

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO  
DOSIFICADO, MEZCLADO Y ENVASADO EN SECO PARA UN  $F'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ ,  
CON EL CONCRETO NORMAL ELABORADO EN OBRA ”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**DEYVY JAVIER GOICOCHEA INFANTE**

**ASESOR:**

**Ing.: M. en I. HECTOR ALBARINO PEREZ LOAYZA.**

**CAJAMARCA - PERÚ**

**-2018-**

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo utilizar este espacio para agradecer en primer lugar a Dios, entidad suprema que ha guiado correctamente mi camino; a mis abuelos, Evencio y Doralí quienes desde la eternidad me han cuidado siempre; a mis padres, Eva Susana Infante Guevara y Javier Goicochea Silva, porque gracias al esfuerzo y sacrificio que realizan, por todo su amor, comprensión, apoyo incondicional y confianza en todo momento de su vida pude culminar con esta etapa, a mis hermanos; Evelyn, Ronald y Susan quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi vida, a mi sobrina Evita Adriana quien me brinda alegrías en todo momento.

Quisiera agradecer también a todos los docentes y trabajadores de la Universidad Nacional de Cajamarca que contribuyeron con el desarrollo de esta tesis, de manera especial al M. en I. Héctor Albarino Pérez Loayza, por sus valiosas aportaciones; por su profesionalismo, calidad humana, humildad al servicio de la investigación y por su amistad.

Agradezco también a los profesionales encargados del Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, gracias al Mg. Ing. Mauro Augusto Centurión Vargas jefe de laboratorio y a Leiner Guerrero Gonzales técnico de laboratorio, quienes, con sus sabias enseñanzas, su vasto conocimiento y trato afable contribuyeron en la culminación satisfactoria de esta tesis.

Un agradecimiento a todos los docentes que me encaminaron durante la carrera, de manera especial a los Ingenieros José Lázaro Lezama Leiva, Marcos Wilder Hoyos Saucedo, Rosa Haydee Llique Mondragón y María Salome De la Torre Ramírez que me ayudaron a pulir este trabajo de investigación con sus sabias observaciones.

## **DEDICATORIA**

**A mi madre:** Eva Susana Infante Guevara.

**A mi padre:** Javier Goicochea Silva.

**A mis abuelos:** Evencio y Doralí Q.D.D.G.E.D.

**A mis hermanos:** Evelyn, Ronald, Susan

**A mi Sobrina:** Evita Adriana.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>2</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>3</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>14</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Planteamiento del Problema</b>	<b>16</b>
<b>1.1.1. Contextualización</b>	<b>16</b>
<b>1.1.2. Descripción del problema</b>	<b>17</b>
<b>1.1.3. Formulación del problema.</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Hipótesis</b>	<b>17</b>
<b>1.2.1. Hipótesis general</b>	<b>17</b>
<b>1.3. Variables.</b>	<b>17</b>
<b>1.4. Objetivos</b>	<b>18</b>
<b>1.4.1. Objetivo general</b>	<b>18</b>
<b>1.4.2. Objetivos específicos</b>	<b>18</b>
<b>1.5. Alcances De La Investigación.</b>	<b>18</b>
<b>1.6. Justificación de la Investigación</b>	<b>18</b>
<b>1.7. Delimitaciones y Limitaciones De La Investigación.</b>	<b>19</b>
<b>1.7.1. Delimitaciones</b>	<b>19</b>
<b>1.7.2. Limitaciones</b>	<b>20</b>
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>21</b>

<b>2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación</b>	<b>21</b>
2.1.1. Internacional.	21
2.1.2. Nacional.	21
<b>2.2. Bases Teóricas</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1. Concreto</b>	<b>22</b>
2.2.1.1. Definición.	22
2.2.1.2. Propiedades del concreto	23
<b>2.2.2. Cemento</b>	<b>28</b>
2.2.2.1. Definición	28
2.2.2.2. Fabricación del cemento Pórtland	28
2.2.2.3. Compuestos químicos conforman al cemento Pórtland	29
2.2.2.4. Clasificación del cemento Pórtland	31
2.2.2.5. Fraguado y endurecimiento	32
2.2.2.6. Calor de Hidratación	32
2.2.2.7. Función que desempeña el yeso en el cemento.	33
2.2.2.8. El endurecimiento del cemento Pórtland	33
<b>2.2.3. Agregados.</b>	<b>33</b>
2.2.3.1. Clasificación de los agregados	34
<b>2.2.4. El agua para concreto.</b>	<b>35</b>
2.2.4.1. Conceptos generales	35
2.2.4.2. Requisitos de calidad.	36
2.2.4.1. Requisitos de calidad según el comité del ACI.	37
<b>2.2.5. Concreto en seco.</b>	<b>37</b>
2.2.5.1. Definición	37
2.2.5.2. Materiales componentes.	38
2.2.5.3. Proceso de fabricación del concreto con agregados secos	39
2.2.5.4. Ventajas del producto	41

<b>2.3. Definición De Términos Básicos.</b>	<b>44</b>
<b>CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODO</b>	<b>45</b>
<b>3.1. Materiales y Equipos.</b>	<b>45</b>
<b>3.1.1. Materiales.</b>	<b>45</b>
<b>3.1.2. Equipos.</b>	<b>45</b>
<b>3.2. Método</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1. Metodología de la investigación</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1.1. Localización</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1.2. Período de la investigación</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1.3. Tipo de investigación.</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1.4. Población.</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1.5. Diseño de la investigación.</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1.6. Muestra</b>	<b>46</b>
<b>3.2.2. Procedimiento de la investigación.</b>	<b>47</b>
<b>3.2.2.1. Cantera de estudio.</b>	<b>47</b>
<b>3.2.2.2. Características de los agregados para concreto.</b>	<b>48</b>
<b>3.2.2.3. El cemento utilizado.</b>	<b>60</b>
<b>3.2.2.4. Agua.</b>	<b>61</b>
<b>3.2.2.5. Diseños de mezcla para un concreto normal</b>	<b>62</b>
<b>3.2.2.6. Diseños de mezcla para un concreto pre dosificado en seco</b>	<b>70</b>
<b>3.2.2.7. Peso Unitario del concreto en estado fresco</b>	<b>71</b>
<b>3.2.2. 8. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto</b>	<b>72</b>
<b>3.2.2.9. Resistencia a flexión en especímenes prismáticos de concreto</b>	<b>74</b>
<b>3.2.2.10. Módulo de elasticidad del concreto.</b>	<b>75</b>
<b>CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.</b>	<b>77</b>
<b>4.1. Presentación y Discusión de las propiedades físico- mecánicas de los agregados</b>	<b>77</b>

<b>4.2. Presentación y Discusión de Resultados de los Diseños de Mezcla</b>	<b>84</b>
<b>4.2.1 Presentación y Discusión de Resultados del diseño de mezcla del concreto normal</b>	<b>84</b>
<b>4.2.2 Presentación y Discusión de Resultados del diseño de mezcla del concreto predosificado y mezclado en seco</b>	<b>85</b>
<b>4.3. Presentación y Discusión de Resultados del Peso Unitario del Concreto</b>	<b>87</b>
<b>4.3.1. Presentación y Discusión de Resultados del Peso Unitario del Concreto en estado Fresco</b>	<b>87</b>
<b>4.4. Presentación y Discusión de Resultados de los Ensayos a Compresión</b>	<b>89</b>
<b>4.4.1. Resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días.</b>	<b>89</b>
<b>4.4.2. Ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 14 días.</b>	<b>91</b>
<b>4.4.3. Ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.</b>	<b>92</b>
<b>4.4.4. Curvas representativas de ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA.</b>	<b>95</b>
<b>4.5. Análisis de los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la flexión</b>	<b>101</b>
<b>4.6. Análisis de los resultados obtenidos del módulo de elasticidad</b>	<b>101</b>
<b>4.7 Contraste de hipótesis</b>	<b>103</b>
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>104</b>
<b>5.1. Conclusiones</b>	<b>104</b>
<b>5.2. Recomendaciones</b>	<b>105</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b>	<b>106</b>
ANEXO 01: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados .....	109
ANEXO 02: Ensayo de resistencia a la compresión axial .....	131
ANEXO 03: Ensayo de flexión .....	137
ANEXO 04: Certificado de laboratorio de materiales de la universidad Nacional de Cajamarca. ....	138

ANEXO 05: Ficha técnica del cemento utilizado.....	139
ANEXO 06: Panel fotográfico.....	140

## ÍNDICE DE TABLAS

Título	Página
Tabla 1. <i>Porcentajes de los Compuestos químicos del cemento portland</i> .....	29
Tabla 2. <i>Porcentajes de los óxidos del cemento portland</i> .....	29
Tabla 3. <i>Compuestos que definen el comportamiento del cemento hidratado</i> .....	30
Tabla 4. <i>Cantidad de sales y cloruros en el agua para el concreto.</i> .....	37
<b>Tabla 5.</b> <i>Capacidad de los recipientes para realizar el ensayo de peso unitario.</i> .....	49
<b>Tabla 6.</b> <i>Cantidad de muestra requerida para granulometría</i> .....	53
<b>Tabla 7.</b> <i>Masa de la carga dependiendo del tipo de gradación del agregado</i> .....	56
<b>Tabla 8.</b> <i>Gradación de las muestras de ensayo.</i> .....	56
<b>Tabla 9.</b> <i>Propiedades físico-mecánicas de los agregados de la cantera “Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca.”</i> .....	62
<b>Tabla 10.</b> <i>f'cr en función del grado de control de calidad en la obra.</i> .....	63
<b>Tabla 11.</b> <i>Consistencia y Asentamiento</i> .....	63
<b>Tabla 12.</b> <i>Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.</i> .....	64
<b>Tabla 13.</b> <i>Volumen unitario de agua</i> .....	64
<b>Tabla 14.</b> <i>Relación agua/cemento y resistencia a la compresión requerida del concreto</i> .....	65
<b>Tabla 15.</b> <i>Módulo de finura de la combinación de agregados</i> .....	66
<b>Tabla 16.</b> <i>Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia</i> .....	73
<b>Tabla 17.</b> <i>Propiedades físico-mecánicas de los agregados de la cantera “Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca.”</i> .....	80
<b>Tabla 18.</b> <i>Materiales por metro cúbico, para un concreto normal de f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>.</i> .....	85
<b>Tabla 19.</b> <i>Proporción en peso y volumen, para un concreto normal de f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>.</i> .....	85
<b>Tabla 20.</b> <i>Materiales por metro cúbico, para un concreto mezclado en seco de f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup>.</i> .....	86
<b>Tabla 21.</b> <i>Proporción en peso y volumen, para un concreto mezclado en seco de f'c = 280 kg/cm<sup>2</sup></i> .....	86
<b>Tabla 22.</b> <i>Factor K.</i> .....	86

<b>Tabla 23.</b> Proporción en peso, para un concreto mezclado embolsado de 40 Kg. ....	87
<b>Tabla 24.</b> <i>Peso unitario del concreto en estado fresco</i> .....	87
<b>Tabla 25.</b> <i>Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 7 días para un <math>f'c</math> de diseño igual a 280 kg/cm<sup>2</sup></i> .....	90
<b>Tabla 26.</b> <i>Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 14 días para un <math>f'c</math> de diseño igual a 280 kg/cm<sup>2</sup></i> .....	91
<b>Tabla 27.</b> <i>Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 28 días para un <math>f'c</math> de diseño igual a 280 kg/cm<sup>2</sup></i> .....	92
<b>Tabla 28.</b> Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 7días .....	95
<b>Tabla 29.</b> Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 14días .....	97
<b>Tabla 30.</b> Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 28días .....	99
<b>Tabla 31.</b> <i>Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días</i> .....	101
<b>Tabla 32.</b> <i>Módulo de elasticidad del concreto a los 7, 14 y 28 días</i> .....	102
<b>Tabla 33.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N° 01)</i> .....	109
<b>Tabla 34.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N° 02)</i> .....	111
<b>Tabla 35.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N° 03)</i> .....	113
<b>Tabla 36.</b> <i>Módulo de finura del Agregado Fino</i> .....	115
<b>Tabla 37.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N° 01)</i> .....	116
<b>Tabla 38.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N° 02)</i> .....	118
<b>Tabla 39.</b> <i>Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N° 03)</i> .....	120
<b>Tabla 40.</b> <i>Módulo de finura del Agregado Fino</i> .....	122
<b>Tabla 41.</b> <i>Peso específico del agua.</i> .....	122
<b>Tabla 42.</b> <i>Factor <math>f</math> del molde para el peso unitario del agregado fino.</i> .....	123
<b>Tabla 43.</b> <i>Peso unitario seco suelto del agregado fino.</i> .....	123
<b>Tabla 44.</b> <i>Peso unitario seco compactado o varillado del agregado fino.</i> .....	123
<b>Tabla 45.</b> <i>Factor <math>f</math> del molde para el peso unitario del agregado grueso.</i> .....	124
<b>Tabla 46.</b> <i>Peso unitario seco suelto del agregado Grueso</i> .....	124
<b>Tabla 47.</b> <i>Peso unitario seco compactado o varillado del agregado Grueso</i> .....	125
<b>Tabla 48.</b> <i>Porcentaje que pasa la malla N° 200 del Agregado Fino.</i> .....	125
<b>Tabla 49.</b> <i>Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado grueso</i> .....	126
<b>Tabla 50.</b> <i>Peso específico del Agregado Fino.</i> .....	127
<b>Tabla 51.</b> <i>Contenido de humedad del agregado fino.</i> .....	128
<b>Tabla 52.</b> <i>Contenido de humedad del agregado grueso</i> .....	128

<b>Tabla 53.</b> <i>Peso específico del Agregado Grueso.</i> .....	129
<b>Tabla 54.</b> <i>Desgaste a la abrasión del agregado grueso.</i> .....	130
<b>Tabla 55.</b> <i>Resistencia a compresión axial a la edad de 7 días para el concreto normal</i> .....	131
<b>Tabla 56.</b> <i>Resistencia a compresión axial a la edad de 7 días para el concreto envasado en seco</i> .....	132
<b>Tabla 57.</b> <i>Resistencia a compresión axial a la edad de 14 días para el concreto normal</i> .....	133
<b>Tabla 58.</b> <i>Resistencia a compresión axial a la edad de 14 días para el concreto envasado en seco</i> .....	134
<b>Tabla 59.</b> <i>Resistencia a compresión axial a la edad de 28 días para el concreto normal</i> .....	135
<b>Tabla 60.</b> <i>Resistencia a compresión axial a la edad de 28 días para el concreto envasado en seco</i> .....	136
<b>Tabla 61.</b> <i>Resistencia a flexión a la edad de 28 días para el concreto envasado en seco</i> .....	137

## ÍNDICE DE FIGURAS

Título	Página
Figura 1. Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes .....	23
<b>Figura 2.</b> <i>Diagrama de fractura típicas de especímenes de concreto</i> .....	26
<b>Figura 3.</b> <i>Efecto del contenido de agua en la resistencia del concreto.</i> .....	36
<b>Figura 4.</b> <i>Cantera Chilete.</i> .....	47
<b>Figura 5.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°01) .....	77
<b>Figura 6.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°02) .....	78
<b>Figura 7.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°03) .....	79
<b>Figura 8.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°01) ..	81
<b>Figura 9.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°02) ...	82
<b>Figura 10.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°03)	83
<b>Figura 11.</b> <i>Peso unitario del concreto en estado fresco</i> .....	88
<b>Figura 12.</b> Resistencia a la compresión obtenida para concreto de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ...	93
<b>Figura 13.</b> Desarrollo de la Resistencia a compresión de un concreto de $f'c = 280$ kg/cm <sup>2</sup> VS. Tiempo.....	94
<b>Figura 14.</b> Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 7días.....	96
<b>Figura 15.</b> Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 14días.....	98
<b>Figura 16.</b> Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 28días.....	100
<b>Figura 17.</b> Módulo de elasticidad del concreto a los 7, 14 y 28días .....	102
Figura 18. Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°01) ....	110
<b>Figura 19.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°02) .	112
<b>Figura 20.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°03) .	114
<b>Figura 21.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°01) .....	117
<b>Figura 22.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°02) .....	119
<b>Figura 23.</b> Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°03) .....	121
<b>Figura 24.</b> Peso unitario del agregado grueso .....	140

<b>Figura 25.</b> Peso unitario del agregado fino .....	140
<b>Figura 26.</b> Ensayo de peso específico del agregado fino .....	141
<b>Figura 27.</b> Ensayo de abrasión.....	141
<b>Figura 28.</b> Proceso de mezclado. ....	141
<b>Figura 29.</b> Enrasado de los especímenes cilíndricos.....	142
<b>Figura 30.</b> Materiales para la elaboración de la mezcla .....	142
<b>Figura 31.</b> Llenado y compactación de probetas. ....	143
<b>Figura 32.</b> Registro del diámetro de los especímenes de concreto. ....	143
<b>Figura 33.</b> Falla de los especímenes de concreto al ser ensayados a compresión axial. .....	144
<b>Figura 34.</b> Ensayo a la compresión axial. ....	144
<b>Figura 35.</b> Especímenes prismáticos para ser ensayados a flexión. ....	145
<b>Figura 36.</b> Concreto mezclado y envasado en seco .....	145
<b>Figura 37.</b> Concreto envasado en seco.....	146
<b>Figura 38.</b> Curado de los especímenes cilíndricos de concreto.....	146

## RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo: hacer un análisis comparativo del comportamiento mecánico del concreto dosificado, mezclado y envasado en seco para un  $f'c$  280  $\text{kg}/\text{cm}^2$ , con el concreto normal elaborado en obra. Para lo cual, se tomó como objeto de estudio un concreto convencional o patrón y un concreto dosificado, mezclado y envasado en seco, para un mismo diseño de mezclas de una resistencia de  $f'c$  280  $\text{kg}/\text{cm}^2$ . De estos dos tratamientos de concreto se estudiaron las variables de resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7, 14 y 28 días, el concreto premezclado presenta una resistencia a compresión axial a los 28 días de 310.01  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ; a la edad de 14 días 231.15  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  y a la edad de 7 días 175.34  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  y el concreto normal presenta una resistencia a compresión axial a los 28 días de 325.00  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ; a la edad de 14 días 250.25  $\text{Kg}/\text{cm}^2$  y a la edad de 7 días 195.00  $\text{Kg}/\text{cm}^2$ . Estos datos se recopilaron utilizando métodos cualitativos y cuantitativos para luego ser procesados y analizados, concluyendo que los concretos mezclados y envasados en seco no presentan mayor resistencia a la compresión axial comparados con los concretos normales elaborados en obra.

**Palabras clave:** Resistencia a la compresión, agregados secos, concreto dosificado, mezclado y envasado en seco, concreto normal.

## ABSTRACT

The objective of this thesis is: Make a comparative analysis of the mechanical behavior of the dosed, mixed and dry packed concrete for a  $f_c$  280 kg / cm<sup>2</sup>, with the normal concrete elaborated in building. For which, a conventional concrete or standard and dosed, mixed and dry packed concrete, for the same design of mixtures of a resistance of  $f_c$  280 kg / cm<sup>2</sup> was taken as object of study. Of these two concrete treatments the compression resistance variables were studied in cylindrical specimens of concrete at the age of 7, 14 and 28 days, the premixed concrete presents a resistance to axial compression at 28 days of 310.01 Kg / cm<sup>2</sup>; at the age of 14 days 231.15 Kg / cm<sup>2</sup> and at the age of 7 days 175.34 Kg / cm<sup>2</sup> and the normal concrete presents a resistance to axial compression at 28 days of 325.00 Kg / cm<sup>2</sup>; at the age of 14 days 250.25 Kg / cm<sup>2</sup> and at the age of 7 days 195.00 Kg / cm<sup>2</sup>. These data were collected using qualitative and quantitative methods to be processed and analyzed, concluding that mixed and dry packed concrete does not have a greater axial compression resistance compared to normal concretes elaborated in building.

**Keywords:** Compressive strength, dry aggregates, mixed concrete and dry packaging, conventional concrete.

## CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

#### 1.1.1. Contextualización

El concreto es el material de construcción de mayor uso en Perú y el mundo, se estima que aproximadamente se consume alrededor de cinco mil millones de metros cúbicos anualmente en el mundo, la mayoría de construcciones de infraestructura de diversos tipos de proyectos que realiza el ingeniero son de concreto.

Sólo desde la historia se puede entender las razones por la que cada pueblo ha optado por una u otra forma de construcción, esto se hace más evidente cuando comprendemos que son muchas las razones de tipo social y cultural las que han definido cada una de esas formas, es el material de construcción, con sus propiedades, y el desarrollo de las técnicas constructivas, las que han condicionado los sistemas constructivos y hecho posible la construcción de edificaciones con distintos materiales, siendo uno de ellos el concreto.

Dentro de la construcción en el Perú, el concreto se considera como el material más utilizado en la industria de la construcción. Por tanto, su fabricación debe tener un especial cuidado para cualquier fin al que se le destine. Con el paso del tiempo las tecnologías se van mejorando y las dificultades en su manejo son mayores, así que, por una necesidad de tener un concreto ya preparado en pequeñas proporciones, nace la idea del *concreto elaborado con agregados previamente secados*.

### **1.1.2. Descripción del problema**

En la actualidad es necesario conocer las principales propiedades del concreto como la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad estático para garantizar la calidad y resistencia del mismo, lo cual hace inevitable que los materiales como los agregados o áridos pétreos, la pasta cementante (cemento agua) cumplan con las especificaciones señaladas en las normas técnicas nacionales, para lograr así una ejecución correcta para distintas construcciones civiles.

Por tanto, su fabricación debe tener un especial cuidado para cualquier fin al que se le destine. Con el paso del tiempo las tecnologías se van mejorando y las dificultades en su manejo son mayores, así que, por una necesidad de tener un concreto ya preparado en pequeñas proporciones, nace la idea del *concreto elaborado con agregados previamente secados*.

### **1.1.3. Formulación del problema.**

El tema objeto de la presente investigación se puede sintetizar en la siguiente interrogante: ¿Cuál es la variación de la resistencia a compresión; de un concreto dosificado, mezclado y envasado en seco con un concreto normal elaborado en obra para una resistencia de diseño de  $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ ?

## **1.2. Hipótesis**

### **1.2.1. Hipótesis general**

- El concreto dosificado, mezclado y envasado en seco para un  $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$  genera un incremento de 20% en su resistencia mecánica con respecto al concreto normal elaborado en obra.

### **1.3. Variables.**

- Resistencia mecánica del concreto dosificado, mezclado y envasado en seco.
- Resistencia mecánica de concreto normal elaborado en obra.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Hacer un análisis comparativo del comportamiento mecánico del concreto dosificado, mezclado y envasado en seco para un  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , con el concreto normal elaborado en obra.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar el diseño de mezcla de un concreto con materiales en estado seco y un concreto normal, para una resistencia a la compresión de  $280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Determinar la resistencia a compresión del concreto dosificado, mezclado y envasado en seco después de que este haya sido almacenado durante 30 días; con un curado de 7, 14, 28 días.
- Determinar la resistencia a la compresión de un concreto normal elaborado en obra, con un curado de 7, 14, 28 días.

## **1.5. Alcances De La Investigación.**

La presente investigación tiene por finalidad, hacer un análisis comparativo del comportamiento mecánico del concreto dosificado, mezclado y envasado en seco para un  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , con un concreto normal elaborado en obra y se analizó cuál brinda mejor resistencia mecánica, la presente investigación permitió obtener información acerca de la utilización de un concreto dosificado, mezclado y envasado en seco con un concreto normal elaborado en obra y cuáles serían las ventajas al utilizar dicho concreto predosificado en seco.

La presente investigación está dirigida a toda persona que se encuentre involucrada en el campo de la construcción civil y fundamentalmente que trabajan en el campo del concreto como: Ingenieros Civiles, Técnicos en Construcción, Maestros de Obra y además de ser una información para los estudiantes de Ingeniería Civil.

## **1.6. Justificación de la Investigación**

Actualmente, el ámbito nacional, cuando una persona de bajos recursos económicos, realiza una ampliación, o remodelación recurre a la autoconstrucción. Compra los materiales poco a poco, teniendo expuestos a la intemperie hasta poder reunir los

recursos para iniciar la construcción, lo que conlleva a que el concreto final tenga materiales de baja calidad debido a la contaminación de los agentes externos y por consiguiente se obtendrá un concreto de baja resistencia a la requerida, cuando uno requiere comprar los materiales de construcción, estos no se venden en cantidades pequeñas y si es el caso se venden a un excesivo costo, lo cual implica que este concreto final para aplicaciones o referencias tenga un elevado precio, para impedir este proceso de contaminación, se recomienda usar el concreto elaborado con agregados secos en forma previa.

## **1.7. Delimitaciones y Limitaciones De La Investigación.**

### **1.7.1. Delimitaciones**

El concreto hidráulico es preferido en la construcción porque presenta características significativas de durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad y resistencia. En los últimos años la evolución y tecnificación de los concretos está desplazando a los concretos hechos in situ a favor de los concretos premezclados (secos o húmedos) y en los últimos años la aparición de concretos embolsados contribuyen a implantar soluciones más sostenibles y eficaces al sector construcción.

Esta tesis se inició a principios de julio del 2017 y se culminó en marzo del 2018, por lo que la información y normativa obtenida de las NTP, Normas ASTM o recomendaciones ACI, pueden variar respecto a los siguientes años.

El diseño incluyó: Cemento PACASMAYO Portland Tipo MS (MH) FORTIMAX (Con adiciones activos) de la norma ASTM C-1157 (2008); el diseño de la mezcla se realizó con el Método de Combinación del Módulo de Finura de los agregados ya que es el más óptimo por considerar el porcentaje adecuado de los agregados, material de origen pluvial (río) cantera: CHILETE-CONTUMAZA-CAJAMARCA; el agua a una temperatura que varía entre 15 y 20°C y el curado de los especímenes se realizó a temperatura ambiente en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca con concentración de 2% de CaO.

### **1.7.2. Limitaciones**

Una de las limitaciones en la presente investigación, es que únicamente se realizó un análisis comparativo en el comportamiento mecánico de un concreto dosificado, mezclado y envasado en seco comparado con un concreto normal elaborado en obra; dejando de lado la durabilidad del mismo, ya que en el laboratorio de ensayo de materiales de la Universidad Nacional de Cajamarca no se cuenta con los equipos y máquinas adecuadas para determinar su durabilidad.

## **CAPITULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes Teóricos de la Investigación**

#### **2.1.1. Internacional.**

- Jessenia Estefanía, Jerves Lema y Flavio Euclides, Morocho Huamán. Con la tesis denominada: “optimización de la obtención del hormigón en seco a partir del diseño experimental  $2^k$ ” en el 2015 en Cuenca – Ecuador. Con el diseño factorial  $2^k$  se demuestra que este es una herramienta de gran utilidad para la aplicación de un sin número de procesos industriales tal como es el caso, de la obtención de Hormigón Seco; producto que se obtuvo con un agregado grueso diferente al tradicional y que con la ausencia de agua pretende ser incorporado al mercado local y nacional por la empresa Hormicroto, y que por medio de un estudio estadístico proporciona resultados acerca de las interacciones que se dan entre las variables presentes en el sistema lo que permite resultados concretos y con precisión.

#### **2.1.2. Nacional.**

- Kenyi Nilo, Rojas Rayme. Con su tesis denominada: “Análisis comparativo del comportamiento del concreto seco en condiciones producidas y recomendadas” en el 2010 en Lima – Perú. Los concretos embolsados alcanzan altas resistencias a compresión siguiendo las recomendaciones del proveedor, llegando a la resistencia de diseño a los 14 días debido a que estos concretos al ser embolsados y estar almacenados en diferentes partes hasta el momento de su uso deben de conservar la resistencia de diseño estipulada en el empaque, por tal razón son diseñados para resistencias mayores a las establecidas.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Concreto**

#### **2.2.1.1. Definición.**

El concreto es un material durable y resistente, dado que se trabaja en su forma semilíquida, puede adquirir cualquier forma. Es un excelente material de construcción porque puede moldearse en una gran variedad de formas, colores y texturizados para ser usado en un número ilimitado de aplicaciones.

El concreto está compuesto por la mezcla de cemento, agua, arena y grava; la pasta, compuesta de Cemento Portland y agua, une a los agregados (arena y grava o piedra triturada) para formar una masa semejante a una roca pues la pasta endurece debido a la reacción química entre el cemento y el agua. Los agregados pueden ser finos o gruesos. Los finos pueden ser arena natural o artificial con partículas hasta de 9,5 mm y los gruesos de 19 a 25 mm.

[Panarese, & Tanesi (2004)]

La mezcla de los componentes del concreto convencional produce una masa plástica que puede ser moldeada y compactada con relativa facilidad; pero gradualmente pierde esta característica hasta que al cabo de algunas horas se torna rígida y comienza a adquirir el aspecto, comportamiento y propiedades de un cuerpo sólido, para convertirse finalmente en el material mecánicamente resistente que es el concreto endurecido. La calidad del concreto depende de la calidad de la pasta y del agregado y de la unión entre los dos. Cuanta menos agua se use, mejor es la calidad del concreto, si es que la mezcla se puede consolidar adecuadamente. Menores cantidades de agua de mezcla (mezclado) resultan en mezclas más rígidas (secas); pero, con vibración, aún las mezclas más rígidas pueden ser fácilmente colocadas. Por lo tanto, la consolidación por vibración permite una mejoría de la calidad del concreto. [Panarese, & Tanesi (2004)]

En cuanto a la calidad de los agregados, es importante adecuarla a las funciones que debe desempeñar la estructura, a fin de que no representen el punto débil en el comportamiento del concreto y en su capacidad para resistir adecuadamente y por largo tiempo los efectos consecuentes de las condiciones de exposición y

servicio a que esté sometido. Finalmente, la compatibilidad y el buen trabajo de conjunto de la matriz cementante con los agregados, dependen de diversos factores tales como las características físicas y químicas del cemento, la composición mineralógica y petrográfica de las rocas que constituyen los agregados, y la forma, tamaño máximo y textura superficial de éstos. [Panarese, & Tanesi (2004)]

En su forma más simple, el Concreto es un material compuesto constituido por un material cementante, agua y agregado. El cemento, normalmente tipo portland, una vez hidratado genera la adhesión química entre los componentes. Por lo general el agregado representa entre el 60 al 75% del volumen total del concreto estructural, el cemento entre un 7 a 15% y el aire atrapado entre 1 al 3%. Para ciertos propósitos se puede incorporar hasta un 8% de aire, en forma de pequeñas burbujas en el mortero, agregando sustancias especiales. [Pasquel (2011)]



**Figura 1.** Proporciones típicas en volumen absoluto de los componentes

**Fuente:** Pasquel (2011).

### 2.2.1.2. Propiedades del concreto

#### A. Trabajabilidad

Según Rivera (2013) afirma que la trabajabilidad es la facilidad que presenta el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin

segregación y exudación durante estas operaciones, esta definición involucra conceptos tales como: capacidad de moldeo, cohesividad y capacidad de compactación. Igualmente, la trabajabilidad involucra el concepto de fluidez, con énfasis en la plasticidad y uniformidad dado que ambas tienen marcada influencia en el comportamiento y apariencia final de la estructura.

La trabajabilidad se puede definir como la cantidad de trabajo interno útil que se requiere para producir una compactación total. La trabajabilidad es una propiedad que no es mensurable dado que está referida a las características y perfil del encofrado; a la cantidad y distribución del acero de refuerzo y elementos embebidos; y al procedimiento empleado para compactar el concreto.

La trabajabilidad se ve afectada por: la fineza del cemento; la granulometría y las características físicas de los agregados; las partículas más finas que pasan por el tamiz N° 50 y N° 100; el perfil angular de la piedra partida; las partículas de agregado chatas y alargadas; la presencia de altos porcentajes de agregado de 1/4" a 3/8"; la incorporación de aire; etc.

### **B. Consistencia**

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, por el grado de fluidez de la misma; entendiéndose con ello que cuanto más húmeda es la mezcla mayor será la facilidad con la que el concreto fluirá durante su colocación. La consistencia, se refiere a la firmeza de la forma de una sustancia o a la facilidad con que fluye.

La consistencia está relacionada pero no es sinónimo de trabajabilidad. Así, por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede ser muy consistente, en tanto que una mezcla poco trabajable en estructuras con alta concentración de acero puede ser de consistencia plástica. (Rivera, 2013)

### **C. Segregación**

Según Rivera (2013) afirma que la segregación es una propiedad del concreto fresco, que implica la descomposición de este en sus partes constituyentes o lo que es lo mismo, la separación del Agregado Grueso del Mortero. Es un

fenómeno perjudicial para el concreto, produciendo en el elemento llenado, bolones de piedra, capas arenosas, cangrejas, etc.

La segregación es una función de la consistencia de la mezcla, siendo el riesgo mayor cuanto más húmeda es esta y menor cuánto más seca lo es. En el proceso de diseño de mezclas, es necesario tener siempre presente el riesgo de segregación, pudiéndose disminuir este, mediante el aumento de finos (cemento o A. fino) y de la consistencia de la mezcla.

Generalmente procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas del fenómeno de segregación en las mezclas; la segregación ocurre cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, por ejemplo, el tanqueo de las carretillas con ruedas metálicas tiende a producir que el agregado grueso se precipite al fondo mientras que la “lechada” asciende a la superficie. Cuando se suelta el concreto de alturas mayores de ½ metro el efecto es semejante, también se produce segregación cuando se permite que el concreto corra por canaletas, máximo si estas presentan cambios de dirección y el excesivo vibrado de la mezcla produce segregación.

#### **D. Exudación**

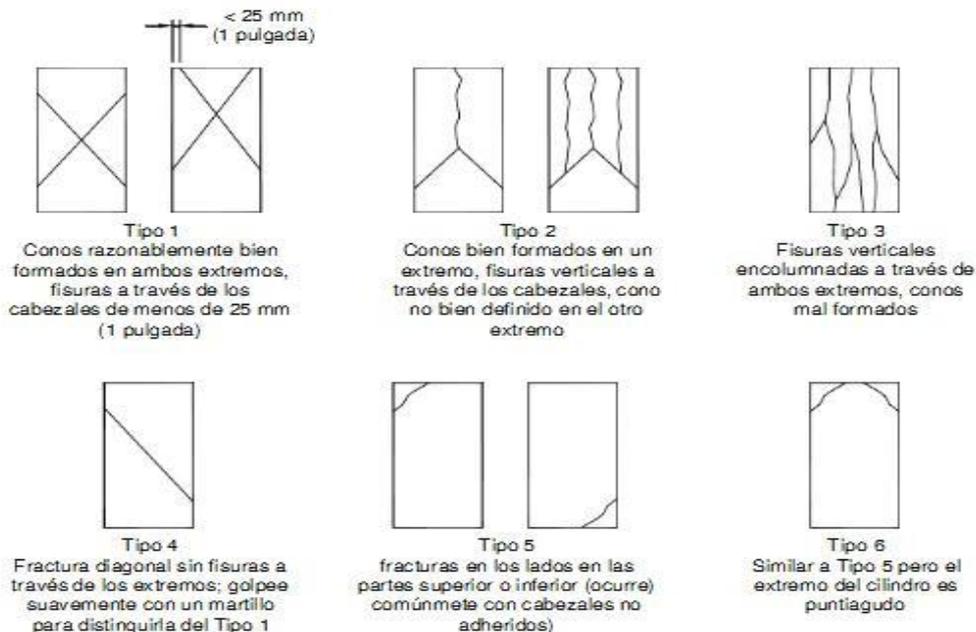
Se define como el ascenso de una parte del agua de la mezcla hacia la superficie como consecuencia de la sedimentación de los sólidos; este fenómeno se presenta momentos después de que el concreto ha sido colocado en el encofrado. La exudación puede ser producto de una mala dosificación de la mezcla, 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.

La exudación es perjudicial para el concreto, pues como consecuencia de este fenómeno la superficie de contacto durante la colocación de una capa sobre otra puede disminuir su resistencia debido al incremento de la relación agua – cemento en esta zona y como producto del ascenso de una parte del agua de mezclado, se puede obtener un concreto poroso y poco durable. (Rivera, 2013)

## E. Resistencia

La resistencia del concreto no puede probarse en condición plástica, por lo que el procedimiento acostumbrado consiste en tomar muestras durante el mezclado las cuales después de curadas se someten a pruebas de compresión.

Se emplea la resistencia a la compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran al incrementarse esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamientos, roturas). La resistencia a la compresión de un concreto ( $f'c$ ) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo. (Rivera, 2013)



**Figura 2.** Diagrama de fractura típicas de especímenes de concreto

Fuente: (NTP 339.034 – 2008)

### E.1. Factores que afectan la Resistencia

a) **La relación agua – cemento (a/c).** - Es el factor principal que influye en la resistencia del concreto. La relación a/c, afecta la resistencia a la compresión de los concretos con o sin aire incluido. La resistencia en ambos casos disminuye con el aumento de a/c.

**b) El contenido de cemento.** - La resistencia disminuye conforme se reduce el contenido de cemento.

**c) El tipo de cemento.** - La rapidez de desarrollo de resistencia varía para los concretos hechos con diferentes tipos de cemento.

**d) Las condiciones de curado.** - Dado que las reacciones de hidratación del cemento sólo ocurren en presencia de una cantidad adecuada de agua, se debe mantener la humedad en el concreto durante el periodo de curado, para que pueda incrementarse su resistencia con el tiempo. (Rivera, 2013)

## **F. Durabilidad**

El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgaste, a los cuales estará sometido en el servicio. Gran parte de los daños por intemperie sufridos por el concreto pueden atribuirse a los ciclos de congelación y descongelación. La resistencia del concreto a esos daños puede mejorarse aumentando la impermeabilidad incluyendo 2 a 6% de aire con un agente inclusor de aire, o aplicando un revestimiento protector a la superficie.

Los agentes químicos como ácidos inorgánicos, ácidos acético y carbónico y los sulfatos de calcio, sodio, magnesio, potasio, aluminio, y hierro desintegran o dañan el concreto. Cuando puede ocurrir contacto entre estos agentes y el concreto, se debe proteger el concreto con un revestimiento resistente; para lograr resistencia a los sulfatos, se debe usar cemento Pórtland Tipo V. La resistencia al desgaste por lo general, se logra con un concreto denso, de alta resistencia, hecho con agregados duros. (Rivera, 2013)

## **G. Impermeabilidad**

Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla. El exceso de agua deja vacíos y cavidades después de la evaporación y, si están interconectadas, el agua puede penetrar o atravesar el concreto. La inclusión de aire (burbujas diminutas) así

como un curado adecuado por tiempo prolongado, suelen aumentar la impermeabilidad. (Rivera, 2013)

## **2.2.2. Cemento**

### **2.2.2.1. Definición**

Rivva (2000) afirma que 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. En el mercado peruano existe variedad de cementos para ser empleados por el usuario y la mayoría de ellos proporcionan adecuados niveles de resistencia y durabilidad en las obras usuales. Algunos de los cementos disponibles proporcionan niveles más altos para determinadas propiedades que aquellos exigidos por las especificaciones de la obra, por lo que siempre debe indicarse en éstas los requisitos exigidos para el cemento. Imponer requisitos que no son necesarios es antieconómico y, además, puede perjudicar características importantes del concreto.

La importancia de elaborar especificaciones adecuadas es obvia, ya que ellas deben garantizar que sólo se ha de emplear la cantidad y tipo de cemento adecuados para alcanzar los requisitos que se desea obtener en el concreto. La totalidad de los cementos empleados en el Perú son cementos portland que cumplen con los requisitos que especifica la NTP 334.009 - 2016 o su equivalente, la norma ASTM C 150 (2015); o cementos combinados, que cumplen con lo indicado en la NTP 334.090 (2013) o su equivalente, la norma ASTM C 595 (2003).

### **2.2.2.2. Fabricación del cemento Pórtland**

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión ( $1400 - 1450^{\circ} \text{C}$ ), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 mts. de longitud y 5.50 mts. de diámetro. Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina

clinker (pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños); el clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que constituye el cemento Pórtland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 ó 4 %), para regular la fragua del cemento. (Rivva, 2000)

### 2.2.2.3. Compuestos químicos conforman al cemento Pórtland

Como el cemento es una mezcla de muchos compuestos, resulta impráctica su representación con una fórmula química. Los componentes principales de las materias primas para la fabricación del cemento son:

**Tabla 1.** *Porcentajes de los Compuestos químicos del cemento portland*

	<b>Componente</b>	<b>Procedencia</b>
<b>95%</b>	Oxido de Calcio (CaO)	Rocas calizas
	Oxido de Sílice (SiO <sub>2</sub> )	Areniscas
	Oxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas
	Oxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Arcillas, mineral de hierro, pirita
<b>5 %</b>	Óxidos de Magnesio, Sodio, 5% Potasio, Titanio, Azufre, Fosforo y Manganeso	Minerales Varios

**Fuente:** Pasquel (2011).

Los porcentajes típicos en que intervienen los óxidos mencionados en el cemento Pórtland son:

**Tabla 2.** *Porcentajes de los óxidos del cemento portland*

<b>Compuesto</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Abreviatura</b>
CaO	61% - 67%	C
SiO <sub>2</sub>	20% - 27%	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4% - 7%	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2% - 4%	F
SO <sub>3</sub>	1% - 3%	
MgO	1% - 5%	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	25% - 1.5%	

**Fuente:** Pasquel (2011).

Luego del proceso de formación del clinker y molienda final, se obtienen los siguientes compuestos que son los que definen el comportamiento del cemento

hidratado y que estableceremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente:

**Tabla 3.** *Compuestos que definen el comportamiento del cemento hidratado*

<b>Descripción</b>	<b>Abreviación</b>
a) Silicato tricálcico (3CaO.SiO <sub>2</sub> ALITA )	C <sub>3</sub> S
b) Silicato dicálcico (2CaO.SiO BELITA)	C <sub>2</sub> S
c) Aluminato tricálcico (3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	C <sub>3</sub> A
d) Aluminio ferrita tetracálcico (4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> CELITA)	C <sub>4</sub> AF
e) Óxido de Magnesio	MgO
f) Óxidos de Potasio y Sodio (Álcalis)	K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O
g) Óxidos de Manganeso y Titanio	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub>

**Fuente:** Pasquel (2011).

Según afirma Rivva (2000); cada uno de los compuestos principales del cemento Pórtland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación. Por ejemplo:

**A. El silicato tricálcico (C<sub>3</sub>S).** - Es el que produce la alta resistencia inicial del cemento Pórtland hidratado. Le reacción del C<sub>3</sub>S con agua desprende gran cantidad de calor (calor de hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.

**B. El silicato dicálcico (C<sub>2</sub>S).** - Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

**C. El aluminato tricálcico (C<sub>3</sub>A).** - El yeso agregado al cemento Pórtland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el C<sub>3</sub>A para controlar el tiempo de fraguado. También es responsable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas.

**D. La aluminio ferrita tetracálcica ( $C_4AF$ ).**- Es semejante al  $C_3A$ , porque se hidrata con rapidez, desarrolla baja resistencia y secundariamente tiene trascendencia en el calor de hidratación.

**E. Óxido de Magnesio ( $MgO$ ).**- Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

**F. Óxidos de Potasio y Sodio ( $K_2O$ ,  $Na_2O$ ).**- Tiene importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

**G. Óxidos de Manganeso y Titanio ( $Mn_2O_3$ ,  $TiO_2$ ).**- El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores del 3%. Se ha observado que en casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo. El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos mayores al 5%. Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

De los compuestos mencionados, los silicatos y aluminatos constituyen los componentes mayores habiendo sido establecidos por Le Chatelier en 1887. En 1929 R.H. Bogue define las fórmulas para el cálculo de los componentes del cemento en base a la composición de óxidos y que han sido asumidas como norma por ASTM C -150 (2012), permitiendo una aproximación práctica al comportamiento potencial de cualquier cemento sin mezclas. (Rivva, 2000)

#### **2.2.2.4. Clasificación del cemento Pórtland**

Los cementos Pórtland, se fabrican en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de Normas para el cemento Pórtland (C 150).

**TIPO I:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.

**TIPO II:** Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

**TIPO III:** Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.

**TIPO IV:** Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

**TIPO V:** Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar.

La Norma ASTM C – 1157 (2008) clasifica a los cementos Pórtland adicionados en:

- **TIPO MS:** De moderada resistencia a los sulfatos.
- **TIPO HS:** De alta resistencia a los sulfatos
- **TIPO MH:** De moderado calor de hidratación
- **TIPO LH:** De bajo calor de hidratación
- **TIPO EH:** De alta resistencia inicial.

#### **2.2.2.5. Fraguado y endurecimiento**

Según afirma Rivva (2000); la fragua es la pérdida de plasticidad que sufre la pasta de cemento. Hay dos etapas de fraguado: a) fraguado inicial: cuando la masa empieza a perder plasticidad; b) Fraguado final: cuando la pasta de cemento deja de ser deformable y se convierte en un bloque rígido.

#### **2.2.2.6. Calor de Hidratación**

Según afirma Rivva (2000); Durante el proceso de endurecimiento se producen reacciones que generan calor. Cuando las secciones son pequeñas y el calor puede liberarse, el calor de hidratación no es importante, pero al vaciar grandes volúmenes de concreto y cuando el calor no puede liberarse fácilmente, resulta un factor a tenerse muy en cuenta; la temperatura que genera la hidratación llega a

los 50 °C en presas, algunos investigadores han observado temperaturas mayores. Como la temperatura ambiente es menor se producen descensos bruscos de ésta, ocasionando contracciones y en consecuencia rajaduras.

En el vaciado de grandes volúmenes es indispensable controlar este efecto si no se desea sufrir desagradables sorpresas. Se debe usar cemento de bajo calor de hidratación y/o puzolanas. El calor de hidratación del cemento se mide en calorías gramo, cuanto menor sea el calor de hidratación del cemento menor será la temperatura a que se eleve el concreto.

#### **2.2.2.7. Función que desempeña el yeso en el cemento.**

La velocidad con que se desarrolla el endurecimiento del cemento, debe ser controlada dentro de ciertos límites para que este sea un producto útil en la construcción. Si las reacciones fuesen demasiado rápidas, el concreto endurecería rápidamente y no podría ser transportado y colocado sin ocasionarle daño. Si las reacciones fuesen demasiado lentas, la demora en adquirir resistencia sería objetable. Por lo tanto, la velocidad de reacción debe controlarse. Esto se logra dosificando cuidadosamente la cantidad de yeso que se agrega al clinker durante la molienda. (Rivva, 2000)

#### **2.2.2.8. El endurecimiento del cemento Pórtland**

Cuando el cemento se mezcla con la cantidad suficiente de agua para formar una pasta, los compuestos del cemento reaccionan y se combinan con el agua para establecer un desarrollo lento de estructuras cristalinas cementantes que se adhieren a las partículas entremezcladas de arena y piedra. Esto une la masa al mismo tiempo, que desarrolla resistencia y adquiere gran dureza.

Mientras haya humedad continúa la reacción, esa es la razón de la importancia del curado como se verá posteriormente, esta reacción puede durar años. (Rivva, 2000)

#### **2.2.3. Agregados.**

Material granular, que puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, etc., usado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico; la

calidad del agregado es de suma importancia, ya que le corresponde aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto. El agregado no sólo puede limitar la resistencia del concreto o mortero, si no que sus propiedades pueden afectar su durabilidad y desempeño.

### 2.2.3.1. Clasificación de los agregados

La gran variedad de material granular que se incorpora en el concreto hace que sea muy difícil la expresión de una definición por completo satisfactoria de Agregado. Por lo que aquí se dan varias definiciones según tres clasificaciones. Por su origen, por su tamaño, por su gravedad específica

#### **A. Por su origen:**

**a. Agregados Naturales:** Formados por procesos geológicos

- **Ígneas:** Granito, sienita, diorita, felcita, basalto, gabro, peridotita, pegmatita, vidrío volcánico (obsidiana, piedra pómez, tufa o toba, volcánica, perlita)
- **Sedimentarias:** conglomerado, arenisca, cuarcita, grauvaca, arcosa, piedra arcillosa (limonita, argilita, esquisto), carbonatos (caliza, dolomita, marga, greda)
- **Metamórficas:** Mármol, metacuarcita, pizarra, filita, esquisto, anfibolita, hornfels, gnesis, serpentina

**b. Agregados artificiales:** Provenientes de un proceso de transformación de los agregados naturales, dichos agregados artificiales son producto secundario, algunos de estos agregados son los que constituyen la escoria siderúrgica, la arcilla horneada, el hormigón reciclado, piedra chancad, etc.

**c. Piedra Chancada.** - Producto que resulta de la trituración artificial de las rocas, piedra boleada o pedruscos grandes, del cual todas las caras poseen bien definidas, resultado de la operación de trituración

**d. Escoria Siderúrgica.** - Residuo mineral no metálico, que consta en esencia de silicatos y aluminosilicatos de calcio y otras bases, y que se produce simultáneamente con la obtención del hierro.

## **B. Por su Tamaño**

**a. Agregado Fino:** Se define como agregado fino al proveniente de la desintegración natural o artificial de la roca, que pasa por el tamiz 3/8" (9.51 mm) quedando retenido en el tamiz N° 200(74um), cumpliendo con los límites establecidos en la NTP 400.037 (2002)

**b. Agregado Grueso:** Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 (4.75mm), podrá consistir de grava natural o triturada, piedra partida o agregados metálicos naturales o artificiales. El agregado grueso puede consistir de piedra partida, grava natural o triturada, agregados metálicos naturales o artificiales, concreto triturado o una combinación de ellos y estará conformado por partículas cuyas partículas sea preferentemente angular o semi angular, limpias, duras, compactas, resistentes de textura preferentemente rugosa y libres de material escamoso o partículas blandas.

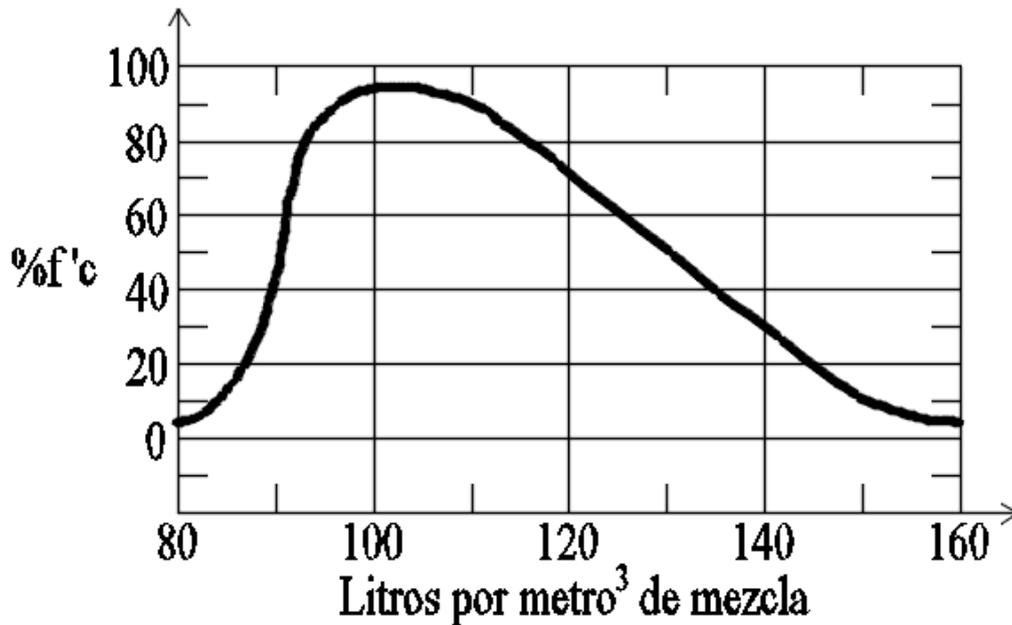
Las partículas deberán ser químicamente estables y estarán libres de escamas, tierra, polvo, limo, Sales, humus incrustaciones superficiales, materia orgánica u otras sustancias dañinas. Debido a la mayor adherencia mecánica de las partículas de perfil angular, la piedra chancada produce resistencias mayores que la grava redondeada. La angularidad acentuada deberá ser evitada por requerir de altos contenidos de agua y presentar reducciones en la trabajabilidad.

### **2.2.4. El agua para concreto.**

#### **2.2.4.1. Conceptos generales**

el agua es el elemento indispensable para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo tanto, este componente debe cumplir ciertos requisitos para llevar a cabo su función en la combinación química, sin ocasionar problemas colaterales si tiene ciertas sustancias que pueden dañar al concreto.

Complementariamente, al evaluar el mecanismo de hidratación del cemento vimos como añadiendo agua adicional mediante el curado se produce hidratación adicional del cemento, luego esta agua debe cumplir también algunas condiciones para poderse emplear en el concreto. *Pasquel (2011)*



**Figura 3.** Efecto del contenido de agua en la resistencia del concreto.

**Fuente:** Rochel (1998)

Es de gran importancia regular el contenido de agua de una mezcla, un exceso de agua desmejora su resistencia al permitir la segregación de los agregados; además, al evaporarse el excedente de agua se produce un hormigón poroso; por el contrario, una eficiencia en el contenido de agua, conduce a mezclas poco fluidas, con hormigones porosos, poco impermeables y de baja resistencia. (Rochel, 1998)

#### **2.2.4.2. Requisitos de calidad.**

El agua que ha de ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la norma NTP 339.088 (2006) y puede ser de preferencia, potable y no existen criterios uniformes cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en el agua que va a emplearse. A continuación, se presenta, en partes por millón, los valores aceptados como máximos para el agua utilizada en el concreto.

**Tabla 4.** Cantidad de sales y cloruros en el agua para el concreto.

cloruros	300 ppm
Sulfatos	300 ppm
Sales de magnesio	150 ppm
Sales solubles totales	500 ppm
PH	Mayor a 7
Solidos de suspensión	1500 ppm
Materia orgánica	10 ppm

**Fuente:** NTP 339-088

El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados. Igualmente lo estará de sales de potasio o de sodio. Si se utiliza aguas no potables, la Calidad de agua, determina por análisis de laboratorio, deberá ser aprobada por la suspensión.

#### **2.2.4.1. Requisitos de calidad según el comité del ACI.**

El agua empleada para el mezclado del concreto debe estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o refuerzo. No deberá emplearse en los concretos aguas no potables, salvo que las condiciones sean satisfechas.

Las sales u otras sustancias peligrosas, con las que contribuyen los agregados o aditivos, deben ser añadidas al volumen que pueden ser contenido en el agua de mezclado. Estos volúmenes adicionales deben ser considerados en la evaluación de la aceptación de las impurezas totales que pueden ser peligrosas para el concreto o acero.

#### **2.2.5. Concreto en seco.**

##### **2.2.5.1. Definición**

Como menciona Rojas (2010) en su tesis del análisis comparativo del comportamiento del concreto seco en condiciones producidas y recomendadas. El concreto seco se puede definir como un concreto industrial, clasificado y mezclado en una fábrica que se suministra en estado seco listo para amasarlo con agua, obtenido de la mezcla ponderal de sus componentes básicos:

conglomerantes, agregados y/o aditivos que se añaden para mejorar sus características y comportamientos.

#### **2.2.5.2. Materiales componentes.**

Los componentes básicos del concreto seco, son los mismos que se han utilizado tradicionalmente en obra, es decir, conglomerantes (cemento) que denominamos componentes activos y los agregados que denominamos componentes inertes. El agua precisa para efectuar su mezcla y la necesaria hidratación del concreto en obra se añade en obra, la cantidad es señalada en el embolsado.

##### **A. Cemento**

- Cemento portland, especificados en la NTP. 334.009
- Cementos adicionados, cumplirán con la NTP 334.082 o NTP 334.090
- Cementos de albañilería, conforme a la NTP 334.069

El cemento es un conglomerante hidráulico que cuando se mezcla con áridos y agua tiene la propiedad de conformar una masa pétreo resistente y duradera denominada concreto debido a las transformaciones químicas en su masa. Es el más usual en la construcción.

##### **B. Agregados**

Los agregados deben de cumplir con lo especificado en la NTP 400.037 (2002), el tamaño máximo nominal del agregado grueso no excederá de 25 mm. En el proceso de preparación del producto todos los agregados deberán ser secados sin desintegrarlos, a un contenido de humedad menos de 0.1% de la masa, calculado sobre el material substancialmente secado a porcentaje de masa constante entre 105°C a 110°C.

##### **C. El agua**

Es evidente que, si se trata de concretos secos, el agua queda en un segundo plano, desde el punto de vista industrial, pues se añade en la obra o punto de consumo del concreto y una vez efectuado el suministro. El agua empleada en la preparación deberá cumplir con los requerimientos de la norma NTP 334.088

(2006) y ser de preferencia, potable. El agua, sea o no potable, que se encuentre en las obras, es generalmente satisfactoria para los efectos de preparación del concreto.

#### **D. Envase**

El envase consiste en bolsas de papel de dos pliegues, las cuales están encoladas, el saco lleva una abertura en la esquina superior del empaque por donde es llenada mediante maquina envasadora-procesadora automática.

Las características que presenta el envase serán derivados integralmente de las propiedades que presentan las hojas de papel, así como el proceso de fabricación del envase. El saco de papel deberá soportar los rigores de la producción, envasado y almacenamiento. La bolsa de concreto embolsado tiene una capacidad de 40 kilogramos, pero de diferentes dimensiones depende del productor.

### **2.2.5.3. Proceso de fabricación del concreto con agregados secos**

#### **A. Planta del concreto con agregados secos**

La planta de fabricación del concreto con agregados secos es una planta integral para la dosificación, mezclado, elaboración y almacenamiento de dicho producto u otros granulados en garantías en cuanto a la calidad de sus especificaciones.

La planta permite la modificación de la calidad o características pre-establecidas del producto final, ya sea mediante, la alteración de la relación agua-cemento, en fases particular de la producción, o bien añadiendo también en fases parciales, diversos aditivos para aplicaciones particulares, de modo que con una sola planta es posible la obtención de una producción diversificada según las necesidades especificadas de cada momento.

La planta está diseñada, para el almacenamiento y conservación de dichos productos de manera hermética, y sin contactos con el exterior, mientras que se encuentre en su estado pulverizado, quedando a resguardo de los vientos.

## **B. Producción del concreto con agregados secos**

El proceso comienza desde la recepción de los agregados los cuales son almacenados y cubiertos para que no sean deteriorados por el medio ambiente, esto agregados serán suministrados mediante un cargador frontal a las respectivas tolvas de agregados, según requerimientos de planta. Después del cargado de los materiales con el cargador frontal, todo el movimiento del proceso de producción será hecho por fajas transportadoras.

El agregado grueso pasara directamente a un silo de almacenamiento, cumpliendo con tener menos del 0.4% de humedad, un porcentaje mayor al de la norma NTP400.037 (2012) El agregado fino antes debe pasar a su respectivo silo de almacenamiento, tendrá que pasar primeramente por una zona de secado donde se producirá un venteado por paletas internas que levantaran el agregado y lo dejara caer para que optimice el proceso de secado que tendrá porcentajes menores al 0.4% de humedad al igual que el agregado grueso, dependiendo de la humedad del agregado fino la temperatura del secador variara entre 60°C a 100°C. así como el tiempo que permanezca en este proceso.

El objetivo de esta fase sea eliminar la humedad que tenga el agregado para que no se hidrate el conglomerante en el producto embolsado, siempre se cuidara que los agregados no lleguen al punto de calcinación. Después de que el agregado salga de la zona de secado, pasara por un proceso de tamizado donde una zaranda seleccionara los agregados de granulometría óptima.

Los silos estarán divididos total o parcialmente en compartimientos y estarán dotados con características de hermeticidad, si está dividido en dos compartimientos iguales, al eje de pared deberá coincidir aproximadamente con el eje de las fajas transportadoras, para con ello facilitar las operaciones de carga en los silos. Los materiales son movilizados desde sus silos de almacenamiento hacia la cámara de mezclado, mediante un proceso de dosificación que se realizará modulando la velocidad de las fajas, ya que los silos depositaran el material en sus respectivas fajas a velocidades constantes y la ultimas dependiendo de la velocidad con que se movilizan regirán el volumen de cada material que se depositará en la cámara de mezclado.

En la cámara de mezclado se producirá un mezclado selectivo en seco, producido esencialmente por tornillos sin fin y otros sistemas de disposición y accionamiento vertical para la obtención de un producto homogéneo final, inferiormente a dicha cámara de mezclado se dispone una cámara de embalsamiento, en la que el concreto con agregados secos a granel es cargado a través de las pertinentes salidas y pesado manualmente, verificando su peso con adecuados medios de control por una persona encargada para después colocar el producto embolsado en la faja de salida.

El producto es colocado en parihuelas cada 40 bolsas para almacenarlas. Se verificará el funcionamiento de las fajas en el procesamiento de producción después de cada 200 bolsas producidas. El producto elaborado finalmente es un producto embolsado de concreto con agregados secos cuyos componentes han sido sometidos a tratamientos especificados de modo que en su conjunto presentan un grado de humedad residual ínfimo, lo que asegura una longevidad del producto.

El producto tiene dos hojas de papel de recubrimiento como una bolsa de cemento. Al momento de la preparación del concreto el agua añadida viene a ser el agua libre de diseño más el agua de saturación de los agregados.

#### **2.2.5.4. Ventajas del producto**

##### **A. Ventajas de los concretos industriales frente a los concretos preparados en obra**

Los concretos preparados en instalaciones industriales presentan una serie de ventajas genéricas desde el punto de vista logístico, económico, técnico y medio ambiental. Estos ocupan poco espacio en obra, minimizan las mermas producidas por el mezclado, además de ofrecer una puesta en servicio limpia y rápida.

La utilización de este tipo de concreto depende del volumen de obra, las condiciones meteorológicas, la ubicación y la distancia del centro productor. El desarrollo en los últimos años de la industria del concreto con agregados secos en el mundo está permitiendo aplicar mejoras tecnológicas en las plantas y en los productos, consiguiendo concretos que satisfacen las exigencias de los

constructores facilitando a su vez su puesta en obra cumpliendo los requerimientos exigidos.

El suministro se proporciona en bolsas de 40 Kg, cabe resaltar que en países desarrollados se puede suministrar en un camión cisterna que descarga en un silo previamente en la obra, el silo lleva en su parte inferior un mezclador al cual se le conecta una manguera de agua para proceder al mezclado automático del concreto. [Rojas (2010)]

### **B. Ventajas de los concretos con agregados secos frente a los concretos premezclados**

Las plantas de concreto premezclado suministran mediante mixers el concreto en estado fresco, ya amasado para su uso inmediato. Las empresas de concreto premezclado garantizan las características del concreto solicitado hasta 2 a 2.5 horas desde que el concreto llegó a la obra, después de este tiempo el probador no se hace responsable de las variaciones de las características al concreto solicitado. Si se tiene una variación en el programa de vaciado, las características del concreto podrían ser otras.

Las plantas industriales diseñadas para la producción del concreto premezclado son habitualmente instalaciones fijas, de producción mediana y grande, que trabajan con los mismos principios, siendo la característica notable común a todas ellas, la dosificación y mezclado del concreto fresco que indefectiblemente ha de ser consumido, transportándolo en un mixer en constante mezclado. Las plantas no habituales son las plantas móviles de concreto premezclado, ubicada en asentamientos mineros mayormente o en sitios donde las necesidades la requieran.

El sistema de suministro de concreto fresco con arreglo a la técnica conocida presenta evidentes problemas, los cuales detallaremos a continuación:

- Como el concreto o cualquier otro producto granulado que lleve incorporado un conglomerante hidráulico, una vez terminado el mezclado, tiene que

consumirse en un corto periodo de tiempo, debiendo ser elaborado y transportado en el momento de ser solicitado por el consumidor final.

- Cuando un mixer sale cargado de la fábrica, el tiempo de utilización en condiciones óptimas es muy corto y es frecuente que existan innumerables imprevistos en las obras, por lo cual es frecuente utilizar concretos ya mezclados fuera del límite de uso y, por tanto, con un resultado del producto final carentes de toda garantía técnica.

- Cuando eventualmente se detecta el problema se devuelve el producto, que no puede volver a ser utilizado, ni ser sometido a proceso de reacondicionado alguno, sino que ha de ser simplemente desechado, con las pérdidas económicas que ello supone.

- Al no fabricarse concreto mientras que no exista un pedido de concreto por parte del consumidor, hasta las plantas de fabricación más pequeñas precisan estar sobredimensionadas tanto en cuanto a medios de producción propiamente dichos, como a medios de transporte ya que de otro modo no sería posible atender a las demandas en los momentos puntuales de trabajo.

- Dado que una vez elaborado hasta su empleo en obra el concreto húmedo no puede dejar de ser mezclado, los mixers han de estar en continuo funcionamiento, tanto durante, las operaciones de carga en fábrica y transporte, como durante el vaciado del concreto en la obra, lo que determina elevados consumos de combustible.

- La poca duración del concreto en estado fresco, hace que el radio de acción de actividades empresariales de cada planta sea muy corto en distancias, pues incluido el transporte, el periodo máximo de utilización en condiciones idóneas del concreto en estado fresco, es de aproximadamente de tres a cuatro horas desde que termino el proceso de mezclado.

- El concreto fresco es un producto cuyas características técnicas no pueden ser alteradas una vez que el mismo ha sido elaborado con arreglo a unas determinadas especificaciones, si hubiera una equivocación en la preparación del concreto conlleva a un coste económico no recuperable. [Rojas (2010)]

### **C. Ventajas de los concretos con agregados secos frente a los concretos preparados en obra.**

La elaboración del concreto en obra presenta actualmente inconvenientes, que no son producidos por el productor final sino por el personal encargado del proceso, el concreto con agregados secos como producto liberará el encargado de responsabilidades que no podrá afrontar sino tiene la capacitación técnica pertinente. Elimina los derivados de la fabricación a distancia per presenta otros problemas:

- Los medios de producción en obra, en especial las obras pequeñas, carecen de los adecuados medios de control para garantizar una adecuada calidad del producto final.
- Las materias primas se descargan y almacena a la intemperie con lo que quedad sometidas a los efectos a los efectos atmosféricos y a los agentes externos contaminantes. [Rojas (2010)]

### **2.3. Definición De Términos Básicos.**

- **Comportamiento del concreto.** Respuesta a ciertas pruebas que es sometido el concreto.
- **Concreto Dosificado, Mezclado y envasado en seco.** Combinación de cemento con arena y grava previamente secados.
- **Concreto Normal.** Material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción. [Pasquel (1998)]
- **Durabilidad.** Capacidad del concreto de resistir a acciones climáticas, ataques químicos, abrasión (Desgaste) y otros procesos de deterioro en condición de servicio.
- **Hormigón.** Material de construcción, no homogéneo, constituido por la mezcla de cemento, arena, piedra y agua. (Roberto Rochel Awad).

## **CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODO**

### **3.1. Materiales y Equipos.**

#### **3.1.1. Materiales.**

Los materiales que se utilizaron fueron:

- Cemento PACASMAYO Portland Tipo MS (MH) FORTIMAX (Con adiciones activos) de la norma ASTM C-1157 (2008).
- Arena gruesa de la cantera “Chilete, Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”
- Agregado grueso de la cantera “Chilete, Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”
- Agua Potable.
- Envases (bolsas de papel)

#### **3.1.2. Equipos.**

Los equipos que fueron necesarios para llevar a cabo la presente investigación son:

- Mallas ASTM ½”, 3/8”, N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100 y N° 200.
- Probetas 1000 ml.
- Horno de secado, con control de temperatura de  $110 \pm 5$  °C.0
- Balanza con capacidad de 5000 g y una aproximación de 0.1 g.
- Balanza con capacidad de 20 kg y una aproximación de 1 g.
- Regla metálica graduada al mm.
- Bandejas de 30\*50 cm.
- Moldes cilíndricos para concreto de 6” de diámetro por 12” de altura.
- Vernier de laboratorio.
- Maquina Universal para ensayos de compresión uniaxial.

## **3.2. Método**

### **3.2.1. Metodología de la investigación**

#### **3.2.1.1. Localización**

La investigación se realizó en el distrito, provincia y departamento de Cajamarca, en el laboratorio de Ensayo de Materiales “Carlos Esparza Díaz”. De la Universidad Nacional de Cajamarca –Facultad de ingeniería.

#### **3.2.1.2. Período de la investigación**

La investigación se inició en julio del 2017, finalizándose en marzo del 2018.

#### **3.2.1.3. Tipo de investigación.**

El tipo de investigación de esta tesis fue aplicada, con un nivel descriptivo, luego explicativo y finalmente comparativo.

#### **3.2.1.4. Población.**

Se consideró como población las probetas cilíndricas de concreto normal y probetas de concreto predosificado en seco, de 6” de diámetro y 12” de altura, diseñadas y elaboradas para un  $f^c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

#### **3.2.1.5. Diseño de la investigación.**

Se optó por recopilar la información bibliográfica para ampliar conocimientos generales sobre la elaboración de un concreto en seco, además se revisó información en la página web y otras. Los libros y documentos consultados, se encuentran detallados en la bibliografía y referencias presentadas al final de la investigación.

#### **3.2.1.6. Muestra**

Para la elección de la muestra se tomó 120 especímenes de concreto para su respectivo análisis, los cuales fueron divididos en dos grupos para su respectiva comparación.

- 60 especímenes de concreto normal.
- 60 especímenes de predosificado en seco.

### 3.2.2. Procedimiento de la investigación.

#### 3.2.2.1. Cantera de estudio.

Se eligió la cantera “Chilete”, la cual es de origen fluvial – aluvial, en los márgenes del río Jequetepeque donde se extraen, procesan y comercializan agregados para la construcción básicamente agregado grueso (grava de río) y agregado fino (arena).

##### a. Ubicación.

Se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Chilete, en el Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca, a 930 m.s.n.m. y ubicada en las siguientes coordenadas.

PUNTO A:	ESTE: 738628.00	NORTE: 9201764.00
PUNTO B:	ESTE: 738660.00	NORTE: 9201684.00
PUNTO C:	ESTE: 738643.00	NORTE: 9201664.00
PUNTO D:	ESTE: 738597.00	NORTE: 9201700.00



**Figura 4.** Cantera Chilete.

#### **b. Extracción de agregados de la cantera.**

Los agregados materia de estudio, se encuentran de forma dispersa a lo largo del Río Jequetepeque, para luego ser extraídos desde los márgenes del río con maquinaria pesada y transportado por volquetes de quince metros cúbicos de capacidad de tolva ( $15 \text{ m}^3$ ), estos últimos transportan el material a la zona de proceso, donde son lavados, reducidos a través de trituración y tamizados para su futura venta.

Los agregados que se comercializan son agregado fino y agregado grueso (de perfil redondeado y angular), el material es triturado y separado mecánicamente a través de la máquina; aquí se hace una clasificación en TMN de 1/2", 3/4" y 1" para su posterior despacho.

#### **3.2.2.2. Características de los agregados para concreto.**

##### **A. Peso Unitario (Densidad Bruta) de los Agregados**

Este ensayo es el establecido en la NTP 400.017 en correspondencia con la ASTM C 29; este método de ensayo cubre la determinación de la densidad bulk ("peso unitario") del agregado en una condición compactada o suelta. Este método de ensayo es aplicable a agregados que no excedan las 5 pulg. (125 mm) de tamaño nominal máximo.

##### **a) Preparación de la muestra.**

La muestra fue extraída de acuerdo a NTP 400.010, reducida según la N.T.P 400.043 y posteriormente secado el agregado aproximadamente 125 a 200 % de la cantidad requerida para llenar el depósito medidor, hasta obtener un peso constante en un horno preferiblemente a  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$

##### **b) Aparatos**

**-Balanza.** - Que permita lecturas con exactitud de 0.10% del peso de la muestra

**-Barra compactadora.** - Barra circular recta de acero de 16mm (5/8") de diámetro y aproximadamente 6000 mm., de largo, con un extremo redondeado en forma de punta semiesférica

**-Recipiente.** - De metal preferiblemente con asas, impermeable con tapa y fondo firme y parejo, con precisión e sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas, para mantener su forma en condiciones de trabajo duras.

**Tabla 5.** Capacidad de los recipientes para realizar el ensayo de peso unitario.

Capacidad		Diámetro Inferior		Altura Inferior		Espesor del Metal		TMN del Agregado	
pie <sup>3</sup>	dm <sup>3</sup>	pulg	mm	pulg	mm	fondo	pared	pulg	mm
1/10	3	6±0.1	155±0.1	6.1±0.1	160±0.1	5	2.5	1/2	12.5
1/3	10	8±0.1	205±0.1	11.5±0.1	305±0.1	5	2.5	1	25
½	15	10±0.1	255±0.1	11.0±0.1	295±0.1	5	2.5	1 1/2	40
1	30	14±0.1	355±0.1	11.2±0.1	305±0.1	5	2.5	1	100

Fuente: NTP. 400.017

### c) Procedimiento

#### c.1. Determinación de la densidad del agua

- Se llenó el picnómetro hasta la línea de calibración
- Se pesó del picnómetro con agua con una exactitud de 0.1 g
- Se pesó el picnómetro con agua con una exactitud de 0.1 g

#### c.2. Calibración del recipiente

El recipiente se calibró determinando con exactitud el peso del agua necesaria para llenarlo a 16.7°C. Para cualquier unidad el factor (f) se obtuvo dividiendo el peso unitario del agua a 16.7°C (kg. /m<sup>2</sup>) para el peso del agua a 16.7°C necesario para llenarlo.

#### c.3. Determinación del peso unitario seco suelto

El procedimiento con pala se aplica a agregados que tienen un tamaño máximo no mayor a 100mm.

- El recipiente se llenó con una pala hasta rebosar, descargando el agregado desde una altura no mayor de 50mm. por encima de la parte superior del recipiente.
- Se tomó las precauciones necesarias para impedir en lo posible la segregación de las partículas. El agregado sobrante se eliminó con una regla.

- Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente. Luego se obtuvo el peso unitario suelto del agregado multiplicado el peso neto por el factor calculado en la calibración.

#### **c.4. Determinación del peso unitario seco compactado**

Se llenó la tercera parte del recipiente y se niveló la superficie con la mano, se apisonó la masa con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie, este procedimiento se realizó para las dos capas siguientes.

Se determinó el peso neto del agregado en el recipiente. El peso unitario se obtuvo al multiplicar el peso neto por el factor (f) calculado según lo descrito en la calibración.

#### **d) Cálculos.**

- **Densidad del agua.** Se calculó con la siguiente expresión.

$$D = \frac{P1-P2}{V} \dots\dots\dots \textit{Formula 1}$$

Dónde:

**D** = Densidad del agua a la temperatura trabajada (g/cm<sup>3</sup>)

**P1** = Masa del picnómetro más agua hasta el menisco (g)

**P2** = Masa del picnómetro (g)

**V** = Volumen del picnómetro hasta la línea de calibración (cm<sup>3</sup>)

- **Volumen y factor del recipiente.** Se calculó con la siguiente expresión.

$$f = \frac{D}{M} \dots\dots\dots \textit{Formula 2}$$

Dónde:

**D** = Densidad del agua a la temperatura trabajada (Kg /m<sup>3</sup>)

**M** = masa del agua en el recipiente (Kg)

**f** = factor para el recipiente (1/m<sup>3</sup>)

- **Peso unitario:** La expresión es útil para el cálculo del peso unitario seco suelto y compactado

$$PU = (G - T) * f \dots\dots\dots \textit{Formula 3}$$

Dónde:

**PU** = Peso Unitario del agregado en  $\text{kg}/\text{m}^3$

**G** = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.

**T** = Peso del recipiente de medida en kg.

**f** = Factor de la medida en  $\text{m}^{-3}$

Los cálculos y resultados se encuentran en el **ANEXO 01**

### **B. Peso específico y absorción del agregado grueso.**

Realizados según la norma NTP 400.021 (2013) y la ASTM C127 (2001), la presente norma establece un método de ensayo para determinar el peso específico aparente, el peso específico de masa, peso específico saturado superficialmente seco y porcentaje de absorción del agregado grueso.

#### **a) Aparatos**

- **Balanza.** Con una aproximación de 5kg o más y una sensibilidad de 5 g y aproximación de 0.1g.

- **Cesta de malla de alambre.** Con una abertura correspondiente al tamiz NTP 3mm (N°6) o menor, o un recipiente aproximadamente igual ancho y altura con capacidad de  $4000 \text{ cm}^3$  a  $7000 \text{ cm}^3$

- **Envase.** Adecuado para sumergir la cesta de alambre al agua y un dispositivo para suspender del centro de la escala de la balanza.

- **Estufa.** Capaz de mantener la temperatura de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

#### **b) Preparación de la muestra.**

Se seleccionó por el método del cuarteo, aproximadamente 5 kg., del agregado que se desea ensayar, rechazando todo el material que pase el tamiz NTP 4.75 mm (N°4)

#### **c) Procedimiento.**

Después de un lavado completo para eliminar todo el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas, se secó la muestra hasta peso constante a una temperatura de  $100^\circ\text{C}$  a  $110^\circ\text{C}$  y luego se sumergió en el agua por un período de 24h.

Se secó la muestra del agua y se hizo rodar por un paño grande absorbente hasta hacer desaparecer toda la película de agua visible, aunque las superficies de las partículas permanezcan húmedas, se secaron separadamente los fragmentos más grandes. Se tuvo cuidado con la evaporación durante el secado.

**c) Cálculos.**

**c.1. Peso específico aparente (PEA)**

$$PEA = A/(A - B) \dots\dots\dots \textit{Formula 4}$$

**c.2. Peso específico masa (PEM)**

$$PEM = A/(B - C) \dots\dots\dots \textit{Formula 5}$$

**c.3. Peso específico de masa saturada con superficie seca (Pesss)**

$$Pesss = B/(B - C) \dots\dots\dots \textit{Formula 6}$$

**c.4. Absorción (Abs)**

$$Abs (\%) = (B - A) / A \dots\dots\dots \textit{Formula 7}$$

Dónde:

**A:** Peso en el aire en g., de la muestra secada al horno

**B:** Peso en el aire en g., de la muestra secada con superficie seca.

**C:** Peso en el agua en g., de la muestra saturada

Determinaciones por partida doble no deben diferir en  $\pm 0.01$  en el caso de peso específico y  $\pm 0.1$ , en el caso de porcentaje de absorción, de no cumplirse con esta condición los ensayos deben realizarse de nuevo. Los cálculos y resultados se encuentran en el **ANEXO 01**

**C. Análisis granulométrico**

Realizado según la NTP 400.012 (2012) y la ASTM C 136 96 (2000) en la presente norma se establece el método de ensayo a seguir y las operaciones de tamizado de agregados, con el fin de determinar su composición granulométrica

**a) Aparatos**

- **Balanza.** Con una aproximación de 1% de peso de la muestra que se va a ensayar.

- **Tamices.** Los tamices deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTP 350.001 (1970, Revisada el 2017).

- **Horno.** Capaz de mantener la temperatura circundante a la muestra en ( $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ).

- **Equipo adicional.** Cucharas metálicas, recipientes.

#### **b) Preparación de la muestra.**

La muestra fue extraída de acuerdo a NTP 400.010, reducida según la N.T.P 400.043. El peso de la muestra de ensayo para agregado grueso debe ser el que corresponda al tamaño máximo de las partículas, según se establece en la **Tabla 6**, el peso de la muestra para agregado fino debe ser de 300 g., como mínimo según NTP 400.012-2001.

**Tabla 6.** Cantidad de muestra requerida para granulometría

<b>Tamaño máximo nominal del agregado</b>	<b>Cantidad de la muestra de ensayo mínimo (kg)</b>
9.5 mm (3/8")	1
12.5 mm (1/2")	2
19 mm (3/4")	5
25 mm (1")	10
37.5 mm (1 1/2")	15
50 mm (2")	20
63 mm (2 1/2")	35
75 mm (3")	60
90 mm (3 1/2")	100
100 mm (4")	150
125 mm (5")	300

**Fuente:** NTP 400.012-2001

**Nota:** Para muestras que pesan 5 kg, o más recomienda el empleo de zaranda de 40 cm., de diámetro.

#### **c) Procedimiento.**

- Se secó la muestra a  $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  hasta que dos pesadas sucesivas y separadas por una hora de secado en la estufa no difiera en más de 0.1 %

- El tamizado se hizo a través de tamices que cumplan con la norma NTP 350.001 (1970, Revisada el 2017).

- El material a tamizarse se colocó en la malla superior, las que están dispuestas en orden decreciente según tamaño de abertura.

- El tamizado se puede hacer a mano o mediante el empleo de maquina adecuada, sin embargo, en caso de duda, se toma por valido el tamizado a mano
- En ningún caso se facilita con la mano, el pasaje de una partícula a través del tamiz.
- Se dará por finalizado la operación de tamizado cuando en el transcurso de un minuto no pase más de 1% en peso del material retenido sobre el tamiz.

El resultado del tamizado se expresa indicando el porcentaje retenido en cada tamiz referido al total de la muestra, los porcentajes se deben redondear a números enteros, excepto en los correspondientes al tamiz NTP 74µm. (N°200) que se da con una aproximación de 0.1%. Los cálculos y resultados se encuentran en el **ANEXO 01**

#### **D. Módulo de Finura**

El módulo de finura se calculó sumando los porcentajes retenidos acumulados en los tamices estándar (nombrados más abajo) y dividiendo la suma entre 100.

##### **a) Cálculo**

Se determinó como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en las mallas 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, dividida entre 100

$$MF = \frac{\sum \% PAR(3", 1\frac{1}{2}", \frac{3}{4}", \frac{3}{8}", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100} \dots\dots\dots \textit{Formula 8}$$

##### **b) Expresión de resultados.**

Los cálculos y resultados se encuentran en el **ANEXO 01**.

#### **E. Contenido de humedad.**

Realizado según lo que estipula la norma NTP 339.185 (2013), lo cual establece lo siguiente:

##### **a) Aparatos**

- *Balanza* con precisión de 0.1g.
- *Horno* capaz de mantener la temperatura circundante a la muestra en (110 ± 5°C).

- *Recipientes* para muestras (taras).

**b) Preparación de la muestra**

La muestra fue extraída de acuerdo a NTP 400.010, reducida según la N.T.P 400.043

**c) Procedimiento**

- Se seleccionó una muestra representativa mayor 500g según la ASTM C 566 mediante el método del cuarteo ASTM C 702 METODO B.
- Se registró la masa del recipiente (tara) el cual estaba limpio y seco.
- Se colocó la muestra en el recipiente y registramos su masa.
- Luego se llevó a un proceso de secado en el horno por un tiempo de 24 h a la T° aproximada de en (110 ± 5°C).
- Luego de 24 h se registró la masa del recipiente con el suelo seco.
- Se determinó la masa de la muestra con una aproximación al 0.1g.
- Con los datos obtenidos se calculó el contenido de humedad.

**d) Cálculo**

Se expresa como.

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots \textit{Formula 9}$$

Dónde:

**W<sub>w</sub>**: Peso del agua

**W<sub>s</sub>**: Peso del agregado seco

Los Cálculos y resultados se encuentran en el **ANEXO 01**

**F. Desgaste a la Abrasión.**

Realizado según la NTP 400.019 y ASTM C 131; el objetivo de la prueba es medir el desgaste producido por una combinación de impacto y rozamiento superficial en una muestra de agregado de granulometría preparada.

**a) Aparatos**

-**Balanza.** Con capacidad de 20Kg.

-**Tamices.** Los tamices deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma NTP 350.001 (1970, Revisada el 2017) (1", ¾", ½", ⅜", N°4, y N°12)

*-Máquina de los Ángeles.* De dimensiones especificadas

*-Charolas Rectangulares*

*-Cucharon*

#### **b) Preparación de la muestra.**

La muestra de agregado que se empleó para el ensayo de resistencia a la abrasión debió:

- Cribarse para separar las fracciones de distintos tamaños ya sea para eliminar finos y partículas ajenas.

- Secarse la muestra a peso constante en el horno a una temperatura de 105 °C A 110 °C.

- Una vez obtenidas las fracciones de distintos tamaños, combinarse las cantidades necesarias para la gradación especificada en la **Tabla 7 y 8.**

**Tabla 7.** Masa de la carga dependiendo del tipo de gradación del agregado

<b>GRADACIÓN</b>	<b>NÚMERO DE ESFERAS</b>	<b>MASA DE LAS ESFERAS (g)</b>
A	12	5000±25
B	11	4584±25
C	8	3330±25
D	6	2500±25

Fuente: NTP. 400.019

**Tabla 8.** Gradación de las muestras de ensayo.

<b>Tamices</b>		<b>Peso de los tamaños indicados (gr.)</b>			
<b>Pasa</b>	<b>Retiene</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
1 ½"	1"	1250 ± 25	---	---	---
1"	¾"	1250 ± 25	---	---	---
¾"	½"	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
½"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10	---	---
3/8"	¼"	---	---	2500 ± 10	---
¼"	Nº 4	---	---	2500 ± 10	---
Nº 4	Nº 8	---	---	---	5000 ± 10
<b>Total</b>		<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>	<b>5000 ± 10</b>

Fuente: NTP. 400.019-2002

El peso de la muestra se determinó antes de la prueba, con la máquina de los ángeles con una aproximación de 1 gramo.

**c) Procedimiento.**

- De acuerdo a la granulometría previamente obtenida y de acuerdo al tamaño máximo consultar la **Tabla 7 y 8**, para ver la gradación del material y elegir el número de esferas (carga abrasiva) y el peso de la muestra.
- Se colocó la muestra a probar y la carga abrasiva en la máquina.
- Se Accionó la máquina para que gire a 500 revoluciones a una velocidad de 30 a 33 r. p. m.
- Después del número prescrito de revoluciones, se descargó el material de la máquina y retiramos las esferas.
- Se hizo una separación preliminar del material cribándolo por la malla N°4.
- Al material que paso la malla N°4, cribamos por la malla N°12.
- El material que se retuvo en la malla N°4, se mezcló con el que se retuvo en la N°12.
- El material que se retuvo en la malla N°12, se lavó los finos adheridos a las partículas.
- Una vez lavado el material, se colocó en el horno durante 24 horas secarse a peso constante a una temperatura de 105 °C A 110 °C. y se pesó con una aproximación de 1 gramo.

**d) Calculo**

Se expresa como:

$$\% \text{ de abrasión} = \frac{P1-P2}{P1} \times 100 \dots\dots\dots \text{Formula 10}$$

Dónde:

**P1** = Masa de la muestra antes del ensayo, kg

**P2** = Masa de la muestra después del ensayo, kg

Los cálculos y resultados se encuentran en el **ANEXO 01**

**G. Materiales más finos que pasan por el tamiz N°200.**

El ensayo es realizado según la NTP 400.018/ASTM C117 lo cual menciona lo siguiente:

**a) Materiales.**

Muestra extraída de cantera según la ASTM C 79 y cuarteada según la ASTM C 702 (agregado fino)

**b) Equipo.**

*Balanza* con precisión de 0.1g

*Tamiz N° 200*

*Estufa* que mantenga una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

**c) Procedimiento.**

-Se secó la muestra en la estufa a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$

-Se pesó 500g de la muestra seca y lavar por el tamiz N° 200.

-El material lavado se colocó en un recipiente y secamos la muestra en la estufa a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  y registramos su masa.

**d) Cálculos.**

**% de finos** =  $((W \text{ inicial} - W \text{ seco lavado}) / W \text{ seco lavado}) * 100 \dots \text{Formula 11}$

Los cálculos y resultados se encuentran en el **ANEXO 01**.

**H. Peso específico y absorción del agregado fino**

El método empleado para el desarrollo de este ensayo es el establecido en la NTP 400.02 en correspondencia con la ASTM C 128.

**a) Materiales.**

Muestra extraída de cantera según la ASTM C 79 y cuarteada según la ASTM C 702 (agregado fino)

**b) Equipo**

-*Balanza* con aproximación de 0.1 g, y capacidad no menor de 1 kg

-*Frasco Volumétrico*, capacidad de 500 cm<sup>3</sup>

-*Molde cónico*, metálico, diámetro menor 4 cm y diámetro de 9 cm con altura de 7 cm.

**-Varilla de metal**, con un extremo redondeado de  $25 \pm 3$  mm de diámetro y  $340 \pm 15$  g.

**-Estufa** que mantenga una temperatura de  $110 \pm 5$  °C

**c) Procedimiento.**

-De la muestra obtenida con humedad natural, la cuarteamos y pesamos de 1 a 2 kg.

-Lo vaciamos en un depósito metálico con agua hasta que quede totalmente sumergida.

-Se dejó la muestra sumergida durante 24 h.

-Después de la 24 h se colocó la muestra sobre una lona o un papel o cartón, lo extendemos y lo exponemos al ambiente para que pierda humedad (pierde el agua libre).

-Para comprobar si se ha evaporado el agua libre, se hizo un ensayo con un pequeño cono; el cual consistió en llenar la tercera parte y dar 8 golpes con la varilla, el mismo procedimiento para el siguiente. Y finalmente llenamos y damos 9 golpes.

-Se cortó y se enrazó con la varilla; levantamos verticalmente el cono a la cual la arena deberá desboronares, si no es así se sigue secando hasta lograr lo cometido.

-Del material en condición de las 3s (saturado superficialmente seco), se pesó 500 gr el cual corresponde al peso en el aire de la muestra saturada superficialmente seca (1° peso).

-Con la ayuda de un embudo metemos el material en una fiola, se echó un poco de agua que sepulte a la muestra y se agitó por un período de 2 minutos hasta que salgan todas las burbujas de aire atrapadas en el material

-Luego se agregó agua hasta los 500 cm cúbicos.

-Se pesó la muestra sumergida en el agua; el cual corresponde al peso sumergido en agua de la muestra saturada superficialmente seca (segundo peso).

-El material de la fiola se depositó en un recipiente y se llevó al horno durante 24 horas después de ese tiempo obtenemos el 3° peso importante de la muestra (peso seco al horno de la arena).

-Los pesos específicos y la absorción se calcularon de acuerdo a las siguientes formulas.

#### **d) Cálculos.**

##### **d.1. Peso específico de la masa:**

$$Pe = \frac{W_0}{V - V_a} \dots \dots \dots \textit{Formula 12}$$

##### **d.2. Peso específico de la masa saturada con superficie seca.**

$$P_{sss} = \frac{500}{V - V_a} \dots \dots \dots \textit{Formula 13}$$

P.e.s.s.s.= Peso específico de masa saturada con superficie.

##### **d.3. Peso específico aparente**

$$Pe_a = \frac{W_0}{(V - V_a) - (500 - W_0)} \dots \dots \textit{Formula 14}$$

##### **d.4. Porcentaje de absorción.**

$$Abs (\%) = \frac{500 - W_0}{W_0} * 10 \dots \dots \textit{Formula 15}$$

En dónde:

**W<sub>0</sub>**= Es el peso en el aire de la muestra secada al horno (g)

**V**= Volumen del Frasco (cm<sup>3</sup>)

**V<sub>a</sub>**= Peso en (gr) o Volumen (cm<sup>3</sup>) del Agua añadida al frasco

Los cálculos y resultados se encuentran en el **ANEXO 01**

#### **3.2.2.3. El cemento utilizado.**

El cemento utilizado en la presente investigación fue el Cemento PACASMAYO Portland Tipo MS (MH) FORTIMAX (Con adiciones activos) de la norma ASTM C-1157 (2008) / NTP 334.082 (2011) para elaborar los especímenes de concreto tanto premezclado en seco y concreto normal elaborado en obra.

El cemento Tipo MS es un cemento de resistencia moderada a los sulfatos (componente MS), al moderado calor de hidratación (componente MH). Adicionalmente tiene alta resistencia a cloruros, que corroen las estructuras de acero.

- **Propiedades**

- Alta resistencia a los sulfatos
- Moderada resistencia a los sulfatos
- Alta resistencia a los cloruros
- Resistente al agua de mar
- Moderado calor de hidratación

- **Aplicaciones**

- Concreto con exposición moderada a los sulfatos
- Estructuras en contacto con ambientes y suelos húmedos-salitrosos
- Estructuras en ambiente marino
- Obras portuarias
- Concreto en clima cálido
- Estructuras de concreto masivo
- Concreto compactado con rodillo
- Obras en ambientes con presencia de cloruros
- Pavimentos y losas

En el **ANEXO 04** se presenta la ficha técnica del Cemento PACASMAYO Portland Tipo MS (MH) FORTIMAX (Con adiciones activos)

#### **3.2.2.4. Agua.**

El agua que se empleó en la elaboración y curado de los especímenes cilíndricos de concreto, fue agua del campus de la universidad nacional de Cajamarca, esta agua es extraída de pozos subterráneos que cumple con los límites máximos y mínimos permisibles para el consumo humano; de tal manera que cumple con los requisitos de calidad para la elaboración y curado del concreto indicado en la norma NTP 339.088 (2006).

### 3.2.2.5. Diseños de mezcla para un concreto normal

El método escogido para realizar los diseños de concreto fue el método del Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados, pues se aproxima más a la realidad de nuestro entorno involucrando los módulos de finura reales de los agregados utilizados. Los pasos para realizar el diseño de mezcla de prueba se describen a continuación:

#### 1° Características de los materiales.

##### Cemento

Tipo	=	Cemento Pacasmayo Portland MS (MH) Fortimax (Con adiciones activas)
Densidad	=	3.02 g/cm <sup>3</sup>
Peso de bolsa	=	42.5 kg

##### Agua

Peso específico	=	1000 Kg/m <sup>3</sup>
-----------------	---	------------------------

##### Agregados.

Cantera : “Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca.”

**Tabla 9.** *Propiedades físico-mecánicas de los agregados de la cantera “Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca.”*

	Agregado Fino	Agregado Grueso
Perfil	.-	Redondeado
Tamaño máximo nominal	.-	3/4"
Peso específico de masa	2.62 g/cm <sup>3</sup>	2.63 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico sss	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.66 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente	2.71 g/cm <sup>3</sup>	2.69 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto seco	1.64 g/cm <sup>3</sup>	1.54 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado seco	1.78 g/cm <sup>3</sup>	1.65 g/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad (%)	2.10	0.30
Absorción (%)	1.30	1.00
Módulo de finura	3.21	6.98
Abrasión (%)	--	26.75
Partículas < tamiz N° 200 (%)	4.80	0.80

**Nota:** sss: saturado superficialmente seco

## 2° Características del Concreto.

Resistencia a la compresión especificada = 280 Kg/cm<sup>2</sup>

## 3° Resistencia Requerida.

Se utilizó el valor de Condiciones excelentes por la calidad de los materiales de ejecución en obra el  $f'_{cr}$  se determina de acuerdo a la **Tabla 10**

**Tabla 10.**  $f'_{cr}$  en función del grado de control de calidad en la obra.

Nivel de control	$f'_{cr}$
Excelente	$1.1 * f'_{c}$
Buena	$1.2 * f'_{c}$
Regular o mala	$1.3$ a $1.5 * f'_{c}$

*Fuente:* Rivva (2007).

$$f_{cr} = 1.10 \times f'_{c}$$

$$f_{cr} = 1.10 \times 280$$

$$f'_{cr} = 308 \text{ Kg/cm}^2$$

## 4° Asentamiento.

Se utilizó la **Tabla 11** para determinar asentamiento requerido. Para nuestro caso la consistencia plástica

**Tabla 11.** *Consistencia y Asentamiento.*

Consistencia	Asentamiento
Seca	0 "(0mm) a 2" (50mm)
Plástica	3" (75mm) a 4" (100mm)
Húmeda	≥5" (125mm)

*Fuente:* Rivva (2007).

$$\text{Asentamiento} = 3" \text{ a } 4"$$

$$\text{Consistencia} = \text{Plástica}$$

## 5° Tamaño Máximo Nominal.

De acuerdo a la granulometría obtenida:

$$\text{TMN} = 3/4"$$

### 6° Contenido de aire total.

Para medir el aire atrapado en la mezcla, se usó la tabla 12

**Tabla 12.** Determinación del aire atrapado según el tamaño máximo nominal.

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

*Fuente:* Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI

Para nuestro caso = TMN 3/4"

**Contenido de aire atrapado = 2.0 %**

### 7° Contenido de agua.

Depende del asentamiento y del tamaño máximo del agregado, según la Tabla 13. Para nuestro caso: Slump = 3" - 4", TMN = 3/4", sin aire incorporado y agregado de perfil redondeado

**Tabla 13.** Volumen unitario de agua

Tamaño Máximo Nominal	Volumen unitario de agua expresado en lt/m <sup>3</sup>					
	Slump: 1" a 2"		Slump: 3" a 4"		Slump: 6" a 7"	
	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular	Agregado Redondeado	Agregado Angular
3/8 "	185	212	201	227	230	250
1/2 "	182	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	<b>185</b>	204	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197

*Fuente:* Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI

**Cantidad de Agua requerida = 185 Lt/m<sup>3</sup>**

### 8° Relación a/c.

Según la **tabla 14** para un  $f'_{cr}$  de  $308 \text{ kg/cm}^2$ , la relación agua cemento es:

**Tabla 14.** Relación agua/cemento y resistencia a la compresión requerida del concreto

Resistencia a la compresión a los 28 DIAS ( $\text{kg/cm}^2$ ) $f'_{cr}$	Relación agua cemento en peso	
	Cemento sin aire incorporado	Cemento con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	--
450	0.38	--

300 -----0.55

**308 -----a/c**

350 -----0.48

Por interpolación se tiene:

$$a/c = 0.5388 = 0.54$$

### 9° Contenido de cemento.

Tenemos la relación agua cemento de 0.5388 y el contenido de agua que es un valor asumido de  $185 \text{ Lt/m}^3$ , calculamos el cemento.

$$a/c = 0.5388$$

$$\text{Cemento} = 185/0.54 = 342.59 \text{ Kg}$$

### 10° Factor cemento.

$$\text{Cemento} = 342.59 \text{ Kg} = 8.061 \text{ Bolsas/m}^3$$

### 11° Calculo del Volumen de la pasta de cemento sin incluir los agregados.

Conocido los pesos del cemento, agua y volumen del aire atrapado, se procedió a calcular la suma de los volúmenes absolutos de estos ingredientes los cuales resultan de dividir el peso de cada componente entre su peso específico.

Cemento = 0.113440 m<sup>3</sup>  
 Agua de mezclado = 0.185 m<sup>3</sup>  
 Aire (%) = 0.0200m<sup>3</sup>  
 Volumen total de la pasta de cemento = 0.318440 m<sup>3</sup>  
 Volumen de los agregados: (1- 0.318440) = 0.681560 m<sup>3</sup>

**12° Cálculo del módulo de fineza de la combinación de agregados y el valor de *rf***

Se utilizó la **Tabla 15** para calcular el valor de **mc**

**Tabla 15.** *Módulo de finura de la combinación de agregados*

Tamaño máximo Nominal del agregado grueso	Módulo de finura de la combinación de los agregados (mc) para los contenidos de cemento en bls/m <sup>3</sup> indicados			
	6	7	8	9
3/8"	3.96	4.04	4.11	4.19
1/2"	4.46	4.54	4.61	4.89
3/4"	4.96	5.04	<b>5.11</b>	<b>5.19</b>
1"	5.26	5.34	5.41	5.49
1 1/2"	5.56	5.64	5.71	5.79
2"	5.86	5.94	6.01	6.09
3"	6.16	6.24	6.31	6.38

**Fuente:** Tabla confeccionada por el comité 211 del ACI

El **mc** calculado corresponde a un contenido de vacíos del orden del 35%. Los valores indicados deben incrementarse o disminuirse en 0.1 por cada 5% de disminución o incremento en el porcentaje de vacíos.

Se entra con los siguientes datos.

TMN = 3/4"  
 Factor cemento = 8.061 bolsas

<b><u>N° de bolsas</u></b>	<b><u>mc</u></b>
8	5.11
8.061	<b>mc</b>
9	5.19

Interpolando

$mc$  : 5.115

### 13° Cálculo del valor de $rf$

Cálculo de la incidencia del agregado fino y grueso respecto del agregado global

$$rf = \frac{mg - mc}{mg - mf} \times 100 \dots \dots \dots \text{Formula 16}$$

$$rf = \frac{6.98 - 5.115}{6.98 - 3.21} \times 100$$

Reemplazando valores

$$rf = 49.47 \% \text{ (porcentaje de AF)}$$

$$rg = 100 - rf = 50.53 \% \text{ (porcentaje de AG)}$$

### 14° Cálculo de los Volumen absoluto de los agregados

Teniendo los porcentajes de agregado fino y grueso se determinó el volumen absoluto del agredo Fino y Grueso:

$$\text{Volumen absoluto del Agregado Fino} = 0.4947 \times 0.681560 = 0.337168 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen absoluto del Agregado Grueso} = 0.5053 \times 0.681560 = 0.344392 \text{ m}^3$$

### 15° Pesos secos de los agregados

Se realizó el cálculo de los pesos secos o de diseño, estos resultan de multiplicar el peso específico de los agregados por su volumen absoluto

$$\text{Peso Seco del Agregado Fino} : 2620 \times 0.337168 = 883.38 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Peso Seco del agregado Grueso} : 2630 \times 0.344392 = 905.75 \text{ Kg/m}^3$$

### 16° Dosificación de diseño de la mezcla para un metro Cúbico

Cemento : 342.59Kg

Agua de diseño : 185.00 Lt.

Agregado Fino : 883.38 Kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso : 905.75 Kg/m<sup>3</sup>

Aire Atrapado : 2.0 %

### 17° Aporte de humedad de los agregados para un concreto normal

$$\text{Aporte de humedad del agregado fino} = 883.38 * \frac{(2.10 - 1.30)}{100} = 7.07 \text{Lt}$$

$$\text{Aporte de humedad del agregado grueso} = 905.75 * \frac{(0.30 - 1.00)}{100} = -6.34 \text{Lt}$$

De la humedad y absorción de los agregados se obtuvo que el aporte de agua es de  $7.07 - 6.34 = 0.73 \text{ Lt}$

### 18° Materiales corregidos por humedad de los agregados por metro cúbico

Cemento	:	342.59 Kg
Agua Efectiva	:	184.27 Lt.
Agregado Fino	:	901.93 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	:	908.47 Kg/m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	:	2.0 %

### 19° Ajuste de mezcla de prueba por el método ACI (tanda: 0.02m<sup>3</sup>)

#### Datos de laboratorio:

- Slump: 4"
- Agua adicional: 550 cm<sup>3</sup>
- Peso unitario del concreto: 2335 kg/cm<sup>3</sup>.
- Mezcla: trabajabilidad satisfactoria

Cemento	:	6.85 Kg
Agua Efectiva	:	3.69 Lt.
Agua Adicional	:	0.55 Lt.
Agregado Fino Húmedo	:	18.04 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	:	18.17 Kg/m <sup>3</sup>
<hr/>		
Peso de mezcla de prueba	:	47.30 Kg.

Rendimiento de la tanda:

$$R = \frac{\text{peso de la tanda}}{\text{peso unitario de concreto}}$$
$$R = \frac{47.30 \text{Kg}}{2335 \text{Kg/m}^3} = 0.02025696 \text{m}^3$$

## 20° Agua de mezclado por tanda

Aporte de humedad superficial del agregado fino	: +0.14 Lt
Aporte de humedad superficial del agregado grueso	: -0.13 Lt
Agua añadida	: 3.69 Lt
Agua adicional	: 0.55 Lt
<hr/>	
Agua de mezclado por tanda	: 4.25 Lt

Agua de mezclado por m<sup>3</sup> corregida por agua adicional:

$$\frac{\text{agua de mezclado por tanda}}{\text{rendimiento}} = \frac{4.25\text{Lt}}{0.02025696\text{m}^3} = 210 \text{ Lt/m}^3$$

Nuevo contenido de cemento:

Relación agua / cemento: 0.54

$$C = \frac{A}{0.54} = \frac{210}{0.54} = 389 \text{ Kg}$$

## 21° Materiales de diseño ajustados por m<sup>3</sup>

Cemento	:	389 Kg
Agua de mezcla	:	210 Lt.
Agregado Fino	:	817 Kg
Agregado Grueso	:	892.50 Kg
Aire Atrapado	:	1.0 %

## 22° Materiales de mezcla corregidos por humedad de los agregados ajustado por m<sup>3</sup>

- Contenido de humedad del agregado fino : 1.20%
- Contenido de humedad del agregado grueso: 0.50%
- Absorción del agregado fino : 1.30%
- Absorción del agregado grueso : 1.00%

Cemento	:	389 Kg
Agua Efectiva	:	215.30 Lt.
Agregado Fino	:	827.00 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	:	897.00 Kg/m <sup>3</sup>

Proporción en peso  
1:2.13:2.31/2.35 lts / bolsa

Proporción en volumen  
1:1.93:2.24/2.35 lts / bolsa

### 3.2.2.6. Diseños de mezcla para un concreto pre dosificado en seco

Para determinar la cantidad de materiales por metro cubico a los materiales secos determinados para un concreto normal se los tuvo que corregir por absorción de los agregados.

#### 1° Dosificación de la mezcla para un metro Cúbico

Cemento	: 342.59Kg
Agua de diseño	: 185.00 Lt.
Agregado Fino	: 883.38 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	: 905.75 Kg/m <sup>3</sup>
Aire Atrapado	: 2.0 %

#### 2° Aporte de humedad de los agregados para un concreto predosificado en seco

En este caso la humedad de los agregados fue bajo por encontrarse secados al horno.

$$\text{Aporte de humedad del agregado fino} = 883.38 * \frac{(0.16 - 1.30)}{100} = -10.07 \text{ Lt}$$

$$\text{Aporte de humedad del agregado grueso} = 905.75 * \frac{(0.30 - 1.00)}{100} = -6.34 \text{ Lt}$$

De la humedad y absorción de los agregados se obtuvo que el aporte de agua es de  $-10.07 - 6.34 = -16.41 \text{ Lt}$

#### 3° Materiales corregidos por absorción para un concreto predosificado en seco

Cemento	:	342.59 Kg
Agua Efectiva	:	201.41 Lt.
Agregado Fino	:	884.79 Kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	:	908.47 Kg/m <sup>3</sup>
Aire Total	:	2.0 %

### 3.2.2.7. Peso Unitario del concreto en estado fresco

Este ensayo se realizó mediante lo establecido por la NTP 339.046 en concordancia a la ASTM C 138.

#### a) Aparatos:

- **Balanzas:** Una balanza con exactitud dentro del 0.1% de la carga de ensayo en cualquier punto del rango de uso, con graduación al menos de 5 g. El rango de uso será considerado a ser extendido desde la masa del medidor vacío a la masa del medidor más su contenido hasta 1920 kg/m<sup>3</sup>.

- **Varilla de apisonado:** Una varilla lisa de acero, redondeada de 16 mm de diámetro y aproximadamente 600 mm de longitud, teniendo un extremo o ambos extremos de forma redondeada tipo semi-esférica, con 16 mm de diámetro.

- **Recipiente:** Un recipiente cilíndrico de metal. Será hermético a prueba de agua, con bordes superior e inferior firmes y parejos con precisión en sus dimensiones interiores y suficientemente rígidas para mantener su forma en condiciones severas de uso. El recipiente tendrá una altura aproximadamente igual al diámetro, pero en ningún caso tendrá una altura de menos del 80% ni más del 150% del diámetro.

- **Mazo:** Con cabeza de hule de peso aproximado a 0.8 Kg.

- **Herramientas manuales:** Palas, baldes, espátulas y alisadores de metal para la superficie del concreto y cucharones.

#### b) Procedimiento:

- Se colocó los moldes en una superficie horizontal, rígida, nivelada y libre de vibraciones.

- Se colocó el hormigón en el recipiente de medición usando una cuchara metálica. Se movió la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente de medición para asegurar una distribución homogénea del hormigón con segregación mínima.

- El llenado del molde se realizó en tres capas de igual volumen, en la última capa se agregó una cantidad de mezcla suficiente para que el molde quede lleno después de la compactación.
- La compactación se realizó en cada capa con 25 penetraciones de la varilla, distribuyendo las penetraciones de forma uniforme. La compactación de la primera capa fue en todo su espesor, y la segunda y tercera capa penetrando 25 mm en la capa anterior.
- Después de compactar cada capa, se golpeó los lados del molde ligeramente por 12 veces con el mazo de goma para liberar las burbujas que pueden quedar atrapadas.
- Se enrasó el exceso de mezcla con la varilla de compactación y se dio un acabado con una espátula, procurando dar el menor número de pasadas para producir una superficie lisa y plana.
- Se limpió el exceso de concreto que quedó en la pestaña del molde.
- Se determinó la masa del molde más la muestra.
- El volumen y masa del molde se establecieron con anterioridad.

**c) Cálculos:**

Peso Unitario =  $(M_c - M_m) / V_m$ .....**Fórmula N°19**

En donde:

**W<sub>c</sub>** = Peso del recipiente de medida lleno de hormigón, kg

**W<sub>m</sub>** = Peso del recipiente vacío, kg

**V<sub>m</sub>** = Volumen del recipiente, m<sup>3</sup>

Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 24**.

**3.2.2. 8. Resistencia a compresión en especímenes cilíndricos de concreto**

El procedimiento para realizar el ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto se detalla en la norma NTP 339.034 (2008) en concordancia con la ASTM C 39 (1999).

**a) Aparatos:**

- **Máquina universal a compresión:** Se usó una máquina de compresión hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todo el proceso de ensayo.

- **Platos retenedores con discos de neopreno:** Se utilizó platos retenedores que son fabricados en acero colado cuya superficie es plana en 0.002 pulgadas, que contienen discos de neopreno para colocarlos en las caras de los especímenes para que estas se presenten niveladas y paralelas.

- **Deformómetro:** Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005 mm.

- **Vernier:** Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.

- **Regla:** Instrumento de metal con precisión de 0.5 mm.

**b) procedimiento**

Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo fueron fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas como sigue:

**Tabla 16.** *Tiempo de prueba de los especímenes y tolerancia*

<b>Edad de ensayo</b>	<b>Tolerancia permisible</b>
24 h	± 0.5 h ó 2.1 %
03 d	± 2 h ó 2.8 %
07 d	± 6 h ó 3.6 %
28 d	± 20 h ó 3.0 %

*Fuente: NTP 339.034 – 2008*

- Las dimensiones de los especímenes: Se midió cuatro diámetros con el calibrador vernier en las dos por cada cara del espécimen, las mediciones fueron tomadas en forma perpendicular una de la otra, también se midió la altura del espécimen en dos de sus lados con ayuda de una regla metálica.
- Colocación de los especímenes en la máquina compresora: Se limpió la superficie de los soportes inferiores y superiores de la compresora, se

colocó el espécimen con los platos contenedores con neopreno en ambas caras de éste, alineando los ejes del espécimen con el centro del bloque de empuje inferior y el bloque movable superior, se descendió el bloque movable superior lentamente hasta poner en contacto con el plato contenedor superior. Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero, para poder empezar a aplicar la compresión. También se utilizó un deformímetro colocado en la base móvil de la máquina.

- **Aplicación de cargas:** La carga se aplicó continuamente con una aproximación de 2.5 kg/cm<sup>2</sup> por segundo lo que aproximadamente para estos especímenes de diámetro de 150 mm la aplicación de carga será de 0.5 Toneladas por segundo. Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen.
- **Análisis de tipo de fractura y apariencia del concreto:** Después de aplicar la carga y terminar el ensayo se procedió a registrar el tipo de falla de cada espécimen en fotografías, para luego poder clasificarla según el siguiente gráfico, en donde se indica los tipos de falla según la NTP 339.034, así mismo se registró el modo de falla, y si falló el agregado o la pasta durante el proceso.

Los resultados obtenidos se muestran en el **Anexo 02**.

### **3.2.2.9. Resistencia a flexión en especímenes prismáticos de concreto**

El procedimiento para realizar el ensayo de resistencia a la flexión en especímenes prismáticos de concreto se detalla en la norma NTP 339.079 (2012) en concordancia a la ASTM C 293 (1994).

#### **a) Aparatos:**

- **Máquina universal a tracción:** Se usó una máquina de tracción hidráulica con alimentación de energía eléctrica, teniendo la suficiente capacidad para abastecer el índice de cargas solicitadas. Así mismo se pudo operar con energía constante, siendo capaz de aplicar cargas continuas durante todos los procesos de ensayos.

- **Deformímetro:** Aparato de medición de desplazamientos con precisión de 0.005 mm.
- **Vernier:** Aparato de medición con lecturas que deberán tener una precisión de 0.01 mm.
- **Regla:** Instrumento de metal con precisión de 0.5 mm.

**b) Procedimiento:**

- Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo fueron fracturados dentro el tiempo permisible de tolerancias prescritas en la NTP 339.034.
- **Dimensiones los especímenes:** Se midió todos los lados de las caras del prisma con ayuda de la regla y el vernier.
- **Colocación de los especímenes en la máquina de tracción:** Se limpió los apoyos de la máquina de tracción y se los colocó dejando una luz libre de 450 mm, se colocó el espécimen con de forma horizontal sobre los apoyos dejando en cada costado espacios de 2.5 cm, se elevó la traviesa hasta colocar el espécimen en contacto con la barra distribuidora de carga. Luego, se verificó que el indicador de carga se encuentre en cero, para poder empezar a aplicar la compresión. También se utilizó un deformímetro colocado sobre el espécimen para medir deflexiones.
- **Aplicación de cargas:** Durante el ensayo se ajustó la válvula de inyección de aceite suavemente con el objeto de mantener constante la velocidad de aplicación de la carga. Se aplicó la carga hasta que el espécimen falló y se registró la máxima carga soportada por el espécimen.

Los resultados obtenidos se muestran en el Anexo 03

**3.2.2.10. Módulo de elasticidad del concreto.**

El ensayo para hallar el módulo elástico (o también conocido como módulo de Young) tiene como finalidad de obtener una relación entre esfuerzo – deformación llamado modulo elástico.

Este método provee un valor al esfuerzo máximo y un rango elástico tanto lateral como longitudinal en concretos en estado endurecido a cualquier edad y condiciones de curado. Para esto se somete a una probeta de concreto a cargas a compresión que se va incrementado y estas generan deformaciones para rangos elásticos e inelásticos y el valor del módulo de elasticidad del concreto depende de la edad de este aumentando con el tiempo.

El concreto posee propiedades elásticas en un cierto grado como la mayor parte de los materiales, por lo que se puede afirmar que el comportamiento del concreto no es perfectamente elástico; la curva esfuerzo – deformaciones muestra una zona donde los esfuerzos y deformaciones son proporcionales para fines prácticos, este límite de proporcionalidad para el caso del módulo elástico es de 40% de la resistencia a la compresión.

**a) Cálculos:**

$$\text{Módulo de Elasticidad (kg/cm}^2\text{)} = 15000\sqrt{f'c} \dots\dots\dots \textit{Formula 20}$$

Dónde:

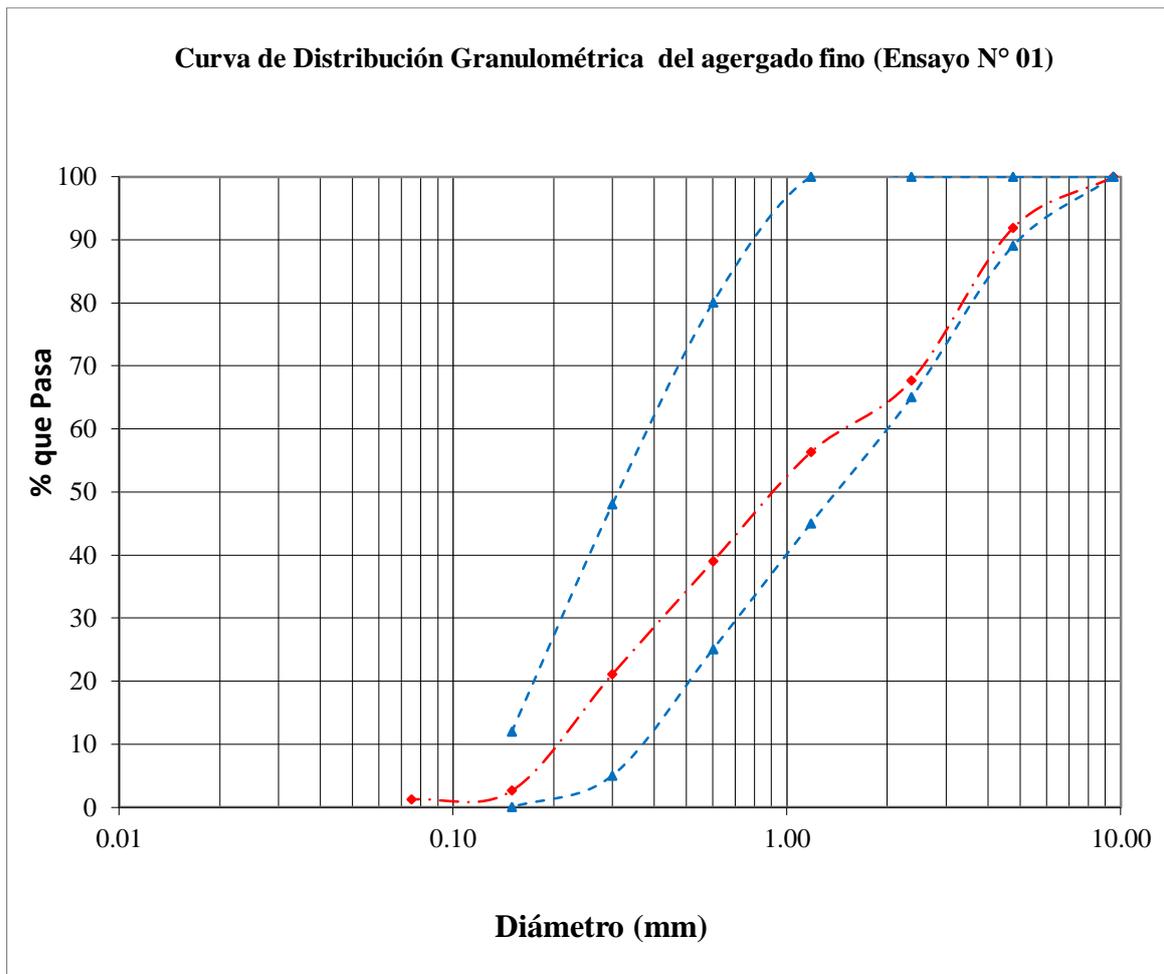
$f'c$  = Resistencia a la compresión del concreto, Kg/cm<sup>2</sup>

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 32

## CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 4.1. Presentación y Discusión de las propiedades físico- mecánicas de los agregados

Las propiedades físico-mecánicas de los agregados son de gran importancia para el diseño de mezclas puesto que sin ellas no se podría llegar a obtener resultados serios y confiables en la presente investigación, es por ello que a continuación se detallan las propiedades físico-mecánicas de los agregados de la cantera “Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca”. Dichos resultados son el promedio de tres ensayos realizados por cada propiedad requerida, según como lo menciona las normas ASTM y NTP



**Figura 5.** Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°01)

Curva de Distribución Granulométrica del agregado fino (Ensayo N° 02)

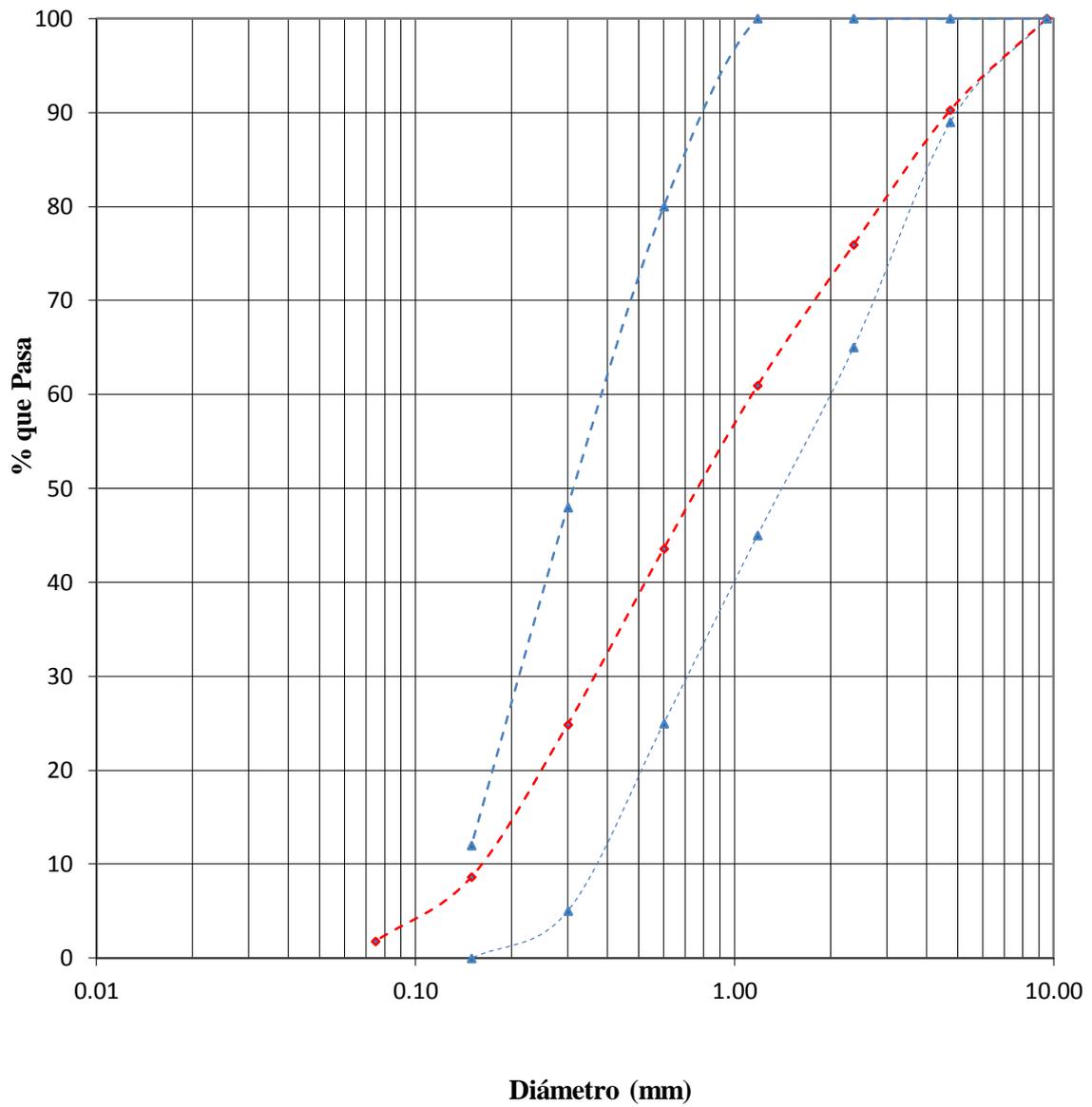
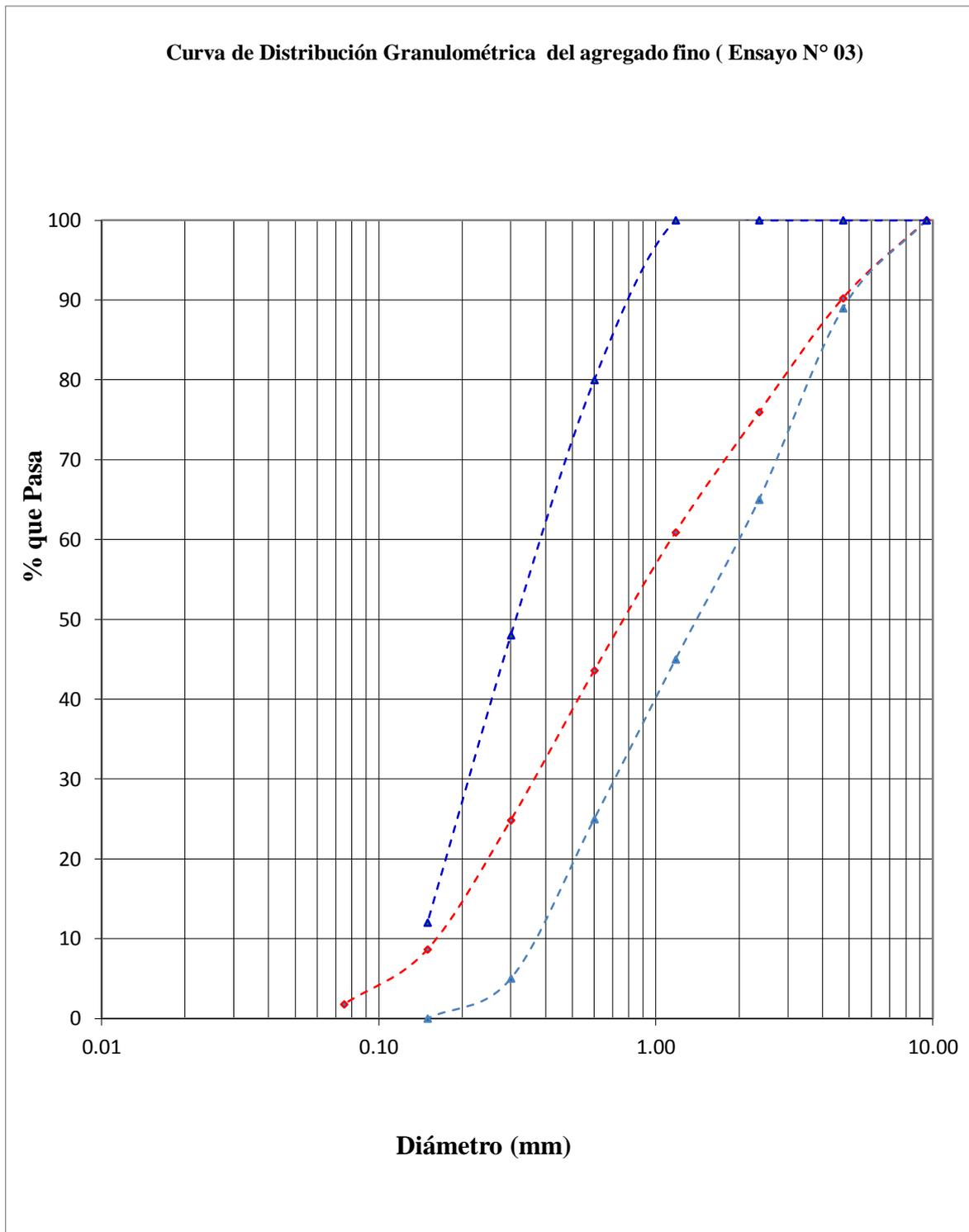


Figura 6. Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°02)



**Figura 7.** Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°03)

Según las figuras 5,6,7 la curva granulométrica del agregado fino, cumple con el huso granulométrico "M" de la norma NTP 400.037 (2012), esto nos da a entender que el agregado fino utilizado en la presente investigación presenta una buena gradación de sus partículas.

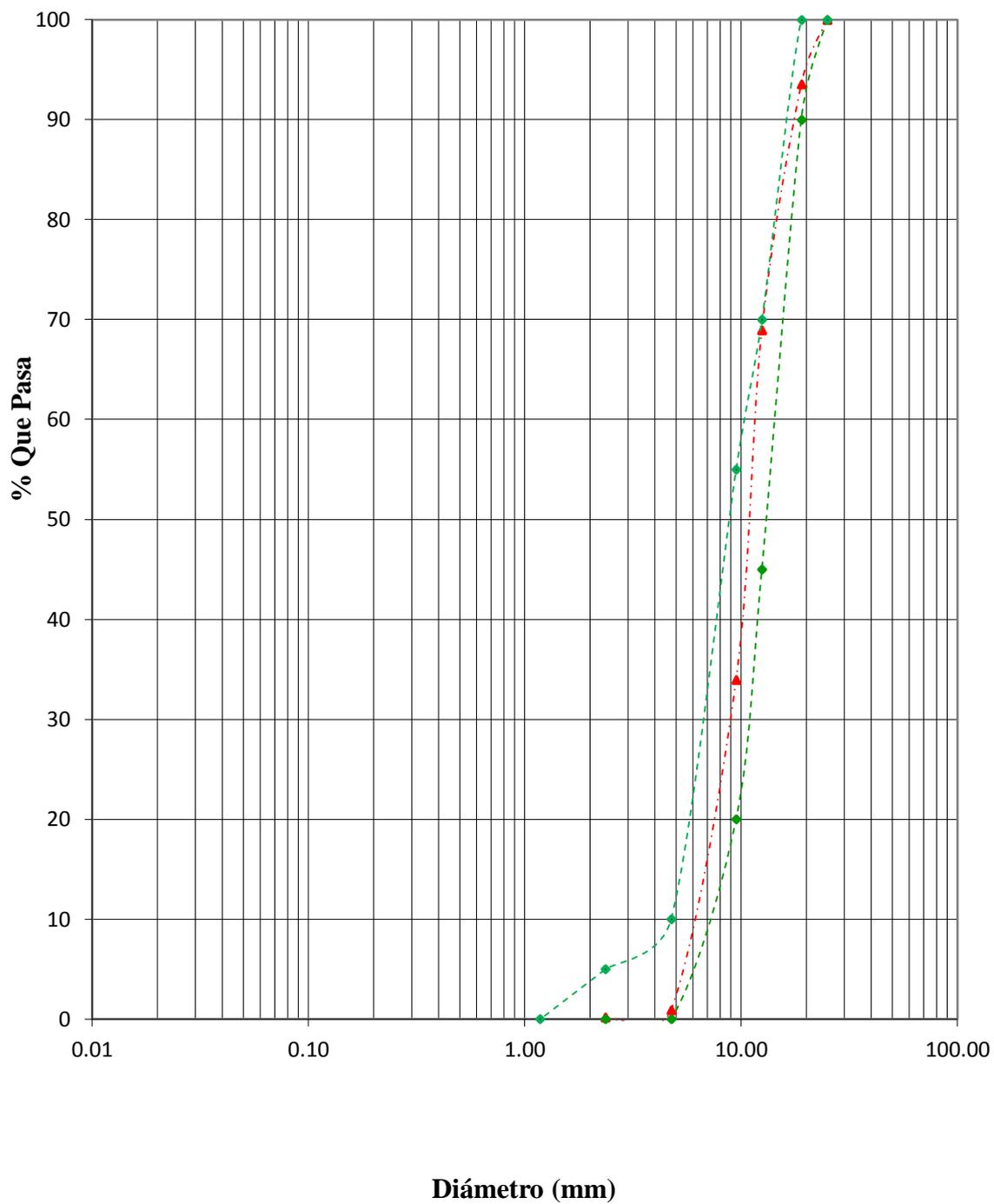
**Tabla 17.** *Propiedades físico-mecánicas de los agregados de la cantera “Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca.”*

<b>Propiedad física- mecánica del agregado</b>	<b>Agregado Fino</b>	<b>Agregado Grueso</b>
Perfil	-.-	Redondeado
Tamaño máximo nominal	-.-	3/4"
Peso específico de masa	2.62 g/cm <sup>3</sup>	2.63 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico sss	2.65 g/cm <sup>3</sup>	2.66 g/cm <sup>3</sup>
Peso específico aparente	2.71 g/cm <sup>3</sup>	2.69 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	1.64 g/cm <sup>3</sup>	1.54 g/cm <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1.78 g/cm <sup>3</sup>	1.65 g/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad (%)	2.10	0.30
Absorción (%)	1.30	1.00
Módulo de finura	3.21	6.98
Abrasión (%)	-.-	26.75
Porcentaje que pasa malla N° 200	4.80	0.80

En la tabla 17 el módulo de fineza del agregado fino es de 3.21, valor que no se encuentra dentro de los límites según la norma NTP 400.037 (2012), menciona que el módulo de fineza del agregado fino no será menor de 2,3 ni mayor de 3,1.

La norma NTP 400.037 (2012) señala que el material más fino que la malla normalizada 75 µm (No. 200) será menos al 3% para concretos sujetos a abrasión y menor al 5% para otros concretos. De los ensayos realizados el material más fino que pasa la malla N° 200 es de 4.80 % lo cual nos da a entender que si cumple con los estándares de calidad establecidos por dicha norma

**Curva de Distribución Granulométrica del agregado grueso (Ensayo N° 01)**



**Figura 8.** Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°01)

Curva de Distribución Granulométrica del agregado grueso (Ensayo N° 02)

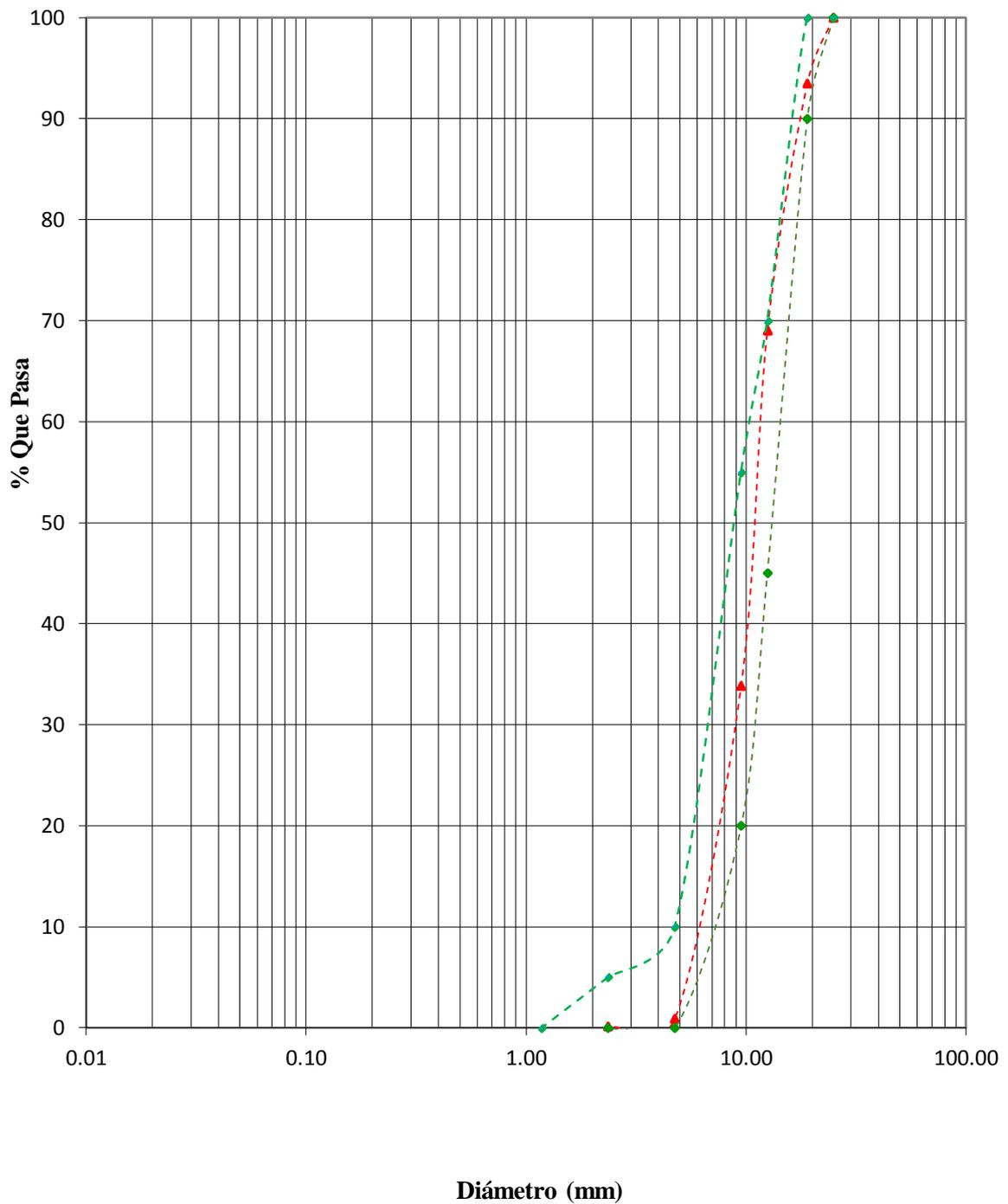
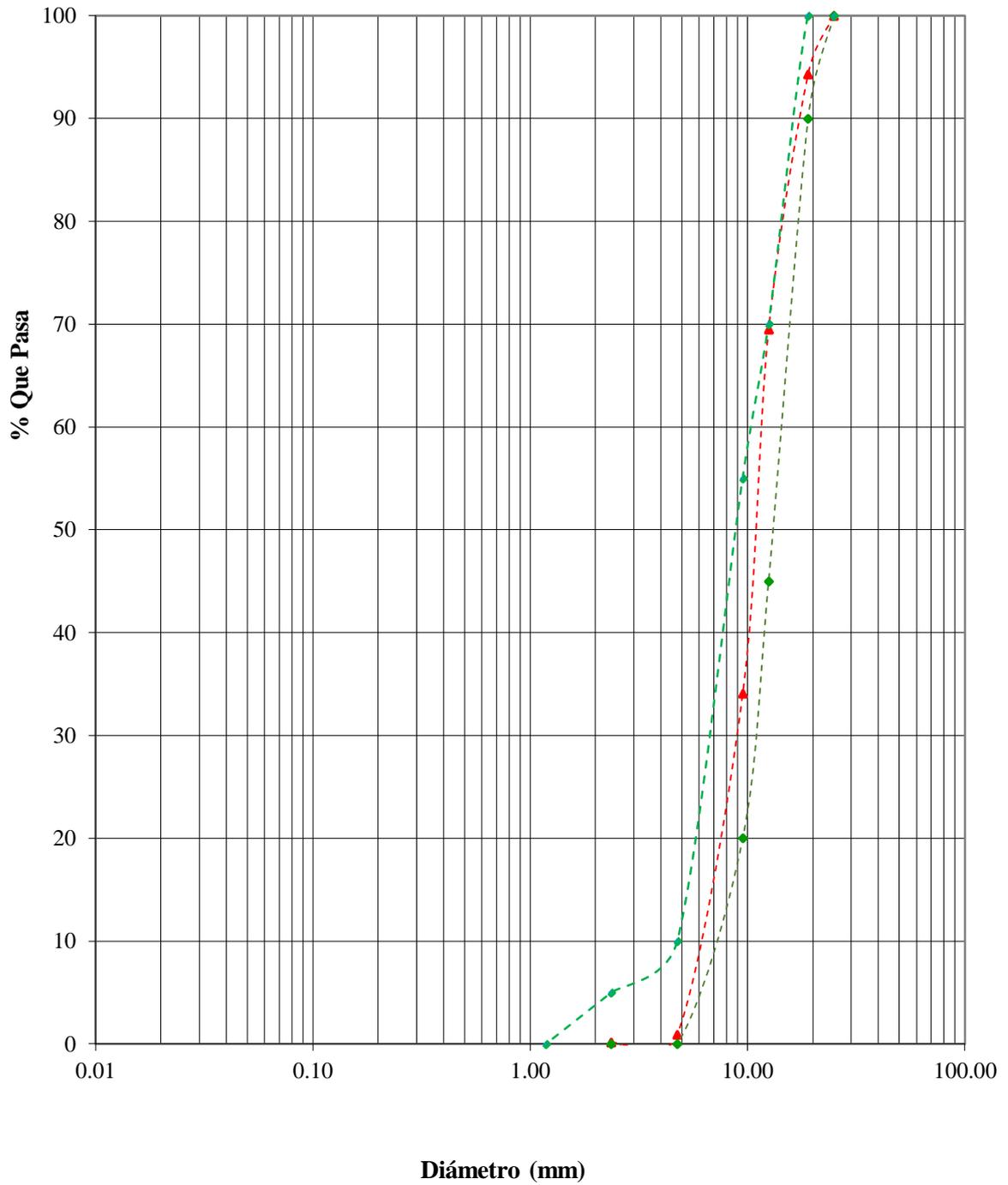


Figura 9. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°02)

**Curva de Distribución Granulométrica del agregado grueso (Ensayo N° 03)**



**Figura 10.** Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°03)

Según las figuras 8,9,10 la curva granulométrica del agregado grueso, cumple con el huso granulométrico "N° 67" de la norma ASTM. C 33 M-11 (2008) y NTP 400.037 (2002), siendo el agregado grueso de buena calidad

La norma NTP 400.037 (2012) establece que el material más fino que la malla normalizada 75  $\mu\text{m}$  (No. 200) será menos al 1. De los ensayos realizados el material más fino que pasa la malla N° 200 es de 0.43 % lo cual nos da a entender que si cumple con los estándares de calidad establecidos por dicha norma

El agregado grueso utilizado en concretos de pavimentos y en estructuras de 280  $\text{kg}/\text{cm}^2$  o más deberá cumplir con los valores especificados en la Tabla 7 de la norma NTP 400.037 (2002) lo cual señala que el desgaste a la abrasión (método de los ángeles) no será mayor al 50%. El desgaste a la abrasión (método de los ángeles) es de 26.75, lo cual es un agregado de buena calidad

Según el análisis y discusión de los resultados de las propiedades físico-mecánicas obtenidas de los agregados de la cantera "Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca", estas cumplen los estándares de calidad establecidos en la norma NTP 400.037 (2002) tanto para el agregado fino y agregado grueso.

## **4.2. Presentación y Discusión de Resultados de los Diseños de Mezcla**

### **4.2.1 Presentación y Discusión de Resultados del diseño de mezcla del concreto normal**

Siguiendo el método del Módulo de Fineza de la Combinación de agregados se determinó las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. Los (materiales de diseño, materiales corregidos por humedad, proporción en peso y volumen), para un concreto  $f'c = 280 \text{ kg}/\text{cm}^2$  utilizando cemento se detallan a continuación.

**Tabla 18.** *Materiales por metro cúbico, para un concreto normal de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Materiales de diseño		Materiales corregidos por humedad		
Cemento:	342.59 Kg	Cemento:	342.59 Kg	8.061 Bolsas de 42.5 Kg.
Agregado fino:	883.38 Kg	Agregado fino húmedo:	901.93 Kg	
Agregado grueso:	905.75 Kg	Agregado grueso húmedo:	908.47 Kg	
Agua de diseño:	185 Lt	Agua efectiva:	184.27 Lt	
Aire total:	2.00 %	Aire atrapado:	2.00 %	
Materiales de diseño ajustados por el método ACI		Materiales ajustados por el método ACI corregidos por humedad		
Cemento:	389 Kg	Cemento:	389 Kg	9.153 Bolsas de 42.5 Kg.
Agregado fino:	817.00 Kg	Agregado fino húmedo:	827.00 Kg	
Agregado grueso:	892.50 Kg	Agregado grueso húmedo:	897.00 Kg	
Agua de diseño:	210 Lt	Agua efectiva:	215.30 Lt	
Aire atrapado:	1.00 %			

Para la determinación de la cantidad de materiales componentes por metro cubico, se utilizó una relación agua cemento de 0.54 y la cantidad de cemento portland Fortimax 3 por metro cubico fue de 9.153 bolsas

**Tabla 19.** *Proporción en peso y volumen, para un concreto normal de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Proporción en peso		Proporción en volumen	
Cemento:	1	Cemento:	1
Agregado fino:	2.13	Agregado fino:	1.93
Agregado grueso:	2.31	Agregado grueso:	2.24
Agua (Lt / Bolsa):	23.50	Agua (Lt / Bolsa):	23.50

#### 4.2.2 Presentación y Discusión de Resultados del diseño de mezcla del concreto predosificado y mezclado en seco

Siguiendo el método del Módulo de Fineza de la Combinación de agregados se halló las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto. Los (materiales de diseño, materiales corregidos por absorción, proporción en peso y volumen), para un concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  utilizando cemento se detallan a continuación.

**Tabla 20.** *Materiales por metro cúbico, para un concreto mezclado en seco de  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>.*

Materiales de diseño		Materiales corregidos por absorción		
Cemento:	342.59 Kg	Cemento:	342.59 Kg	8.061 Bolsas de 42.5 Kg.
Agregado fino:	883.38 Kg	Agregado fino húmedo:	884.79 Kg	
Agregado grueso:	905.75 Kg	Agregado grueso húmedo:	908.47 Kg	
Agua de diseño:	185 Lt	Agua efectiva:	201.41 Lt	
Aire total:	2.00 %	Aire total:	2.00 %	

Para la determinación de la cantidad de materiales componentes por metro, se utilizó una relación agua cemento de 0.54 y la cantidad de cemento Portland Tipo MS (MH) (R), por metro cubico fue de 8.061 bolsas

**Tabla 21.** *Proporción en peso y volumen, para un concreto mezclado en seco de  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>*

Proporción en peso		Proporción en volumen	
Cemento:	1	Cemento:	1
Agregado fino:	2.45	Agregado fino:	2.24
Agregado grueso:	2.80	Agregado grueso:	3.06
Agua (Lt / Bolsa):	25.40	Agua (Lt / Bolsa):	25.40

#### **A. Materiales componentes por bolsa de 40Kg en estado seco**

Según las proporciones en peso que se tiene en la tabla 21, estas las igualamos a una variable “K” y la suma de los componentes del concreto en seco (cemento, agregado fino y agregado grueso) lo igualamos a 40 siguiendo el siguiente proceso:

**Tabla 22.** Factor K.

Cemento	=	1K
Agregado fino	=	2.45K
Agregado grueso	=	2.80K
Agua = (25.40/42.5) K	=	0.60K

$$K + 2.45k + 2.80K = 40$$

$$\mathbf{K = 6.40}$$

Una vez encontrado el valor de “K”, determinamos la cantidad de materiales como son agregado fino, agregado grueso y cemento. La cantidad de materiales que se muestran a continuación son las proporciones que están presentes por bolsa de 40Kg de concreto predosificado, mezclado y envasado en seco.

**Tabla 23.** Proporción en peso, para un concreto mezclado embolsado de 40 Kg.

Cemento	=	1*(6.40)	=	6.40 Kg.
Agregado fino	=	2.45*(6.40)	=	15.68 Kg.
Agregado grueso	=	2.80*(6.40)	=	17.92 Kg.
Agua = (25.40/42.5) K	=	0.60*(6.40)	=	3.84Kg.

### 4.3. Presentación y Discusión de Resultados del Peso Unitario del Concreto

#### 4.3.1. Presentación y Discusión de Resultados del Peso Unitario del Concreto en estado Fresco

**Tabla 24.** *Peso unitario del concreto en estado fresco*

<b>CÓDIGO</b>	<b>Concreto Normal</b>
C°P-01	2338 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-02	2333 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-03	2335 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-04	2330 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-05	2340 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-06	2338 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-07	2332 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-08	2334 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-09	2335 Kg/m <sup>3</sup>
C°P-10	2336 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Promedio</b>	<b>2335 Kg/m<sup>3</sup></b>



**Figura 11.** *Peso unitario del concreto en estado fresco*

En la tabla 24 se puede observar los pesos unitarios del concreto obtenidos en su estado fresco. Para un concreto normal elaborado en obra el peso unitario es de 2335 kg/m<sup>3</sup>. Además, se puede clasificar al concreto obtenido en la presente investigación como un “concreto normal”, encontrándose entre los valores de 2200 kg/m<sup>3</sup> y 2400 kg/m<sup>3</sup>.

#### **4.4. Presentación y Discusión de Resultados de los Ensayos a Compresión**

El ensayo de resistencia a la compresión se llevó a cabo a las edades de 7, 14 y 28 días de elaborada las mezclas para un concreto normal o común y un concreto predosificado, mezclado y envasado en seco.

##### **4.4.1. Resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 7 días.**

Ensayo de resistencia a la compresión a 20 especímenes de concreto cilíndricos por cada grupo a la edad de 7 días, siendo los siguientes datos los resultados obtenidos:

**Tabla 25.** Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 7 días para un  $f'c$  de diseño igual a  $280 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO NORMAL			CONCRETO PREDOSIFICADO, MEZCLADO Y ENVASADO EN SECO		
CÓDIGO	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL $f'c$ DE DISEÑO	CÓDIGO	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL $f'c$ DE DISEÑO
C°P-01	205.02	73.22%	C°S-01	182.34	65.12%
C°P-02	203.04	72.51%	C°S-02	175.24	62.59%
C°P-03	201.04	71.80%	C°S-03	174.51	62.33%
C°P-04	181.76	64.91%	C°S-04	178.52	63.76%
C°P-05	202.14	72.19%	C°S-05	185.24	66.16%
C°P-06	185.02	66.08%	C°S-06	170.95	61.05%
C°P-07	191.76	68.49%	C°S-07	173.65	62.02%
C°P-08	200.29	71.53%	C°S-08	175.24	62.59%
C°P-09	182.84	65.30%	C°S-09	173.28	61.89%
C°P-10	185.04	66.09%	C°S-10	175.64	62.73%
C°P-11	199.17	71.13%	C°S-11	168.38	60.14%
C°P-12	200.04	71.44%	C°S-12	175.64	62.73%
C°-13	205.13	73.26%	C°S-13	176.98	63.21%
C°P-14	180.76	64.56%	C°S-14	179.62	64.15%
C°P-15	179.04	63.94%	C°S-15	176.63	63.08%
C°P-16	202.07	72.17%	C°S-16	172.93	61.76%
C°P-17	192.14	68.62%	C°S-17	171.53	61.26%
C°P-18	196.17	70.06%	C°S-18	175.62	62.72%
C°P-19	202.18	72.21%	C°S-19	171.64	61.30%
C°P-20	205.37	73.35%	C°S-20	173.25	61.88%
<b>Promedio</b>	<b>195.00</b>	<b>69.64%</b>	<b>Promedio</b>	<b>175.34</b>	<b>62.62%</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>9.27</b>	<b>--</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>3.93</b>	<b>--</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>4.76</b>	<b>--</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.24</b>	<b>--</b>

Según la tabla 25 a la edad de 7 días para una mezcla normal elaborada en obra frente a un concreto predosificado, mezclado y envasado en seco se obtuvo un valor de 69.64 % y 62.34 % dichos porcentajes no son superiores al 70% de la resistencia de diseño especificada como menciona la norma E.60 inciso 5.8.1.

**4.4.2. Ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 14 días.**

Ensayo de resistencia a la compresión a 20 especímenes de concreto cilíndricos por cada grupo a la edad de 14 días, siendo los siguientes datos los resultados obtenidos:

**Tabla 26.** Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 14 días para un  $f'c$  de diseño igual a  $280 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO NORMAL			CONCRETO PREDOSIFICADO, MEZCLADO Y ENVASADO EN SECO		
CÓDIGO	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL $f'c$ DE DISEÑO	CÓDIGO	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL $f'c$ DE DISEÑO
C°P-01	241.26	86.16%	C°S-01	225.54	80.55%
C°P-02	242.38	86.56%	C°S-02	230.54	82.34%
C°P-03	245.87	87.81%	C°S-03	235.62	84.15%
C°P-04	242.26	86.52%	C°S-04	232.56	83.06%
C°P-05	260.48	93.03%	C°S-05	231.95	82.84%
C°P-06	263.85	94.23%	C°S-06	228.57	81.63%
C°P-07	245.37	87.63%	C°S-07	234.51	83.75%
C°P-08	241.68	86.31%	C°S-08	228.64	81.66%
C°P-09	260.34	92.98%	C°S-09	229.57	81.99%
C°P-10	268.97	96.06%	C°S-10	231.64	82.73%
C°P-11	240.64	85.94%	C°S-11	234.68	83.81%
C°P-12	260.54	93.05%	C°S-12	229.61	82.00%
C°-13	265.54	94.84%	C°S-13	233.25	83.30%
C°P-14	241.25	86.16%	C°S-14	234.56	83.77%
C°P-15	240.68	85.96%	C°S-15	225.98	80.71%
C°P-16	250.44	89.44%	C°S-16	229.64	82.01%
C°P-17	243.56	86.99%	C°S-17	232.47	83.03%
C°P-18	240.93	86.05%	C°S-18	233.51	83.40%
C°P-19	267.68	95.60%	C°S-19	230.54	82.34%
C°P-20	241.25	86.16%	C°S-20	229.64	82.01%
<b>Promedio</b>	<b>250.25</b>	<b>89.37%</b>	<b>Promedio</b>	<b>231.15</b>	<b>82.55%</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>2.67</b>	<b>--</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>2.82</b>	<b>--</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.15</b>	<b>--</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>1.22</b>	<b>--</b>

**4.4.3. Ensayo de resistencia a la compresión en especímenes cilíndricos de concreto a la edad de 28 días.**

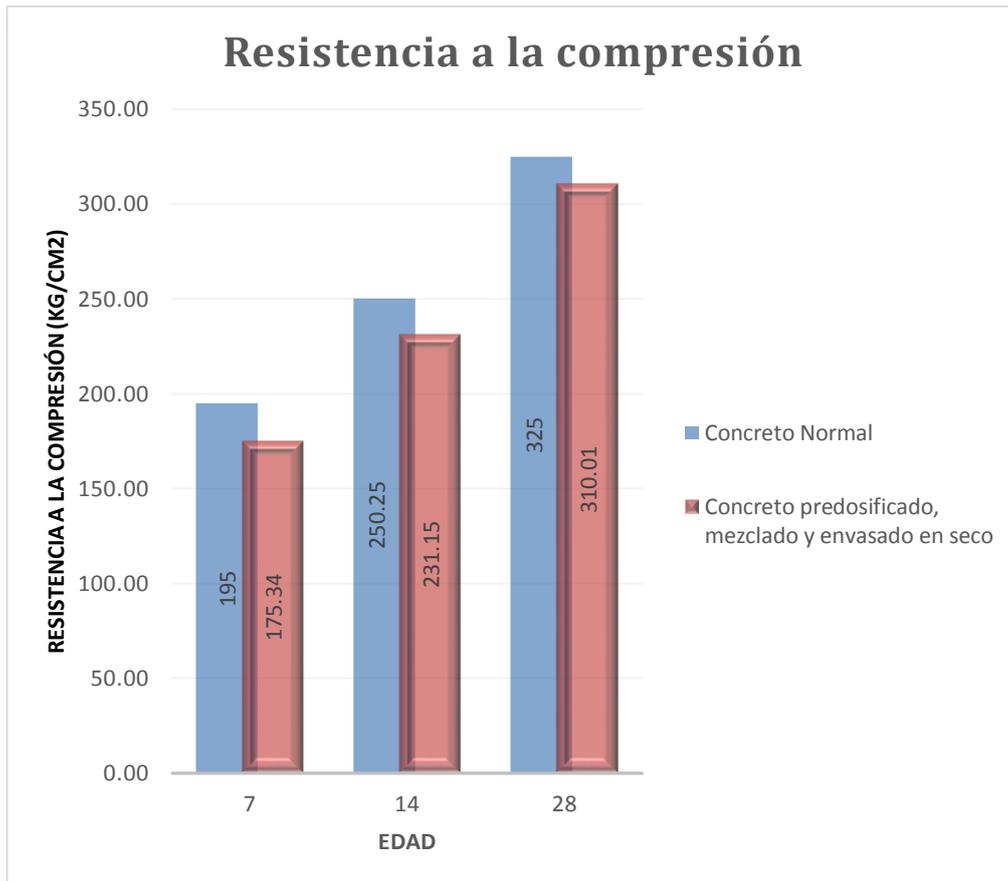
Ensayo de resistencia a la compresión a 20 especímenes de concreto cilíndricos por cada grupo a la edad de 28 días, siendo los siguientes resultados obtenidos:

**Tabla 27.** Resistencia a la compresión obtenida a la edad de 28 días para un  $f'c$  de diseño igual a  $280 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO NORMAL			CONCRETO PREDOSIFICADO, MEZCLADO Y ENVASADO EN SECO		
CÓDIGO	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL $f'c$ DE DISEÑO	CÓDIGO	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL $f'c$ DE DISEÑO
C°P-01	327.79	117.07%	C°S-01	320.54	114.48%
C°P-02	334.59	119.50%	C°S-02	318.75	113.84%
C°P-03	316.34	112.98%	C°S-03	321.24	114.73%
C°P-04	330.25	117.95%	C°S-04	300.52	107.33%
C°P-05	324.57	115.92%	C°S-05	301.24	107.59%
C°P-06	333.57	119.13%	C°S-06	302.52	108.04%
C°P-07	318.57	113.78%	C°S-07	319.85	114.23%
C°P-08	316.58	113.06%	C°S-08	321.54	114.84%
C°P-09	335.64	119.87%	C°S-09	305.24	109.01%
C°P-10	332.64	118.80%	C°S-10	311.15	111.13%
C°P-11	318.57	113.78%	C°S-11	308.95	110.34%
C°P-12	316.57	113.06%	C°S-12	305.24	109.01%
C°P-13	315.64	112.73%	C°S-13	306.5	109.46%
C°P-14	334.57	119.49%	C°S-14	302.45	108.02%
C°P-15	339.58	121.28%	C°S-15	301.24	107.59%
C°P-16	316.25	112.95%	C°S-16	302.57	108.06%
C°P-17	318.54	113.76%	C°S-17	305.24	109.01%
C°P-18	336.54	120.19%	C°S-18	321.34	114.76%
C°P-19	317.64	113.44%	C°S-19	322.52	115.19%
C°P-20	315.64	112.73%	C°S-20	301.54	107.69%
<b>Promedio</b>	<b>325.00</b>	<b>116.07%</b>	<b>Promedio</b>	<b>310.01</b>	<b>110.72%</b>
<b>Desviación estándar</b>	<b>7.71</b>	<b>--</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>8.57</b>	<b>--</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.49</b>	<b>--</b>	<b>Coefficiente de variación</b>	<b>2.76</b>	<b>--</b>

De la tabla 27 a la edad de 28 días se obtuvo un valor de 116.07 % y 110.72 %, dichos porcentajes son superiores al 100% de la resistencia de diseño especificada como menciona la norma E.60.

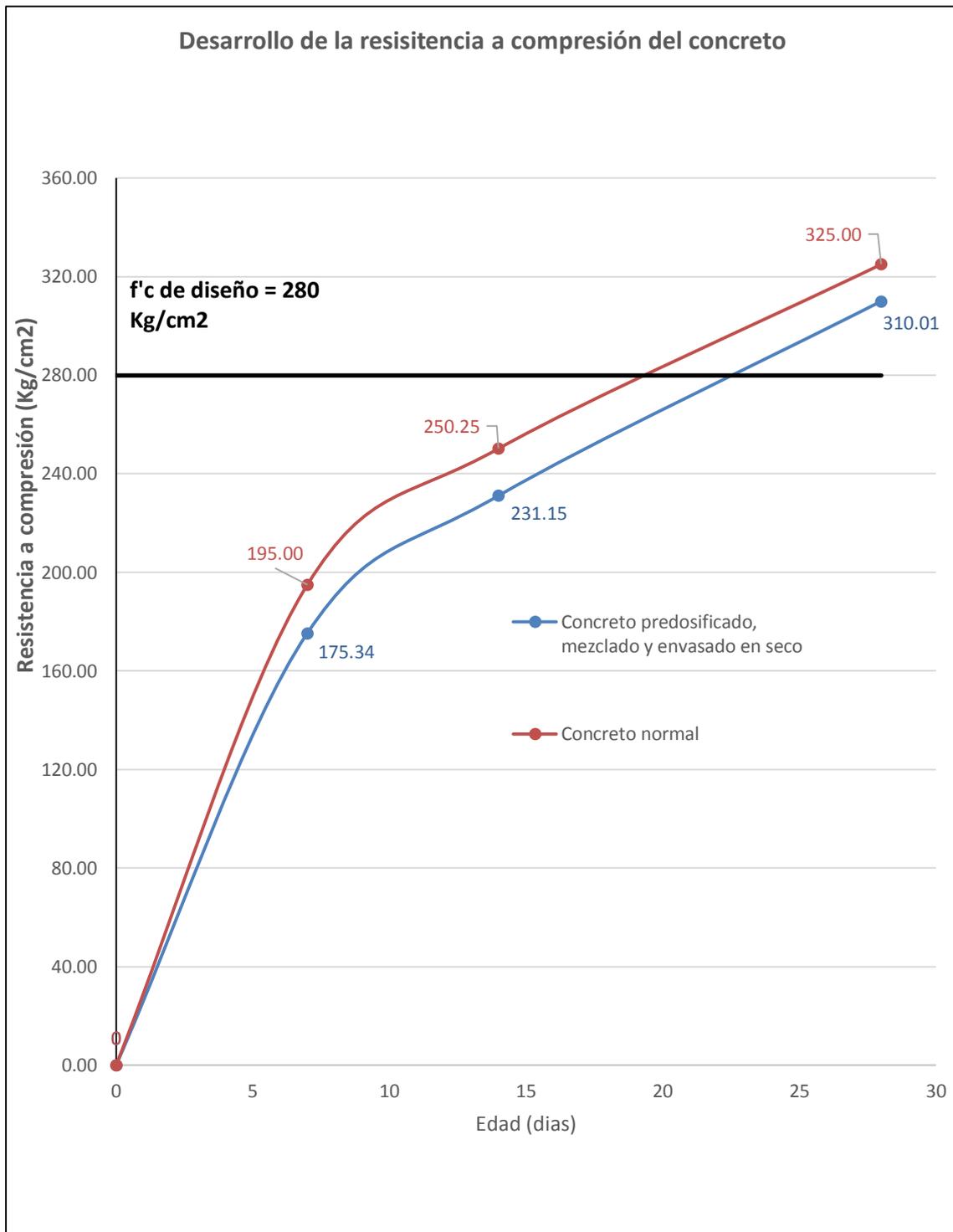
Con las medias aritméticas de los especímenes ensayados a edad de 7,14 y 28 días, se construye la siguiente gráfica para ilustrar la variación de la resistencia a la compresión de un concreto normal elaborado en obra frente a un concreto predosificado, mezclado y envasado en seco.



**Figura 12.** Resistencia a la compresión obtenida para concreto de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

En la figura 12 se observa que el concreto predosificado, mezclado y envasado en seco tiene el menor promedio de resistencia a la compresión a la edad de 7,14 y 28 días en comparación de un concreto normal elaborado en obra.

Con las medias aritméticas de los especímenes ensayados a edad de 7,14 y 28 días, se elaboró la siguiente gráfica para ilustrar el desarrollo de la resistencia a la compresión de un concreto normal frente a un concreto predosificado, mezclado y envasado en seco.



**Figura 13.** Desarrollo de la Resistencia a compresión de un concreto de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  VS. Tiempo

Según la figura 13 se analizó que el concreto normal elaborado en obra, alcanzó una resistencia a la compresión axial edad de 7, 14 y 28 días de  $195.00 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $250.25 \text{ Kg/cm}^2$  y  $325.00 \text{ Kg/cm}^2$ . Según la figura 13 el concreto predosificado, mezclado y envasado en seco, alcanzó una resistencia a la compresión axial edad de 7, 14 y 28 días de  $175.34 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $231.15 \text{ Kg/cm}^2$  y  $310.01 \text{ Kg/cm}^2$

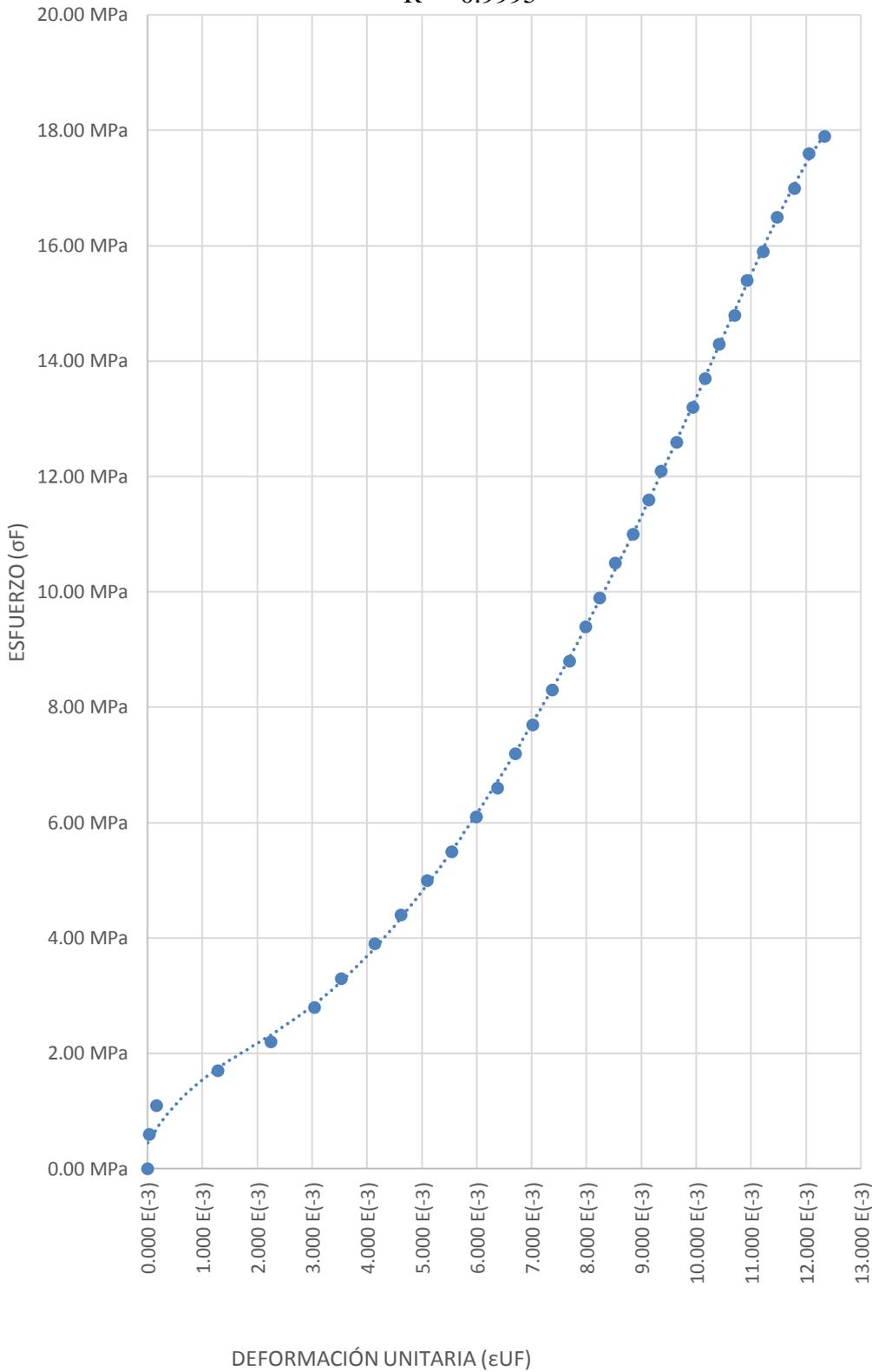
#### 4.4.4. Curvas representativas de ESFUERZO VS DEFORMACION UNITARIA.

**Tabla 28.** Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 7días

<b>DEFORMACIÓN UNITARIA VS ESFUERZO</b>	
<b><math>\epsilon_{UF}</math></b>	<b><math>\sigma_F</math></b>
0.000 E(-3)	0.00 MPa
0.032 E(-3)	0.60 MPa
0.160 E(-3)	1.10 MPa
1.282 E(-3)	1.70 MPa
2.244 E(-3)	2.20 MPa
3.045 E(-3)	2.80 MPa
3.526 E(-3)	3.30 MPa
4.135 E(-3)	3.90 MPa
4.615 E(-3)	4.40 MPa
5.096 E(-3)	5.00 MPa
5.545 E(-3)	5.50 MPa
5.994 E(-3)	6.10 MPa
6.378 E(-3)	6.60 MPa
6.699 E(-3)	7.20 MPa
7.019 E(-3)	7.70 MPa
7.372 E(-3)	8.30 MPa
7.692 E(-3)	8.80 MPa
7.981 E(-3)	9.40 MPa
8.237 E(-3)	9.90 MPa
8.526 E(-3)	10.50 MPa
8.846 E(-3)	11.00 MPa
9.135 E(-3)	11.60 MPa
9.359 E(-3)	12.10 MPa
9.647 E(-3)	12.60 MPa
9.936 E(-3)	13.20 MPa
10.160 E(-3)	13.70 MPa
10.417 E(-3)	14.30 MPa
10.705 E(-3)	14.80 MPa
10.929 E(-3)	15.40 MPa
11.218 E(-3)	15.90 MPa
11.474 E(-3)	16.50 MPa
11.795 E(-3)	17.00 MPa
12.051 E(-3)	17.60 MPa
12.340 E(-3)	17.90 MPa

### DEFORMACIÓN UNITARIA VS ESFUERZO

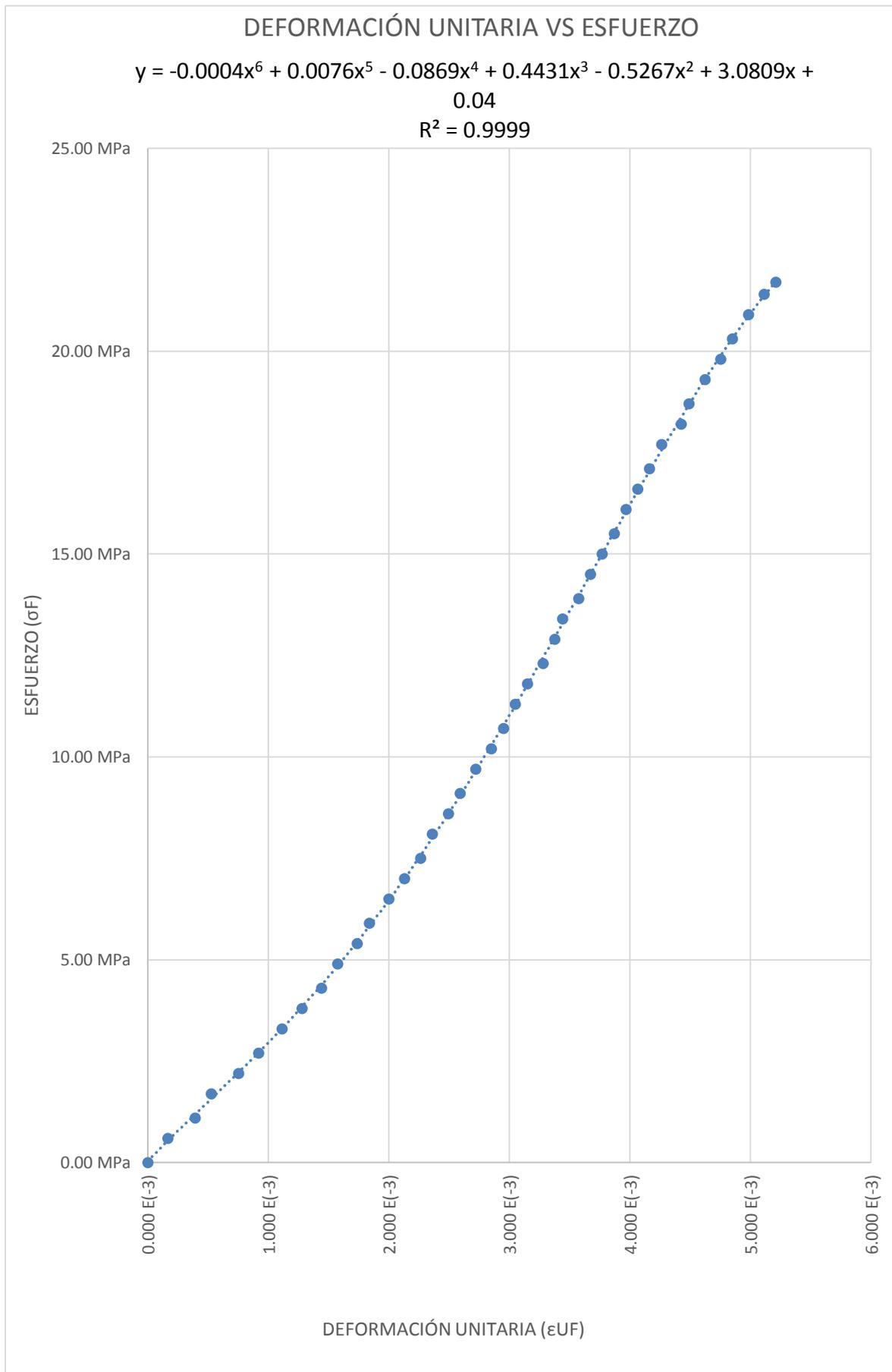
$$y = -4E-05x^6 + 0.0017x^5 - 0.0257x^4 + 0.1967x^3 - 0.668x^2 + 1.5937x + 0.4437$$
$$R^2 = 0.9995$$



**Figura 14.** Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 7 días

**Tabla 29.** Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 14días

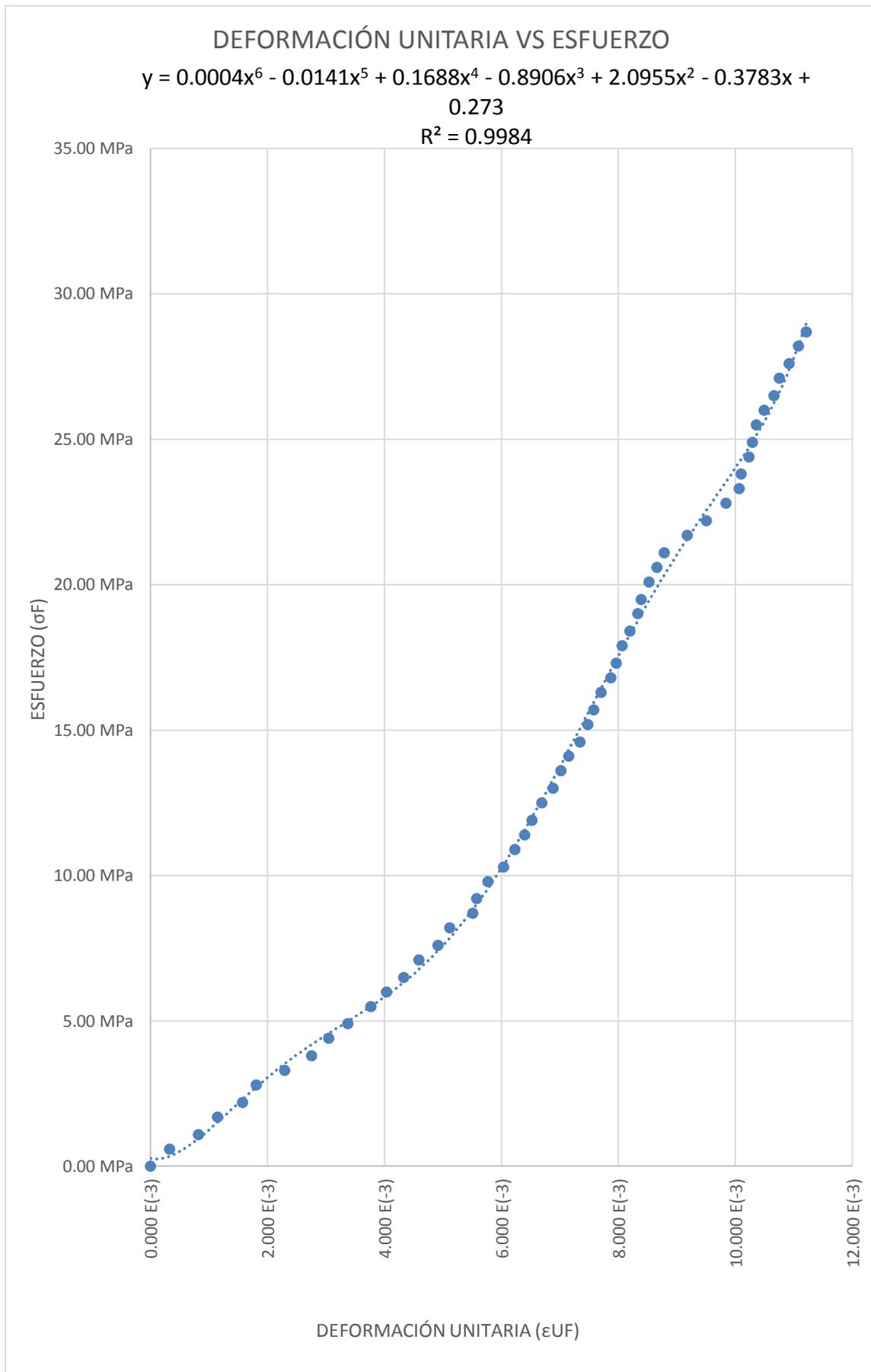
<b>DEFORMACIÓN UNITARIA VS ESFUERZO</b>			
$\epsilon_{UF}$	$\sigma_F$	$\epsilon_{UF}$	$\sigma_F$
0.000 E(-3)	0.00 MPa	4.492 E(-3)	18.70 MPa
0.164 E(-3)	0.60 MPa	4.623 E(-3)	19.30 MPa
0.393 E(-3)	1.10 MPa	4.754 E(-3)	19.80 MPa
0.525 E(-3)	1.70 MPa	4.852 E(-3)	20.30 MPa
0.754 E(-3)	2.20 MPa	4.984 E(-3)	20.90 MPa
0.918 E(-3)	2.70 MPa	5.115 E(-3)	21.40 MPa
1.115 E(-3)	3.30 MPa	5.213 E(-3)	21.70 MPa
1.279 E(-3)	3.80 MPa		
1.443 E(-3)	4.30 MPa		
1.574 E(-3)	4.90 MPa		
1.738 E(-3)	5.40 MPa		
1.836 E(-3)	5.90 MPa		
2.000 E(-3)	6.50 MPa		
2.131 E(-3)	7.00 MPa		
2.262 E(-3)	7.50 MPa		
2.361 E(-3)	8.10 MPa		
2.492 E(-3)	8.60 MPa		
2.590 E(-3)	9.10 MPa		
2.721 E(-3)	9.70 MPa		
2.852 E(-3)	10.20 MPa		
2.951 E(-3)	10.70 MPa		
3.049 E(-3)	11.30 MPa		
3.148 E(-3)	11.80 MPa		
3.279 E(-3)	12.30 MPa		
3.377 E(-3)	12.90 MPa		
3.443 E(-3)	13.40 MPa		
3.574 E(-3)	13.90 MPa		
3.672 E(-3)	14.50 MPa		
3.770 E(-3)	15.00 MPa		
3.869 E(-3)	15.50 MPa		
3.967 E(-3)	16.10 MPa		
4.066 E(-3)	16.60 MPa		
4.164 E(-3)	17.10 MPa		
4.262 E(-3)	17.70 MPa		
4.426 E(-3)	18.20 MPa		



**Figura 15.** Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 14días

**Tabla 30.** Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 28días

<b>DEFORMACIÓN UNITARIA VS ESFUERZO</b>			
$\epsilon_{UF}$	$\sigma_F$	$\epsilon_{UF}$	$\sigma_F$
0.000 E(-3)	0.00 MPa	8.328 E(-3)	19.00 MPa
0.328 E(-3)	0.60 MPa	8.393 E(-3)	19.50 MPa
0.820 E(-3)	1.10 MPa	8.525 E(-3)	20.10 MPa
1.148 E(-3)	1.70 MPa	8.656 E(-3)	20.60 MPa
1.574 E(-3)	2.20 MPa	8.787 E(-3)	21.10 MPa
1.803 E(-3)	2.80 MPa	9.180 E(-3)	21.70 MPa
2.295 E(-3)	3.30 MPa	9.508 E(-3)	22.20 MPa
2.754 E(-3)	3.80 MPa	9.836 E(-3)	22.80 MPa
3.049 E(-3)	4.40 MPa	10.066 E(-3)	23.30 MPa
3.377 E(-3)	4.90 MPa	10.098 E(-3)	23.80 MPa
3.770 E(-3)	5.50 MPa	10.230 E(-3)	24.40 MPa
4.033 E(-3)	6.00 MPa	10.295 E(-3)	24.90 MPa
4.328 E(-3)	6.50 MPa	10.361 E(-3)	25.50 MPa
4.590 E(-3)	7.10 MPa	10.492 E(-3)	26.00 MPa
4.918 E(-3)	7.60 MPa	10.656 E(-3)	26.50 MPa
5.115 E(-3)	8.20 MPa	10.754 E(-3)	27.10 MPa
5.508 E(-3)	8.70 MPa	10.918 E(-3)	27.60 MPa
5.574 E(-3)	9.20 MPa	11.082 E(-3)	28.20 MPa
5.770 E(-3)	9.80 MPa	11.213 E(-3)	28.70 MPa
6.033 E(-3)	10.30 MPa		
6.230 E(-3)	10.90 MPa		
6.393 E(-3)	11.40 MPa		
6.525 E(-3)	11.90 MPa		
6.689 E(-3)	12.50 MPa		
6.885 E(-3)	13.00 MPa		
7.016 E(-3)	13.60 MPa		
7.148 E(-3)	14.10 MPa		
7.344 E(-3)	14.60 MPa		
7.475 E(-3)	15.20 MPa		
7.574 E(-3)	15.70 MPa		
7.705 E(-3)	16.30 MPa		
7.869 E(-3)	16.80 MPa		
7.967 E(-3)	17.30 MPa		
8.066 E(-3)	17.90 MPa		
8.197 E(-3)	18.40 MPa		



**Figura 16.** Esfuerzos y Deformaciones Unitarias del espécimen C°P-01 28días

#### 4.5. Análisis de los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la flexión

Ensayo de resistencia a la flexión a 20 especímenes prismáticos cuyos valores y promedio se muestran a continuación:

**Tabla 31.** Resistencia a la flexión del concreto a los 28 días

<b>CÓDIGO</b>	<b>Concreto Normal</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>Concreto Seco</b>
C°P-01	34.00 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-01	33.83 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-02	34.31 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-02	33.05 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-03	32.76 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-03	35.14 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-04	33.56 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-04	33.82 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-05	32.44 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-05	35.34 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-06	32.91 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-06	32.40 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-07	30.90 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-07	32.67 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-08	32.41 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-08	35.48 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-09	31.72 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-09	33.33 Kg/cm <sup>2</sup>
C°P-10	33.62 Kg/cm <sup>2</sup>	C°S-10	33.91 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>PROMEDIO</b>	<b>32.86 Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>33.90 Kg/cm<sup>2</sup></b>

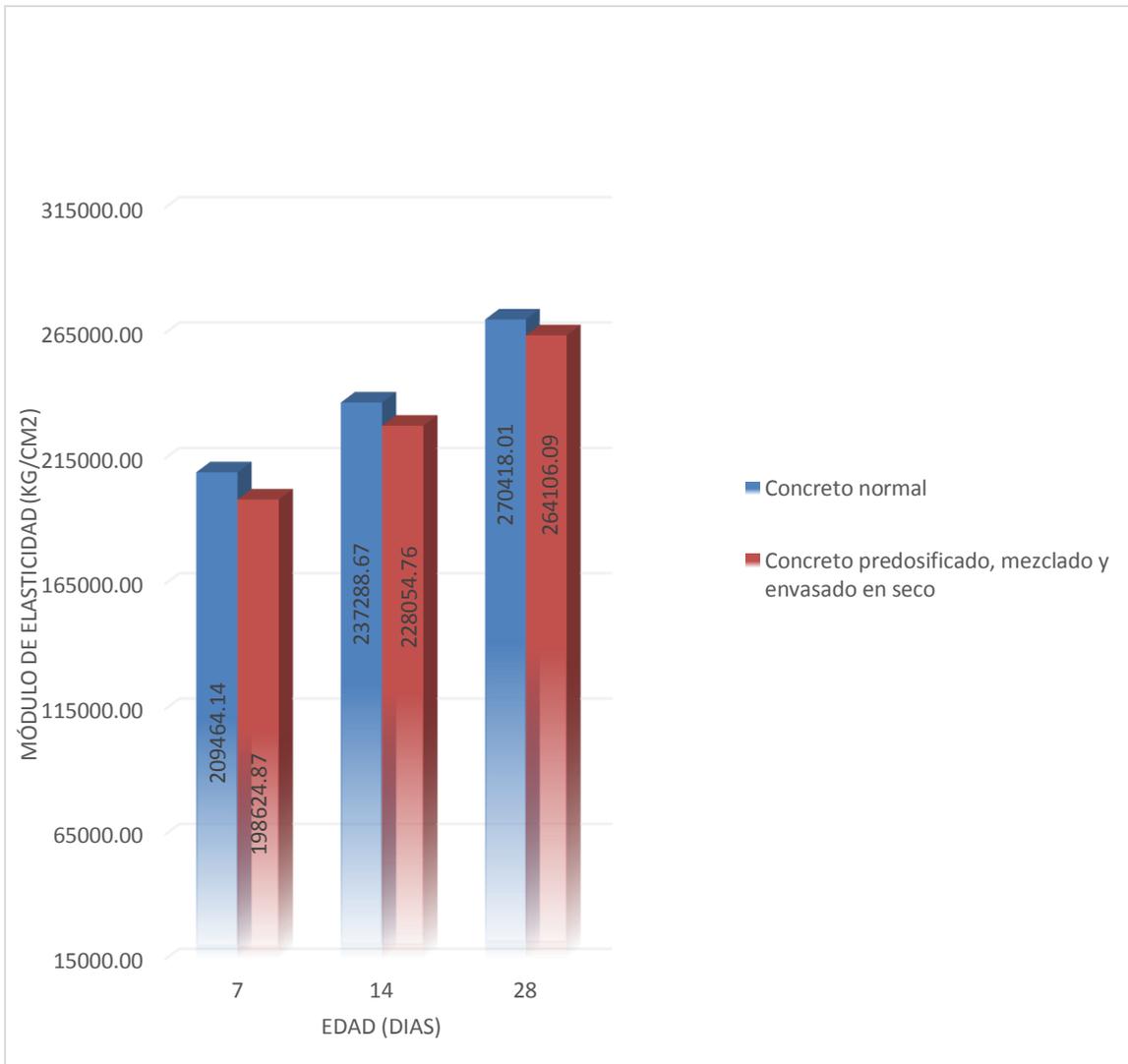
Como se observa en la tabla 31 el concreto normal elaborado en obra alcanzó una resistencia a la flexión de **32.86 Kg/cm<sup>2</sup>**, el concreto predosificado, mezclado y envasado en seco, alcanzó una resistencia a la flexión de **33.90 Kg/cm<sup>2</sup>**, dichos valores son el promedio de 10 especímenes prismáticos ensayados a la edad de 28 días

#### 4.6. Análisis de los resultados obtenidos del módulo de elasticidad

Se realizó el cálculo del módulo de elasticidad a partir de la rotura a la compresión de 120 especímenes de concreto cilíndricos a la edad de 7, 14 y 28 días, a continuación, se presentan los resultados promedio obtenidos:

**Tabla 32.** Módulo de elasticidad del concreto a los 7, 14 y 28 días

EDAD	CONCRETO NORMAL	CONCRETO PREDOSIFICADO, MEZCLADO Y ENVASADO EN SECO
7 días	205943.50 Kg/cm <sup>2</sup>	198624.87 Kg/cm <sup>2</sup>
14 días	237288.67 Kg/cm <sup>2</sup>	228054.76 Kg/cm <sup>2</sup>
28 días	270418.01 Kg/cm <sup>2</sup>	264106.09 Kg/cm <sup>2</sup>



**Figura 17.** Módulo de elasticidad del concreto a los 7, 14 y 28 días

Según la figura 17, a edades tempranas el módulo de elasticidad del concreto es bajo en comparación al módulo de elasticidad a la edad de 28 días y siendo este levemente menor para un concreto predosificado, mezclado y envasado en seco.

#### **4.7 Contraste de hipótesis**

- Se verificó que el concreto mezclado y envasado en seco de  $f'c$  igual a  $280 \text{ kg/cm}^2$  no genera un incremento en la resistencia frente a un concreto normal elaborado en obra. La resistencia a los 28 días para un concreto mezclado y envasado en seco fue de  $310.01 \text{ kg/cm}^2$ ; para un concreto normal elaborado en obra fue de  $325.00 \text{ kg/cm}^2$ , obteniéndose resistencias del 10.72% y 16.07% mayores al  $f'c$  de diseño.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- La cantidad de materiales de diseño por metro cubico que se obtuvo para un  $f'c$  de  $280 \text{ kg/cm}^2$ , empleando agregado fino y grueso proveniente de la cantera Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca utilizando el método del módulo de fineza de la combinación de agregados son los siguientes: Cemento 342.59 Kg, Agregado fino: 883.38 kg, agregado grueso: 905.75 kg; agua de mezcla 185 litros y aire atrapado: 2%
- La cantidad de materiales corregidos por humedad y ajustados por el método A.C.I. por metro cubico que se obtuvo para un  $f'c$  de  $280 \text{ kg/cm}^2$ , empleando agregado fino y grueso proveniente de la cantera Km. 94+010 de la carretera Ciudad de Dios – Cajamarca son los siguientes: Cemento: 389.00 Kg, Agregado fino: 827.00 kg, agregado grueso: 897.00 kg; agua de diseño 215.30 litros y aire atrapado del 1%
- La resistencia a compresión del concreto dosificado, mezclado y envasado en seco con  $f'c$  de diseño igual a  $280 \text{ Kg/cm}^2$ , después que éste ha sido almacenado 30 días, presenta una resistencia a compresión axial a los 28 días de  $310.01 \text{ Kg/cm}^2$ ; a la edad de 14 días  $231.15 \text{ Kg/cm}^2$  y a la edad de 7 días  $175.34 \text{ Kg/cm}^2$  y La resistencia a compresión del concreto normal o común elaborado en obra con  $f'c$  de diseño igual a  $280 \text{ Kg/cm}^2$  presenta una resistencia a compresión axial a los 28 días de  $325.00 \text{ Kg/cm}^2$ ; a la edad de 14 días  $250.25 \text{ Kg/cm}^2$  y a la edad de 7 días  $195.00 \text{ Kg/cm}^2$ , de esta información se puede concluir que la utilización de agregados secos no genera un incremento en la resistencia mecánica.

## 5.2. Recomendaciones

- En toda investigación de esta índole se recomienda hallar el peso unitario del concreto fresco y la cantidad de agua adicional con la finalidad de corregir el contenido de agua de mezclado estimado y por ende la cantidad de cemento de diseño de mezcla de concreto.
- El tiempo recomendable de utilización de un concreto dosificado, mezclado y envasado en seco será de 30 días desde su envasado hasta su utilización, ya que a partir de este tiempo el cemento tiende a hidratarse en forma progresiva.
- El concreto dosificado, mezclado y envasado en seco, debe almacenarse en un lugar seco, exento de humedad, para evitar la hidratación prematura del cemento.

## BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Rivva López, E. 1998. Tecnología del Concreto. Lima-Perú. Hozlo S.CR.L.
- Rivva López, E. 2000. Naturaleza y materiales del concreto. Lima-Perú. Hozlo S.CR.L.
- Pasquel Carbajal, E. 1998. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú. Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Nacional.
- Neville, A.M. y Brooks, J.J. 1998. Tecnología del Concreto. Editorial Trillas. México D.F.
- Abanto Castillo. Flavio. Tecnología del concreto (Teoría y problemas). Lima. Perú.
- American Concrete Institute. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-11)
- ASOCEM. 2013. Boletín informativo ASOCEM 2013. Catálogo de normas técnicas peruanas de agregados, hormigón (Concreto).
- CARDONA, B., GOMEZ, I. CIENCIA UANL / Vol. V, No. 2, Abril-Junio 2002.
- REGLAMENTO ACI 318
- ÁGUILA, I. (2001). Cementos puzolánicos, una alternativa para Venezuela. Tecnología y Construcción. IDEC-FAU- UCV, Caracas, 17-III; 27-34.
- CACHAN, A. (2001). Cementos. Andalucía. Encuentro Medioambiental Almeriense: En busca de soluciones. Andalucía. 29 p.
- MEJÍA, R., TALERO, R., DELVASTO, S. (2007).
- ASTM C 150. ASTM International. 2012. USA: Especificaciones estándar para cementos portland,
- ASTM C 31M–08a. ASTM Internacional. 2008. USA: Práctica Normalizada para Preparación y Curado de Especímenes de Ensayo de Concreto en la Obra
- ASTM C 33- 2008 Standard Specification for Concrete Aggregates
- ASTM C 39. ASTM International. 1999. USA: Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto

- ASTM C 127 – 2001. Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.
- ASTM C 136 – 2001. Método de ensayo para análisis por malla de agregados gruesos y finos.
- ASTM C 293 – 1994. Ensayo estándar para la resistencia a la flexión.
- ASTM C 595 – 2003. Especificación estándar para cementos hidráulicos mezclados.
- ASTM C 1157 – 2008. Standard Performance Specification for Hydraulic Cement
- Norma Técnica Peruana NTP 339.033. INDECOPI. 2009. 3ra Edición, Lima, Perú: HORMIGÓN (CONCRETO). Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo.
- Norma Técnica Peruana NTP 334.009.2013. CEMENTOS. Cementos Portland. Requisitos. 5ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 334. 082 2011. Cementos Portland. Especificación de la Performance. (ASTM C 1157).
- Norma Técnica Peruana NT P 334. 090 2013. Cementos Portland Adicionados. Requisitos. (ASTM C 595).
- Norma Técnica Peruana NTP 339.034.2008 (revisada 2013). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.079.2012 CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo. 3ª. Ed. R. 2012-CRT-INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.088. INDECOPI. 2006. Lima, Perú: HORMIGON (CONCRETO). Agua para morteros y hormigones de cementos Portland. Requisitos.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.185. INDECOPI. 2013. Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido total de humedad evaporable en agregados por secado.
- NTP 400.012.2013 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.

- Norma Técnica Peruana NTP 400.018. INDECOPI. 2002. Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (200) por lavado en agregados.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.021.2013 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. 3ª. Ed. R. 2013-CRT-INDECOPI.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.022. INDECOPI. 2002. 2a. ed., Lima, Perú: AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.
- Norma Técnica Peruana NTP 400.037.2002 AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en hormigón (concreto). 2ª. Ed. R. 2002-CRT-INDECOPI.
- Norma técnica peruana NTP 400.043. INDECOPI. 2006. Lima, Perú: AGREGADOS. Práctica normalizada para reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo.

## ANEXO 01: Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

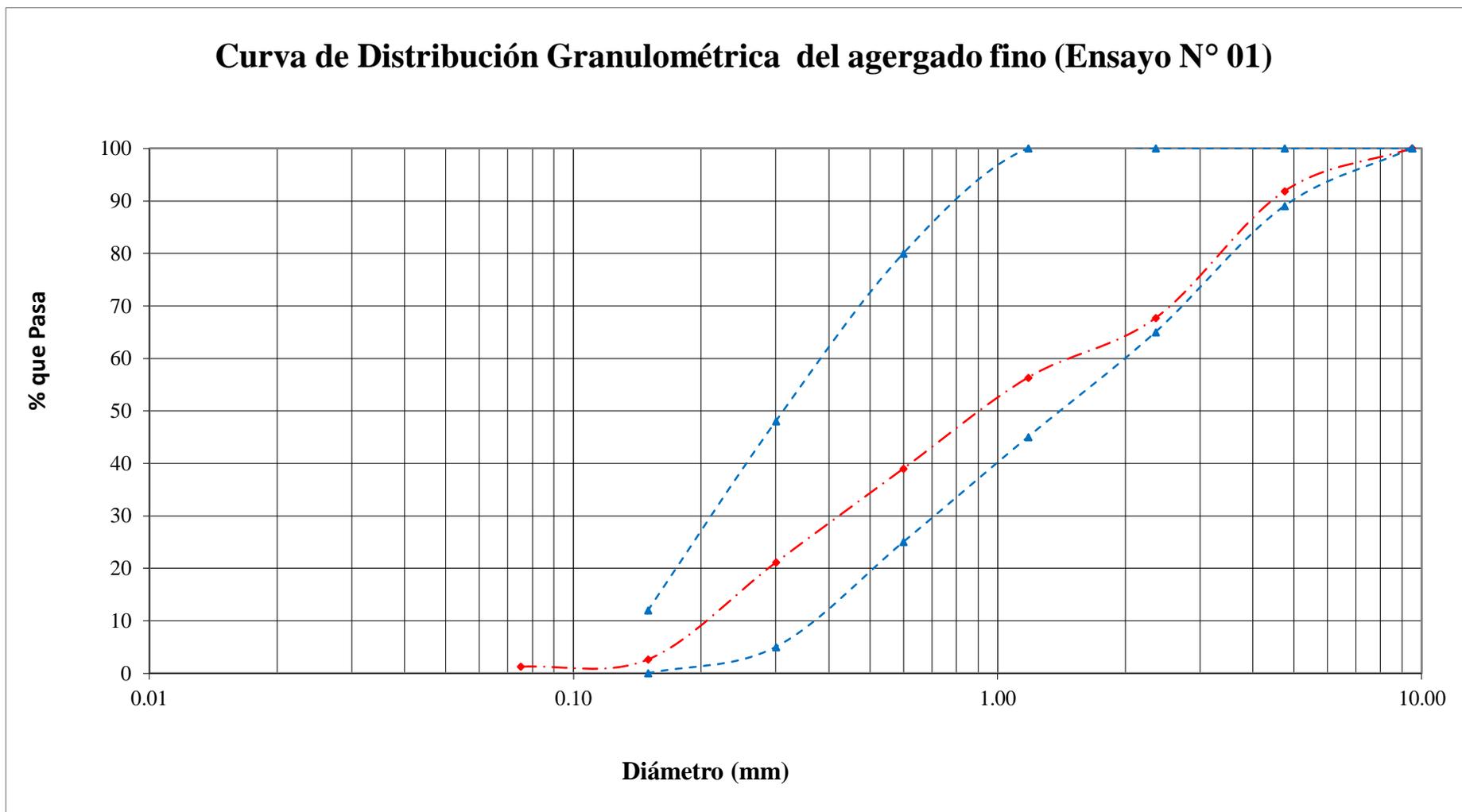
### A. Análisis Granulométrico del Agregado Fino.

El ensayo de análisis granulométrico se realizó según la NTP 400.012, NTP 400.037 y A.S.T.M.C -136.

**Tabla 33.** Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N° 01)

TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENINIDO		PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO NTP 400:037	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.75	144.00	8.18	8.18	91.82	89	100
N°8	2.36	425.00	24.13	32.31	67.69	65	100
N°16	1.18	200.00	11.36	43.67	56.33	45	100
N°30	0.60	305.00	17.32	60.99	39.01	25	80
N°50	0.30	315.00	17.89	78.88	21.12	5	48
N°100	0.15	325.00	18.46	97.33	2.67	0	12
N°200	0.075	25.00	1.42	98.75	1.25	0	0
CAZOLETA	--	22.00	1.25	100.00	0.00	0	0
<b>Peso total de muestra</b>		<b>1761.00</b>	<b>Módulo de Finura</b>			<b>3.21</b>	

### Curva de Distribución Granulométrica del agregado fino (Ensayo N° 01)



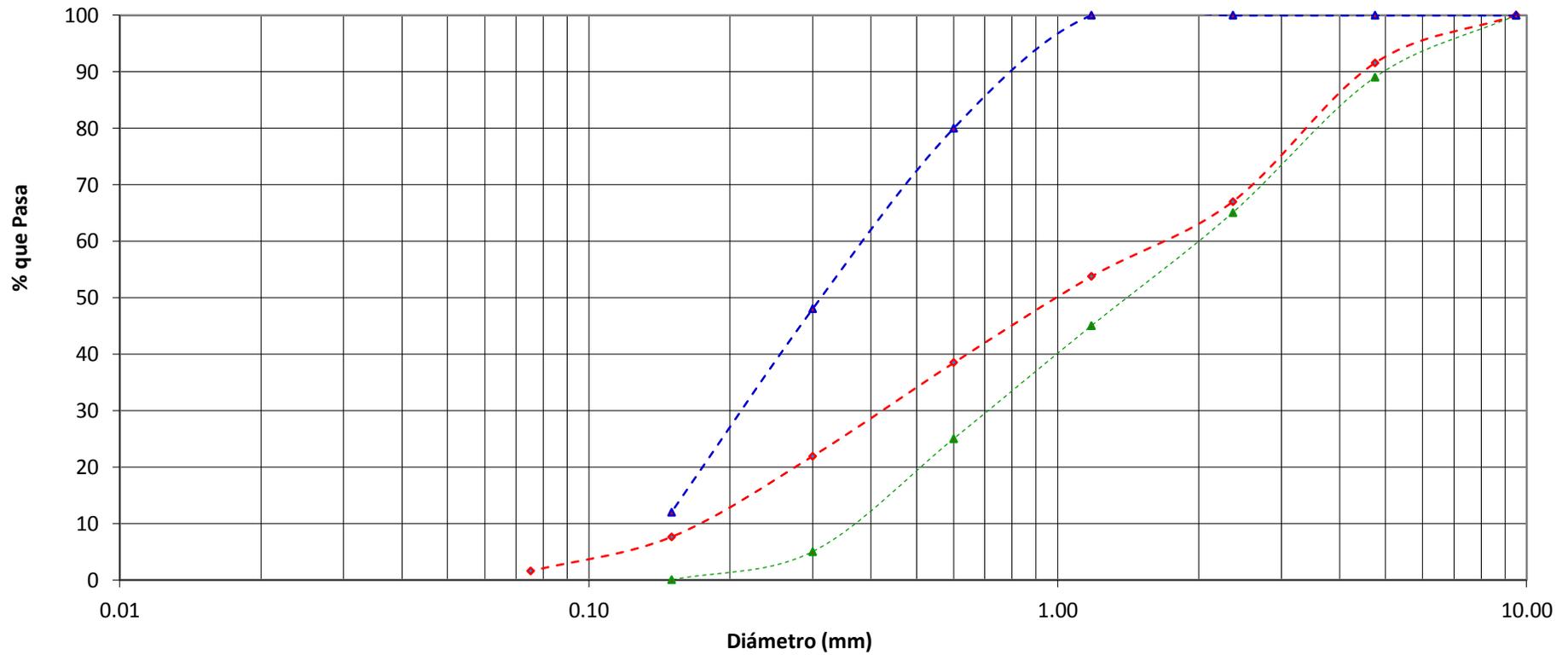
<b>D 60 =</b>	1.50	<b>D 30 =</b>	0.41	<b>D 10 =</b>	0.21
	<b>Cu =</b>	7.14	<b>Cc =</b>	0.53	

Figura 18. Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°01)

**Tabla 34.** Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N° 02)

TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO NTP 400:037	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.75	144.00	8.47	8.47	91.53	89	100
N°8	2.36	418.00	24.57	33.04	66.96	65	100
N°16	1.18	225.00	13.23	46.27	53.73	45	100
N°30	0.60	260.00	15.29	61.55	38.45	25	80
N°50	0.30	281.00	16.52	78.07	21.93	5	48
N°100	0.15	243.00	14.29	92.36	7.64	0	12
N°200	0.075	103.00	6.06	98.41	1.59	0	0
CAZOLETA	--	27.00	1.59	100.00	0.00	0	0
<b>Peso total de muestra</b>		<b>1701.00</b>	<b>Módulo de Finura</b>			<b>3.20</b>	

### Curva de Distribución Granulométrica del agregado fino (Ensayo N° 02)



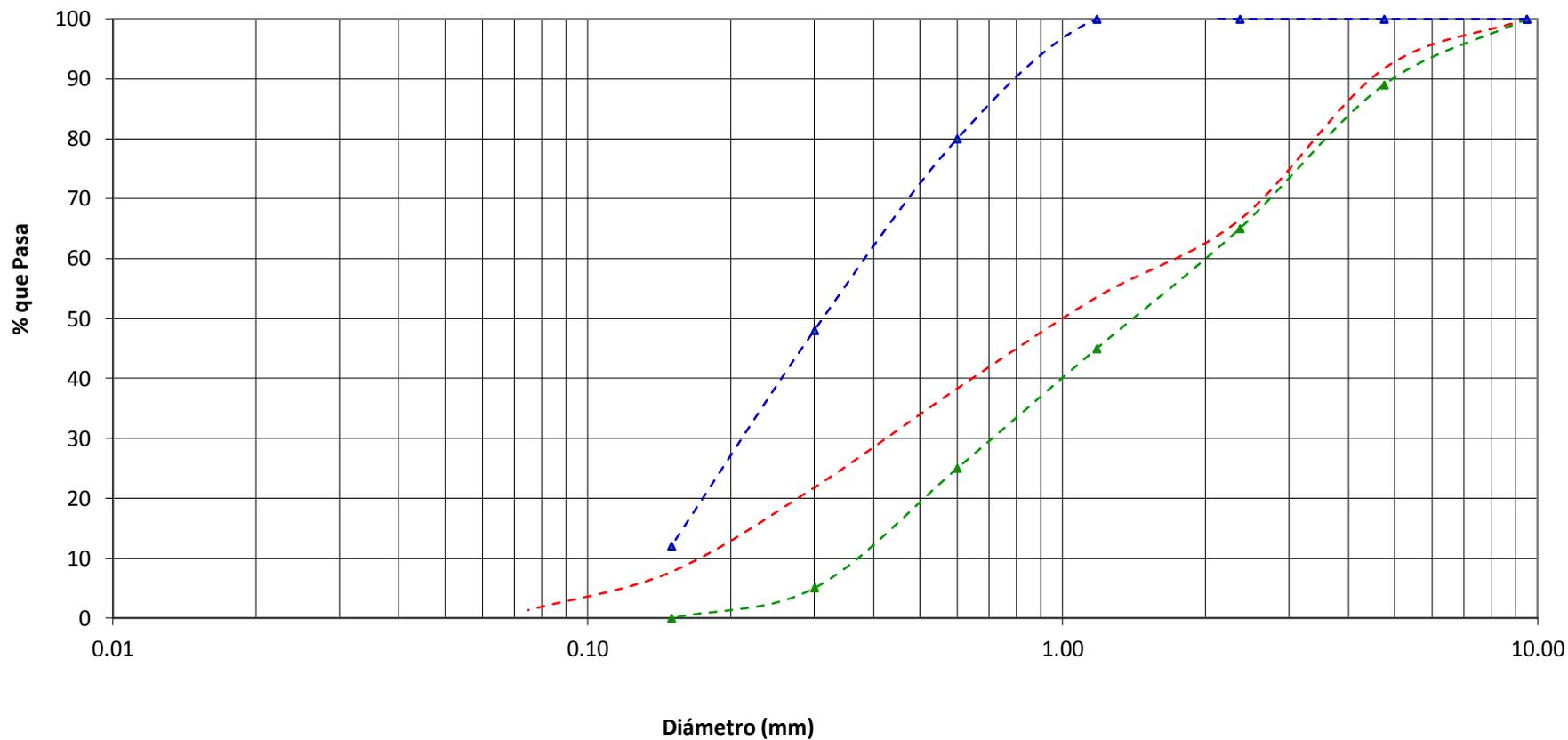
<b>D 60 =</b>	1.80	<b>D 30 =</b>	0.41	<b>D 10 =</b>	0.18
<b>Cu =</b>	10.00	<b>Cc =</b>	0.52		

Figura 19. Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°02)

**Tabla 35.** Análisis granulométrico del agregado fino (Ensayo N° 03)

TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENINIDO		PORCENTAJE QUE PASA	REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO FINO NTP 400:037	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.75	142.00	8.29	8.29	91.71	89	100
N°8	2.36	432.00	25.23	33.53	66.47	65	100
N°16	1.18	221.00	12.91	46.44	53.56	45	100
N°30	0.60	261.00	15.25	61.68	38.32	25	80
N°50	0.30	283.00	16.53	78.21	21.79	5	48
N°100	0.15	241.00	14.08	92.29	7.71	0	12
N°200	0.075	109.00	6.37	98.66	1.34	0	0
CAZOLETA	--	23.00	1.34	100.00	0.00	0	0
<b>Peso total de muestra</b>		<b>1712.00</b>	<b>Módulo de Finura</b>			<b>3.21</b>	

### Curva de Distribución Granulométrica del agregado fino (Ensayo N° 03)



<b>D 60 =</b>	1.80	<b>D 30 =</b>	0.43	<b>D 10 =</b>	0.18
<b>Cu =</b>	10.00	<b>Cc =</b>	0.57		

Figura 20. Curva de distribución granulométrica del agregado fino (Ensayo N°03)

## **B. Módulo de finura del Agregado Fino**

De los tres ensayos granulométricos realizados para el agregado fino, sacamos un resumen el cual se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 36.** *Módulo de finura del Agregado Fino*

<b>Módulo de finura</b>	
Ensayo N° 01:	3.21
Ensayo N° 02:	3.20
Ensayo N° 03:	3.21
<b>Promedio:</b>	<b>3.21</b>

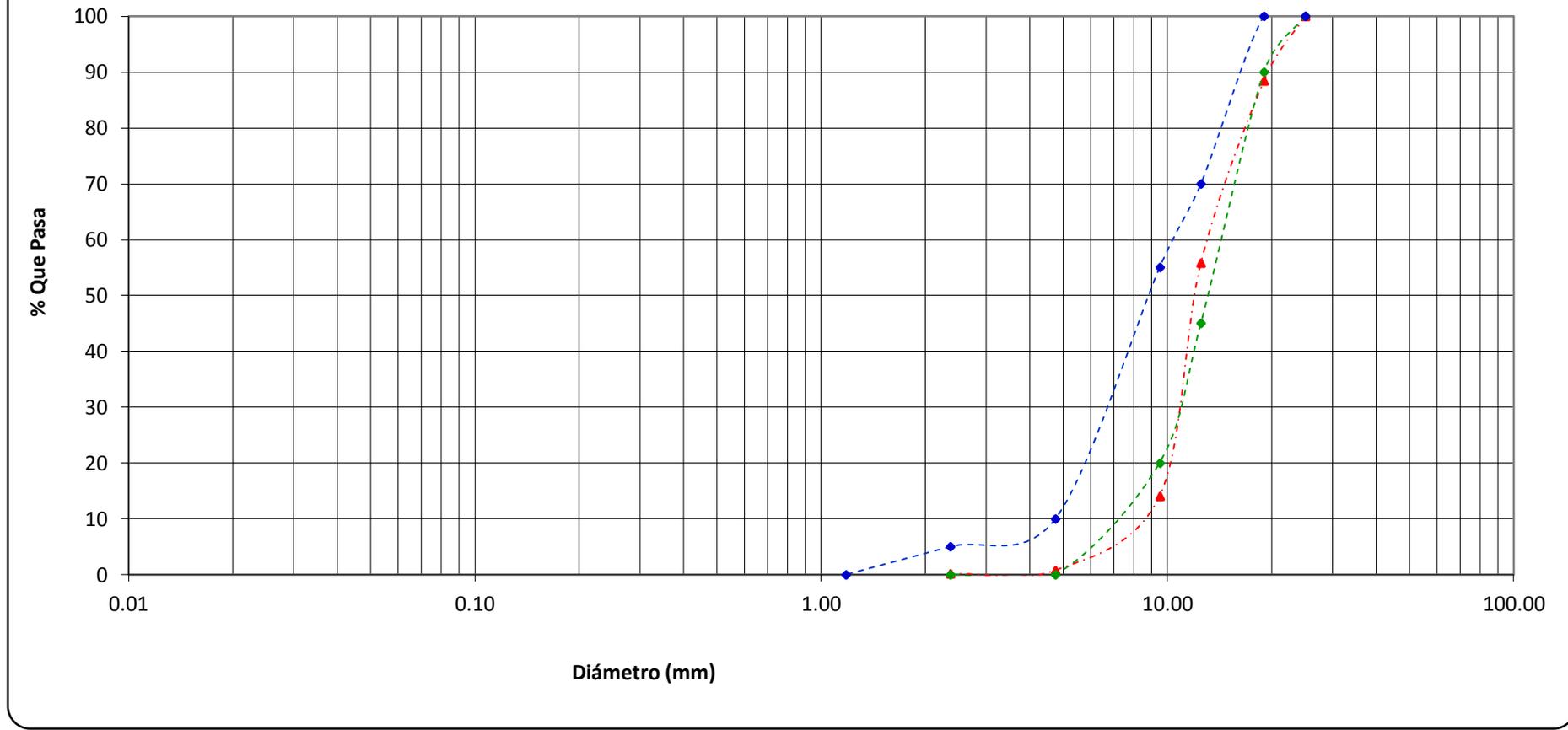
### C. Análisis granulométrico del Agregado Grueso.

El ensayo de análisis granulométrico se realizó según la NTP 400.012, NTP 400.037 y A.S.T.M.C -136

**Tabla 37.** Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N° 01)

TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENINIDO		PORCENTAJE QUE PASA	"REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO HUSO N° 67 A.S.T.M. C 33 M - 11"	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	892.00	11.58	11.58	88.42	90	100
1/2"	12.50	2512.00	32.61	44.20	55.80	45	70
3/8"	9.50	3216.00	41.76	85.95	14.05	20	55
N°4	4.75	1024.00	13.30	99.25	0.75	0	10
N°8	2.36	46.00	0.60	99.84	0.16	0	5
N°16	1.18	0.00	0.00	99.84	0.16	0	0
N°30	0.60	0.00	0.00	99.84	0.16	0	0
N°50	0.30	0.00	0.00	99.84	0.16	0	0
N°100	0.15	0.00	0.00	99.84	0.16	0	0
N°200	0.075	0.00	0.00	99.84	0.16	0	0
CAZOLETA	--	12.00	0.16	100.00	0.00	0	0
<b>Peso total de muestra</b>		<b>7702.00</b>	<b>Módulo de Finura</b>			<b>6.96</b>	

### Curva de Distribución Granulométrica del agregado grueso (Ensayo N° 01)



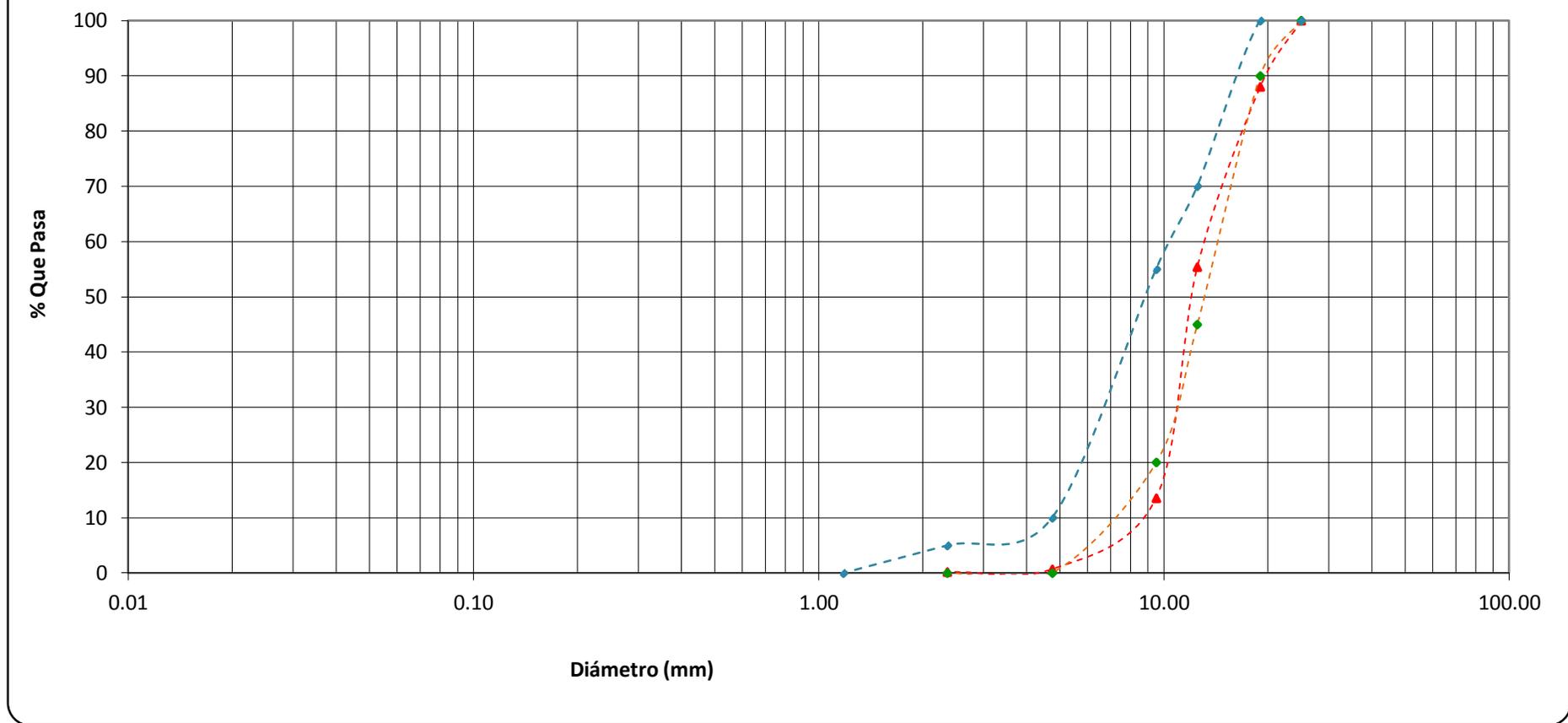
<b>D60 = 14.75</b>	<b>D30 = 11</b>	<b>D10 = 8.600</b>
<b>Cu = 1.72</b>		<b>Cc = 0.95</b>

Figura 21. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°01)

**Tabla 38.** Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N° 02)

TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENINIDO		PORCENTAJE QUE PASA	"REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO HUSO N° 67 A.S.T.M. C 33 M - 11"	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	952.00	11.99	11.99	88.01	90	100
1/2"	12.50	2586.00	32.56	44.55	55.45	45	70
3/8"	9.50	3324.00	41.85	86.40	13.60	20	55
N°4	4.75	1026.00	12.92	99.32	0.68	0	10
N°8	2.36	42.00	0.53	99.85	0.15	0	5
N°16	1.18	0.00	0.00	99.85	0.15	0	0
N°30	0.60	0.00	0.00	99.85	0.15	0	0
N°50	0.30	0.00	0.00	99.85	0.15	0	0
N°100	0.15	0.00	0.00	99.85	0.15	0	0
N°200	0.075	0.00	0.00	99.85	0.15	0	0
CAZOLETA	--	12.00	0.15	100.00	0.00	0	0
<b>Peso total de muestra</b>		<b>7942.00</b>	<b>Módulo de Finura</b>			<b>6.97</b>	

### Curva de Distribución Granulométrica del agregado grueso (Ensayo N° 02)



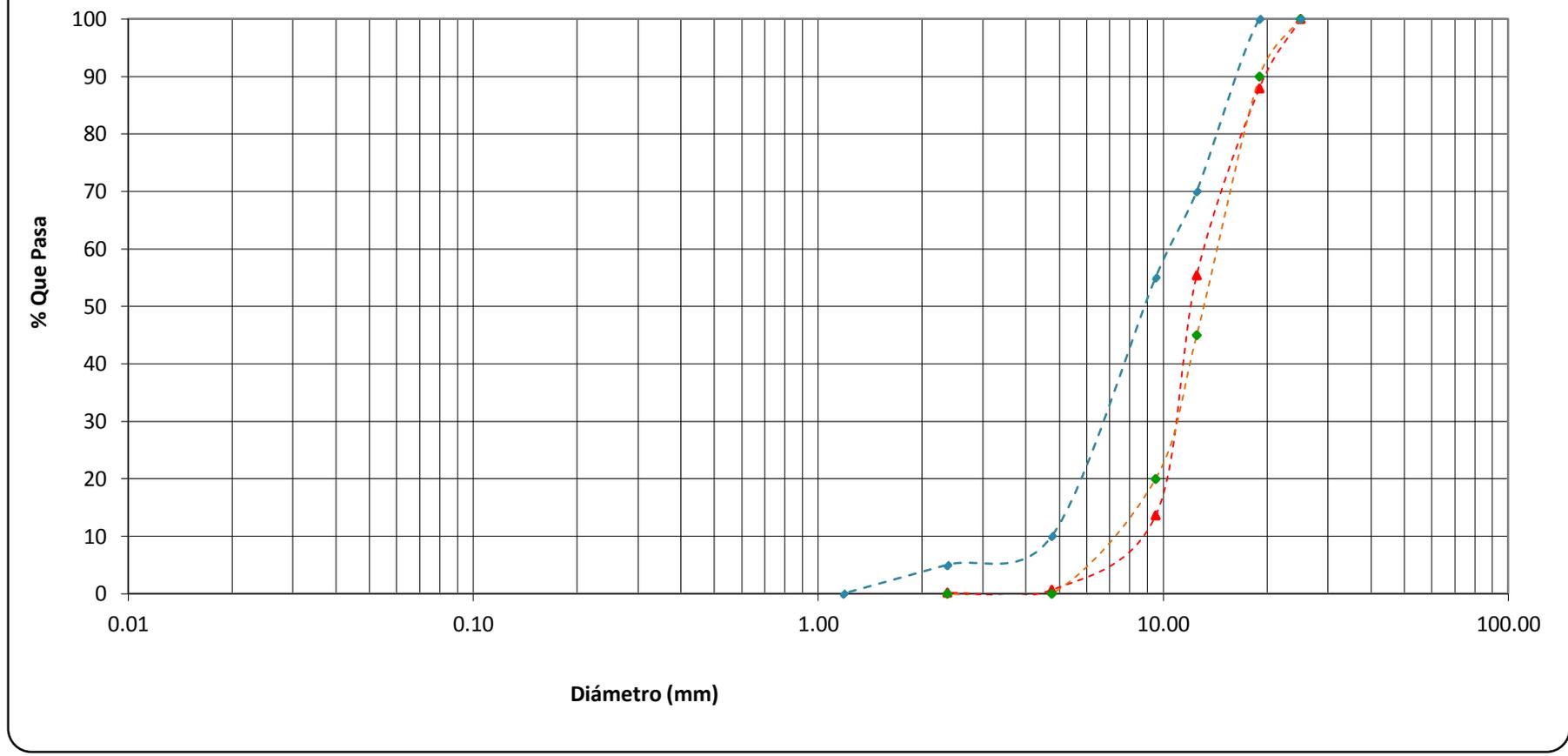
<b>D60 = 14.50</b>	<b>D30 = 10.75</b>	<b>D10 = 8.90</b>
<b>Cu = 1.63</b>		<b>Cc = 0.90</b>

Figura 22. Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°02)

**Tabla 39.** Análisis granulométrico del agregado grueso (Ensayo N° 03)

TAMIZ N°	ABERTURA TAMIZ (mm.)	PESO RETENIDO PARCIAL (g.)	PORCENTAJE RETENINIDO		PORCENTAJE QUE PASA	"REQUISITOS GRANULOMÉTRICOS DEL AGREGADO GRUESO HUSO N° 67 A.S.T.M. C 33 M - 11"	
			PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)			
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	974.00	12.17	12.17	87.83	90	100
1/2"	12.50	2592.00	32.40	44.57	55.43	45	70
3/8"	9.50	3362.00	42.02	86.59	13.41	20	55
N°4	4.75	1014.00	12.67	99.26	0.74	0	10
N°8	2.36	45.00	0.56	99.83	0.17	0	5
N°16	1.18	0.00	0.00	99.83	0.17	0	0
N°30	0.60	0.00	0.00	99.83	0.17	0	0
N°50	0.30	0.00	0.00	99.83	0.17	0	0
N°100	0.15	0.00	0.00	99.83	0.17	0	0
N°200	0.075	0.00	0.00	99.83	0.17	0	0
CAZOLETA	--	14.00	0.17	100.00	0.00	0	0
<b>Peso total de muestra</b>		<b>8001.00</b>	<b>Módulo de Finura</b>			<b>6.97</b>	

### Curva de Distribución Granulométrica del agregado grueso (Ensayo N° 03)



<b>D60 = 14.50</b>	<b>D30 = 10.75</b>	<b>D10 = 8.90</b>
<b>Cu = 1.63</b>		<b>Cc = 0.90</b>

**Figura 23.** Curva de distribución granulométrica del agregado grueso (Ensayo N°03)

#### D. Módulo de finura del Agregado Grueso

De los tres ensayos granulométricos realizados para el agregado grueso, sacamos un resumen el cual se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 40.** *Módulo de finura del Agregado Fino*

<b>Módulo de finura</b>	
Ensayo N° 01:	6.96
Ensayo N° 02:	7.02
Ensayo N° 03:	6.97
<b>Promedio:</b>	<b>6.98</b>

#### E. Peso unitario seco suelto, compactado y cálculo del factor f del Agregado Fino.

El ensayo de peso unitario seco suelto, compactado y cálculo del factor f del Agregado Fino se realizó de acorde a la norma NTP 400.017, / ASTM C 29.

**Tabla 41.** *Peso específico del agua.*

<b>Calculo del peso específico del agua</b>	
Peso de fiola + agua (g)	:658.50
Peso de fiola (g)	:160.20
Peso de agua (g)	:498.30
Volumen fiola (cm <sup>3</sup> )	:500.00
Peso específico=W/V (g/cm <sup>3</sup> )	:0.9966
<b>P.e en (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>:996.60</b>

**Tabla 42.** Factor *f* del molde para el peso unitario del agregado fino.

<b>Cálculo del factor f</b>	
Peso específico del agua (kg/m <sup>3</sup> )	:996.60
Peso del Cilindro (kg)	:3.880
Peso del Cilindro + Agua (kg)	:6.840
Peso Agua (Pagua)	:2.960
<b>f (1/m<sup>3</sup>)</b>	<b>:336.689</b>

**Tabla 43.** Peso unitario seco suelto del agregado fino.

<b>ENSAYO</b>	<b>E - N°1</b>	<b>E - N°2</b>	<b>E - N°3</b>
Peso del recipiente (kg)	3.880	3.880	3.880
Peso del recipiente + muestra (kg)	8.755	8.743	8.754
Peso de muestra (kg)	4.875	4.863	4.874
f (1/m <sup>3</sup> )	336.689	336.689	336.689
PUSS (kg/m <sup>3</sup> )	1641	1637	1641
<b>Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m<sup>3</sup>): 1640</b>			

Nota: PUSS: Peso unitario seco suelto.

**Tabla 44.** Peso unitario seco compactado o varillado del agregado fino.

<b>ENSAYO</b>	<b>E - N°1</b>	<b>E - N°2</b>	<b>E - N°3</b>
Peso del recipiente (kg)	3.880	3.880	3.880
Peso del recipiente + muestra compactada (kg)	9.155	9.185	9.160
Peso de muestra (kg)	5.275	5.305	5.280
f (1/m <sup>3</sup> )	336.689	336.689	336.689
PUSC (kg/m <sup>3</sup> )	1776	1786	1778
<b>Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m<sup>3</sup>): 1780</b>			

Nota: PUSC: Peso unitario seco compactado.

## F. Peso unitario seco suelto, compactado y cálculo del factor f del agregado grueso

El ensayo de peso unitario seco suelto, compactado y cálculo del factor f del Agregado grueso se realizó de acorde a la norma NTP 400.017, NTP 400.037 / ASTM C 29 M: 1991.

**Tabla 45.** Factor f del molde para el peso unitario del agregado grueso.

<b>Cálculo del factor f</b>	
Peso específico del agua (kg/m <sup>3</sup> )	: 996.60
Peso del Cilindro (kg)	: 4.200
Peso del Cilindro + Agua (kg)	: 13.900
Peso Agua (Pagua)	: 9.700
<b>f (1/m<sup>3</sup>)</b>	<b>: 102.742</b>

**Tabla 46.** Peso unitario seco suelto del agregado Grueso

<b>ENSAYO</b>	<b>E - N°1</b>	<b>E - N°2</b>	<b>E - N°3</b>
Peso del recipiente (kg)	4.200	4.200	4.200
Peso del recipiente + muestra (kg)	19.175	19.185	19.195
Peso de muestra (kg)	14.975	14.985	14.995
f (1/m <sup>3</sup> )	102.742	102.742	102.742
PUSS (kg/m <sup>3</sup> )	1539	1540	1541
<b>Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m<sup>3</sup>): 1540</b>			

**Tabla 47. Peso unitario seco compactado o varillado del agregado Grueso**

<b>ENSAYO</b>	<b>E - N°1</b>	<b>E - N° 2</b>	<b>E - N°3</b>
Peso del recipiente (kg)	4.200	4.200	4.200
Peso del recipiente + muestra compactada (kg)	20.245	20.265	20.255
Peso de muestra (kg)	16.045	16.065	16.055
f (1/m3)	102.742	102.742	102.742
PUSC (kg/m3)	1648	1651	1650
<b>Peso unitario seco suelto promedio (Kg/m3): 1650</b>			

**G. Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado fino y grueso**

El ensayo de porcentaje que pasa la malla N° 200 de los agregados se realizó de acorde a la ASTM.C -556 / NTP 339.185

**Tabla 48. Porcentaje que pasa la malla N° 200 del Agregado Fino.**

<b>ENSAYO N°</b>	<b>E - N°1</b>	<b>E - N° 2</b>	<b>E - N°3</b>
Peso seco de la muestra original (g)	500.00	500.00	500.00
Peso seco de la muestra lavada (g)	474.00	476.00	478.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (g)	26.00	24.00	22.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	5.20 %	4.80 %	4.40 %
<b>PROMEDIO:</b>		<b>4.80 %</b>	

**Tabla 49.** *Porcentaje que pasa la malla N° 200 del agregado grueso*

<b>ENSAYO N°</b>	<b>E - N°1</b>	<b>E - N°2</b>	<b>E - N°3</b>
Peso seco de la muestra original (g)	3000.00	3000.00	3000.00
Peso seco de la muestra lavada (g)	2976.00	2974.00	2978.00
Peso de material que pasa el tamiz N° 200 (g)	24.00	26.00	22.00
% de material que pasa el tamiz N° 200	0.80 %	0.87 %	0.73 %
<b>PROMEDIO:</b>	<b>0.80 %</b>		

#### **H. Peso específico y absorción del agregado Fino.**

El ensayo de peso específico y absorción del agregado fino se realizó de acorde a la NTP 400.22, ASTM C-128.

**Tabla 50. Peso específico del Agregado Fino.**

<b>ENSAYO N°</b>	<b>E - N°1</b>	<b>E -N°2</b>	<b>E - N°3</b>
W Agregado SSS (g)	500.00	500.00	500.00
W Fiola. (g)	160.20	160.20	160.20
W Agregado + fiola (g)	658.50	658.50	658.50
W Fiola + agregado + agua (g)	973.50	973.60	973.00
WO=Peso en el aire de la muestra secada al horno (g)	493.40	496.60	493.80
V=Volumen del frasco (cm <sup>3</sup> )	500.00	500.00	500.00
Va=Peso en (g) o volumen del agua añadida al frasco (g)	311.30	311.45	311.55
a. Peso específico de masa Pem=Wo/(V-Va)	2.61	2.62	2.62
b. Peso específico de masa saturada con superficie seca Pesss=500/(V-Va)	2.65	2.65	2.65
c. Peso específico aparente Pea=Wo/((V-Va)-(500-Wo))	2.71	2.71	2.71
d. Absorsión Abs=((500-Wo)/Wo)*100	1.34	1.30	1.26
	<b>Promedio Peso Específico de Masa (g/cm<sup>3</sup>) : 2.62</b>		
	<b>Promedio Peso Específico de Masa sss (g/cm<sup>3</sup>): 2.65</b>		
	<b>Promedio Peso Específico de Aparente (g/cm<sup>3</sup>): 2.71</b>		
	<b>Promedio absorción(%): 1.30</b>		

Sss: Saturado superficialmente seco; W: Peso

### I. Contenido de humedad del agregado fino y grueso

El ensayo de contenido de humedad de los agregados se realizó de acorde a la NTP 339.185, ASTM C-535.

**Tabla 51.** *Contenido de humedad del agregado fino.*

<b>ENSAYO N°</b>	<b>E - N° 1</b>	<b>E - N° 2</b>	<b>E - N° 3</b>
Peso de tara	766.00	795.00	735.00
Peso de tara + muestra húmeda	4893.00	4988.00	4901.00
Peso de tara + muestra seca	4790.00	4885.00	4796.00
Contenido de humedad (%)	2.11	2.06	2.14
<b>Promedio (W%):</b>	<b>2.10</b>		

**Tabla 52.** *Contenido de humedad del agregado grueso*

<b>ENSAYO N°</b>	<b>E - N°1</b>	<b>E - N°2</b>	<b>E - N° 3</b>
Peso de tara	735.00	795.00	775.00
Peso de tara + muestra húmeda	4556.00	5322.00	5788.00
Peso de tara + muestra seca	4542.00	5308.00	5769.00
Contenido de humedad (%)	0.37	0.31	0.33
<b>Promedio (W%):</b>	<b>0.30</b>		

### J. Peso específico y absorción del Agregado Grueso.

El ensayo de peso específico y absorción del agregado grueso se realizó de acorde a la NTP 400.21, ASTM C-127.

**Tabla 53.** *Peso específico del Agregado Grueso.*

<b>ENSAYO</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
W Malla + grava sumergida (g)	4095.00	4092.00	4095.00
W Malla Sumergida (g)	2222.00	2222.00	2222.00
A=Peso en el aire de la muestra seca al horno (g)	2970.00	2971.00	2970.00
B=Peso en el aire de la muestra saturada superficie seca (g)	3000.00	3000.00	3000.00
C=Peso en el agua de la muestra saturada (g)	1873.00	1870.00	1873.00
a. Peso específico de masa $P_e=A/(B-C)$	2.64	2.63	2.64
b. Peso específico de masa saturado con superficie seca $P_{ess}=B/(B-C)$	2.66	2.65	2.66
c. Peso específico aparente $P_{ea}=A/(A-C)$	2.69	2.70	2.69
d. Absorsion $Abs=((B-A)/A)*100$	1.01	0.98	1.01
<b>Promedio Peso Específico de Masa (g/ cm<sup>3</sup>): 2.63</b>			
<b>Promedio Peso Específico de Masa sss (g/ cm<sup>3</sup>): 2.66</b>			
<b>Promedio Peso Específico de Aparente (g/ cm<sup>3</sup>): 2.70</b>			
<b>Promedio de la absorción (%): 1.00</b>			

### K. Desgaste a la abrasión.

El ensayo para determinar el desgaste a la abrasión se realizó según la NTP 400.017, NTP 400.0119 / ASTM C -131

**Tabla 54.** Desgaste a la abrasión del agregado grueso.

<b>Gradación</b>	<b>Equipo Mecánico</b>	<b>N° de Esferas</b>	<b>Velocidad (rev./min)</b>	<b>N° de Revoluciones</b>	<b>Tamaño Máx. Nominal</b>	<b>Peso de la Muestra en (g)</b>
A	Máquina de los Ángeles	12	30 - 33	500.00	3/4"	5000.00
<b>N° DE ENSAYOS</b>				<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>
Peso Inicial de la muestra seca al horno (gr.)				5000	5000	5000
Peso retenido en la malla N° 12 Lavado y secado al horno en (g)				3658	3666	3663
% Desg. =(( Pi -Pf ) / Pi ) x 100				26.84	26.68	26.74
<b>% Desg. Promedio</b>				<b>26.75</b>		

## ANEXO 02: Ensayo de resistencia a la compresión axial

**Tabla 55.** Resistencia a compresión axial a la edad de 7 días para el concreto normal

ENSAYO N°	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CÓDIGO	CARGA DE ROURA (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIÁMETRO (cm)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA
1	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-01	35787	280	15.15	198.52	70.90%	3
2	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-02	35289	280	15.12	196.54	70.19%	6
3	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-03	35534	280	15.25	194.54	69.48%	3
4	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-04	31594	280	15.15	175.26	62.59%	2
5	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-05	35641	280	15.23	195.64	69.87%	6
6	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-06	32139	280	15.14	178.52	63.76%	5
7	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-07	33661	280	15.21	185.26	66.16%	5
8	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-08	35026	280	15.17	193.79	69.21%	5
9	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-09	31998	280	15.2	176.34	62.98%	3
10	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-10	32185	280	15.15	178.54	63.76%	3
11	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-11	34778	280	15.16	192.67	68.81%	3
12	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-12	35305	280	15.24	193.54	69.12%	5
13	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-13	35759	280	15.14	198.63	70.94%	6
14	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-14	31788	280	15.24	174.26	62.24%	3
15	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-15	31515	280	15.25	172.54	61.62%	3
16	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-16	35208	280	15.14	195.57	69.85%	5
17	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-17	33332	280	15.12	185.64	66.30%	3
18	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-18	34599	280	15.24	189.67	67.74%	3
19	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-19	35601	280	15.22	195.68	69.89%	5
20	11/12/2017	18/08/2017	7	C°P-20	35992	280	15.18	198.87	71.03%	6

**Tabla 56.** Resistencia a compresión axial a la edad de 7 días para el concreto envasado en seco

ENSAYO N°	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CÓDIGO	CARGA DE ROURA (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIÁMETRO (cm)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA
1	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-01	33261	280	15.24	182.34	65.12%	3
2	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-02	31632	280	15.16	175.24	62.59%	6
3	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-03	31541	280	15.17	174.51	62.33%	3
4	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-04	32607	280	15.25	178.52	63.76%	2
5	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-05	33349	280	15.14	185.24	66.16%	6
6	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-06	31184	280	15.24	170.95	61.05%	5
7	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-07	31718	280	15.25	173.65	62.02%	5
8	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-08	31799	280	15.2	175.24	62.59%	5
9	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-09	31278	280	15.16	173.28	61.89%	3
10	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-10	31788	280	15.18	175.64	62.73%	3
11	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-11	30675	280	15.23	168.38	60.14%	3
12	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-12	31746	280	15.17	175.64	62.73%	5
13	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-13	32115	280	15.2	176.98	63.21%	6
14	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-14	32765	280	15.24	179.62	64.15%	3
15	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-15	32262	280	15.25	176.63	63.08%	3
16	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-16	31297	280	15.18	172.93	61.76%	5
17	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-17	31003	280	15.17	171.53	61.26%	3
18	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-18	32036	280	15.24	175.62	62.72%	3
19	11/12/2017	18/12/2017	7	C°P-19	31269	280	15.23	171.64	61.30%	5
20	11/12/2017	18/08/2017	7	C°P-20	31272	280	15.16	173.25	61.88%	6

**Tabla 57.** Resistencia a compresión axial a la edad de 14 días para el concreto normal

ENSAYO N°	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CÓDIGO	CARGA DE ROTURA (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIÁMETRO (cm)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA
1	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-01	43491	280	15.15	241.26	86.16%	6
2	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-02	43808	280	15.17	242.38	86.56%	6
3	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-03	44850	280	15.24	245.87	87.81%	3
4	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-04	44076	280	15.22	242.26	86.52%	3
5	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-05	47266	280	15.2	260.48	93.03%	5
6	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-06	47689	280	15.17	263.85	94.23%	3
7	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-07	44232	280	15.15	245.37	87.63%	3
8	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-08	44144	280	15.25	241.68	86.31%	5
9	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-09	47428	280	15.23	260.34	92.98%	3
10	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-10	48807	280	15.2	268.97	96.06%	5
11	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-11	43322	280	15.14	240.64	85.94%	6
12	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-12	47029	280	15.16	260.54	93.05%	3
13	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-13	48311	280	15.22	265.54	94.84%	5
14	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-14	44065	280	15.25	241.25	86.16%	3
15	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-15	43904	280	15.24	240.68	85.96%	6
16	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-16	45086	280	15.14	250.44	89.44%	6
17	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-17	44080	280	15.18	243.56	86.99%	3
18	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-18	43432	280	15.15	240.93	86.05%	3
19	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-19	48893	280	15.25	267.68	95.60%	5
20	19/12/2017	02/01/2018	14	C°S-20	43491	280	15.15	241.26	86.16%	5

**Tabla 58.** Resistencia a compresión axial a la edad de 14 días para el concreto envasado en seco

ENSAYO N°	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CÓDIGO	CARGA DE ROURA (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	DIÁMETRO (cm)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA
1	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-01	40765	280	15.17	225.54	80.55%	3
2	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-02	42109	280	15.25	230.54	82.34%	3
3	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-03	42474	280	15.15	235.62	84.15%	3
4	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-04	41867	280	15.14	232.56	83.06%	5
5	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-05	42200	280	15.22	231.95	82.84%	5
6	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-06	41695	280	15.24	228.57	81.63%	3
7	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-07	42498	280	15.19	234.51	83.75%	6
8	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-08	41107	280	15.13	228.64	81.66%	3
9	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-09	41384	280	15.15	229.57	81.99%	5
10	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-10	41812	280	15.16	231.64	82.73%	3
11	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-11	42697	280	15.22	234.68	83.81%	6
12	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-12	41939	280	15.25	229.61	82.00%	3
13	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-13	42047	280	15.15	233.25	83.30%	6
14	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-14	42787	280	15.24	234.56	83.77%	3
15	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-15	40844	280	15.17	225.98	80.71%	3
16	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-16	41451	280	15.16	229.64	82.01%	5
17	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-17	42462	280	15.25	232.47	83.03%	3
18	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-18	42596	280	15.24	233.51	83.40%	3
19	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-19	42109	280	15.25	230.54	82.34%	3
20	13/12/2017	27/12/2017	14	C°P-20	41396	280	15.15	229.64	82.01%	5

**Tabla 59.** Resistencia a compresión axial a la edad de 28 días para el concreto normal

ENSAYO N°	FECHA DE FABRICACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CÓDIGO	CARGA DE ROTURA (Kg)	f'c (Kg/cm <sup>2</sup> )	ALTURA (cm)	PESO (g)	DIÁMETRO (cm)	RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL f'c DE DISEÑO	TIPO DE FALLA
1	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-01	59480	280	30.2	13004	15.2	327.79	117.07%	3
2	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-02	60874	280	30.24	12949	15.22	334.59	119.50%	3
3	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-03	56950	280	30.08	12896	15.14	316.34	112.98%	4
4	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-04	59690	280	30.14	12876	15.17	330.25	117.95%	5
5	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-05	58586	280	30.12	13037	15.16	324.57	115.92%	3
6	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-06	60449	280	30.18	12823	15.19	333.57	119.13%	2
7	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-07	57655	280	30.16	12933	15.18	318.57	113.78%	4
8	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-08	57597	280	30.24	12856	15.22	316.58	113.06%	6
9	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-09	61226	280	30.28	12909	15.24	335.64	119.87%	5
10	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-10	60360	280	30.25	12807	15.2	332.64	118.80%	3
11	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-11	57959	280	30.29	13108	15.22	318.57	113.78%	3
12	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-12	57747	280	30.33	13045	15.24	316.57	113.06%	3
13	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-13	57502	280	29.9	12817	15.23	315.64	112.73%	5
14	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-14	60870	280	30.29	12905	15.22	334.57	119.49%	4
15	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-15	61863	280	30.31	12991	15.23	339.58	121.28%	2
16	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-16	57160	280	30.19	12856	15.17	316.25	112.95%	5
17	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-17	57650	280	29.85	13071	15.18	318.54	113.76%	5
18	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-18	60988	280	30.23	12944	15.19	336.54	120.19%	3
19	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-19	57866	280	30.31	12828	15.23	317.64	113.44%	4
20	28/12/2017	18/01/2018	28	C°S-20	57276	280	30.25	12853	15.2	315.64	112.73%	3

**Tabla 60.** Resistencia a compresión axial a la edad de 28 días para el concreto envasado en seco

ENSA YO N°	FECHA DE FABRICA CIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD (días)	CÓDIG O	CARGA DE ROTURA (Kg)	f <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )	ALTU RA (cm)	PESO (g)	DIÁME TRO (cm)	RESISTE NCIA MÁXIMA (Kg/cm <sup>2</sup> )	% OBTENIDO DEL f <sub>c</sub> DE DISEÑO	TIPO DE FALLA
1	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-01	58165	280	30.1	12815	15.2	320.54	114.48%	3
2	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-02	57460	280	29.85	13103	15.15	318.75	113.84%	3
3	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-03	58062	280	29.9	12802	15.17	321.24	114.73%	3
4	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-04	53959	280	30.1	12906	15.12	300.52	107.33%	5
5	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-05	53946	280	30.17	12913	15.1	301.24	107.59%	5
6	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-06	55039	280	30.14	12964	15.22	302.52	108.04%	3
7	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-07	58269	280	30.16	12972	15.23	319.85	114.23%	6
8	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-08	58654	280	30.18	12803	15.24	321.54	114.84%	3
9	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-09	55534	280	30.14	12777	15.22	305.24	109.01%	5
10	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-10	56758	280	30.18	13076	15.24	311.15	111.13%	3
11	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-11	56283	280	30.16	12828	15.23	308.95	110.34%	6
12	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-12	55388	280	30.1	12887	15.2	305.24	109.01%	3
13	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-13	55617	280	30.1	13110	15.2	306.5	109.46%	6
14	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-14	54954	280	30.12	12771	15.21	302.45	108.02%	3
15	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-15	54806	280	30.14	13028	15.22	301.24	107.59%	3
16	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-16	54687	280	30.04	13108	15.17	302.57	108.06%	5
17	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-17	55388	280	30.1	12856	15.2	305.24	109.01%	3
18	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-18	58156	280	30.06	13094	15.18	321.34	114.76%	3
19	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-19	58601	280	30.12	12855	15.21	322.52	115.19%	3
20	29/12/2017	19/01/2018	28	C°P-20	54717	280	30.1	12972	15.2	301.54	107.69%	5

**ANEXO 03: Ensayo de flexión****Tabla 61.** Resistencia a flexión a la edad de 28 días para el concreto envasado en seco

<b>N° DE ENSAYO</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>EDAD (días)</b>	<b>CARGA DE ROTURA (Kg)</b>	<b>f'c (Kg/cm2)</b>	<b>L (cm)</b>	<b>b (cm)</b>	<b>d (cm)</b>	<b>RESISTENCIA MÁXIMA (Kg/cm2)</b>
1	CP - 01	28	1700	280	45.00	15.00	15.00	34.00
2	CP - 02	28	1750	280	45.00	15.10	15.10	34.31
3	CP - 03	28	1650	280	45.00	14.89	15.11	32.76
4	CP - 04	28	1680	280	45.00	15.00	15.01	33.56
5	CP - 05	28	1620	280	45.00	14.94	15.02	32.44
6	CP - 06	28	1650	280	45.00	15.00	15.02	32.91
7	CP - 07	28	1550	280	45.00	15.03	15.01	30.90
8	CP - 08	28	1625	280	45.00	15.02	15.01	32.41
9	CP - 09	28	1590	280	45.00	15.00	15.02	31.72
10	CP - 10	28	1680	280	45.00	14.95	15.02	33.62

**ANEXO 04: Certificado de laboratorio de materiales de la universidad Nacional de Cajamarca.**



**Universidad Nacional de Cajamarca**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

*Departamento Académico de Ciencias de la Ingeniería*



EL DIRECTOR DEL DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, DEJA :

**CONSTANCIA:**

Que, el joven GOICOCHEA INFANTE DEYVY JAVIER, Bachiller de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, **ha realizado sus ensayos en el Laboratorio de Ensayo de Materiales** de la Facultad de Ingeniería de la UNC, para la Tesis Titulada "ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO DOSIFICADO, MEZCLADO Y ENVASADO EN SECO PARA UN F'C=280 KG/cm<sup>2</sup>, CON EL CONCRETO NORMAL ELABORADO EN OBRA". Dichos ensayos se realizaron del 23 de noviembre del 2017 al 23 de marzo de 2018.

Se expide la presente, para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 07 de mayo de 2018.



**ANEXO 05: Ficha técnica del cemento utilizado.**



**CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.**

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima  
Carretera Panamericana Norte Km. 666 Pacasmayo - La Libertad  
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04  
Versión 03

**CEMENTO ANTISALITRE      NUEVA FÓRMULA      FORTIMAX3**

**Cemento Portland Tipo MS (MH) ( R)**

**Conforme a la NTP 334.082 / ASTM C1157 Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017**

PROPIEDADES FISICAS		CPSAA	Requisito NTP 334.082 / ASTM C1157
Contenido de Aire	%	<b>6</b>	NO ESPECIFICA
Expansión en Autoclave	%	<b>0.07</b>	Máximo 0.80
Superficie Específica	cm <sup>2</sup> /g	<b>4210</b>	NO ESPECIFICA
Retenido M325	%	<b>3.8</b>	NO ESPECIFICA
Densidad	g/mL	<b>3.00</b>	NO ESPECIFICA
<b>Resistencia Compresión:</b>			
Resistencia Compresión a 3días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	20.9 (213)	Mínimo 11.0 (Mínimo 112)
Resistencia Compresión a 7días	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	29.4 (300)	Mínimo 18.0 (Mínimo 184)
Resistencia Compresión a 28días (*)	MPa (Kg/cm <sup>2</sup> )	39.5 (403)	Mínimo 28.0 (Mínimo 286)
<b>Tiempo de Fraguado Vicat:</b>			
Fraguado Inicial	min	<b>171</b>	Mínimo 45
Fraguado Final	min	<b>298</b>	Máximo 420
Expansión Barra de Mortero Edad 14 días	%	<b>0.007</b>	Máximo 0.020
Expansión por Sulfato Edad 6 meses	%	<b>0.024</b>	Máximo 0.10
Calor de Hidratación a 7 Días	Kcal/Kg	<b>70</b>	Máximo 70
<b>Opción R: Baja reactividad con agregados álcali-sílice reactivos:</b>			
Expansión a 14 días	%	<b>0.018</b>	Máximo 0.020
Expansión a 56 días	%	<b>0.040</b>	Máximo 0.060

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-17 al 31-08-17.

La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.

La expansión de la barra del mortero corresponde al mes de Julio 2017.

La expansión por sulfatos a 6 meses corresponde al mes de febrero 2017.

El calor de hidratación corresponde al mes de Julio 2017.

Opción R (14 días) corresponde al mes de junio 2017.

Opción R (56 días) corresponde al mes de abril 2017.

(\*) Requisito opcional.

**Ing. Gabriel G. Mansilla Fiestas**  
**Superintendente de Control de Calidad**

**Solicitado por:**

**Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.**

Está totalmente prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Cementos Pacasmayo S.A.A.

**ANEXO 06: Panel fotográfico**



**Figura 24.** Peso unitario del agregado grueso



**Figura 25.** Peso unitario del agregado fino



**Figura 26.** Ensayo de peso específico del agregado fino



**Figura 27.** Ensayo de abrasión



**Figura 28.** Proceso de mezclado.



**Figura 29.** Enrasado de los especímenes cilíndricos



**Figura 30.** Materiales para la elaboración de la mezcla



**Figura 31.** Llenado y compactación de probetas.



**Figura 32.** Registro del diámetro de los especímenes de concreto.



**Figura 33.** Falla de los especímenes de concreto al ser ensayados a compresión axial.



**Figura 34.** Ensayo a la compresión axial.



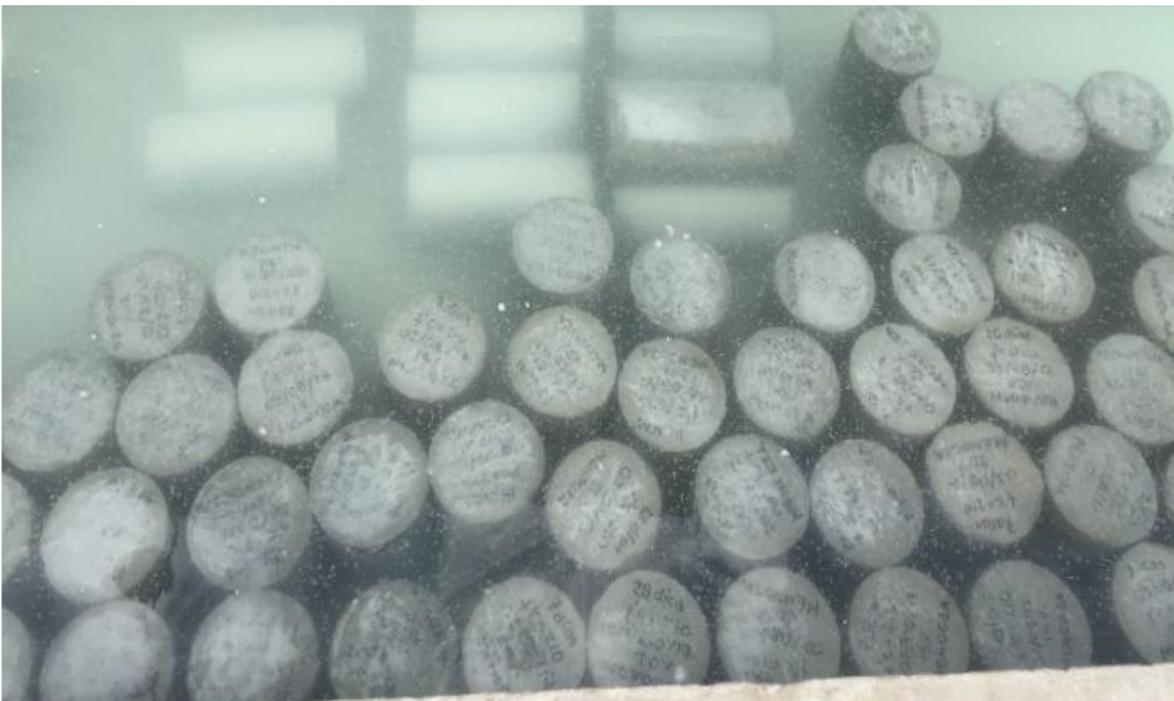
**Figura 35.** Especímenes prismáticos para ser ensayados a flexión.



**Figura 36.** Concreto mezclado y envasado en seco



**Figura 37.** Concreto envasado en seco



**Figura 38.** Curado de los especímenes cilíndricos de concreto