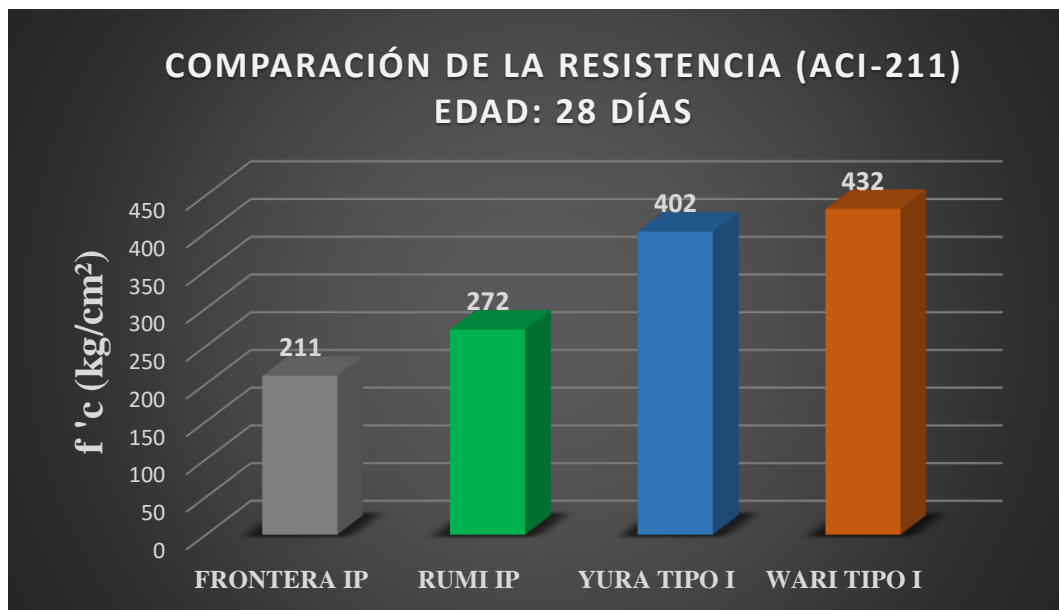
28 días, fue aproximadamente 90% en promedio para concretos con cementos tipo IP; sin embargo. Martínez (2016) a esta edad solo un 77.4%, de esto se, se deduce, que los concretos elaborados con cementos Frontera y Rumi Tipo IP alcanzan una resistencia aceptable a los 14 días de edad, obteniendo el concreto con cemento Rumi un 24% mayor de resistencia en comparación con el concreto con cemento Frontera, además de acuerdo a las respectivas fichas técnicas el cemento Rumi es el que ofrece la mayor resistencia a los 14 días, verificándose esta tendencia en los concretos elaborados con estos cementos para fines de esta tesis.

### **Para concretos con cementos tipo I**

De la figura 22 se observa: las probetas de concreto con cemento Yura alcanzaron una resistencia promedio de 383 kg/cm<sup>2</sup>, logrando un 183% de la resistencia especificada  $f'c$ , en cambio las probetas de concreto con cemento Wari alcanzaron una resistencia promedio de 359 kg/cm<sup>2</sup> logrando un 171% de la resistencia especificada  $f'c$ ,

Estos resultados guardan relación con lo encontrado por Vicente (2016) y Martínez (2016), quienes coinciden que las resistencias a compresión de sus concretos elaborados con cementos tipo I son los de mayor porcentaje sin embargo, no llegan a alcanzar altas resistencias como las obtenidas en la presente tesis, por ello, se deduce, que los concretos elaborados con cementos Yura y Wari Tipo I, superan ampliamente la resistencia a los 14 días de edad, obteniendo el concreto con cemento Yura un 12% mayor de resistencia en comparación con el concreto con cemento Wari, además de acuerdo a las respectivas fichas técnicas el cemento Wari es el que ofrece la mayor resistencia a los 14 días, no comprobándose esta tendencia en los concretos elaborados con estos cementos para fines de esta tesis.

#### 4.2.1.3. *Discusión y Análisis de la Resistencia a los 28 días.*



**Figura 23.** Gráfico comparativo de la resistencia a la compresión vs edad 28 días, diseño ACI-211.

#### *Para concretos con cementos tipo IP*

De la figura 23 se observa: las probetas de concreto con cemento Frontera IP alcanzaron una resistencia promedio de 211 kg/cm<sup>2</sup>, logrando un 100% de la resistencia especificada  $f'c$ , en cambio las probetas de concreto con cemento Rumi IP alcanzaron una resistencia promedio de 272 kg/cm<sup>2</sup> logrando un 130% de la resistencia especificada  $f'c$ .

Estos resultados guardan relación con lo encontrado por Mamani (2018) y Martínez (2016), quienes coinciden que la relación entre la resistencia obtenida a los 28 días y la resistencia a los 28 días, fue aproximadamente 100% en promedio para concretos con cementos tipo IP.

La resistencia especificada  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, para concretos normales, a los 28 días minimamente debería alcanzar el 100%, de esto se deduce, que los concretos elaborados con cementos Frontera y Rumi Tipo IP alcanzan la resistencia especificada a los 28 días de edad, obteniendo el concreto con cemento Rumi un 30% mayor de resistencia en



comparación con el concreto con cemento Frontera, además de acuerdo a las respectivas fichas técnicas el cemento Rumi es el que ofrece la mayor resistencia a los 28 días, verificándose esta tendencia en los concretos elaborados con estos cementos para fines de esta tesis.

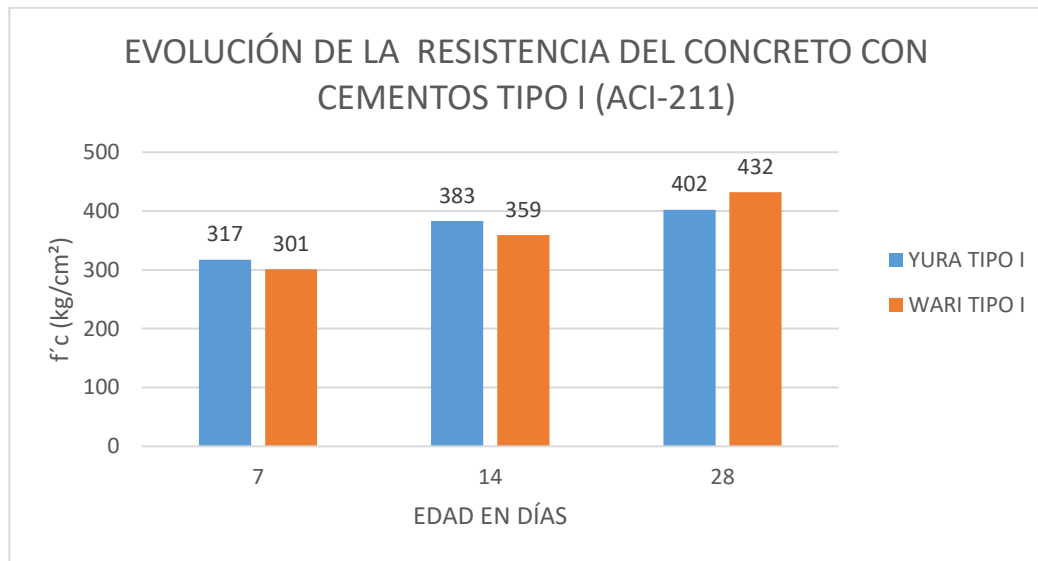
### **Para concretos con cementos tipo I**

De la figura 23 se observa: las probetas de concreto con cemento Yura alcanzaron una resistencia promedio de 402 kg/cm<sup>2</sup>, logrando un 191% de la resistencia especificada  $f'_c$ , en cambio las probetas de concreto con cemento Wari alcanzaron una resistencia promedio de 432 kg/cm<sup>2</sup> logrando un 206% de la resistencia especificada  $f'_c$ .

Estos resultados guardan relación con lo encontrado por Vicente (2016) y Martínez (2016), quienes coinciden que las resistencias a compresión de sus concretos elaborados con cementos tipo I son los de mayor porcentaje sin embargo, no llegan a alcanzar altas resistencias como las obtenidas en la presente tesis.

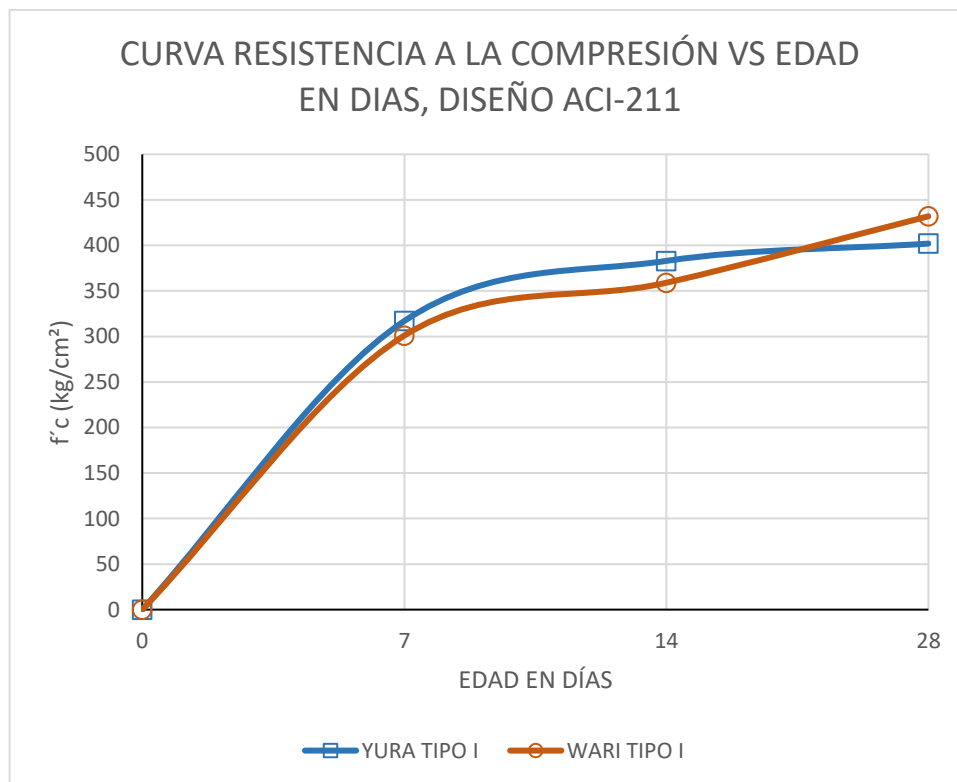
Los concretos elaborados con cementos Yura y Wari Tipo I superan ampliamente la resistencia especificada  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días de edad, obteniendo el concreto con cemento Wari un 15% mayor de resistencia en comparación con el concreto con cemento Yura, además de acuerdo a las respectivas fichas técnicas el cemento Wari es el que ofrece la mayor resistencia a los 28 días, verificándose esta tendencia en los concretos elaborados con estos cementos para fines de esta tesis.

#### 4.2.1.4. *Discusión y Análisis Comparativo Concretos con Cementos Tipo I*



**Figura 24.** Comparación de la resistencia de concretos elaborados con cementos Portland T-I, método de diseño ACI-211.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



**Figura 25.** Curva evolución de la resistencia a la compresión vs edad, con cementos tipo I, diseño ACI-211.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



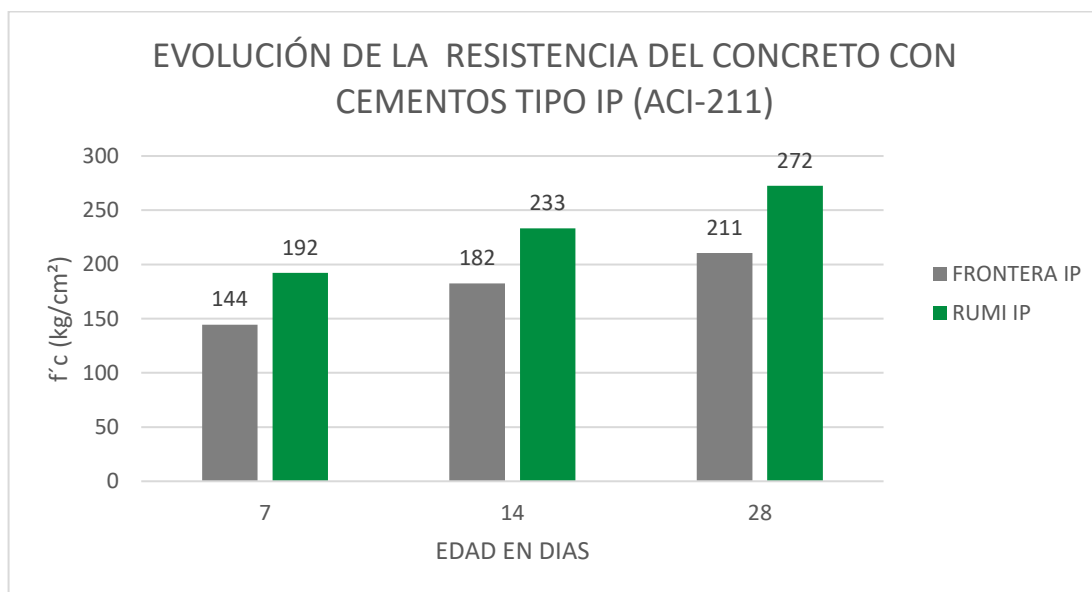
### *Para concretos con cementos tipo I*

En las figuras anteriores (24 y 25), se muestran los resultados de las resistencias promedio obtenidas, mediante los ensayos, a edades de 7, 14 y 28 días; de las marcas de cemento Yura y Wari tipo I analizadas.

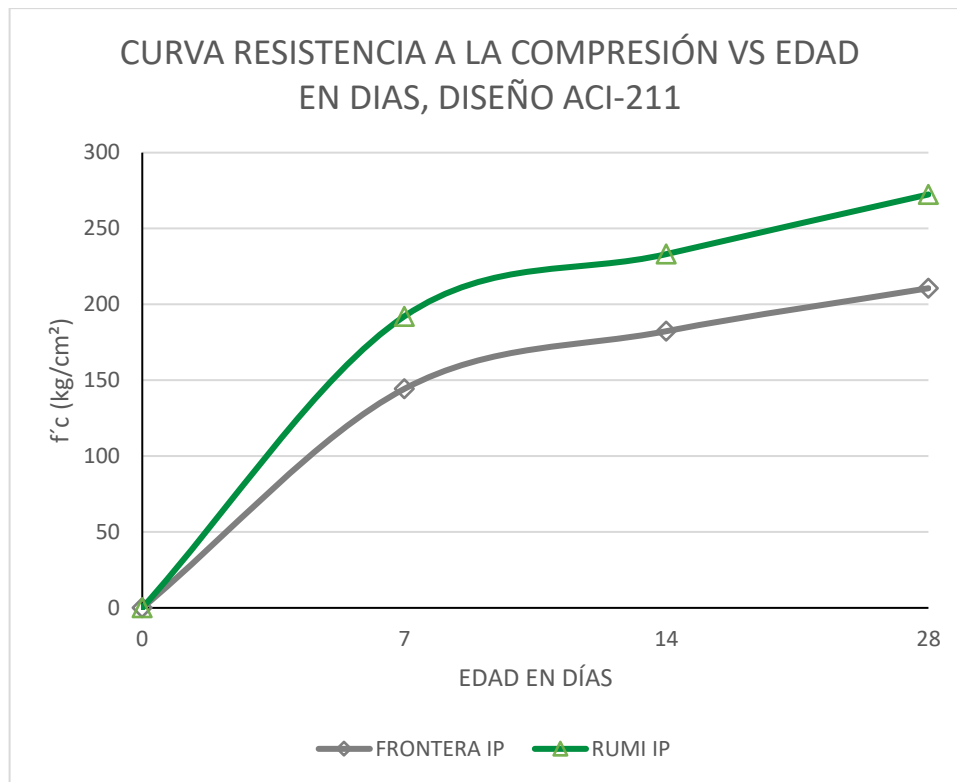
Los concretos con cementos Yura y Wari presentan resistencias muy similares, se observa que a edades tempranas de 7 y 14 días, el cemento Yura es el que presenta un mejor comportamiento; sin embargo, a los 28 días, el que mejor desempeño presenta es el cemento Wari adquiriendo mayor resistencia de aquí en adelante.

Por otro lado, como se puede apreciar en la figura 25, los concretos hechos cementos tipo I superan ampliamente la resistencia especificadas  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , esto tiene relación con lo analizado por Vicente (2016), quien obtuvo resistencias de  $199.42 \text{ kg/cm}^2$  (95%),  $285.55 \text{ kg/cm}^2$  (136%) y  $360.14 \text{ kg/cm}^2$  (171%) a los 7,14 y28 dias respectivamente para el cemento Sol Tipo I empleando la metodología del ACI-211 con agregado redondeado.

#### **4.2.1.5. Discusión y Análisis Comparativo Concretos con Cementos Tipo IP**



**Figura 26.** Comparación de la resistencia de concretos elaborados con cementos tipo IP, método de diseño ACI-211. Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.



**Figura 27.** Curva evolución de la resistencia a la compresión vs edad, con cementos tipo IP, diseño ACI-211.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo.

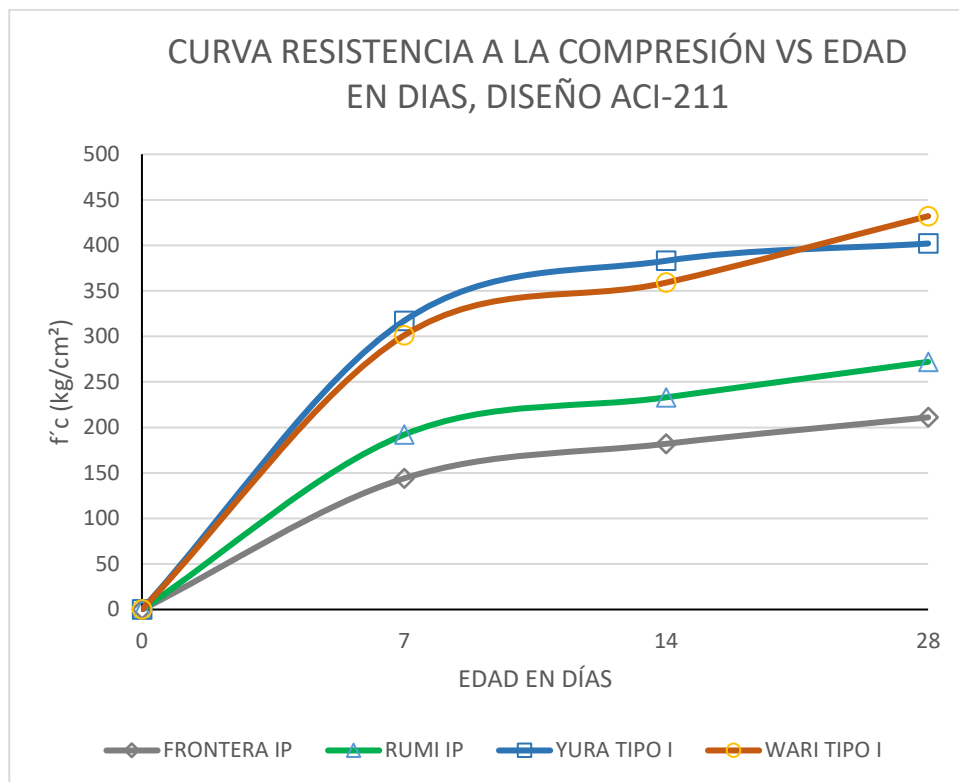
### **Para concretos con cementos tipo IP**

En las figuras anteriores (26 y 27), se muestran los resultados de las resistencias promedio obtenidas, mediante los ensayos, a edades de 7, 14 y 28 días; de las marcas de cemento Rumi y Frontera tipo IP analizadas.

El concreto con cemento Frontera presenta una ganancia de resistencia menor en comparación al concreto con cemento Rumi, el cual que muestra un mejor comportamiento en todas las edades de estudio; sin embargo, a los 28 días, el cemento Frontera logra alcanzar la resistencia especificada  $f'c$ .

Esto guarda relación con lo analizado según Mamani (2018), donde los concretos normales Rumi y Frontera usados en su tesis alcanzan resistencias: a los 7 días 71.06%, 68.01%, a los 14 días 85.64%, 81.87%, y a los 28 días 101.67%, 98.28%, respectivamente; comprobándose la tendencia obtenida en nuestra investigación.

#### 4.2.1.6. *Discusión y Análisis Comparativo Concretos con Cementos Tipo I – IP*



**Figura 28.** Curva evolución de las resistencias vs edad, con cementos tipo I-IP, diseño ACI-211

##### **Para concretos con cementos tipo I-IP**

En la figura 28 se muestra los resultados de las resistencias promedio obtenidas, mediante los ensayos, de las resistencias a la compresión a edades de 7, 14 y 28 días de todas las marcas de cemento tipo IP y tipo I analizadas.

Se puede apreciar que, los cementos tipo I Yura y Wari, ganan mayores resistencias a edades tempranas de 7 días, en comparación a los concretos con cementos tipo IP Frontera y Rumi, manteniendo esa tendencia en todas las edades analizadas, esto tiene relación con lo analizado por Vicente (2016), quien obtuvo resistencias de 95%, 136% y 171% a los 7,14 y 28 días respectivamente; para el cemento Sol Tipo I, en comparación con concretos hechos con cemento Yura tipo IP, el cual alcanzó 85%, 100% y 120 % a los 7,14 y 28 días respectivamente, todo esto empleando la metodología del ACI-211 con agregado redondeado.

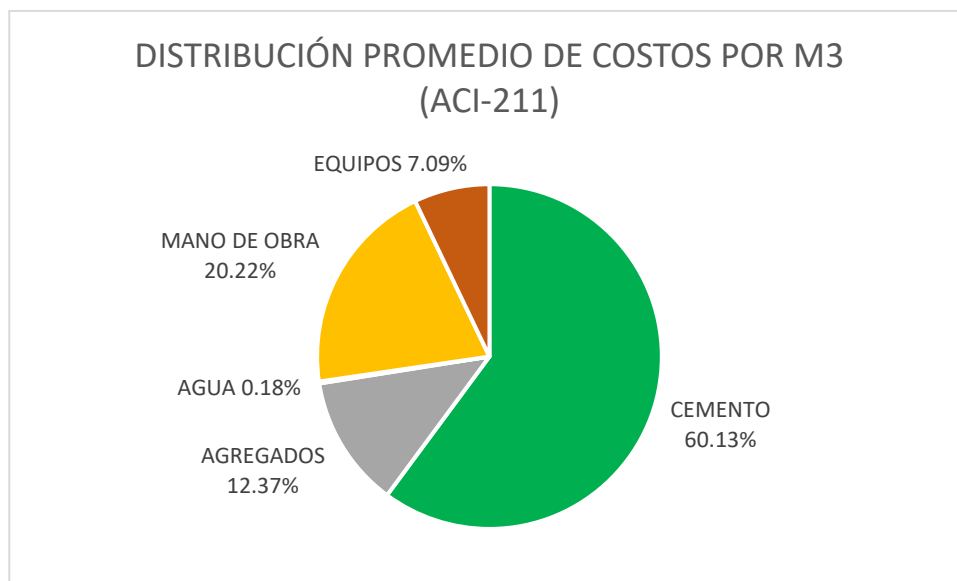
#### 4.2.2. Discusión y Análisis de Resultados de los Costos por Metro Cúbico

**Tabla 69**

*Distribución de la estructura promedio de costos, por m<sup>3</sup> de concreto*

<b>ESTRUCTURA PROMEDIO DE COSTOS POR M3 DE CONCRETO (ACI-211)</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Costo (S/)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Cemento	190.12	60.13%
Agregados	39.12	12.37%
Agua	0.57	0.18%
Mano de obra	63.94	20.22%
Equipos	22.43	7.09%
<b>Total</b>	<b>316.18</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



**Figura 29.** Distribución promedio de costos por m<sup>3</sup> de concreto

***Discusión y Análisis: Distribución promedio de costos por m<sup>3</sup> de concreto.***

En la figura 29 se muestra los resultados de la distribución promedio de costos por metro cúbico de concreto; en donde, se puede apreciar que, el cemento es el de mayor costo en el metro cubico de concreto (60.13%), esto quiere decir que cualquier exceso o ahorro en cemento afecta significativamente en el costo del metro cúbico de concreto y no necesariamente esto involucra una mejor calidad, esto tiene relación con lo explicado



por Pasquel (2020), en su charla “Entendiendo las Caídas en Resistencia del Concreto y sus Consecuencias Técnicas y Económicas”, donde muestra una estructura de costos muy similar al análisis de esta tesis.



## V. CONCLUSIONES

Lo más importante de efectuar este análisis fue hallar que los concretos elaborados con cementos del Tipo I Yura y Wari desarrollaron las mayores resistencias a la compresión en edades de 7, 14 y 28 días en comparación a los concretos con cementos del Tipo IP Rumi y Frontera, además el concreto con mayor costo por metro cúbico fue el de cemento Yura y el de menor costo es el de cemento Frontera, estas diferencias se dan por efecto de la utilización de las marcas de cemento que se comercializan en la ciudad de Puno. Lo anterior permite corroborar la hipótesis planteada, ya que se demostró que existe una diferencia significativa, en la resistencia a compresión vs la edad y el costo por metro cúbico, de los concretos normales  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

El análisis de las propiedades físicas de los agregados Fino y Grueso de la cantera Viluyo – Laraqueri, fueron elaborados de acuerdo a la normativa nacional vigente: Normas Técnicas Peruanas (NTP código 400), así como la normativa americana ASTM, realizado dichos ensayos concluimos que los agregados cumplen con los parámetros especificados en dichas normativas, con esto podemos decir que se utilizaron materiales de buena calidad y aptos para la elaboración de concretos en la ciudad de Puno.

Los métodos de diseño de mezclas del comité 211 del ACI y Walker nos permitieron determinar las cantidades de materiales necesarios para elaborar las mezclas de concreto con cada marca de cemento, utilizando los mismos agregados, agua e instrumentos y bajo los mismos procedimientos estandarizados de elaboración, curado y ensayos respectivos, demostrando que influyen directamente en la resistencia a compresión de los concretos normales  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , por ejemplo el diseño con la metodología Walker para el caso del cemento Frontera no alcanzo a cumplir los porcentajes recomendados de resistencia a edades de 7, 14 días en relación a los 28 días, motivo por el cual no se consideró en el análisis. Concluimos que el método de diseño



ACI-211 fue el más adecuado para esta tesis porque nos permitió elaborar concretos que cumplen con los parámetros de resistencia en comparación al diseño Walker.

La comparación de resistencias a compresión en edades de 7, 14 y 28 días según la marca y tipo de cemento concluimos lo siguiente: A los 7 días, los concretos que desarrollaron las mayores resistencias promedio fueron los del tipo I Yura (151%) y Wari (143%), logrando superar la resistencia especificada  $f'_c$ , en donde el concreto con cemento Yura obtiene un 8% de resistencia mayor al de Wari; en cambio los concretos elaborados con cementos del tipo IP Rumi (91%) y Frontera (69%) solo alcanzaron porcentajes de resistencias aceptables en relación a la resistencia especificada  $f'_c$  a los 28 días, en donde el concreto con cemento Rumi logro un 12% de resistencia mayor que el de Frontera. A los 14 días, los concretos que continuaron desarrollando las mayores resistencias promedio fueron los del tipo I Yura (183%) y Wari (171%), en donde el concreto con cemento Yura obtiene un 12% de resistencia mayor al de Wari; luego los concretos elaborados con cementos del tipo IP Rumi (111%) y Frontera (87%) se comprobó que el concreto con cemento Rumi superó la resistencia especificada ( $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>) y es mayor en un 24% que el de Frontera el cual continuó alcanzando una resistencia aceptable. A los 28 días, los concretos que continuaron desarrollando las mayores resistencias promedio fueron los del tipo I Yura (191%) y Wari (206%), notándose que el concreto con cemento Wari logró superar en 15% de resistencia en esta edad al concreto con cemento Yura el cual tenía una mayor resistencia a edades tempranas; luego los concretos elaborados con cementos del tipo IP Rumi (130%) y Frontera (100%) logran alcanzar la resistencia especificada  $f'_c$ , obteniendo el concreto con cemento Rumi un 30% de resistencia mayor que el de Frontera.

Con respecto a los costos por metro cúbico que se generaron al usar las diferentes marcas y tipos de cemento se puede decir, el que genera el mayor costo es el concreto



elaborado con cemento Yura (S/ 337.78), seguidamente el de cemento Wari (S/ 317.67) luego el de cemento Rumi (S/ 312.75) y finalmente el concreto con cemento Frontera (S/ 296.53), esto refleja el factor: costo por marca de cemento.





## VI. RECOMENDACIONES

- Se sugiere para posibles investigaciones relacionadas, realizar los análisis químicos de los cementos a fin de determinar los compuestos químicos más importantes e influyentes para el desarrollo de las resistencias y otras propiedades del concreto.
- Incentivar investigaciones para lograr concretos económicos de alta resistencia usando agregados de canteras locales y cementos tipo I, teniendo presente las altas resistencias obtenidas en esta investigación.
- Se recomienda también, establecer un adecuado control estadístico en las investigaciones relacionadas; a fin de, mejorar y optimizar la cantidad de cemento por metro cubico y de esa manera poder lograr concretos económicos de buena calidad.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto Castillo, F. (1995). *Tecnología del Concreto* (Editorial San Marcos (ed.); 1ª Edición).
- ACI - 214. (2011). *Guide to Evaluation of Strength Test Results of Concrete* (American Concrete Institute (ed.)).
- ACI 116. (2000). *Terminología del cemento y el hormigón*.
- ACI 318s. (2019). *Building Code Requirements for Structural Concrete* (American Concrete Institute (ed.)).
- Alumnos Ingeniería Civil PUCP. (2013). Revista Civilízate. *ACI PERÚ: CAPÍTULO DE ESTUDIANTES PUCP*, 64.
- Burgos Pauro, E. (2012). *Variación del Módulo de Finura del Agregado Fino de 3.0 a 3.6 en Concretos de Mediana a Baja Resistencia*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cortez Gomez, E., & Perilla Sastoque, J. (2014). *Estudio comparativo de las características Fisico-Mecánicas de cuatro cementos comerciales Portland Tipo I*. Universidad Militar Nueva Granada.
- EM. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES* (Ministerio de Transportes y Comunicaciones (ed.); Ministerio).
- Herrera Cisneros, S., & Villegas Dávila, F. (2008). *Módulos de Elasticidad y Curvas de Esfuerzo Deformación, en Base a la Compresión del Hormigón a 21, 28, 35 Mpa*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezclas de concreto*.
- Leandro Oviedo, G. (2015). *Estadística y Probabilidad con Aplicaciones* (Publitex (ed.)).
- Mamani Flores, K. (2018). *Determinación de la Resistencia a Compresión en Concretos*



- Normales, Especiales y Morteros Producidos con Cementos que se Comercializan en la Región Puno.* Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Martínez Valle, L. J. (2016). *Análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la compresión del hormigón elaborado con diferentes marcas de cementos portland.* Universidad Técnica de Ambato.
- Morales, A. E. (2012). *Estadística y Probabilidades.*
- Neville, A. M. (1995). *Tecnología del Concreto.*
- NTP 334.009. (2016). *Cemento Pórtland. Requisitos* (INACAL (ed.); 6ª Edición). INACAL.
- NTP 334.082. (2008). *Cementos Portland Especificación de la performance* (INACAL (ed.); 3ª Edición).
- NTP 339.034. (2015). *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas* (INACAL (ed.); 4ª Edición).
- NTP 339.035. (1999). *Método de ensayo para la medición del asentamiento del hormigón con el cono de Abrams* (INDECOPI (ed.); 2ª Edición).
- NTP 339.088. (2006). *Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland. Requisitos* (INDECOPI (ed.)).
- NTP 339.183. (2013). *Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio* (INACAL (ed.); 2ª Edición).
- NTP 339.216. (2007). *Método para la utilización de cabezales con almohadillas de neopreno en el ensayo de resistencia a la compresión de cilindros de concreto endurecido* (INDECOPI (ed.)).
- NTP 400.012. (2013). *Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global* (INACAL (ed.); 3ª Edición).



- NTP 400.021. (2013). *Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso* (INACAL (ed.)).
- NTP 400.037. (2018). *Agregados para concreto. Requisitos* (INCACAL (ed.); 4ª Edición).
- Pacheco, J. (2019). Método Comparativo (Definición, Usos, Características). *Web y Empresas*.
- Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú* (2da Edición).
- Pasquel Carbajal, E. (2020). *Entendiendo las Caídas en Resistencia del Concreto y sus Consecuencias Técnicas y Económicas*.
- Patiño, O., & Méndez, R. (2016). Control de Calidad del Concreto (Normas, pruebas y cartas de Control). *Revistas UTP (Universidad Tecnológica de Panamá)*, 64.
- Polanco Rodriguez, A. (2002). *Manual de Prácticas de Laboratorio de Concreto*.
- Rivva Lopez, E. (2000). *Naturaleza y Materiales del Concreto*.
- Rivva Lopez, E. (2018). *Diseño de Mezclas* (E.I.R.L. Imprenta Williams (ed.); 4ta edición).
- Sanchez De Guzman, D. (2001). *Tecnología del Concreto y del Mortero*.
- Torre Carrillo, A. (2004). *Curso Básico de Tecnología del Concreto para Ingenieros Civiles*.
- Umiri Flores, D. (2019). Curado del Concreto. *Blog de La Construcción*.
- Vicente Mercado, R. (2016). *Diferencia en la resistencia de los concretos por efecto de los tipos de cemento comercializados en la ciudad de Tacna, 2016*. Universidad Privada de Tacna.



## ANEXOS

ANEXO 1. Fichas Técnicas de las Marcas de Cemento en Puno.

ANEXO 2. Cuadro Estadístico (distribución t).

ANEXO 3. Análisis de Costo Unitario por Metro Cúbico de Concreto.

ANEXO 4. Panel Fotográfico.



## **ANEXO 1**

### **Fichas Técnicas de las Marcas de Cemento en Puno.**

## CEMENTO FRONTERA IP

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

#### FICHA TÉCNICA FRONTERA IP



## CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO FRONTERA IP – ULTRA FUERTE

REQUISITOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO FRONTERA IP		Requisitos Norma NTP 334.090 ASTM C-595	
MgO (%)	1.99		6.00 Máx.	
SO <sub>3</sub> (%)	1.75		4.00 Máx.	
Pérdida por ignición (%)	2.14		5.00 Máx.	
REQUISITOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO FRONTERA IP		Norma NTP 334.090 ASTM C-595	
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.85		-	
Expansión en autoclave (%)	0		0.80 Máx.	
Fraguado Vicat inicial (minutos)	170		45 Min.	
Fraguado Vicat final (minutos)	270		420 Máx.	
Resistencia a la compresión	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa	Kgf/cm <sup>2</sup>	MPa
1 días	97	9	-	-
3 días	194	19	133 Mín.	13
7 días	241	23	204 Mín.	20
28 días	330	32	255 Mín.	25
Resistencia a los sulfatos	Cemento IP			
% Expansión a los 14 días	0.018		-	

Figura A. 1 Ficha Técnica Cemento Frontera IP. Fuente: (YURA S.A., 2019).

## CEMENTO RUMI IP

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

#### FICHA TÉCNICA



## CEMENTO PORTLAND PUZOLÁNICO RUMI IP – ALTA RESISTENCIA

#### REQUERIMIENTOS QUÍMICOS:

Oxido de Magnesio, MgO, %	1.54	6.00 Máximo
Tróxido de Azufre, SO <sub>2</sub> , %	1.80	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2.33	5.00 Máximo

#### REQUERIMIENTOS FÍSICOS:

Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.82	No Especifica
Expansión en Autoclava, %	-0.03	0.80 Máximo
Tiempo de Fregado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fregado (Inicial)	224	45 Mínimo
Tiempo de Fregado (Final)	269	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	3.59	12.00 Máximo
Superficie específica Blaine	4961	No Especifica
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Mínimo:
01 día	10.22 (104)	No Especifica
03 días	20.01 (204)	15.0 (133)
07 días	24.20 (247)	20.0 (204)
28 días	32.23 (329)	25.0 (255)

Figura A. 2 Ficha Técnica Cemento Rumi IP. Fuente: (YURA S.A., 2019).



## CEMENTO YURA TIPO I

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

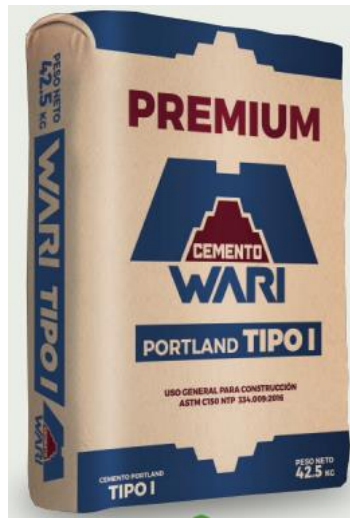


REQUERIMIENTOS QUÍMICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I	NORMA TECNICA NTP 334.009 - ASTM C150
Óxido de Magnesio, MgO, %	2.55	6.00 Máximo
Trióxido de Azufre, SO <sub>3</sub> , %	2.10	3.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	0.60	3.00 Máximo
Residuo Insoluble, R.I. %	0.55	0.75 Máximo
REQUERIMIENTOS FÍSICOS	CEMENTO PORTLAND YURA TIPO I	NORMA TECNICA NTP 334.009 - ASTM C150
Finura( Superficie Específica - Blaine), cm <sup>2</sup> /g	3150	2600 Mínimo
Expansión en Autoclave, %	0.07	0.80 Máximo
Tiempo de Fraguado, Ensayo Vitcat, minutos		
Tiempo de Fraguado (inicial)	140	45 Mínimo
Tiempo de Fraguado (Final)	160	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	5.55	12.00 Máximo
Resistencia a la compresión, Kg/cm <sup>2</sup>		Mínimo:
01 día	135	-
03 días	240	122.36
07 días	330	193.75
28 días	430	-

**Figura A. 3** Ficha Técnica Cemento Yura tipo I. Fuente: (YURA S.A., 2019).

## CEMENTO WARI TIPO-I

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	CEMENTO WARI TIPO I	TIPO I NTP:334. 009 ASTM C150
Contenido de Aire, máx.%	5%	Máximo 12
Superficie Especifica(cm <sup>2</sup> /g)	3300 Cm <sup>2</sup> /gr	No Especifica
Expansión de autoclave, máx.%	0.08%	Máximo 1.5
Peso Específico	3.14 g/ml	No Especifica
Resistencia a la compresión		
3 días Mpa	26.5	Mínimo 12.0
7 días Mpa	33.1	Mínimo 19.0
28 días Mpa	45.7	No Especifica
Tiempo de fraguado vicat, minutos		
Inicial	130	Mínimo 45
Final	215	Máximo 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA	CEMENTO WARI TIPO I	TIPO I NTP:334. 009 ASTM C150
MgO (%)	1.78%	Máximo 6.0
So <sub>3</sub> (%)	2.74%	Máximo 3.0
Perdida de ignición (%)	2.5%	Máximo 3.5
Residuo Insóluble (%)	0.64%	Máximo 1.5

Figura A. 4 Ficha Técnica Cemento Wari tipo I. Fuente: (Cementos Wari, 2019).



**ANEXO 2.**  
**Cuadro Estadístico.**



Tabla A. 1  
*Distribución T-student*

df/p	0,40	0,25	0,10	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	0,324920	1,000000	3,077684	6,313752	12,70620	31,82052	63,65674	636,6192
2	0,288675	0,816497	1,885618	2,919986	4,30265	6,96456	9,92484	31,5991
3	0,276671	0,764892	1,637744	2,353363	3,18245	4,54070	5,84091	12,9240
4	0,270722	0,740697	1,533206	2,131847	2,77645	3,74695	4,60409	8,6103
5	0,267181	0,726687	1,475884	2,015048	2,57058	3,36493	4,03214	6,8688
6	0,264835	0,717558	1,439756	1,943180	2,44691	3,14267	3,70743	5,9588
7	0,263167	0,711142	1,414924	1,894579	2,36462	2,99795	3,49948	5,4079
8	0,261921	0,706387	1,396815	1,859548	2,30600	2,89646	3,35539	5,0413
9	0,260955	0,702722	1,383029	1,833113	2,26216	2,82144	3,24984	4,7809
10	0,260185	0,699812	1,372184	1,812461	2,22814	2,76377	3,16927	4,5869
11	0,259556	0,697445	1,363430	1,795885	2,20099	2,71808	3,10581	4,4370
12	0,259033	0,695483	1,356217	1,782288	2,17881	2,68100	3,05454	4,3178
13	0,258591	0,693829	1,350171	1,770933	2,16037	2,65031	3,01228	4,2208
14	0,258213	0,692417	1,345030	1,761310	2,14479	2,62449	2,97684	4,1405
15	0,257885	0,691197	1,340606	1,753050	2,13145	2,60248	2,94671	4,0728
16	0,257599	0,690132	1,336757	1,745884	2,11991	2,58349	2,92078	4,0150
17	0,257347	0,689195	1,333379	1,739607	2,10982	2,56693	2,89823	3,9651
18	0,257123	0,688364	1,330391	1,734064	2,10092	2,55238	2,87844	3,9216
19	0,256923	0,687621	1,327728	1,729133	2,09302	2,53948	2,86093	3,8834
20	0,256743	0,686954	1,325341	1,724718	2,08596	2,52798	2,84534	3,8495
21	0,256580	0,686352	1,323188	1,720743	2,07961	2,51765	2,83136	3,8193
22	0,256432	0,685805	1,321237	1,717144	2,07387	2,50832	2,81876	3,7921
23	0,256297	0,685306	1,319460	1,713872	2,06866	2,49987	2,80734	3,7676
24	0,256173	0,684850	1,317836	1,710882	2,06390	2,49216	2,79694	3,7454
25	0,256060	0,684430	1,316345	1,708141	2,05954	2,48511	2,78744	3,7251
26	0,255955	0,684043	1,314972	1,705618	2,05553	2,47863	2,77871	3,7066
27	0,255858	0,683685	1,313703	1,703288	2,05183	2,47266	2,77068	3,6896
28	0,255768	0,683353	1,312527	1,701131	2,04841	2,46714	2,76326	3,6739
29	0,255684	0,683044	1,311434	1,699127	2,04523	2,46202	2,75639	3,6594
30	0,255605	0,682756	1,310415	1,697261	2,04227	2,45726	2,75000	3,6460
∞	0,253347	0,674490	1,281552	1,644854	1,95996	2,32635	2,57583	3,2905

FUENTE: Estadística y Probabilidad con Aplicaciones, (Leandro, 2015).



### **ANEXO 3.**

#### **Análisis de Costo Unitario por Metro Cúbico de Concreto.**



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - DISEÑO ACI-211

### Metro cúbico de concreto con cemento Frontera IP

Diseño : ACI-211, a/c=0.56 por Resistencia.

Rendimiento : Mano de Obra=12m<sup>3</sup>/día, Equipo=12 m<sup>3</sup>/día.

Fecha : Julio del 2019.

Tabla A. 2

*Análisis de Precios Unitarios por m<sup>3</sup> de concreto con cemento Frontera IP, diseño ACI-211.*

DESCRIPCIÓN	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					<b>182.14</b>
Cemento Portland IP	Bls.		8.132	21	144.75
Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.389	37.5	14.59
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.731	25	18.26
Agua	m <sup>3</sup>		0.193	2.5	0.48
Gasolina 84 oct	gal		0.300	13.5	4.05
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>54.19</b>
Operario	hh	2	1.333	11.91	15.88
Oficial	hh	2	1.333	10.23	13.64
Peón	hh	4	2.667	9.25	24.67
<b>EQUIPO</b>					<b>14.96</b>
Mezcladora Concreto 11 p3 (18 hp)	hm	1	0.667	12	8.00
Vibrador Concreto 4hp 2.40"	hm	1	0.667	8	5.33
Herramientas (3% MO)	%		0.030	54.19	1.63
<b>COSTO UNITARIO TOTAL S/.</b>					<b>251.29</b>

Costos vigentes a Julio de 2019, Municipalidad Provincial de Puno.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - DISEÑO ACI-211

### Metro cúbico de concreto con cemento Rumi IP

Diseño : ACI-211, a/c=0.56 por Resistencia.

Rendimiento : Mano de Obra=12m<sup>3</sup>/día, Equipo=12 m<sup>3</sup>/día.

Fecha : Julio del 2019.

Tabla A. 3

*Análisis de Precios Unitarios por m<sup>3</sup> de concreto con cemento Rumi IP, diseño ACI-211.*

DESCRIPCIÓN	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					<b>195.89</b>
Cemento Portland IP	Bls.		8.132	23	158.57
Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.387	37.5	14.51
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.731	25	18.26
Agua	m <sup>3</sup>		0.193	2.5	0.48
Gasolina 84 oct	gal		0.300	13.5	4.05
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>54.19</b>
Operario	hh	2	1.333	11.91	15.88
Oficial	hh	2	1.333	10.23	13.64
Peón	hh	4	2.667	9.25	24.67
<b>EQUIPO</b>					<b>14.96</b>
Mezcladora Concreto 11 p3 (18 hp)	hm	1	0.667	12	8.00
Vibrador Concreto 4hp 2.40"	hm	1	0.667	8	5.33
Herramientas (3% MO)	%		0.030	54.19	1.63
<b>COSTO UNITARIO TOTAL S/.</b>					<b>265.04</b>

Costos vigentes a Julio de 2019, Municipalidad Provincial de Puno.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - DISEÑO ACI-211

### Metro cúbico de concreto con cemento Yura tipo I.

Diseño : ACI-211, a/c=0.56 por Resistencia.

Rendimiento : Mano de Obra=12m<sup>3</sup>/día, Equipo=12 m<sup>3</sup>/día.

Fecha : Julio del 2019.

Tabla A. 4

*Análisis de Precios Unitarios por m<sup>3</sup> de concreto con cemento Yura tipo I, diseño ACI-211.*

DESCRIPCIÓN	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					<b>217.11</b>
Cemento Portland Tipo I	Bls.		8.132	26	179.15
Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.404	37.5	15.16
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.731	25	18.26
Agua	m <sup>3</sup>		0.193	2.5	0.48
Gasolina 84 oct	gal		0.300	13.5	4.05
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>54.19</b>
Operario	hh	2	1.333	11.91	15.88
Oficial	hh	2	1.333	10.23	13.64
Peón	hh	4	2.667	9.25	24.67
<b>EQUIPO</b>					<b>14.96</b>
Mezcladora Concreto 11 p3 (18 hp)	hm	1	0.667	12	8.00
Vibrador Concreto 4hp 2.40"	hm	1	0.667	8	5.33
Herramientas (3% MO)	%		0.030	54.19	1.63
<b>COSTO UNITARIO TOTAL S/.</b>					<b>286.26</b>

Costos vigentes a Julio de 2019, Municipalidad Provincial de Puno.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo





## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS - DISEÑO ACI-211

### Metro cúbico de concreto con cemento Wari tipo I.

Diseño : ACI-211, a/c=0.56 por Resistencia.

Rendimiento : Mano de Obra=12m<sup>3</sup>/día, Equipo=12 m<sup>3</sup>/día.

Fecha : Julio del 2019.

Tabla A. 5

*Análisis de Precios Unitarios por m<sup>3</sup> de concreto con cemento Wari tipo I, diseño ACI-211.*

DESCRIPCIÓN	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					<b>200.06</b>
Cemento Portland Tipo I	Bls.		8.132	23.5	161.99
Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.407	37.5	15.26
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.731	25	18.26
Agua	m <sup>3</sup>		0.193	2.5	0.48
Gasolina 84 oct	gal		0.300	13.5	4.05
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>54.19</b>
Operario	hh	2	1.333	11.91	15.88
Oficial	hh	2	1.333	10.23	13.64
Peón	hh	4	2.667	9.25	24.67
<b>EQUIPO</b>					<b>14.96</b>
Mezcladora Concreto 11 p3 (18 hp)	hm	1	0.667	12	8.00
Vibrador Concreto 4hp 2.40"	hm	1	0.667	8	5.33
Herramientas (3% MO)	%		0.030	54.19	1.63
<b>COSTO UNITARIO TOTAL S/.</b>					<b>269.21</b>

Costos vigentes a Julio de 2019, Municipalidad Provincial de Puno.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS – DISEÑO WALKER

### Metro cúbico de concreto con cemento Frontera IP

Diseño : WALKER, a/c=0.56 por Resistencia.

Rendimiento : Mano de Obra=12m<sup>3</sup>/día, Equipo=12 m<sup>3</sup>/día.

Fecha : Julio del 2019.

Tabla A. 6

*Análisis de Precios Unitarios por m<sup>3</sup> de concreto con cemento Frontera IP, diseño WALKER.*

DESCRIPCIÓN	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					<b>172.46</b>
Cemento Portland IP	Bls.		7.500	17.8	133.50
Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.441	37.5	16.54
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.717	25	17.93
Agua	m <sup>3</sup>		0.178	2.5	0.45
Gasolina 84 oct	gal		0.300	13.5	4.05
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>54.19</b>
Operario	hh	2	1.333	11.91	15.88
Oficial	hh	2	1.333	10.23	13.64
Peón	hh	4	2.667	9.25	24.67
<b>EQUIPO</b>					<b>14.96</b>
Mezcladora Concreto 11 p3 (18 hp)	hm	1	0.667	12	8.00
Vibrador Concreto 4hp 2.40"	hm	1	0.667	8	5.33
Herramientas (3% MO)	%		0.030	54.19	1.63
<b>COSTO UNITARIO TOTAL S/.</b>					<b>241.61</b>

Costos vigentes a Julio de 2019, Municipalidad Provincial de Puno.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS – DISEÑO WALKER

### Metro cúbico de concreto con cemento Rumi IP

Diseño : WALKER, a/c=0.56 por Resistencia.

Rendimiento : Mano de Obra=12m<sup>3</sup>/día, Equipo=12 m<sup>3</sup>/día.

Fecha : Julio del 2019.

Tabla A. 7

*Análisis de Precios Unitarios por m<sup>3</sup> de concreto con cemento Rumi IP, diseño WALKER.*

DESCRIPCIÓN	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					<b>185.62</b>
Cemento Portland IP	Bls.		7.500	19.50	146.25
Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.440	37.5	16.50
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.716	25	17.90
Agua	m <sup>3</sup>		0.178	2.5	0.45
Gasolina 84 oct	gal		0.300	13.5	4.05
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>54.19</b>
Operario	hh	2	1.333	11.91	15.88
Oficial	hh	2	1.333	10.23	13.64
Peón	hh	4	2.667	9.25	24.67
<b>EQUIPO</b>					<b>14.96</b>
Mezcladora Concreto 11 p3 (18 hp)	hm	1	0.667	12	8.00
Vibrador Concreto 4hp 2.40"	hm	1	0.667	8	5.33
Herramientas (3% MO)	%		0.030	54.19	1.63
<b>COSTO UNITARIO TOTAL S/.</b>					<b>254.77</b>

Costos vigentes a Julio de 2019, Municipalidad Provincial de Puno.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS – DISEÑO WALKER

### Metro cúbico de concreto con cemento Yura tipo I.

Diseño : WALKER, a/c=0.56 por Resistencia.

Rendimiento : Mano de Obra=12m<sup>3</sup>/día, Equipo=12 m<sup>3</sup>/día.

Fecha : Julio del 2019.

Tabla A. 8

*Análisis de Precios Unitarios por m<sup>3</sup> de concreto con cemento Yura tipo I, diseño WALKER.*

DESCRIPCIÓN	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					<b>204.60</b>
Cemento Portland Tipo I	Bls.		7.500	22.03	165.23
Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.446	37.5	16.74
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.726	25	18.15
Agua	m <sup>3</sup>		0.178	2.5	0.45
Gasolina 84 oct	gal		0.300	13.5	4.05
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>54.19</b>
Operario	hh	2	1.333	11.91	15.88
Oficial	hh	2	1.333	10.23	13.64
Peón	hh	4	2.667	9.25	24.67
<b>EQUIPO</b>					<b>14.96</b>
Mezcladora Concreto 11 p3 (18 hp)	hm	1	0.667	12	8.00
Vibrador Concreto 4hp 2.40"	hm	1	0.667	8	5.33
Herramientas (3% MO)	%		0.030	54.19	1.63
<b>COSTO UNITARIO TOTAL S/.</b>					<b>273.75</b>

Costos vigentes a Julio de 2019, Municipalidad Provincial de Puno.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



## ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS – DISEÑO WALKER

### Metro cúbico de concreto con cemento Wari tipo I.

Diseño : WALKER, a/c=0.56 por Resistencia.

Rendimiento : Mano de Obra=12m<sup>3</sup>/día, Equipo=12 m<sup>3</sup>/día.

Fecha : Julio del 2019.

Tabla A. 9

*Análisis de Precios Unitarios por m<sup>3</sup> de concreto con cemento Wari tipo I, diseño WALKER.*

DESCRIPCIÓN	UND.	CUADRILLA	CANTIDAD	PRECIO (S/)	PARCIAL
<b>MATERIALES</b>					<b>185.86</b>
Cemento Portland Tipo I	Bls.		7.500	19.52	146.40
Agregado Fino	m <sup>3</sup>		0.447	37.5	16.78
Agregado Grueso	m <sup>3</sup>		0.728	25	18.19
Agua	m <sup>3</sup>		0.178	2.5	0.45
Gasolina 84 oct	gal		0.300	13.5	4.05
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>54.19</b>
Operario	hh	2	1.333	11.91	15.88
Oficial	hh	2	1.333	10.23	13.64
Peón	hh	4	2.667	9.25	24.67
<b>EQUIPO</b>					<b>14.96</b>
Mezcladora Concreto 11 p3 (18 hp)	hm	1	0.667	12	8.00
Vibrador Concreto 4hp 2.40"	hm	1	0.667	8	5.33
Herramientas (3% MO)	%		0.030	54.19	1.63
<b>COSTO UNITARIO TOTAL S/.</b>					<b>255.01</b>

Costos vigentes a Julio de 2019, Municipalidad Provincial de Puno.

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo



**ANEXO 4.**  
**Panel Fotográfico.**





Figura A. 5 Entrega del agregado global (hormigón) de la cantera de Viluyo – Laraqueri.



Figura A. 6 Secado al sol del agregado global (Exteriores del laboratorio Construcciones UNA).





Figura A. 7 Ensayos de caracterización de los agregados (NTP 400.037) Laboratorio de Construcciones UNA.



Figura A. 8 Saturación del Agregado Fino y Grueso para ensayo de P.E. y Absorción (NTP 400.021 y 400.022)





Figura A. 9 Dosificación en peso de los materiales de acuerdo al diseño de mezclas ACI-211, con cemento Frontera IP.



Figura A. 10 Dosificación en peso de los materiales de acuerdo al diseño de mezclas WALKER, con cemento Yura tipo I.



Figura A. 11 Dosificación en peso de los materiales de acuerdo al diseño de mezclas WALKER, con cemento Wari tipo I.

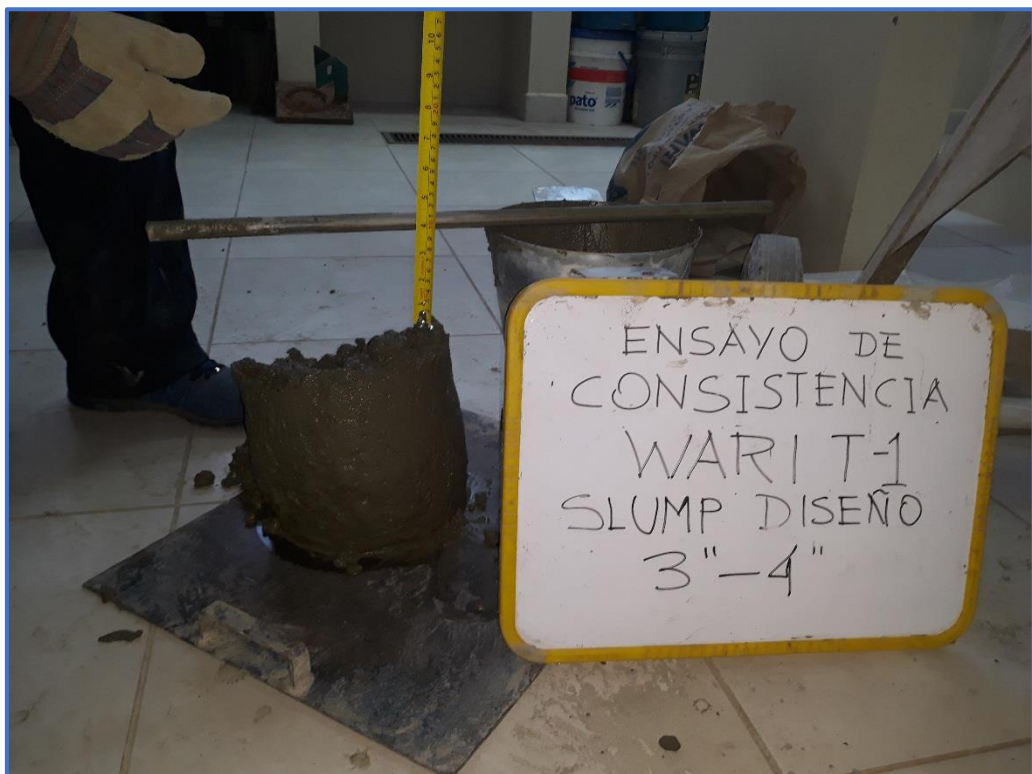


Figura A. 12 Ensayo de consistencia (NTP 339.035).



Figura A. 13 Vaciado y apisonado de las probetas de concreto fresco (NTP 339.033) Laboratorio de Construcciones UNA.





Figura A. 14 Probetas con concreto en estado fresco (terminadas) Laboratorio de Construcciones UNA.

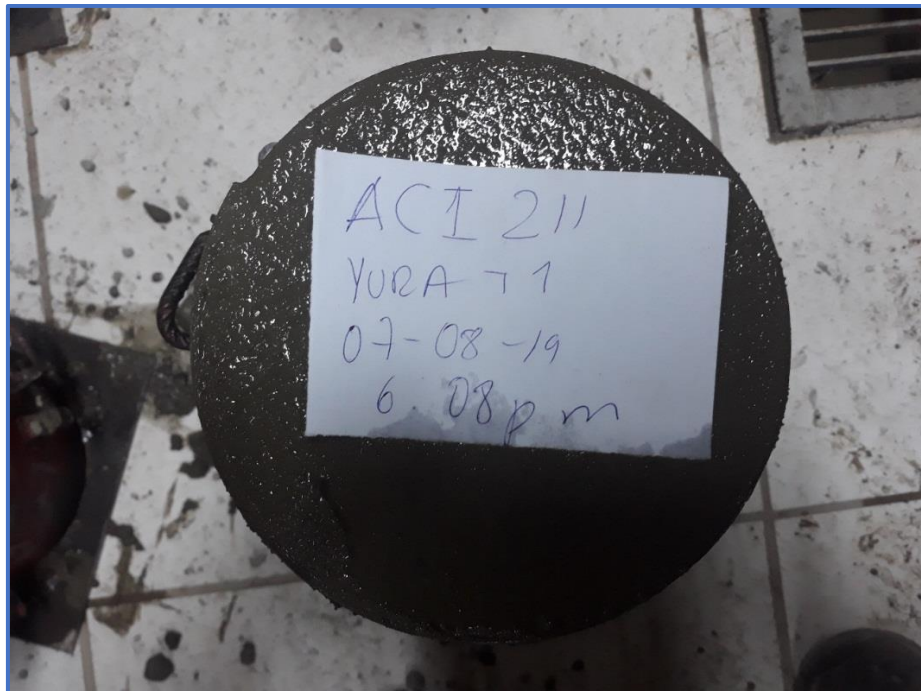


Figura A. 15 Etiquetado del método de diseño, marca de cemento, fecha y hora.



Figura A. 16 Probetas de concreto desmoldadas (24 horas después) en estado endurecido. Laboratorio de Construcciones UNA



Figura A. 17 Probetas de concreto para ensayo de compresión a los 7 días de edad Laboratorio de Construcciones UNA.



Figura A. 18. Ensayo de compresión simple (Equipo Ele International) Laboratorio de Construcciones UNA.



Figura A. 19 Resultados del ensayo a compresión (Equipo Ele International) Laboratorio de Construcciones UNA.





Figura A. 20 Probeta de concreto ensayada, se aprecia la falla tipo 4 (NTP 339.034) Laboratorio de Construcciones UNA