



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



**“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE CONCRETOS  
AUTOCOMPACTANTES CON AGREGADOS ARTIFICIALES  
PARA  $F'C=210 \text{ KG/CM}^2$ ,  $F'C=280 \text{ KG/CM}^2$ ,  $F'C=315 \text{ KG/CM}^2$  EN  
PUNO 2018”**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**HERBERT SILVIO AQUINO CARREÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PUNO – PERÚ**

**2021**



## DEDICATORIA

*A mí querida madre Magaly, por todo el cariño y paciencia, por el apoyo incondicional  
de querer hacer de mí una mejor persona.*

*A mis amigos Paul, Olger, Jonathan, Andy quienes fueron de un gran apoyo  
durante el tiempo en que se elaboraba la presente tesis.*



## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Del Altiplano por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional y así poder escalar un peldaño más, en el campo del conocimiento

A mis jurados, Ing. Emilio Castillo Aroni, Ing. Zenón Mellado Vargas, Ing Guillermo Nestor Fernandez Sila; que gracias a sus conocimientos, experiencias y sus sabios consejos para poder hacer de este trabajo una mejor versión.

A mi asesor de tesis Dr. Samuel Huaquisto Cáceres, por las orientaciones, recomendaciones y la supervisión de la presente investigación y sobre todo la confianza brindada.

Al laboratorio de Construcciones y laboratorio de Mecánica de Suelos, de nuestra facultad, al Ing. Gino Laque Cordova así como también a los técnicos Ing. Yvanni Aragon e Ing Deywid Marrón, por su constante apoyo y colaboración en la realización de este trabajo experimental.

De igual forma agradezco también a aquellas personas que me apoyaron siempre, a mis compañeros y amigos de la EPIC, por compartir sus conocimientos, experiencias y anécdotas hacia mi persona.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN .....	15
ABSTRACT.....	16

### CAPITULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.1.1. Problema General.....	18
1.1.2. Problemas Específicos .....	18
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	18
1.3. HIPÓTESIS .....	19
1.3.1. Hipótesis General.....	19
1.3.2. Hipótesis Específicas .....	19
1.4. OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	19
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	20

### CAPITULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES .....	21
2.1.1. Antecedentes Nacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes Extranjeros .....	25
2.2. EL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.....	28
2.2.1. Componentes del Concreto.....	28
2.2.2. Propiedades del Concreto Autocompactante.....	30
2.3. ADITIVOS.....	31
2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	32
2.4.1. Análisis Estadístico .....	32
2.4.2. Prueba de Hipótesis .....	35



### CAPITULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ENSAYOS REALIZADOS EN LOS AGREGADOS .....	38
3.2. MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA .....	62
3.3. MÉTODOS DE ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES .....	64
3.4. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE.....	70
3.4.1. Los Materiales .....	71
3.4.2. Procedimiento del Diseño de Mezcla .....	73
3.4.3. Proporción de la Mezcla Definida .....	79
3.5. ELABORACIÓN DEL CONCRETO .....	80
3.5.1. Elaboración de Probetas Cilíndricas.....	82
3.5.2. Curado de los Especímenes .....	83
3.6. ENSAYOS REALIZADOS .....	84
3.6.1. Ensayos en Estado Fresco del Concreto .....	84
3.6.2. Ensayos en Estado Endurecido del Concreto .....	88

### CAPITULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO.....	90
4.1.1. Resistencia a Compresión de Testigos Cilíndricos $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	90
4.1.2. Resistencia a Compresión de Testigos Cilíndricos $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	93
4.1.3. Resistencia a Compresión de Testigos Cilíndricos $f^c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	96
4.1.4. Discusión de los Resultados de Resistencia a Compresión.....	99
4.2. ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO .....	101
4.2.1 Ensayo de Asentamiento del Concreto Patrón .....	101
4.2.2. Ensayo de Ecurrimiento .....	102
4.2.3. Ensayo Embudo en V .....	105
4.2.4. Ensayo Caja en L.....	106
4.3. ANÁLISIS DE COSTOS.....	107
4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	117
4.4.1. Concreto Patrón $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	117
4.4.2. Concreto Patrón $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0 % .....	118
4.4.3. Concreto Patrón $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5% .....	119
4.4.4. Concreto Patrón $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 2.5 % .....	120



4.4.5. Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	121
4.4.6. Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0 % .....	122
4.4.7. Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5 % .....	123
4.4.8. Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 2.5 % .....	124
4.4.9. Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	125
4.4.10. Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0 % .....	126
4.4.11. Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5 % .....	127
4.4.12. Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 2.5 % .....	128
<b>4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS</b> .....	<b>129</b>
4.5.1. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0% .....	129
4.5.2. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5% .....	130
4.5.3. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 2.5% .....	131
4.5.4. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0% .....	133
4.5.5. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5% .....	134
4.5.6. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 2.5% .....	135
4.5.7. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0% .....	137
4.5.8. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5% .....	138
4.5.9. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 2.5% .....	139
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	<b>141</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>143</b>
<b>VII. REFERENCIAS</b> .....	<b>145</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>148</b>
ANEXO 01: ASTM C 192/ C 192 M-06 (PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA FABRICACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL LABORATORIO) .....	149



ANEXO 02:	ASTM C 39/ C 39 M-14 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO).....	158
ANEXO 03:	CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO. ....	166
ANEXO 04:	DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	168
ANEXO 05:	TABLAS ESTADÍSTICAS.....	181
ANEXO 06:	HOJA TÉCNICA SIKA VISCOCRETE 1110.....	183
ANEXO 07:	CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES. ....	186
ANEXO 08:	CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES. ....	189
ANEXO 09:	CERTIFICADO DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGREGADO FINO.....	191
ANEXO 10:	DISEÑO DE MEZCLAS. ....	193
ANEXO 11:	PANEL FOTOGRAFICO .....	205
ANEXO 12:	PRECIO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKA VISCOCRETE 1110 PE .....	211

**Tema :** La tecnología de los materiales en la construcción

**Área :** Construcciones

**Línea de Investigación:** Construcciones y Gerencia

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 16 de marzo de 2021.**



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1: Planta procesadora de piedra chancada .....	38
Figura 3.2: Cuarteo del agregado fino .....	40
Figura 3.3: Curva granulométrica agregado fino .....	41
Figura 3.4: Arena superficialmente seca.....	45
Figura 3.5: Medición de las dimensiones del molde cilíndrico .....	46
Figura 3.6: Llenado del molde 15x30.....	48
Figura 3.7: Apisonado del agregado fino por capas .....	48
Figura 3.8: Ensayo impurezas orgánicas. ....	50
Figura 3.9: Comparación de colores. ....	51
Figura 3.10: Requerimientos de Granulometría del Agregado Grueso. ....	53
Figura 3.11: Cuarteo del agregado grueso. ....	54
Figura 3.12: Tamizado agregado grueso.....	55
Figura 3.13: Peso de la canastilla con agregado grueso sumergido en agua. ....	57
Figura 3.14: Apisonado del agregado grueso por capas. ....	59
Figura 3.15: Ensayo de Abrasión de Los Ángeles.....	60
Figura 3.16: Dimensiones y Montaje del ensayo de escurrimiento .....	65
Figura 3.17: Dimensiones Caja L. ....	67
Figura 3.18: Ensayo Caja L. ....	68
Figura 3.19: Dimensiones Embudo en V.....	69
Figura 3.20: Compra de Aditivo Sika Viscocrete 1110.....	73
Figura 3.21: Apisonado de la mezcla de agregados.....	77
Figura 3.22: Mezclado de materiales.....	81
Figura 3.23: Embadurnamiento de moldes metálicos.....	82
Figura 3.24: Vaciado en moldes metálicos.....	83





Figura 3.25: Curado de Probetas a temperatura ambiente. ....	84
Figura 3.26: Ensayo de asentamiento cono de Abrams. ....	85
Figura 3.27: Equipo ensayo de escurrimiento. ....	86
Figura 3.28: Medición del diámetro alcanzado. ....	86
Figura 3.29: Equipo Embudo en V. ....	87
Figura 3.30: Vaciado de concreto en el equipo. ....	87
Figura 3.31: Ensayo Caja L. ....	88
Figura 3.32: Ensayo de resistencia a compresión. ....	89
Figura 4.1: Diagrama de Barras para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	92
Figura 4.2: Diagrama de barras para $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	95
Figura 4.3: Diagrama de barras para $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	98
Figura 4.4: Evaluación del costo unitario de materiales para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	110
Figura 4.5: Evaluación del costo unitario de materiales para $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	112
Figura 4.6: Evaluación del costo unitario de materiales para $f'c= 315 \text{ kg/cm}^2$ .....	115



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Desviación Estándar y Coeficiente de Variación. ....	34
Tabla 2.2: Distribucion T Student.....	36
Tabla 3.1: Análisis Granulométrico del Agregado Fino.....	40
Tabla 3.2: Contenido de humedad de los agregados .....	42
Tabla 3.3: Gravedad específica y Absorción .....	45
Tabla 3.4: Peso unitario suelto y compactado .....	49
Tabla 3.5: Granulometría Agregado Grueso.....	55
Tabla 3.6: Datos del ensayo de contenido de humedad.....	56
Tabla 3.7: Resultados del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado .....	58
Tabla 3.8: Peso unitario suelto y compactado .....	59
Tabla 3.9: Granulometría de las muestras de ensayo.....	61
Tabla 3.10: Valores de ensayo University College London .....	64
Tabla 3.11: Recomendaciones de la EFNARC para el ensayo de Ecurrimiento .....	66
Tabla 3.12: Especificaciones y Directrices según EFNARC.....	71
Tabla 3.13: Propiedades Agregado Grueso y Fino .....	72
Tabla 3.14: Clases de mezcla según su asentamiento.....	74
Tabla 3.15: Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire.....	75
Tabla 3.16: Resistencia Promedio .....	76
Tabla 3.17: Relación agua-cemento.....	76
Tabla 3.18: Peso unitario compactado de la mezcla de agregados .....	78
Tabla 3.19: Diseño de mezclas para $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ . ....	79
Tabla 3.20: Diseño de mezclas para $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	79
Tabla 3.21: Diseño de mezclas para $f'c= 315 \text{ kg/cm}^2$ . ....	80
Tabla 4.1: Resistencia a compresión concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	90



Tabla 4.2: Resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.0% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .	91
Tabla 4.3: Resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.5% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .	91
Tabla 4.4: Resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 2.5% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .	92
Tabla 4.5: Resistencia a Compresión Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	93
Tabla 4.6: Resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.0% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	94
Tabla 4.7: Resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.5% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	94
Tabla 4.8: Resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 2.5% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	95
Tabla 4.9: Resistencia a compresión CP $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	96
Tabla 4.10: Resistencia a compresión CP + aditivo 1.0% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	97
Tabla 4.11: Resistencia a compresión CP + aditivo 1.5% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	97
Tabla 4.12: Resistencia a compresión CP + aditivo 2.5% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	98
Tabla 4.13: Datos de asentamiento para concreto patrón. ....	101
Tabla 4.14: Datos de escurrimiento para concreto autocompactante $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .	102
Tabla 4.15: Datos de escurrimiento para concreto autocompactante $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	103
Tabla 4.16: Datos de escurrimiento para concreto autocompactante $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .	104
Tabla 4.17: Tiempo de descarga para concreto autocompactante $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . ....	105
Tabla 4.18: Tiempo de descarga para concreto autocompactante $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	105
Tabla 4.19: Tiempo de descarga para concreto autocompactante $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ . ....	106
Tabla 4.20: Datos de ensayo de caja L. ....	107
Tabla 4.21: Costo unitario de materiales para CP $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ . ....	108
Tabla 4.22: Costo unitario de materiales CP + aditivo 1.0% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	108
Tabla 4.23: Costo unitario de materiales CP + aditivo 1.5% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	109
Tabla 4.24: Costo unitario de materiales CP + aditivo 2.5% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	109
Tabla 4.25: Resumen costo unitario de materiales. ....	109
Tabla 4.26: Costo unitario de materiales para CP $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	111



Tabla 4.27: Costo unitario de materiales CP + aditivo 1.0% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	111
Tabla 4.28: Costo unitario de materiales CP + aditivo 1.5% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	111
Tabla 4.29: Costo unitario de materiales CP + aditivo 2.5% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	112
Tabla 4.30: Resumen costo unitario de materiales. ....	112
Tabla 4.31: Costo unitario de materiales para CP $f'c= 315 \text{ kg/cm}^2$ . ....	113
Tabla 4.32: Costo unitario de materiales CP + aditivo 1.0% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	114
Tabla 4.33: Costo unitario de materiales CP + aditivo 1.5% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	114
Tabla 4.34: Costo unitario de materiales CP + aditivo 2.5% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	114
Tabla 4.35: Resumen costo unitario de materiales. ....	115
Tabla 4.36: Análisis estadístico CP $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	117
Tabla 4.37: Análisis estadístico CP + aditivo 1.0% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	118
Tabla 4.38: Análisis estadístico CP + aditivo 1.5% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	119
Tabla 4.39: Análisis estadístico CP + aditivo 2.5% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	120
Tabla 4.40: Análisis estadístico CP $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	121
Tabla 4.41: Análisis estadístico CP + aditivo 1.0% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	122
Tabla 4.42: Análisis estadístico CP + aditivo 1.5% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	123
Tabla 4.43: Análisis estadístico CP + aditivo 2.5% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	124
Tabla 4.44: Análisis estadístico CP $f'c= 315 \text{ kg/cm}^2$ . ....	125
Tabla 4.45: Análisis estadístico CP + aditivo 1.0% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	126
Tabla 4.46: Análisis estadístico CP + aditivo 1.5% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	127
Tabla 4.47: Análisis estadístico CP + aditivo 2.5% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .....	128
Tabla 4.48: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 1.0% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . ....	129
Tabla 4.49: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 1.5% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . ....	130
Tabla 4.50: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 2.5% $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . ....	131
Tabla 4.51: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 1.0% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	133



Tabla 4.52: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 1.5% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . .....	134
Tabla 4.53: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 2.5% $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . .....	135
Tabla 4.54: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 1.0% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ . .....	137
Tabla 4.55: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 1.5% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ . .....	138
Tabla 4.56: Parámetros de interés CP y CP + aditivo 2.5% $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ . .....	139



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

<b>CP</b>	:	Concreto Patrón.
<b>CP-210</b>	:	Concreto Patrón ( $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> ).
<b>CP-280</b>	:	Concreto Patrón ( $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> ).
<b>CP-315</b>	:	Concreto Patrón ( $f'c=315$ kg/cm <sup>2</sup> ).
<b><math>f'c</math></b>	:	Resistencia a la compresión del concreto, kg/cm <sup>2</sup> .
<b>R</b>	:	Módulo de ruptura del concreto (Resistencia a la flexión), kg/cm <sup>2</sup> .
<b><math>\bar{X}</math></b>	:	Media aritmética muestral.
<b><math>S^2</math></b>	:	Varianza.
<b>S</b>	:	Desviación estándar.
<b><math>H_0</math></b>	:	Hipótesis nula.
<b><math>H_1</math></b>	:	Hipótesis alternativa.
<b><math>\alpha</math></b>	:	Nivel de significancia.
<b>tp</b>	:	Estadístico de prueba.
<b>W%</b>	:	Contenido de humedad
<b>TM</b>	:	Tamaño máximo del agregado.
<b>TMN</b>	:	Tamaño máximo nominal del agregado.
<b><math>m_f</math></b>	:	Módulo de fineza del agregado fino.
<b><math>m_g</math></b>	:	Módulo de fineza del agregado grueso.
<b>a/c</b>	:	Relación agua/cemento.
<b>ACI</b>	:	American Concrete Institute.
<b>ASTM</b>	:	American Society of Testing Materials.
<b>NTP</b>	:	Norma técnica peruana.



## RESUMEN

La presente investigación se centró en la evaluación de la resistencia de concreto compactante utilizando agregados artificiales para resistencias  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ , para lo cual se evaluó la variación del comportamiento del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido en función a la dosis de 1%, 1.5%, 2.5% de aditivo superplastificante (Sika Viscocrete 1110). Se elaboraron 108 probetas para resistencias  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ ; de las cuales 27 probetas son de concreto patrón que en su composición no contiene ninguna adición de aditivo; 27 probetas con un porcentaje de aditivo de 1.0%; 27 probetas con un porcentaje de aditivo de 1.5%; 27 probetas con un porcentaje de aditivo de 2.5%. El diseño de mezclas se realizó tomando en cuenta el reporte del comité 237 del Instituto Americano del Concreto, así como las Directrices Europeas para Concreto Autocompactante (EFNARC) y por el método general de Okamura. Se obtuvo como resultados que la incorporación de aditivo en el diseño de mezcla del concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  de resistencia a la compresión a los 28 días es  $247.91 \text{ kg/cm}^2$ ,  $271.26 \text{ kg/cm}^2$ ,  $222.07 \text{ kg/cm}^2$  para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ;  $337.82 \text{ kg/cm}^2$ ,  $380.78 \text{ kg/cm}^2$ ,  $294.59 \text{ kg/cm}^2$  para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ;  $402.54 \text{ kg/cm}^2$ ,  $450.51 \text{ kg/cm}^2$ ,  $340.39 \text{ kg/cm}^2$  para  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ , para dosis de aditivo de 1.0%, 1.5% y 2.5% respectivamente. Concluyendo que la resistencia de concretos autocompactante mejora significativamente utilizando agregados artificiales para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  con dosis de aditivo de 1.0% y 1.5% y para una dosis de 2.5% la mejora no es significativa.

**Palabras Clave:** Concreto, autocompactante, agregados artificiales, resistencia a compresión, aditivo, superplastificante.



## ABSTRACT

This research focused on the evaluation of the strength of compacting concrete using artificial aggregates for  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ , for which the variation was evaluated of the behavior of self-compacting concrete in a fresh and hardened state based on the dose of 1%, 1.5%, 2.5% of superplasticizer additive (Sika Viscocrete 1110). 108 test tubes were made for resistance  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ ; of which 27 specimens are made of concrete that does not contain any additive additions in its composition; 27 specimens with an additive percentage of 1.0%; 27 specimens with an additive percentage of 1.5%; 27 specimens with an additive percentage of 2.5%. The mix design was carried out taking into account the report of committee 237 of the American Concrete Institute as well as the European Guidelines for Self-Compacting Concrete (EFNARC) and by the general Okamura method. It was obtained as results that the incorporation of additive in the mix design of the standard concrete  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  at compressive strength at 28 days is  $247.91 \text{ kg/cm}^2$ ,  $271.26 \text{ kg/cm}^2$ ,  $222.07 \text{ kg/cm}^2$  for  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ;  $337.82 \text{ kg/cm}^2$ ,  $380.78 \text{ kg/cm}^2$ ,  $294.59 \text{ kg/cm}^2$  for  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ ;  $402.54 \text{ kg/cm}^2$ ,  $450.51 \text{ kg/cm}^2$ ,  $340.39 \text{ kg/cm}^2$  for  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2$ , for additive doses of 1.0%, 1.5% and 2.5% respectively. Concluding that the strength of self-compacting concrete improves using artificial aggregates for  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  and  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2$  with additive doses of 1.0% and 1.5% and for a dose of 2.5% the improvement is not significant.

**Keywords:** Concrete, self-compacting, artificial aggregates, compressive strength, additive, superplasticizer.





# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales problemas que se registra en el proceso constructivo se ha notado al momento de vaciar concreto en estructuras densamente armadas. A pesar de un buen vibrado, muchas de las partículas más gruesas y las vacuolas producidas por la evaporación de agua creaban vacíos que perturbaban la homogeneidad del vaciado. Esto ocasionaba la necesidad de plantearse el empleo de un concreto más fluido, pero sacrificando la resistencia del mismo.

Con los años se comenzaron a desarrollar alternativas de solución, siendo la del profesor Hajima Okamura una de las primeras soluciones. Se trataba de una mezcla que era capaz de fluir en el interior del encofrado, rellenándolo de forma automática, pasando entre el reforzamiento y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso. A dicha solución se le denominó Concreto Autocompactante.

En los países del primer mundo se ha usado ampliamente el Concreto Autocompactante, con resultados que optimizaron la construcción de estructuras, reduciendo el tiempo de vibrado. Sin embargo, esta tecnología aún no ha sido normada en nuestro medio. Cuando muchas de las estructuras de nuestro país sufren de oquedades y dependen mucho del vibrado que realice la mano de obra contratada.

En este contexto, la creciente demanda de edificaciones en el país y, especialmente, en la región de Puno, ha orillado a todos los involucrados en la construcción de edificaciones a mejorar sus procedimientos y materiales.

Con el fin de contribuir a un mejor diseño y proceso constructivo, el Concreto Autocompactante se presenta como una alternativa, ya verificada en otros países, que puede ser estudiada para el empleo en nuestro medio, mejorando significativamente los



tiempos de construcción y su calidad. Asimismo, para este fin, esta investigación plantea evaluar la resistencia para concretos  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  a base de agregados artificiales.

### **1.1.1. Problema General**

- ¿Cuál es la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ ?

### **1.1.2. Problemas Específicos**

- ¿Cuál es el diseño de mezclas adecuado para la elaboración de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  de la región de Puno?
- ¿Cuál es la resistencia a compresión simple para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  del concreto autocompactante?
- ¿Cuál es el asentamiento de acuerdo a especificaciones técnicas para el concreto autocompactante?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

Con el transcurrir de los años el concreto ha evolucionado, la aparición de nuevos aditivos contribuyó en dar soluciones a los distintos problemas que afectan los procesos constructivos de edificaciones, el aditivo superplastificante SIKA VISCOCRETE 1110 PE ha sido empleado para mejorar las propiedades en fresco del concreto, en tal medida su uso en el concreto autocompactante mejora las propiedades del concreto para su vaciado en el encofrado.

Dado que el concreto autocompactante es un material que ofrece una elevada trabajabilidad, éste debe ser manipulado de forma adecuada de modo que se pueda asegurar su correcto desempeño, el cual tiene la capacidad de llenar completamente y sin



segregación la forma del encofrado y lograr consolidarse sin la necesidad de aplicar energía de vibración.

Con la presente investigación se busca evaluar las características del concreto autocompactante para estado sólido como en fresco a resistencias de diseño de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup>, para dosis de aditivo de 1.0%, 1.5%, 2.5% del peso de cemento y así obtener valores óptimos de la cantidad de aditivo adecuada para el buen comportamiento del concreto autocompactante.

### **1.3. HIPÓTESIS**

#### **1.3.1. Hipótesis General**

- La resistencia de concretos autocompactante mejora significativamente utilizando agregados artificiales para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup> de la región Puno.

#### **1.3.2. Hipótesis Específicas**

- Los diseños de mezclas son los adecuados al ser sometidos al ensayo de compresión simple utilizando agregados artificiales para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup> de la región de Puno.
- La adición de aditivo superplastificante mejora la resistencia del concreto a la edad de 28 días.
- La adición de aditivo superplastificante optimiza la trabajabilidad del concreto fresco.

### **1.4. OBJETIVOS DE ESTUDIO**

#### **1.4.1. Objetivo General**

- Evaluación de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en la región de Puno, 2018.



### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el diseño de mezclas adecuado para la elaboración de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup> de la región de Puno.
- Analizar la resistencia a compresión simple para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup> del concreto autocompactante.
- Evaluar el asentamiento de acuerdo a especificaciones técnicas para el concreto autocompactante.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES

##### 2.1.1. Antecedentes Nacionales

Ramos Ito & Ramos Huaman (2012), en su tesis “Costos y beneficios del concreto autocompactante con respecto al concreto convencional y su evaluación en elementos estructurales (columnas esbeltas y nudos) Puno 2011”; considera como objetivo determinar el beneficio logrado en la resistencia a la compresión del concreto autocompactante con respecto al concreto convencional, utilizando agregados naturales de la cantera Cutimbo, concluyendo que la resistencia alcanzada por un concreto autocompactante en comparación a la resistencia que alcanza un concreto convencional a los 28 días con un curado sumergido, muestra un aumento significativo del 12% para una resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para un porcentaje de aditivo de 1.6%.

Rabanal Gonzales & Su Chaqui (2017), en su tesis “Diseño de un concreto autocompactable”; considera como objetivo diseñar un concreto autocompactable para mejorar la calidad de las estructuras de concreto en grandes proyectos de edificación utilizando aditivos superplastificantes, se establecieron las relaciones de agua y cemento de baja proporción en un rango de 0.25 a 0.45, se comprobó que el concreto autocompactante varía en un 19% del concreto convencional con lo que respecta a su evaluación económica, el ensayo a resistencia a la compresión de testigos cilíndricos para una resistencia de  $f'c=500 \text{ kg/cm}^2$  a los 7, 14 y 28 días dio como resultado  $719.72 \text{ kg/cm}^2$ ,  $736 \text{ kg/cm}^2$ ,  $771.57 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente con un porcentaje de aditivo del 1.5%.

Choquenaira Paccosoncco (2013), en su tesis “Diseño de concreto autocompactante con agregado angular y sub-redondeado utilizando aditivos de las



marcas Chema, Sika y Euco, en la ciudad de Arequipa – 2013”; considera como objetivo diseñar un concreto autocompactable a partir de diseños de concreto convencionales con la incorporación de aditivos y utilización de agregados angulares y redondeados. Para el diseño de concreto autocompactante se utilizaron los métodos ACI, método de Walker y el método de Okamura de los cuales todos cumplieron sus diseños al ser sometidos a ensayos de compresión, mientras que al ser sometidos en estado fresco el que mejor comportamiento tuvo para un concreto autocompactante fue el diseño por el método de Okamura.

Santa Cruz Noriega & Alayza Valenzuela (2014), en su investigación “Diseño y Control del concreto autocompactante en el Valle del Mantaro” tuvo como objetivo general diseñar mezclas de concreto autocompactante que permitan mejorar los procesos constructivos en el Valle del Mantaro, estudiando el comportamiento y la reología de la mezcla de concreto fluidas, así como los procedimientos de diseño de las instituciones EFNARC y ACI, en la investigación evaluaron el comportamiento del concreto con el aditivo superplastificante Glenium 4700R y utilizando como material cementicio el cemento Andino Portland Tipo I, se vio que la dosificación del aditivo se obtiene dependiendo de la relación  $a/c$ , se observa que para relaciones de  $a/c$  de 0.40 y 0.45 es de 1.5% de aditivo y para relaciones  $a/c$  de 0.50, el punto de saturación del aditivo es de 2% del peso del cemento. Se recomienda que para relaciones  $a/c$  entre 0.40 y 0.45 se utilice como máximo 1.5% y para relaciones  $a/c = 0.50$  se utilice como máximo 2.0%, si se pasa este porcentaje el concreto produce alteraciones de fragua y aumento de segregación.

Molina Segura & Saldaña Pacheco (2014), en su tesis “Influencia del aditivo hiperplastificante Plastol 200 Ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido” considera como objetivo principal determinar la dosis del aditivo hiperplastificante Plastol 200 Ext. a base de policarboxilatos, en las propiedades



del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido, partiendo de un diseño patrón y de seis diseños diferentes dosis del aditivo Plastol 200 Ext que son (1%, 1.2%, 1.5%, 1.8%, 2.0%, 2.2%) concluye que la mezcla de concreto autocompactante con dosis de aditivos de 1.2% es la que presenta mayor resistencia a la compresión de 216, 288 y 418 kg/CM<sup>2</sup> a los 3, 7, 28 días de curado respectivamente, la mezcla patrón presentó valores de resistencia a la compresión de 145, 226 y 315 a los 3, 7 y 28 días de curado respectivamente, además concluye que la cantidad óptima de porcentaje de aditivo hiperplastificante Plastol 200 Ext. que se debe agregar a una mezcla de concreto autocompactante es de 1.2% del peso de cemento, por no presentar exudación ni segregación y estar dentro de los rangos permitidos de fluidez y tiempos.

Bustamente Tirado, (2018), en su investigación “Análisis de las propiedades mecánicas del concreto autocompactante, usando el aditivo superplastificante Glenium C 313” considera como objetivos analizar las propiedades mecánicas del concreto con la adición del aditivo Glenium C 313 para un  $f'c=300$  kg/cm<sup>2</sup>, para ello elaboraron 225 especímenes de concreto, 150 cilíndricas y 75 prismáticos. Con diferentes porcentajes de aditivo en función al peso del cemento (0.5%, 1%, 1.5% y 2%), ensayados a 7, 14 y 28 días a compresión y flexión. Para el diseño de mezclas se utilizó el Método del Módulo de Finura de la combinación de agregados, se ensayaron los especímenes de concreto a compresión a las edades de 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos indican que el mayor incremento de la resistencia a compresión fue de 17.55% en función al concreto patrón y se obtuvo con la adición de 1% de del aditivo de peso del cemento, los resultados también indican que a medida que se incrementa el porcentaje del aditivo la resistencia del concreto disminuye en 11.02% a compresión y 17.42% a flexión, respecto al concreto patrón, con la adición de 2% del aditivo de peso del cemento. El porcentaje óptimo fue



de aditivo 1% en peso del cemento, el cual produce un incremento de resistencia mecánica en más de 10%.

Loya Olivera, (2018), en su investigación “Evaluación de la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio, en el distrito de Yanacancha, Pasco – 2017” consideró como objetivo evaluar la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio, para ello elaboraron probetas que fueron curadas con agua mediante rociadores, curadas con telas o yutes, curadas con el medio ambiente y curadas por inmersión en agua. Los resultados obtenidos indican que el mayor incremento de resistencia a compresión fue de 56.23% con respecto al concreto patrón para un curado sumergido durante 28 días, para un curado con rociado de agua el incremento es de 35.51%, para un curado con manta húmeda el incremento es de 29.91%, concluyendo que el curado realizado en laboratorio alcanza resistencias superiores a los curados realizados en obra, así mismo son notorias las variaciones que existen en los resultados de resistencia a la compresión de los distintos tipos de curado, de lo cual se puede señalar que el tipo de curado aplicado incide en la obtención de la resistencia a la compresión.

Reyes Quispe & Chahuayo Quispe (2019) en su investigación “Influencia de los métodos de curado en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías” considera como objetivos determinar la influencia de los métodos de curado en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías, para ello elaboraron probetas las cuales fueron curadas en laboratorio por inmersión y aspersion; obteniendo como resultados que para un curado por inmersión en laboratorio alcanzo resistencias superiores a las que fueron curadas por aspersion en 16.93% para una resistencia  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que los métodos de curado influyen en la resistencia de un concreto autocompactante por la forma de curado y la aplicación de diversos materiales de protección.





### 2.1.2. Antecedentes Extranjeros

Soberon Lopez, (2015), publicó en su investigación “Diseño de mezclas de hormigón autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón Ambato, provincia de Tungurahua”. La investigación realizada se centró en diseñar una mezcla de concreto autocompactante de resistencias  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  utilizando agregados de minas locales. Se concluyó que el efecto que tuvo la adición de aditivo superplastificante en porcentajes de 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.5%, 0.60% demuestran que el concreto aumenta su resistencia respecto al concreto convencional, además se concluye que el concreto autocompactante tiene una elevación del 93% del costo con respecto al concreto convencional.

Gonzales Moran, Landaverde Martinez, & Romero Lopez, (2005), en su investigación “Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla. beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en El Salvador”; enfoca su estudio en el planteamiento de una alternativa de solución a los problemas de colocación del concreto, para estructuras donde los procedimientos tradicionales de compactación no son suficientes para las exigencias de calidad solicitadas, considera como objetivo proponer el diseño de mezcla para un concreto autocompactante destacando los beneficios técnicos y consideraciones básicas para implementarlos en El Salvador. En total se realizaron 50 especímenes para dos mezclas y someterlos a la prueba de compresión a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días para el diseño de la mezcla del concreto autocompactante para una resistencia  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ , se concluye que la adición de aditivo superplastificante y el alto contenido de fino de cemento aumentan la resistencia del concreto en un 20.05% para el aditivo SIKKA VISCOCRETE 5000 y un 51.97% para el aditivo ULTRAFLOW.



Chutan Muñoz (2004), en su investigación “Concreto autocompactado experimentación en Guatemala” considero como objetivo principal caracterizar el concreto autocompactado y evaluarlo utilizando materiales procedentes de Guatemala además de definir las proporciones adecuadas de los materiales utilizados, arribó a las conclusiones que la resistencia de diseño fue de 6000 PSI la cual la alcanzo a los 14 días, además que una mezcla de concreto con un asentamiento de 3”, puede convertirse en un concreto autocompactado, solo con el uso de un aditivo reductor de agua de alto rango, así mismo que la mezcla con agregados de canto rodado no alcanzó la resistencia de diseño.

Alvarez Gonzales (2014), en su investigación “Hormigón autocompactante con nano adiciones y fibras” tuvo como objetivo estudiar el efecto que se produce en las propiedades de un concreto autocompactante con nano adiciones y fibras tanto en estado fresco como endurecido llegando a la conclusión que los concretos autocompactantes reforzados con fibras de acero y fibras de poliolefina con baja fracción volumétrica 0.25% (20 kg/m<sup>3</sup>) de fibras de acero y 0.27% (2.5 kg/m<sup>3</sup>) de fibras de poliolefina) mantuvieron buenas propiedades mecánicas, percibiéndose un aumento para la resistencia a tracción indirecta de un 32.3% y para la resistencia a flexo tracción de 35.2% al ser comparados con el hormigón autocompactante control.

Bermejo Núñez (2009), en su tesis “Dosificación, propiedades y durabilidad en hormigón autocompactante para edificación”; considera como objetivo estudiar las propiedades en estado fresco y endurecido de concretos autocompactantes, el estudio de las propiedades en fresco se realizó empleando los ensayos de escurrimiento, caja L y embudo en V mientras que las propiedades mecánicas se han estudiado mediante el ensayo de resistencia a compresión, concluye que un contenido elevado de superplastificante, superior al 2% en peso de cemento puede resultar perjudicial,



produciendo una pérdida de fluidez en el concreto, e incluso segregación. Concluyendo que es posible obtener hormigones autocompactantes de resistencias medias usando los cementos convencionales cuya clase resistente sea de 42,5, empleando un contenido de cemento de  $350 \text{ kg/m}^3$ , no es factible obtener hormigones autocompactantes de resistencias medias usando cementos convencionales cuya clase resistente sea 32,5 empleando un contenido de cemento menor a  $400 \text{ kg/m}^3$  de hormigón.



## **2.2. EL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE**

El concreto autocompactante es un concreto que no necesita vibrado para su colocación, este concreto tiene la capacidad de fluir bajo la acción de su propio peso, llegando a cada rincón del encofrado aun cuando se tenga bastante cantidad de acero de refuerzo.

“El concreto autocompactante es una mezcla capaz de fluir y llenar cualquier parte del encofrado, atravesar zonas con alta densidad de refuerzo de acero u otros obstáculos, solo bajo la acción de su propio peso, sin método de compactación externo alguno y sin mostrar indicios de segregación y/o bloqueo”(Pineda Vallejo, 2003, p.7)

“Aquel concreto que es capaz de fluir en el interior del encofrado, rellenando de forma natural el volumen del mismo, pasando entre las barras de armadura y consolidándose únicamente bajo la acción de su propio peso sin compactación interna o externa”(Gomes, Gettu, Agulló, & Bernad, 2002, p.30)

### **2.2.1. Componentes del Concreto**

#### **2.2.1.1. Cemento**

Es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. (Abanto Castillo, 2005, p.15)

#### **2.2.1.2. Agregados**

Los agregados, también denominados áridos o inertes, son fragmentos o granos, usualmente pétreos, cuyas finalidades específicas son abaratar la mezcla y dotarla de ciertas características favorables, entre las cuales se destaca la disminución de la



retracción de fraguado o retracción plástica.(Porrero, Ramos, Grases, & Velazco, 2003, p.61)

Los agregados constituyen la mayor parte de la masa del concreto, ya que alcanzan a representar entre el 70% y el 85% de su peso, razón por la cual las propiedades de los inertes resultan tan importantes para la calidad final de la mezcla, las características de los agregados empleados deberán ser aquellas que beneficien el desarrollo de ciertas propiedades en el concreto, entre las cuales destacan: la trabajabilidad, las exigencias del contenido de cemento, la adherencia con la pasta y el desarrollo de resistencias mecánicas.(Porrero et al., 2003, p.61)

#### **2.2.1.2.1. Clasificación**

El agregado empleado en la preparación del concreto se clasifica en agregado fino, agregado grueso y hormigón, conocido este último como agregado integral.

Agregados Finos: Se considera como agregados finos a la arena o piedra natural finamente triturada, de dimensiones reducidas y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8”) y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037.

Agregados Gruesos: Se define como agregado grueso al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada o artificial, etc.

El agregado grueso se clasifica en gravas y en agregado artificial. Las gravas, comúnmente llamadas “canto rodado”, son el conjunto de fragmentos pequeños de piedra, provenientes de la disgregación, natural de las rocas o abrasión natural de materiales pétreos, encontrándose las en canteras o lechos de ríos depositados de forma natural. El agregado artificial o piedra Chancada, se denomina así al agregado grueso obtenido por trituración artificial de rocas o gravas.



Hormigón: corresponde a mezcla natural de grava y arena, este agregado se utiliza para preparar un concreto de baja calidad como el empleado en cimentaciones corridas, falsos pisos, falsas zapatas, calzaduras, algunos muros, etc.(Abanto Castillo, 2005, p.28)

### **2.2.1.3. Agua**

El agua es el segundo componente fundamental del concreto, su calidad debe ser sumamente importante para no producir alteraciones en la hidratación del cemento, evitar manchas en la superficie, retrasos en el fraguado y en su endurecimiento, ni permitir reducciones en su resistencia o afectar su durabilidad.

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

## **2.2.2. Propiedades del Concreto Autocompactante**

### **2.2.2.1. Propiedades en Estado Fresco**

#### **a) Capacidad de Paso**

Es la capacidad que tiene el concreto autocompactante de pasar el encofrado pasando los obstáculos (armaduras densamente armadas), la capacidad de paso depende del tamaño nominal del agregado grueso ya que está en función de los espacios por donde el concreto debe pasar. La eficiencia de la capacidad de paso se da incrementando la fluidez, esto se logra con la adición de aditivos superplastificantes de alto rango, disminuyendo la cantidad de agregado grueso.

#### **b) Capacidad de Relleno**

Es la capacidad que tiene el concreto autocompactante en estado fresco de llegar a cada rincón del encofrado bajo la acción de su propio peso, para que la capacidad de llenado sea eficiente se tiene que reducir la fricción entre el agregado fino y grueso, para



esto se debe reducir la cantidad de agregado grueso y aumentar la cantidad de agregado fino.

### **c) Resistencia a la Segregación**

Es la capacidad, que tienen los elementos que componen el concreto autocompactante de permanecer homogéneo, es decir que no se produzca separación de los agregados durante el vaciado, esta resistencia a la segregación se consigue con un buen mezclado y con la adición de aditivos modificadores de la viscosidad.

## **2.2.2.2. Propiedades en Estado Endurecido**

### **a) Resistencia a la Compresión**

Se emplea la resistencia a compresión por la facilidad en la realización de los ensayos y el hecho de que la mayoría de propiedades del concreto mejoran incrementándose esta resistencia. La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura) (Abanto Castillo, 2005, p.50)

Se utilizaron moldes de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura estos moldes fueron vaciados sin el uso de ningún tipo de vibrado.

## **2.3. ADITIVOS**

Son aquellos ingredientes que se agregan antes del mezclado o durante el mismo, en los cuales se puede ejercer control sobre su dosificación y que se utilizan con el propósito fundamental de modificar convenientemente el comportamiento del concreto en estado fresco, así como de inducir o mejorar determinadas propiedades deseables en el concreto endurecido (González Morán, Landaverde Martínez, & Romero López, 2005, p.58).

La norma ASTM C494 clasifica a los aditivos químicos para el concreto de la siguiente manera:



- TIPO A: Aditivos reductores de agua.
- TIPO B: Aditivos retardadores.
- TIPO C: Aditivos aceleradores.
- TIPO D: Aditivos reductores de agua y retardadores.
- TIPO E: Aditivos reductores de agua y aceleradores.
- TIPO F: Aditivos retardadores de agua, de alto rango.
- TIPO G: Aditivos retardadores de agua, de alto rango y retardadores.
- TIPO S: Aditivos de desempeño específico.

## **2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y PRUEBA DE HIPÓTESIS**

### **2.4.1. Análisis Estadístico**

La resistencia en compresión del concreto  $f'_c$  es el parámetro de referencia más difundido tanto a nivel de diseño estructural y en la tecnología del concreto para evidenciar las características resistentes y la calidad de un concreto. (Pasquel, 1998, p.145)

Un concepto fundamental que hay que tener muy claro es que los métodos de diseño estructural en concreto son probabilísticos, es decir se basan en consideraciones estadísticas que asumen una cierta probabilidad de que los valores de  $f'_c$  se obtengan en obra dentro de cierto rango, al estar demostrado como veremos más adelante que la resistencia del concreto verificada bajo condiciones controladas, sigue con gran aproximación la distribución probabilística normal o distribución de Gauss. (Pasquel, 1998, p.145)

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



### 2.4.1.1. Funciones Estadísticas

#### a) Media Aritmética

La media aritmética, caracteriza a los grupos de datos cuyo polígono de frecuencias presenta simetría. Se define de la siguiente manera:

Si  $x_1, \dots, x_n$ , es una serie de datos de una variable estadística, la media aritmética de estos datos es el número:

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

$$\bar{X} = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n x_i$$

Dónde:  $x_1, \dots, x_n$  son los resultados de la resistencia de las pruebas individuales y  $n$  es el número total de pruebas efectuadas.

#### b) Desviación Estándar (S)

Es la raíz cuadrada de la varianza y nos indica que tan dispersos están los resultados de la media aritmética.

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

#### c) Coeficiente de Variación (C.V.)

Es la división entre la desviación estándar y la media aritmética de las muestras, expresado en porcentaje. También conocida como coeficiente de variación existente entre la desviación estándar y la media, esta medida indica que entre mayor porcentaje de variación es mayor la dispersión.

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} \times 100$$



Para tener la confiabilidad de los datos se ha considerado evaluarlo con el parámetro de la desviación estándar y coeficiente de variación en función a la siguiente tabla:

*Tabla 2.1:  
Desviación Estándar y Coeficiente de Variación.*

Dispersión total					
Clase de operación	Desviación estándar para diferentes grados de control (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	menor a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	mayor a 49.2
Concreto en laboratorio	menor a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	mayor a 24.6
Dispersión entre testigo					
Clase de operación	Coeficiente de variación para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	menor a 3	3 a 4	4 a 5	5 a 6	mayor a 6
Concreto en laboratorio	menor a 2	2 a 3	3 a 4	4 a 5	mayor a 5

*Fuente: Tópicos de Tecnología del Concreto, Ing. Enrique Pasquel Carvajal*

## 2.4.2. Prueba de Hipótesis

Una hipótesis es una conjetura o aseveración de una o más poblaciones. En la mayoría de procesos no es posible trabajar con toda la población y por tanto se realizan los estudios utilizando muestras, es decir, se plantea una proposición, después con los datos obtenidos se toma una decisión entre aceptar o rechazar una proposición sobre algún parámetro. Esta proposición recibe el nombre de hipótesis, y el procedimiento de toma de decisión sobre la hipótesis se conoce como prueba de hipótesis.

Las hipótesis estadísticas que ensayaremos son: la hipótesis nula, la que se plantea, con la esperanza de ser rechazada y se denota por  $H_0$ ; y la hipótesis alterna, la que se acepta una vez rechazada la nula, y se denota por  $H_1$ . La hipótesis nula, de un parámetro de una población, se enuncia de manera que especifique un valor exacto del parámetro; en tanto que la alterna permite la posibilidad de muchos valores.

### 2.4.2.2. Procedimiento Sistemático Para Una Prueba de Hipótesis

#### a) Plantear la hipótesis nula $H_0$ y la hipótesis alternativa $H_1$

Establecer la hipótesis nula ( $H_0$ ). La hipótesis nula no tiene alternativas de cambio, está basada en un solo valor, generalmente se construye esta hipótesis como una igualdad. Por ejemplo,  $H_0: \mu_A = \mu_B$ .

Sin embargo, para la presente investigación se plantea la siguiente Hipótesis Nula

$$H_0: \mu_A \geq \mu_B.$$

La hipótesis alternativa ( $H_1$ ) Existen dos clases de hipótesis alternativa:

#### **Hipótesis bilaterales:**

En casos donde sea importante comprobar diferencias con el valor  $\mu_1$  que está por la misma probabilidad tanto al lado derecho como izquierdo de la distribución T de Student. Las hipótesis bilaterales se utilizan cuando la conclusión que se quiere obtener no implica ninguna dirección específica y la respuesta será “no es igual a”.

### Hipótesis unilaterales:

Donde  $H_1: \mu_A < \mu_B$ , que significa que la región crítica se encuentra en la cola inferior de la distribución T de Student o plantear  $H_1: \mu_A > \mu_B$ , que significa que la región crítica se encuentra en la cola superior de la distribución normal del estadístico de prueba. Las hipótesis unilaterales se utilizan cuando las proposiciones planteadas deben ser respondidas como “mayor que”, “menor que”, “superior a”, etc. Para fines de esta investigación se plantea  $H_1 \mu_A < \mu_B$ .

#### a) Seleccionar el nivel de significancia ( $\alpha = 0.05, 0.01$ O $0.10$ ):

Los niveles de significancia más recomendados son:

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

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

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

El nivel de significancia más usual con el que se analiza los resultados de resistencia del concreto es 0.05, con el cual se determinó “ $T_t$ ” de la siguiente tabla:

Tabla 2.2:  
*Distribucion T Student.*

Grados de Libertad	Nivel de Significancia		
	0.1	0.05	0.025
14	1.345	1.761	2.145
15	1.341	1.753	2.131
16	1.337	<b>1.746</b>	2.120
17	1.333	1.740	2.110

*Fuente: Del anexo 05, tablas estadísticas.*

De donde para un nivel de significancia de 0.05 y  $n_1 + n_2 - 2 = 16$  grados de libertad,  $T_t = 1.746$ . Este valor se utilizará para todas las pruebas de hipótesis.

## b) Estadístico de prueba y distribución t de student

La Distribución t (de Student) surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño es pequeño. Una población se considera pequeña cuando es menor de 30 sujetos.

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

Requisitos:

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

Procedimiento de cálculo:

Calculamos  $t_c$  utilizando la media aritmética y la varianza de las muestras A y B que han de ser comparadas con el análisis de t de student.

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

Donde:

$n_A$  y  $n_B$ : Tamaños de las muestras A y B respectivamente.

$\bar{X}_A$  y  $\bar{X}_B$ : Medías de las muestras A y B respectivamente.

$S_A^2$  y  $S_B^2$ : Varianzas de las muestras A y B respectivamente.

- A continuación, se mide la significación del estadístico  $t_p$ , comparando ese valor con el valor de un estadístico  $t_{\alpha}$ , que se obtiene mirando las tablas correspondientes.
- Para la investigación se plantea:

Hipótesis Nula  $H_0: \mu_A \geq \mu_B$

Hipótesis Alternativa  $H_1: \mu_A < \mu_B$

Entonces se rechaza la hipótesis nula  $H_0$  si  $t_c < -t_t$  (Morales, 2013)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de analizar las propiedades del concreto autocompactante tanto en estado fresco como endurecido se elaboraron muestras de concreto patrón (CP) que en su composición no posee ningún aditivo o adición y otro grupo de concretos que se adicionaron 1.0, 1.5 y 2.5 % de aditivo superplastificante de alto rango. Se presentará también el diseño de diferentes tipos de mezcla y la determinación de sus propiedades al estado fresco y endurecido.

#### 3.1. ENSAYOS REALIZADOS EN LOS AGREGADOS

El agregado grueso o agregado artificial usado para la elaboración del concreto en la investigación, fue obtenido de la cantera de Santa Lucia y procesada en Surupana, ubicada a 28 Km, de la ciudad de Juliaca rumbo a la ciudad de Cabanillas.

El agregado fino usado para la elaboración del concreto en la investigación, fue obtenido de la cantera de Checachata, ubicada a 5 Km., de la ciudad de Ilave.



*Figura 3.1: Planta procesadora de piedra chancada*



#### **a) Agregado Fino (NTP 400.037)**

Se utilizó el tamiz N°4 (4.75mm) para separar el agregado en grueso y fino además la separación se realizó de la siguiente manera:

- Primero se realizó el extendido del material, para realizar el secado de dicho material permitiendo así que las partículas del agregado fino no se adhieran al agregado grueso.
- Luego se realizó la separación de agregado fino y agregado grueso con el material (ya seco) con ayuda de la malla N°4.

#### **b) Granulometría (NTP 400.012)**

La granulometría es la distribución por tamaños de las partículas del agregado fino. La distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N° 4, 8, 16, 30,50 y 100.

#### **Procedimiento:**

- Se toma una muestra seca por cuarteo no menor que 500 gr.
- Se debe limpiar los tamices y verificar el orden de colocación que esté en orden decreciente según tamaño de abertura: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200.
- Se procede a verter la muestra de agregado en la malla superior y se comienza el proceso con ligeros golpes y girando el conjunto hasta obtener el peso en cada tamiz.
- Se determinó el peso de la muestra retenido en cada tamiz. El peso total del material después del tamizado, debe ser verificado con el peso original de la muestra ensayada. Si la cantidad difiere en más del 0.3% del peso seco original de la muestra, el resultado no debe ser usado con fines de aceptación.



Figura 3.2: Cuarteo del agregado fino

Los resultados del análisis granulométrico se muestran a continuación, allí se puede observar que la granulometría del agregado fino está dentro de los límites establecidos por la norma NTP 400.037, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 3.1:  
*Análisis Granulométrico del Agregado Fino*

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA
3/8"	9.5	0.000	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	1.760	0.44	0.44	99.56
N°8	3.36	10.490	2.63	3.07	96.93
N°16	1.18	71.860	18.03	21.10	78.90
N°30	0.6	116.580	29.25	50.35	49.65
N°50	0.3	170.610	42.81	93.16	6.84
N°100	0.15	25.050	6.29	99.45	0.55
N°50	0.3	170.610	42.81	93.16	6.84
N°100	0.15	25.050	6.29	99.45	0.55
N°200	0.075	2.000	0.50	99.95	0.05
FONDO		0.210	0.05	100.00	0.00
TOTAL		398.560	100.00		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019)*



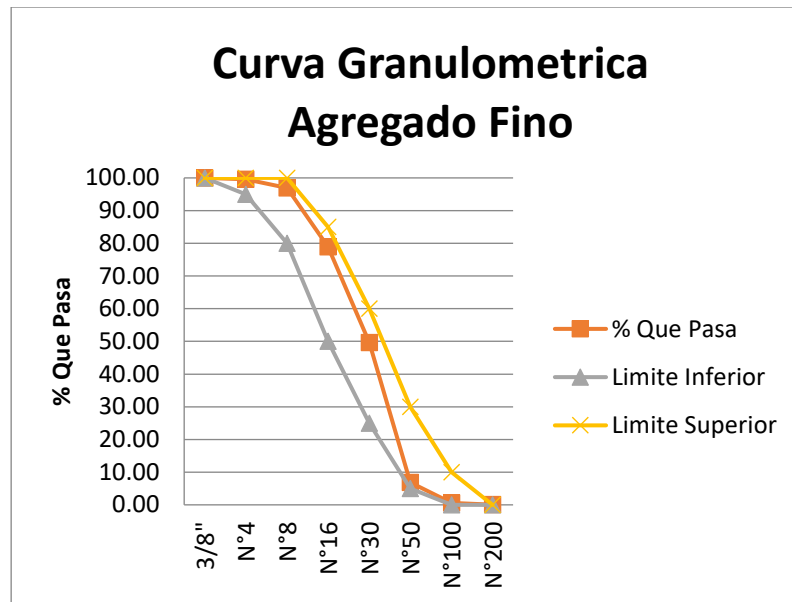


Figura 3.3: Curva granulométrica agregado fino

➤ **Módulo de fineza (NTP 400.011)**

Se define como la suma de los porcentajes acumulados retenidos en los tamices (3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100) y esta cantidad se divide entre 100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos } (3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

Se estima que las arenas comprendidas entre los módulos 2.2 y 2.8 producen concretos de buena trabajabilidad y reducida segregación; y las que se encuentran entre 2.8 y 3.1 son las más favorables para los concretos de alta resistencia (Abanto Castillo, 2005).

El módulo de fineza del agregado fino ensayado es: 2.68

➤ **Contenido de humedad (NTP 400.016)**

El contenido de humedad es la relación entre la cantidad de agua que existe en el agregado en su estado natural o en el momento que es utilizado y el peso seco del mismo.

$$w(\%) = \frac{H - S}{S} * 100\%$$

Donde:

%w: Contenido de humedad



H: Peso del agregado húmedo

S: Peso del agregado en condición seca

**Equipo utilizado:**

- Balanza con precisión a 0.1% del peso de la muestra ensayada.
- Taras
- Horno a 105 +/- 5°C

**Descripción del proceso:**

- Se cuartea el material para tomar una muestra representativa, se coloca la muestra en envases previamente tarados.
- Se registra el peso de la tara más el material “húmedo” y se lleva al horno por 24 horas a 105 +/- 5°C; pasado este tiempo, y luego del enfriado, se procede a pesar el material seco.
- Se toman 3 muestras para sacar un promedio para que el ensayo sea más aproximado.

Tabla 3.2:  
*Contenido de humedad de los agregados.*

<b>NRO DE TARA</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
1.- Peso de tara gr.	91.230	62.750	57.870
2.- Peso de tara+ muestra húmeda gr.	908.050	769.400	840.500
3.- Peso de tara +muestra seca gr.	901.130	762.380	833.560
4.- Peso de agua gr.	6.92	7.02	6.94
5.- Peso muestra seca	809.900	699.630	775.690
6.- Contenido de humedad %	0.85	1.00	0.89
7.- Promedio contenido de humedad %	0.92		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019)*

➤ **Peso específico y absorción de agregados finos**

El peso específico es la característica generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en las mezclas. Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los



espacios de los poros entre las partículas constituyentes. Se realizó de acuerdo al EM 2016, MTC E 205 – 2016; GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS FINOS, el cual está basado en la norma ASTM C128.

### **Equipo utilizado**

- Balanza.
- Estufa que proporcione calor a una intensidad moderada.
- Frasco volumétrico de 500cm<sup>3</sup> de capacidad (fiola).
- Molde cónico metálico.
- Varilla para apisonado metálica.
- Bandejas.
- Horno con temperatura constante de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

### **Descripción del proceso**

- Se obtuvo una muestra de peso aproximado 1 kg, una vez seca ésta fue colocada en un recipiente y se cubrió con agua dejando reposar durante 24 horas.
- Se procedió a decantar el agua evitando pérdida de finos y se extendió el agregado sobre una bandeja expuesta a una corriente de aire tibio y se removió frecuentemente para el secado uniforme, hasta que las partículas del agregado no se adhieran marcadamente entre sí.
- A continuación, se procedió a colocar en el molde cónico y se golpeó la superficie suavemente 25 veces con la varilla para apisonado y se levantó el molde; al observar que el cono de agregado fino mantenía su forma por existencia de humedad, se prosiguió con el secado hasta que el cono se derrumbó al quitar el molde indicando así que se alcanzó una condición de saturado con superficie seca (S.S.S.).



- Se tomó 500gr del material resultante del proceso anterior, se introdujo en la fiola y se determinó su peso; en seguida se llenó de agua aproximadamente hasta un 90% de su capacidad y se retiró el aire atrapado girando el picnómetro y sometiéndolo a baño maría.
- Finalmente se pesó el picnómetro lleno hasta el total de su capacidad, se decantó nuevamente el agua y el agregado fue retirado a una tara para ser secado al horno por 24 horas y también se determinó el peso seco de este material.

### **Cálculo**

Los cálculos se realizaron con las siguientes expresiones:

$$\text{Peso Especifico de Masa} \left( \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} \right) = \frac{A}{S+B-C}$$

$$\% \text{Absorción} = \frac{(S - A)}{A}$$

Donde:

S: Peso de la arena S.S.S. (gr)

A: Peso de la arena seca (gr)

B: Peso de la fiola + Peso del agua (gr)

C: Peso de la fiola + Peso de la arena S.S.S. + Peso del agua (gr)



Figura 3.4: Arena superficialmente seca

Tabla 3.3:  
*Gravedad específica y Absorción*

<b>I.- DATOS</b>	Peso (gr)
1.- Peso de la muestra de arena saturada superficialmente seca (wsss)	500.00
2.- Peso del picnometro+peso del agua	707.61
3.- Peso de la arena superficialmente seca+peso picnometro+peso agua	1007.35
4.- Peso de arena secada al horno	488.78
<b>II.- RESULTADOS</b>	
5.- Peso específico aparente p.e.a: $(4/(2+1-3))$	2.441
6.- Porcentaje de absorción: $\%abs((1-6)/6)$	2.296

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019)*

➤ **Peso unitario (NTP 400.017)**

El peso unitario es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en  $kg/m^3$ .

El peso unitario varía de acuerdo a las condiciones intrínsecas del agregado, tales como su forma, granulometría y tamaño máximo asimismo depende de factores externos como la relación del tamaño máximo con el recipiente, la consolidación, la forma de colocación, etc.



*Figura 3.5: Medición de las dimensiones del molde cilíndrico*

Existen 2 tipos de pesos unitarios:

Peso Unitario Suelto (P.U.S.):

Viene a ser el peso del material en forma natural por unidad de volumen conocido.

Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

$$P. U. S = \frac{\text{Peso del material suelto (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}}$$

Peso Unitario Compactado (P.U.C.):



Viene a ser el peso del material por unidad de volumen conocido después de un proceso de apisonado. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

El valor obtenido para el peso unitario compactado, es el que se emplea en algunos métodos de diseños de mezclas para estimar las proporciones.

Es el resultado de dividir el peso del material compactado entre el volumen total incluyendo los vacíos.

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}(Kg)}{\text{Volumen del recipiente}(m^3)}$$

#### **Equipo utilizado:**

- Balanza con una precisión de 0.1% del peso de la muestra ensayada.
- Varilla compactadora de acero de 5/8” de diámetro.
- Recipientes de volúmenes adecuados.

#### **Descripción del proceso**

Se eligió un molde de dimensiones adecuadas, utilizándose para el presente ensayo un molde de briqueta de 15cm x 30cm aproximadamente, por ser el más aproximado a las recomendaciones del ensayo; se tomó su peso y dimensiones para determinar su volumen.

Para determinar el peso unitario suelto del agregado se dejó caer la muestra con una cuchara desde una altura no mayor a 2” hasta que rebose el recipiente, se enrasó y se determinó su peso.



*Figura 3.6: Llenado del molde 15x30*

Para determinar el peso unitario compactado por apisonado del agregado se colocó el material en tres capas de igual volumen, apisonándose cada capa del agregado con 25 golpes de la varilla distribuidos uniformemente una vez colmada la briqueta se enrasó la superficie con la varilla y se determinó el peso del recipiente lleno.



*Figura 3.7: Apisonado del agregado fino por capas*





Tabla 3.4:  
*Peso unitario suelto y compactado*

<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			
<b>MOLDE NRO</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
1.- Peso del molde gr.	4270.000	4270.000	4270.000
2.- Peso del molde + muestra gr.	12325.000	12345.000	12365.000
3.- Peso de la muestra gr.	8055.000	8075.000	8095.000
4.- Volumen del molde cm <sup>3</sup>		5465.527	
5.- Peso unitario gr/cm <sup>3</sup> .	1.474	1.477	1.481
6.- Peso unitario total kg/m <sup>3</sup>		1.477	

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			
<b>MOLDE NRO</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
1.- Peso del molde gr.	4270.000	4270.000	4270.000
2.- Peso del molde + muestra gr.	12960.000	12950.000	2945.000
3.- Peso de la muestra gr.	8690.000	8680.000	8675.000
4.- Volumen del molde cm <sup>3</sup>		5465.527	
5.- Peso unitario gr/cm <sup>3</sup> .	1.590	1.588	1.587
6.- Peso unitario total kg/m <sup>3</sup>		1.588	

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019)*

➤ **Ensayo de impurezas orgánicas (NTP 400.024)**

El ensayo de impurezas orgánicas tiene como objetivo determinar aproximadamente la presencia de impurezas orgánicas no deseadas en los agregados finos a usarse en concreto, la norma técnica peruana establece dos procedimientos para el ensayo. Un procedimiento usa una solución de color estándar y el otro usa un vidrio de color estándar. Para el ensayo se utilizó una solución de color estándar.

**Equipo utilizado**

- Botellas de vidrio graduadas incoloras.
- Solución color estándar 75 ml.
- Solución de hidróxido de sodio al 3%.

- Agregado fino 200 gr.
- Balanza electrónica con precisión 0.1%.

### Descripción del proceso

Para la obtención de la solución de color estándar se disuelve Dicromato de Potasio grado reactivo ( $K_2Cr_2O_7$ ) en ácido sulfúrico concentrado ( $D=1.84$ ). La solución debe ser fresca hecha para el color de comparación usando un calor suave si es necesario para efectos de disolución.

Luego se llena la botella de vidrio al nivel aproximado de 130 ml con la muestra de agregado fino, se añade la solución de hidróxido de sodio hasta a un nivel de 200 ml luego de agitar la botella de vidrio.

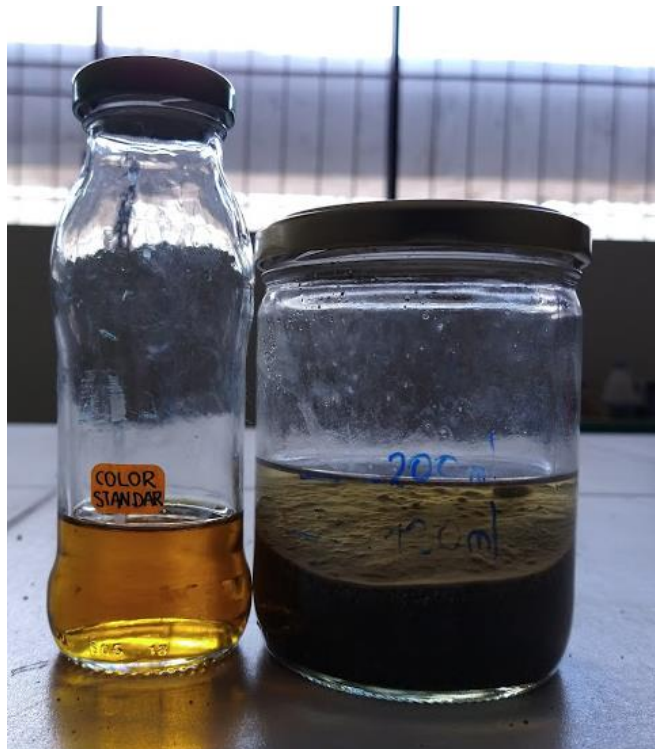


Figura 3.8: Ensayo impurezas orgánicas.

Se tapa la botella, luego agitarla vigorosamente y se deja reposar por 24 h.

Al final del periodo de 24 h de reposo, llenar una botella de vidrio aproximado de 75 ml con la solución fresca de color estándar, colocar la botella con la muestra de ensayo y la botella con la solución de color estándar, ambas de lado a lado y comparar el color de la luz transmitido a través del líquido sobre-nadante por encima de la muestra con el color de luz transmitido a través de la solución de color estándar, si el color de la muestra

es más oscura que el color de la solución estándar entonces presenta impurezas orgánicas no deseadas.



*Figura 3.9: Comparación de colores.*

Se colocó la botella de la muestra a lado de la botella con solución estándar, *en* donde se ve que la botella con muestra tiene un color más claro que la botella con solución estándar por lo tanto la muestra no contiene impurezas orgánicas considerables que puedan afectar al concreto.

➤ **Contenido de sales solubles totales (NTP 339.152)**

Tiene como objetivo determinar el contenido de sales solubles de una muestra de agregado fino; en este caso se tomó la muestra de arena y se realizó mediante la técnica de conductividad eléctrica, el ensayo se realizó en el laboratorio de control de calidad de la facultad de ingeniería química de la Universidad Nacional del Altiplano.

**Equipo utilizado**

- Mortero de Ágata.
- Agua destilada.



- Tubos de ensayo.
- Embudo.
- Papel de filtro.
- Cámara climática.
- Conductímetro.

### **Descripción del proceso**

- Triturar las muestras en un mortero con Ágata.
- Tomar la cantidad apropiada de muestra y poner en un matraz aforado.
- Añadir agua desmineralizada para disolver las sales solubles y agitar.
- Mantener la disolución a temperatura constante (25°C), durante 24 horas
- Filtrar la solución pasándola a otro tubo de ensayo.
- Medir la conductividad introduciendo el conductímetro en la solución.
- El resultado se muestra en unidades de conductividad.

El resultado obtenido en el laboratorio de control de calidad en la facultad de ingeniería química fue que el contenido de sales es de 385.92 ppm lo cual demuestra que es una cantidad baja de sales solubles.

#### **b) Agregado Grueso (NTP 400.037)**

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites establecidos en la norma NTP 400.037 o en la norma ASTM C 33.

##### **➤ Granulometría (NTP 400.012)**

El agregado grueso deberá estar graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. Es recomendable tener en cuenta lo siguiente:

- La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 11/2" y no más del 6% del agregado que pasa la malla de 1/4".

- El tamaño nominal máximo del agregado grueso no deberá ser mayor de: Un quinto de la menor dimensión entre caras de encofrados; o un tercio del peralte de las losas; o tres cuartos del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de refuerzos; paquetes de barras; torones; o ductos de presfuerzo.
- En elementos de espesor reducido, o ante la presencia de gran cantidad de armadura; se podrá con autorización de la Inspección reducir el tamaño nominal máximo del agregado grueso, siempre que se mantenga una adecuada trabajabilidad y se cumpla con el asentamiento requerido, y se obtenga las propiedades especificadas para el concreto.

TAMAÑO N°	TAMAÑO NOMINAL EN PULGADAS	PORCENTAJES PASANTES EN PESO PARA CADA MALLA STANDARD												
		4" (100 mm)	3 1/2" (90mm)	3" (75 mm)	2 1/2" (63 mm)	2" (50 mm)	1 1/2" (37.5 mm)	1" (25mm)	3/4" (19mm)	1/2" (12.5 mm)	3/8" (9.5 mm)	N° 4 (4.75 mm)	N° 8 (2.36 mm)	N° 16 (1.18 mm)
1	3 1/2" a 1 1/2"	100	90 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
2	2 1/2" a 1 1/2"	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----	-----
3	2" a 1"	-----	-----	-----	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----	-----
357	2" a Malla # 4	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	-----	0 a 5	-----	-----
4	1 1/2" a 3/4"	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-----	0 a 5	-----	-----	-----
467	1 1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	35 a 70	-----	10 a 30	0 a 5	-----	-----
5	1" a 1/2"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----	-----	-----
56	1" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-----	-----
57	1" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	100	95 a 100	-----	25 a 60	-----	0 a 10	0 a 5	-----
6	3/4" a 3/8"	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-----	-----
67	3/4" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	-----	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-----
7	1/2" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-----
8	3/8" a Malla # 4	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	85 a 100	0 a 30	0 a 10	0 a 5

Figura 3.10: Requerimientos de Granulometría del Agregado Grueso.

### Procedimiento:

- Se toma una muestra representativa por cuarteo la cantidad mínima de 2 kg.



*Figura 3.11: Cuarteo del agregado grueso.*

- Limpiar los tamices y verificar el orden de colocación de estas en orden decreciente.
- Colocamos varios recipientes cerca al lugar donde se hará el ensayo, esto para colocar el material acumulado en cada tamiz.
- Se procede a colocar la muestra de agregado en la malla superior, y se imprime movimientos a la muestra (adelante, atrás, izquierda, derecha y circular) no se debe forzar con la mano el paso de una partícula a través de los tamices.
- Cuando ya se encuentre lleno de muestras los tamices, colocamos las muestras retenidas de cada tamiz en los recipientes.
- Se da por finalizada la operación de tamizado, cuando en el transcurso de un minuto no pase más del 1% en peso del material sobre el tamiz.
- Retirar malla por malla y pesar el material retenido en cada una y anotar los resultados.

- Después de culminar el tamizado del material se procede a pesar cada retenido, para su cálculo respectivo.



Figura 3.12: Tamizado agregado grueso.

En la siguiente tabla se observa los límites proporcionados por la norma ASTM C33 para el Huso N° 6 y la gradación correspondiente al agregado grueso.

Tabla 3.5:  
*Granulometría Agregado Grueso*

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido	%retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones ASTM		
						% Min	% Max	
3/4"	19.05	22.280	1.00	1.00	99.00	90 %	100 %	
1/2"	12.7	1671.630	75.02	76.02	23.98	20 %	55 %	
3/8"	9.525	498.340	22.36	98.38	1.62	0 %	15 %	
1/4"	6.3	35.420	1.59	99.97	0.03	0 %	5 %	
N°4	4.76	0.000	0.00	99.97	0.03	0 %	0 %	
N°8	2.38	0.000	0.00	99.97	0.03	0 %	0 %	
Fondo	-	0.620	0.03	100.00	0.00			
TOTAL		2228.290	MODULO DE FINEZA=			6.99		

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).



➤ **Módulo de fineza (NTP 400.011)**

El módulo de fineza del agregado grueso, es menos usado que el de la arena, se define como la suma de los porcentajes retenidos acumulados de los tamices: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 dividida entre 100. El módulo de fineza es el promedio ponderado de tamaño del tamiz en el cual es retenido el material.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3, 1 1/2, 3/4", N°4, N°8, N°16, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

El módulo de fineza del agregado grueso ensayado es: 6.99

➤ **Contenido de humedad (NTP 400.016)**

Es la cantidad de agua que posee el material en estado natural, en relación al peso de la muestra seca expresado en porcentaje. Es una característica importante porque influye en la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por tanto influye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

Tabla 3.6:

*Datos del ensayo de contenido de humedad*

<b>NRO DE TARA</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
1.- Peso de tara gr.	99.420	86.320	82.120
2.- Peso de tara+ muestra húmeda gr.	672.380	764.120	745.810
3.- Peso de tara +muestra seca gr.	665.480	755.620	737.470
4.- Peso de agua gr.	6.90	8.50	8.34
5.- Peso muestra seca gr.	566.060	669.300	655.350
6.- Contenido de humedad %	1.22	1.27	1.27
7.- Promedio contenido de humedad %		1.25	

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

➤ **Peso específico y absorción**

El presente ensayo se realizó de acuerdo al EM 2000, MTC E 206 – 2000; peso específico y absorción de los agregados gruesos, el cual está basado en la norma ASTM C127.

**Equipo utilizado:**

- Horno 105 +/- 5 °C



- Recipientes
- Balanza
- Probeta graduada
- Canastilla.

**Procedimiento:**

- De acuerdo al MTC E 206 se obtiene una muestra representativa de 3kg para un TMN de 1/2", la cual se satura por 24 horas, en seguida se retira el agregado cuidadosamente y se vierte sobre un paño absorbente.
- Seguidamente para obtener su estado saturado superficialmente seco mediante secado manual, se toma cierto porcentaje de la muestra S.S.S., aproximadamente 600gr, se pesa y se introduce este material a una canastilla que está sumergido en agua y que pende de una balanza de precisión adecuada, se determina su peso sumergido y a continuación este mismo material se seca en un horno por 24 horas y se determina, también, su peso seco.



*Figura 3.13: Peso de la canastilla con agregado grueso sumergido en agua.*

Tabla 3.7:  
*Resultados del Ensayo de Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso.*

<b>I.- Datos</b>	
1.- Peso de la muestra secada al horno gr.	1732.64
2.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca gr.	1763.69
3.-Peso de la canastilla sumergida	169.70
4.- Peso de la canastilla sumergida + muestra sss sumergida	1264.08
5.- Peso de la muestra saturada superficialmente seca sumergida en agua	1094.38
<b>II.- Resultados</b>	
6.- Peso específico aparente p.e.a: 1/(2-5)	2.589
7.- Porcentaje de absorción: %abs((2-1)/1)	1.79

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

➤ **Peso unitario**

El procedimiento para el peso unitario suelto o compactado para el agregado grueso, es el mismo que se obtiene para el agregado fino, en donde:

- **Peso Unitario Suelto (P.U.S.):** Viene a ser el peso del material en forma natural por unidad de volumen conocido. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del material suelto}(Kg)}{\text{Volumen del recipiente}(m^3)}$$

- **Peso Unitario Compactado (P.U.C.):** Viene a ser el peso del material por unidad de volumen conocido después de un proceso de apisonado. Este ensayo nos puede determinar el grado de compactación que pueden presentar los materiales en su estado natural.

$$P.U.C = \frac{\text{Peso del material compactado}(Kg)}{\text{Volumen del recipiente}(m^3)}$$



Figura 3.14: Apisonado del agregado grueso por capas.

Tabla 3.8:

*Peso unitario suelto y compactado*

<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>			
<b>Molde Nro</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
1.- Peso del molde gr.	4755.000	4755.000	4755.000
2.- Peso del molde + muestra gr.	11815.000	11875.000	11865.000
3.- Peso de la muestra gr.	7060.000	7120.000	7110.000
4.- Volumen del molde cm <sup>3</sup>		5487.034	
5.- Peso unitario gr/cm <sup>3</sup> .	1.287	1.298	1.296
6.- Peso unitario total kg/m <sup>3</sup>		1.293	
<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			
<b>Molde Nro</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>
1.- Peso del molde gr.	4755.000	4755.000	4755.000
2.- Peso del molde + muestra gr.	12295.000	12275.000	12315.000
3.- Peso de la muestra gr.	7540.000	7520.000	7560.000
4.- Volumen del molde cm <sup>3</sup>		5487.034	
5.- Peso unitario gr/cm <sup>3</sup> .	1.374	1.371	1.378
6.- Peso unitario total kg/m <sup>3</sup>		1.374	

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

### ➤ Resistencia a la abrasión y al desgaste

También llamado ensayo de desgaste de Los Ángeles, el ensayo determina una de las propiedades físicas de resistencia a la abrasión o desgaste del agregado grueso hasta

37.5 mm (1 ½”) naturales o triturados utilizando la máquina de Los Ángeles, el cual está basado en la norma ASTM C131.



*Figura 3.15: Ensayo de Abrasión de Los Ángeles.*

**Equipo utilizado:**

- Balanza electrónica con precisión de 0.1%.
- Bandejas metálicas.
- Tamices.
- Máquina de los Ángeles.
- Carga abrasiva (esferas de acero).

**Procedimiento:**

De la tabla 3.9 elegiremos la gradación más parecida al agregado que se ha de someter al ensayo, se eligió el tipo B.

Tabla 3.9:  
*Granulometría de las muestras de ensayo*

Tamaño del tamiz (Aberturas cuadradas)		Masa de los tamaños indicados (gr)			
PASA	RETENIDO	Granulometría			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 ½")	25.0 mm (1 ½")	1,250 ± 25			
25,0 mm (1")	19,0 mm (¾")	1,250 ± 25			
19,0 mm (¾")	12.5 mm (½")	1,250 ± 10	2,500± 10		
12.5 mm (½")	9.5 mm ( ⅜")	1,250 ± 10	2,500± 10		
9.5 mm ( ⅜")	6.3 mm ( ¼")			2,500± 10	
6.3 mm ( ¼")	4.75 mm ( N°4)			2,500± 10	
4.75 mm ( N°4)	2.36 mm ( N°8)				5,000 ± 10
<b>TOTAL</b>		5,000 ± 10	5,000 ± 10	5,000 ± 10	5,000 ± 10

*Fuente: ASTM C 131 - 01.*

Se lava y seca en el horno la muestra reducida, luego se separa en fracciones hasta obtener la granulometría de la tabla 3.9.

Colocamos la muestra y la carga en la máquina de ensayo Los Ángeles, luego se hace girar la maquina a una velocidad de 30 a 33 rev/min durante 500 revoluciones.

Se descarga el material de la máquina y hacemos la separación de la muestra utilizando el tamiz (N°12), limpiamos la muestra, y dejamos en el horno por un tiempo de 24 horas.

Para calcular el % de desgaste utilizaremos la siguiente fórmula:

$$\%Desgaste = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100\%$$

Donde

Peso final=3,759.60 gr

Peso inicial= 5,000.00 gr

$$\%Desgaste = \frac{5000 - 3759.6}{5000} * 100\%$$



$$\%Desgaste = 24.81\%$$

### 3.2. MÉTODOS DE DISEÑO DE MEZCLA

Para la elección del procedimiento de diseño es importante reducir el uso de parámetros arbitrarios y fundamentar todas las proporciones a través de procedimientos de ensayo y análisis de los resultados.

Por estudios anteriores se han identificado 3 factores principales que influyen directamente en el estado fresco del concreto los cuales son:

- Volumen de agregado grueso.
- Uso de aditivos superplastificantes.
- Propiedades en estado fresco de la pasta y mortero.

#### ➤ **Método general de dosificación**

El método general de dosificación fue propuesto por OKAMURA Y OZAWA en 1998, probablemente sea el método más usado. Se considera el concreto dividido en dos fases, la primera sería el agregado grueso, y la segunda sería el mortero incluyendo la pasta de cemento y los agregados finos. El procedimiento es el siguiente (ACHE, 2008)

- Se fija el contenido de agregado grueso en el 50% del volumen de sólidos totales del concreto.
- Se fija el agregado fino en el 40% sobre el volumen del mortero.
- La relación agua/ (cemento + filler) se asume en el rango de 0.9 a 1 % en volumen, dependiendo de las propiedades del cemento y adiciones empleadas.
- La cantidad de superplastificante y la relación agua/conglomerante se ajusta mediante ensayos sobre la pasta.
- El procedimiento concluye cuando se alcanza un diámetro de 650 mm. En el ensayo de escurrimiento sobre concreto.



➤ **Método de dosificación basados en el método general**

Siguiendo la línea del método general Edamatsu, Nishida y Ouchi en 1999 desarrollaron un método para determinar el contenido de árido fino del mortero. Para ello ensayaron morteros fabricados con arenas, de distintas procedencias (rodada, machacada), granulometrías, y distintos tipos de finos (cemento, filler calizo, ceniza volante, escoria). La interacción entre mortero y árido se analizó sobre mezclas en las cuales se utilizó “áridos” de cristal, con diámetro máximo de 10 mm, en una proporción del 20% del volumen del mortero. Los ensayos se llevaron a cabo utilizando el ensayo de embudo en V para morteros. La razón entre los tiempos de embudo, para un mismo mortero con y sin áridos de cristal, se presenta como un índice de la capacidad de llenado del hormigón y permite reducir el volumen de pasta utilizado en el hormigón. (Rigueira Victor, 2007, p.52)

En la Universidad de Delft, Pelova (1998), limitando el tamaño máximo del árido grueso a 16 mm y logró encontrar el máximo factor de empaquetamiento de la mezcla aumentando del 50 al 60% la cantidad de árido grueso utilizada en la dosificación (RILEM – Report 23). Con ello se consigue que el contenido de pasta sea 10% menor que la utilizada en el “Método General”.

En el University Collage London, Chai y Domone (1999) han llevado a cabo estudios sobre hormigones fabricados con áridos machacados de diámetros máximos 10 y 20 mm, distintos tipos de finos (residuos de ceniza de palma, escoria de alto horno o filler calizo) y sin la utilización de agentes modificadores de la viscosidad.

Al igual que en el método general, la máxima relación a/finos, para mantener la resistencia a la segregación, se obtiene a través del ensayo de flujo de morteros. Los ensayos sobre hormigón se llevan a cabo utilizando los ensayos de Esgurrimento,

embudo en V y caja U. Los valores objetivos de estos ensayos varían en función del tamaño máximo del árido y se presentan en la tabla 3.10.

Como diferencia respecto al método general este método, al igual que lo propuesto en Delft, presenta la posibilidad de utilizar un mayor volumen de árido grueso, siempre que su diámetro máximo no supere los 10 mm.

Tabla 3.10:  
*Valores de ensayo University College London*

<b>Diametro máximo de arido (mm)</b>	<b>Escurrecimiento (mm)</b>	<b>Embudo V (s)</b>	<b>Caja U</b>
<b>20</b>	650-700	4-10	300-350
<b>10</b>	600-700	2-4	300-350

*Fuente: Skarendahl, "Self-Compacting Concrete: State of the Art report of RILEM Technical Committee 174 SCC"*

### **3.3. MÉTODOS DE ENSAYOS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES**

El comportamiento en estado fresco del concreto autocompactante es diferente al del concreto convencional, no es posible usar los ensayos tradicionales que nos permitan evaluar las características de autocompactabilidad (capacidad de relleno, capacidad de paso, resistencia a la segregación).

Existen diversos ensayos que permiten evaluar la capacidad de relleno, resistencia a la segregación y la capacidad de paso del concreto autocompactante.

Los más comunes son el ensayo de escurrimiento, escurrimiento con anillo japonés, ensayo de la caja L, embudo en V.

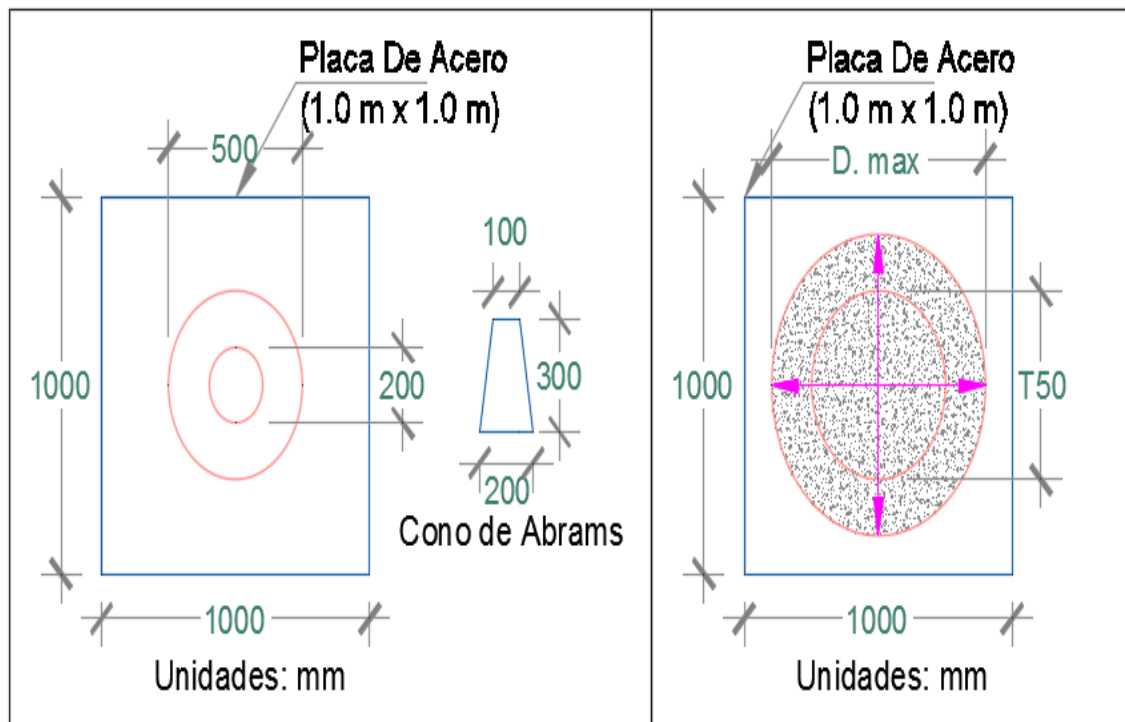
#### **➤ Ensayo de escurrimiento**

El ensayo de escurrimiento, slump-flow en inglés, evalúa la capacidad de relleno del hormigón autocompactante sin la presencia de obstáculos. Es el ensayo más utilizado tanto por su sencillez como por el equipo que precisa y se puede realizar tanto en obra



como en laboratorio. Además se puede observar si hay segregación y/o exudación y nos da una medida indirecta de la tensión umbral de flujo (Bermejo Núñez, 2009, p.20).

Para la realización del ensayo se necesita el cono de Abrams y una placa de acero plana cuyas dimensiones aproximadas son 1000 x 1000 mm y 2 mm de espesor. En esta placa se encuentran grabadas dos circunferencias concéntricas marcadas, una de 200 mm de diámetro y otra de 500 mm de diámetro, como se puede observar en la Figura 3.16.



*Figura 3.16: Dimensiones y Montaje del ensayo de escurrimiento*

Esta prueba es basada de manera similar al ensayo de asentamiento convencional (Cono de Abrams). En lugar de medir el hundimiento vertical, se mide la propagación media del concreto, el procedimiento consiste en llenar el cono de Abrams con la mezcla de concreto sin compactar levantamos el cono sin provocar ninguna torsión, dejamos fluir libremente la mezcla hasta alcanzar un diámetro de 500 mm, el valor del tiempo realizado en alcanzar esta circunferencia representa al T50, por último, se mide el diámetro final de la extensión de flujo por dos ocasiones perpendicularmente. Es importante recalcar

que estos dos diámetros no deben variar más de 50 mm, si hubiese una mayor variación se deber repetir el ensayo con otra porción de la muestra.

La EFNARC (2005), en sus especificaciones “Specification, Production and Use for Self-Compacting Concrete”, indica que el ensayo de escurrimiento es la prueba principal para la verificación de la consistencia del concreto en fresco además que las observaciones visuales durante la medición del tiempo T50 ofrece información adicional sobre la resistencia a la segregación y la uniformidad de la muestra.

La EFNARC (2002), en cuanto al tiempo que el concreto debe alcanzar la marca de 500 mm, sugiere que en rango de 3 a 7 segundos es aceptable en aplicaciones de ingeniería civil, mientras que 2 a 5 segundos es correcto para la aplicación en edificaciones.

La EFNARC propone seleccionar las exigencias en función del tipo de aplicación. La tabla 3.11 resume estas recomendaciones. Para los elementos de hormigón en masa o ligeramente armados, así como los pavimentos y losas se podrá utilizar cualquiera de las categorías.

Tabla 3.11:  
*Recomendaciones de la EFNARC para el ensayo de Escurrimiento*

Clase	mm	Aplicación
SF1	550-650	-Estructuras en masa o poca densidad de armaduras que sean llenadas desde la parte superior con desplazamiento libre desde el punto de entrega (p.e. losas de cimentación o pavimentos). -Hormigones de relleno por bombeo (p.e. encofrados de túneles). -Elementos suficientemente pequeños que no precisen largos flujos horizontales (p.e. pilares y algunas cimentaciones profundas)
SF2	660-750	Adecuado para muchas aplicaciones normales (p.e. muros y pilares)
SF3	760-850	Aplicaciones verticales en estructuras muy armadas, estructuras de formas complejas, o rellenos bajo los encofrados.

*Fuente: The European Guidelines for Self-compacting Concrete.*

### ➤ Ensayo de la caja L

Evalúa la capacidad de fluir, la capacidad de relleno y de paso y cualquier falta grave de estabilidad del concreto, el ensayo consta de ciertas etapas, se llena la caja vertical de concreto la misma que está separada por una compuerta de la parte horizontal provista de bloqueos verticales de acero, se levanta la compuerta y se controla el tiempo que requiere llegar al otro extremo, el tiempo transcurrido en llegar el concreto al extremo debe estar entre 3 y 6 segundo, por último se mide la alturas inicial y final expresado por H1, H2 respectivamente, se encuentra la relación entre las alturas donde estas deben tener un valor mayor a 0.80 (Flores Cornejo, 2015,p.132).

En la sección horizontal de la caja se marcó a 200 mm y a 400 mm de la compuerta midiendo el tiempo que toma en alcanzar estos puntos. Los tiempos T20 y T40 respectivamente, constituyen una indicación de la capacidad de relleno.

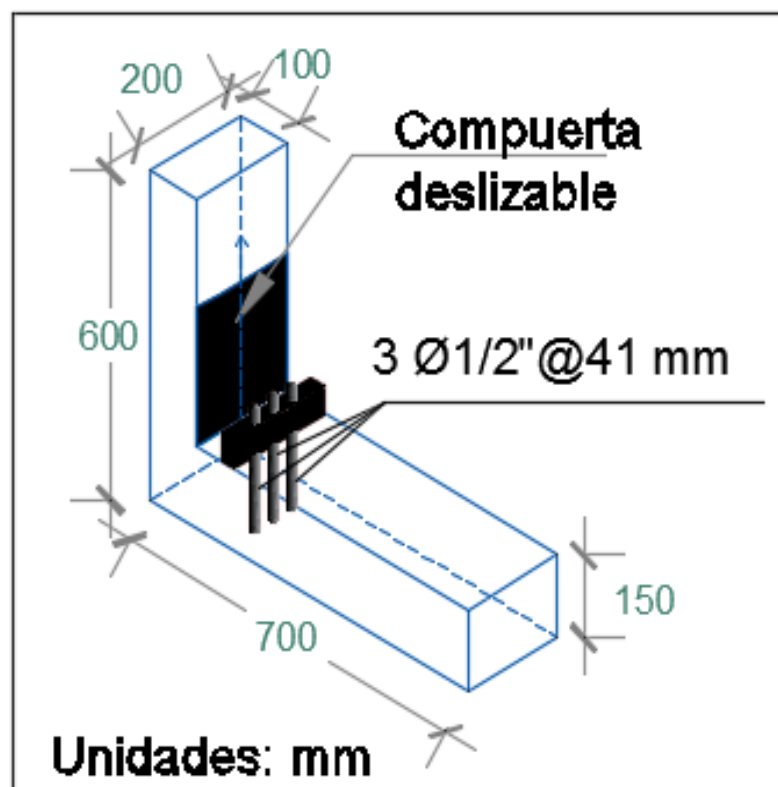


Figura 3.17: Dimensiones Caja L.

El radio de bloqueo nos indica la capacidad que tiene la mezcla de fluir y atravesar zonas con alta densidad de obstáculos y además auto nivelarse, los tiempos tomados

proporcionan información sobre la velocidad de desplazamiento de la mezcla en estos medios. Las secciones de las barras de acero que sirven como obstáculos y el espaciado entre ellas pueden variar dependiendo del nivel de dificultad del proyecto, normalmente se utilizan 3 fierros de 1/2" de diámetro y espaciados 41 mm. una de otra (Pineda Vallejo, 2003, p.29).

- Radio de Bloqueo: relación entre las alturas obtenidas en la sección horizontal de la caja L, ver figura 3.18 (d).
- T20: Tiempo que demora la mezcla en recorrer 20 cm. en la sección horizontal de la caja L, medidos a partir de la compuerta, ver figura 3.18 (b).
- T40: Tiempo que demora la mezcla en recorrer 40 cm. en la sección horizontal de la caja L, medidos a partir de la compuerta, ver figura 3.18 (c).

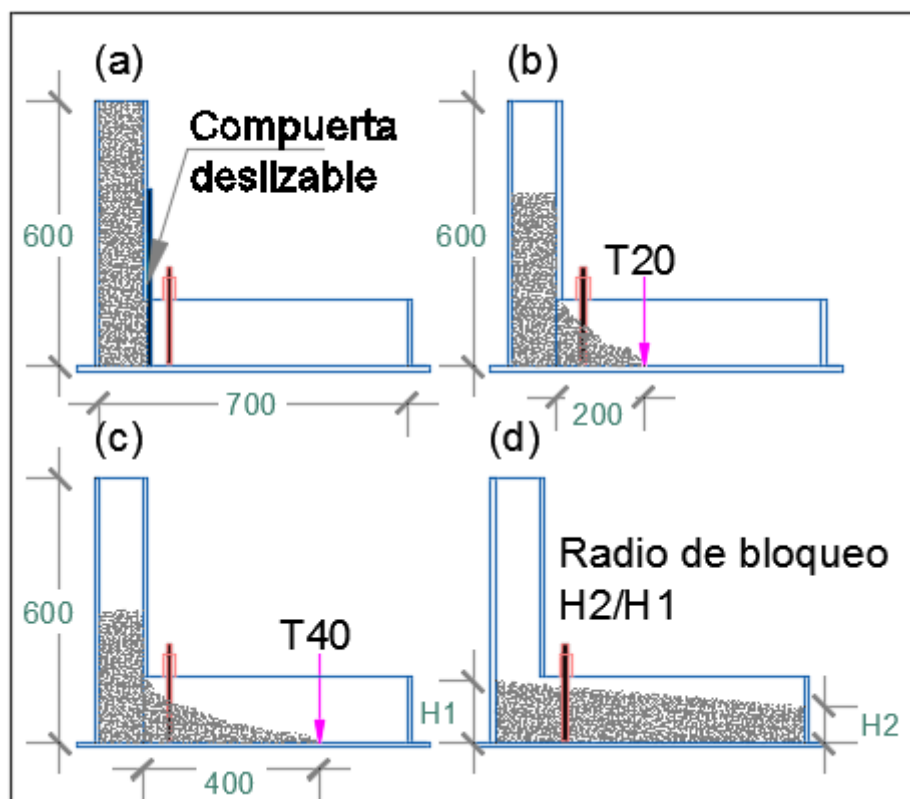


Figura 3.18: Ensayo Caja L.

La guía EFNARC (2005) recomienda valores para el radio de bloqueo ( $H2/H1$ ) en un rango de 0.80-1.00.

### ➤ Ensayo del embudo en V

Este ensayo permite evaluar la fluidez, la capacidad del hormigón para pasar por sitios estrechos y la resistencia a la segregación de la mezcla.

Para realizar el ensayo, primeramente se llena un embudo, de dimensiones indicadas en la fig. 3.19, sin compactación. Tras un minuto de reposo se abre la compuerta que se encuentra en la parte inferior del embudo.

Se mide el tiempo que la mezcla de hormigón tarda en fluir por el embudo desde el momento en que se abre la compuerta hasta que se vea, mirando desde arriba, la primera entrada de luz en la parte baja del mismo (Rigueira Victor, 2007, p,26 ).

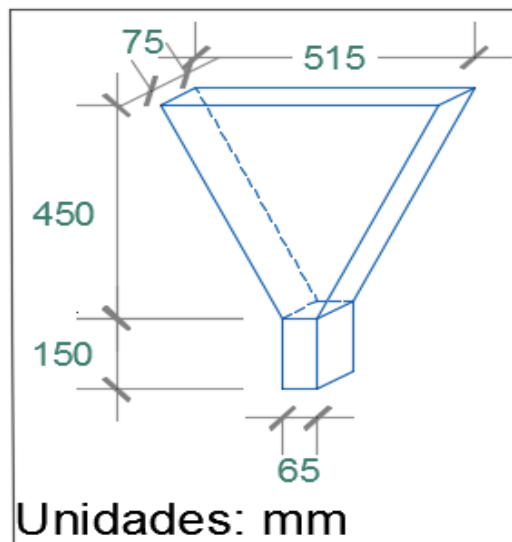


Figura 3.19: Dimensiones Embudo en V.

“Este ensayo mide la facilidad de fluir del concreto, un tiempo de flujo más breve indica mayor fluidez. Para el concreto autocompactante un periodo de flujo de 10 segundos se considera adecuado”.(Gonzales Moran et al., 2005, p.151)

La guía EFNARC (2005) recomienda clasificar el ensayo del embudo en V en función de sus propiedades que presenta en función del T50 del ensayo de escurrimiento.

- Tiempo inferior a 8 segundos: utilizados para elementos como pavimentos, losas, muros y pilares.
- Tiempo entre 9 y 25 segundos: utilizados sobre todo para rampas.



El parámetro según la norma UNE-EN 12350-9 para concreto autocompactante propone un rango entre los 4 y los 20 segundos divididos en tres categorías (Rigueira Victor, 2007, p.27)

- Tiempo entre 4 y 6 segundos: para estructuras con alta densidad de armaduras, encofrados con geometría compleja o elementos horizontales donde se desee obtener la autonivelación.
- Tiempo entre 6 y 10 segundos: “adecuada para la mayor parte de los elementos estructurales que se construyen habitualmente”
- Tiempo entre 10 y 20 segundos: para hormigón en masa o ligeramente armado, rampas y encofrados con geometría sencilla.

### **3.4. DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO AUTOCOMPACTANTE**

Ya conocidas las propiedades de cada uno de los componentes del concreto, podemos combinarlos en proporciones adecuadas buscando así cumplir con las especificaciones solicitadas (resistencia a la compresión), y tener un comportamiento eficiente ante las condiciones a las que estará expuesto.

El diseño de un concreto autocompactante se basa en el análisis del concreto en estado fresco valorando principalmente su capacidad de autocompactabilidad y en estado endurecido verificando principalmente su resistencia a compresión simple.

Para el diseño del concreto autocompactante no existe un método universalmente aceptado por lo cual el presente diseño está basado por las recomendaciones dadas por Okamura y Ozawa así como los parámetros sugeridos por la EFNARC y los primeros criterios utilizados por el método del comité 211 del ACI.

Tabla 3.12:  
*Especificaciones y Directrices según EFNARC*

---

**ESPECIFICACIONES Y DIRECTRICES-EFNARC**

---

Árido Grueso < 50%
Contenido total de Finos de 400-600 kg/m <sup>3</sup>
Contenido de Arena > 40% de mortero
Arena > 50% por peso del árido total
Agua Libre < 200 litros
Pasta > 40% del volumen de la mezcla

---

*Fuente: The European Guidelines for Self-compacting Concrete 1.*

### **3.4.1. Los Materiales**

#### **3.4.1.1. Materiales Cementantes**

Para la fabricación de las mezclas de concreto se utilizó cemento portland Tipo IP de marca RUMI con peso específico 2.82 g/cm<sup>3</sup>, ya que esta marca de cemento es el más utilizado en la ciudad de Puno además que (Mamani Flores, 2018, p.81) en su tesis de investigación utilizó la marca de cemento RUMI para un diseño de mezclas  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> obteniendo como promedio el resultado para el ensayo de compresión simple  $f'c=213.51$  kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo que el diseño de mezclas para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando cemento RUMI llegara a su resistencia de diseño a la edad de 28 días.

#### **3.4.1.2. AGREGADOS**

El agregado fino empleado fue extraído de la cantera Checachata. Se han utilizado como agregados gruesos piedra chancada procesada por la empresa “CONSTRUCTORA SURUPANA S.A.C.” provenientes de la cantera Santa Lucia, el tamaño estándar del agregado grueso se ciñe a la gradación N° 06 (ASTM C 33). Y éstos presentan las siguientes características.

Tabla 3.13:  
*Propiedades Agregado Grueso y Fino*

N°	DESCRIPCIÓN	UNID AD	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO
1	Peso unitario seco compactado	kg/m <sup>3</sup>	1,588	1,374
2	Peso unitario seco suelto	kg/m <sup>3</sup>	1,477	1,293
3	Peso específico de masa	kg/m <sup>3</sup>	2,441	2,589
4	Contenido de humedad	%	0.92	1.25
5	Absorción	%	2.296	1.79
6	Módulo de fineza	-	2.68	6.99
7	Tamaño nominal máximo	Pulg.	-	1/2"

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

### 3.4.1.3. AGUA

Se usó agua potable de la Ciudad Universitaria (UNA-Puno).

### 3.4.1.4. ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE

Para la presente investigación se incorporó el aditivo superplastificante de alto rango Sika Viscocrete 1110 PE, empleándose las siguientes dosificaciones: 1%, 1.5% y 2.5% en base al peso de cemento basándose dichas dosificaciones en la hoja técnica del producto.

Sika Viscocrete 1110 PE, gracias a su absorción superficial y el efecto de separación especial sobre las partículas de cemento, se obtienen las siguientes características:

- Fuerte reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
- Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
- Adecuado para la producción de concreto autocompactante.
- Incrementa las altas resistencias iniciales.



- Alta impermeabilidad.
- Menor relación agua/cemento.
- Aumenta la durabilidad del concreto.
- Reduce la exudación y segregación.
- Aumenta la cohesión del concreto.
- Aumenta la adherencia entre el acero y el concreto.
- No contiene cloruros ni otros agentes que promuevan la corrosión del acero.



*Figura 3.20: Compra de Aditivo Sika Viscocrete 1110.*

### **3.4.2. Procedimiento del Diseño de Mezcla**

A continuación, se presenta el procedimiento del diseño del concreto patrón (CP) con resistencias  $210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $315 \text{ kg/cm}^2$ , a los cuales se añadirá el aditivo superplastificante en proporciones 1%, 1.5%, 2.5% de la cantidad en peso de cemento.

### a) Selección del asentamiento

El primer paso contempla la selección del SLUMP, el ACI incluye una tabla en la que se recomiendan diferentes valores de SLUMP de acuerdo con el tipo de construcción que se requiera.

Tabla 3.14:

*Clases de mezcla según su asentamiento*

Asentamiento	Consistencia	Trabajabilidad
0"-2"	Seca	Poco trabajable
3"-4"	Plástica	Trabajable
5"	Fluida	Muy trabajable

*Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del Concreto" Pág. 49.*

### b) Selección del tamaño máximo del agregado

La selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrado.
- 1/3 del peralte de la losa.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de esfuerzo.

Para la elección del TMN consideramos una de las caras de menor dimensión de la caja "V" el cual es de 6.5 cm, tomando la quinta parte de esta nos da como resultado: 1.33 cm.

Para una losa de 10 cm de peralte, su tercera parte será 3.33 cm.

Considerando las barras verticales de la caja V estas tienen una separación de 4.1 cm, calculando los  $\frac{3}{4}$  de 4.1 cm, nos daría como resultado 3.075 cm.

Se elegirá el caso más crítico es decir 1.33 cm, por lo que se decidió trabajar con agregado de TMN de  $\frac{1}{2}$ ".

### c) Estimación del agua de mezclado y contenido de aire

El ACI presenta una tabla con los contenidos de agua y la cantidad de aire recomendables en función del SLUMP requerido y el tamaño máximo del agregado.

Esta tabla nos proporciona una primera estimación del agua de mezclado para concretos hechos con diferentes tamaños máximos de agregado sin aire incorporado.

Tabla 3.15:

*Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire*

SLUMP	AGUA EN lt/m <sup>3</sup> , para TMN del agregado grueso				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO				
1"- 2"	205	200	185	180	160
3"- 4"	25	216	200	195	175
6"- 7"	240	230	210	200	185
SIN AIRE	3	2.5	2	1.5	1

*Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del Concreto" Pág. 67.*

Usando un tamaño máximo de 1/2" y un slump de 3" a 4", se puede apreciar una cantidad de 216 lt/m<sup>3</sup>, con un 2.5% de aire atrapado.

### d) Cálculo de la resistencia promedio

Se determina la resistencia promedio necesaria para el diseño; la cual están en función al  $f'_c$ , la desviación estándar, el coeficiente de variación, cuando no se tiene registro de resistencia de probetas correspondientes a obras y proyectos anteriores utilizamos la siguiente tabla:

Tabla 3.16:  
*Resistencia Promedio*

$f'c$	$f'cp$
$<210 \text{ kg/cm}^2$	$f'c+70 \text{ kg/cm}^2$
$210-350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c+84 \text{ kg/cm}^2$
$>350 \text{ kg/cm}^2$	$f'c+98 \text{ kg/cm}^2$

Fuente: Enrique Riva López, "Diseño de mezclas". Pág. 57.

#### e) Selección de la relación agua-cemento (a/c)

El ACI proporciona la tabla 3.17 con los valores de la relación agua/cemento de acuerdo con la resistencia a la compresión a los 28 días que se requiera en función a la resistencia promedio calculada.

Tabla 3.17:  
*Relación agua-cemento*

$f'cr$	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO
200	0.7
250	0.62
300	0.55
350	0.48
400	0.43

Fuente: Flavio Abanto Castillo, "Tecnología del Concreto" Pág. 68.

#### f) Cálculo del contenido del cemento

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (ya obtenido en el ítem c) dividido entre la relación agua-cemento (calculado en el paso anterior), como se indica en la siguiente relación:

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{relacion a/c (para } f'cp\text{)}}$$

### g) Cálculo del contenido de agregado grueso y fino

El procedimiento que Okamura y Ouchi recomienda para determinar la proporción de agregado fino y grueso con respecto al agregado total es que el contenido de agregado grueso debe ser menor al 50% del total de agregado.

Para el presente paso ya se calculó los volúmenes correspondientes al cemento, agua, aire estos son sumados y restados al volumen total (1m<sup>3</sup>), cuyo resultado será el volumen total de los agregados, este volumen tiene que ser repartido en distintos porcentajes tanto para el agregado grueso como el fino.

Para la obtención de los valores en porcentaje de la mezcla de agregado fino y grueso, se calculó la compactación máxima que es el mejor acomodo de los agregados, para esto se realizó mezclas experimentales de porcentaje en peso del agregado fino y grueso; después se calculó el peso unitario compactado de cada mezcla.



*Figura 3.21: Apisonado de la mezcla de agregados.*

Para la elección del porcentaje de la mezcla de agregado fino y grueso se hizo distintas combinaciones entre agregado grueso y fino en paso de 1%. Las combinaciones

seleccionadas fueron las que generaron mejor comportamiento en estado fresco al momento de ser mezcladas para producir concreto autocompactante.

P.U.C: Peso Unitario Compactado.

% A.F.: Porcentaje Agregado Fino.

% A.G: Porcentaje Agregado Grueso.

Peso de Molde= 10.025 kg

Volumen de Molde= 0.0055 m<sup>3</sup>

Tabla 3.18:

*Peso unitario compactado de la mezcla de agregados*

Porcentaje		Peso molde + mezcla (kg)			Peso Promedio (kg)	Peso Mezcla (kg)	P.U.C (kg/m <sup>3</sup> )
% A.F	% A.G	P1	P2	P3			
50	50	20.195	20.375	20.345	20.305	10.280	1,856.990
51	49	20.27	20.255	20.275	20.267	10.242	1,850.066
52	48	20.23	20.195	20.245	20.223	10.198	1,842.238
53	47	20.185	20.215	20.18	20.193	10.168	1,836.819
54	46	20.160	20.140	20.175	20.158	10.133	1,830.496
55	45	20.05	20.17	20.165	20.128	10.103	1,825.077
56	44	19.9	20.16	20.06	20.040	10.015	1,809.120

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Teniendo los valores de los porcentajes establecidos tanto para el agregado grueso como para el agregado fino, determinamos el volumen correspondiente a cada uno de estos agregados, luego estos valores los multiplicamos por sus respectivos pesos específicos lograremos determinar los pesos secos tanto del agregado fino como del agregado grueso, a continuación calcularemos el peso húmedo de estos agregados multiplicando el peso de los agregados por sus respectivos contenidos de humedad, después se hará la corrección de agua por humedad de los agregados, con lo cual ya se tendrá establecidas las cantidades de cada uno de los componentes.

La cantidad del aditivo a utilizarse es un porcentaje que varía entre 1.0% hasta un 2.5% del peso del cemento a utilizarse, según indican sus respectivas fichas de la marca del aditivo.

### 3.4.3. Proporción de la Mezcla Definida

La incorporación de aditivo superplastificante (Sika Viscocrete 11100) se realizó en 1%, 1.5%, 2.5% del peso del cemento, los cuales se presentan los 3 diseños correspondientes a los diseños  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  conforme a la siguiente tabla:

Tabla 3.19:

*Diseño de mezclas para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

MATERIALES	Concreto Patrón	%ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE		
	CP	1%	1.50%	2.50%
Cemento	386.819 kg/m <sup>3</sup>	386.819 kg/m <sup>3</sup>	386.819 kg/m <sup>3</sup>	386.819 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	859.810 kg/m <sup>3</sup>	859.810 kg/m <sup>3</sup>	859.810 kg/m <sup>3</sup>	859.810 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	718.910 kg/m <sup>3</sup>	718.910 kg/m <sup>3</sup>	718.910 kg/m <sup>3</sup>	718.910 kg/m <sup>3</sup>
Agua	231.550 kg/m <sup>3</sup>	231.550 kg/m <sup>3</sup>	231.550 kg/m <sup>3</sup>	231.550 kg/m <sup>3</sup>
Sika Viscocrete	0 kg/m <sup>3</sup>	3.868 kg/m <sup>3</sup>	5.802 kg/m <sup>3</sup>	9.67 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 3.20:

*Diseño de mezclas para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

MATERIALES	Concreto Patrón	%ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE		
	CP	1%	1.50%	2.50%
Cemento	463.519 kg/m <sup>3</sup>	463.519 kg/m <sup>3</sup>	463.519 kg/m <sup>3</sup>	463.519 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	807.990 kg/m <sup>3</sup>	807.990 kg/m <sup>3</sup>	807.990 kg/m <sup>3</sup>	807.990 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	703.500 kg/m <sup>3</sup>	703.500 kg/m <sup>3</sup>	703.500 kg/m <sup>3</sup>	703.500 kg/m <sup>3</sup>
Agua	230.760 kg/m <sup>3</sup>	230.760 kg/m <sup>3</sup>	230.760 kg/m <sup>3</sup>	230.760 kg/m <sup>3</sup>
Sika Viscocrete	0 kg/m <sup>3</sup>	4.365 kg/m <sup>3</sup>	6.548 kg/m <sup>3</sup>	10.913 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 3.21:  
*Diseño de mezclas para  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2$ .*

MATERIALES	Concreto Patrón	% ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE		
	CP	1%	1.50%	2.50%
Cemento	501.160 kg/m <sup>3</sup>	501.160 kg/m <sup>3</sup>	501.160 kg/m <sup>3</sup>	501.160 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Fino	775.730 kg/m <sup>3</sup>	775.730 kg/m <sup>3</sup>	775.730 kg/m <sup>3</sup>	775.730 kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso	703.210 kg/m <sup>3</sup>	703.210 kg/m <sup>3</sup>	703.210 kg/m <sup>3</sup>	703.210 kg/m <sup>3</sup>
Agua	230.320 kg/m <sup>3</sup>	230.320 kg/m <sup>3</sup>	230.320 kg/m <sup>3</sup>	230.320 kg/m <sup>3</sup>
Sika Viscocrete	0 kg/m <sup>3</sup>	5.012 kg/m <sup>3</sup>	7.517 kg/m <sup>3</sup>	12.529 kg/m <sup>3</sup>

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

### 3.5. ELABORACIÓN DEL CONCRETO

Para verificar la calidad de la mezcla diseñada se debe elaborar muestras cilíndricas, necesarias para verificar si la dosificación de una mezcla es la adecuada para poder cumplir con la resistencia prevista en el proyecto.

#### Equipo utilizado

- Mezcladora de concreto tipo trompo de 6 Pie3.
- Una carretilla buggy para el transporte del concreto fresco.
- Cono de Abrams.
- Embudo V
- Caja L
- Plancha de 1.00 m X 1.00 m.
- Varilla apisonadora con punta redondeada de 5/8" de diámetro y 60cm de longitud.
- Cuchara para el muestreo y plancha de albañilería.



### Descripción del proceso

- Se realizó el pesaje de cada material componente del concreto patrón, concreto con aditivo superplastificante con sus respectivos porcentajes (1%, 1.5%, 2.5%); pesándose la cantidad de aditivo en la balanza de precisión.
- Se prepararon los moldes según la cantidad que se requirió por tanda mezclada; también se preparó la mezcladora y herramientas necesarias.
- Se consideró para el concreto patrón un ciclo de mezclado comprendido de 2 a 3 minutos, tomándose como punto de inicio la incorporación total de los materiales: agregado grueso, agregado fino, agua y cemento.
- La EFNARC (2005), en sus especificaciones “Specification, Production and Use for Self-Compacting Concrete” recomienda que el tiempo de mezclado del concreto autocompactante es mayor que el concreto convencional, esto debido a la reducción de las fuerzas de fricción y a la plena activación del superplastificante.
- Concluido el mezclado se procedió a verificar el asentamiento de la mezcla de concreto, para después proceder con el vaciado en los moldes.



*Figura 3.22: Mezclado de materiales.*

### 3.5.1. Elaboración de Probetas Cilíndricas

Se elaboró las probetas cilíndricas según norma descrita en el Anexo 01, en moldes con dimensiones: 6” de diámetro y 12” de altura.

Se embadurno los moldes metálicos para el fácil desencoframiento de las probetas.



*Figura 3.23: Embadurnamiento de moldes metálicos.*

Para la elaboración de las probetas para el concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ , se realizó la compactación por apisonado (varillado) con una varilla de 5/8” a cada una de las 3 capas, con 25 golpes por cada capa. Para la elaboración de las probetas para el concreto patrón + aditivo superplastificante (1.00%, 1.50%, 2.50%) no se realiza la compactación.



*Figura 3.24: Vaciado en moldes metálicos.*

### **3.5.2. Curado de los Especímenes**

El RNE indica que “El concreto deberá ser curado y mantenido sobre los 10°C por lo menos los 7 primeros días después de su colocación; en el caso de concreto con alta resistencia inicial este tiempo podrá reducirse a 3 días. Si se usa cemento tipo IP o IPM el curado deberá mantenerse como mínimo los primeros 10 días.”

El curado se realizó por inmersión el cual implica inundar o sumergir completamente las probetas de concreto, a una temperatura promedio de 13°C usando el agua que proviene de la red pública.

Se prepararon 81 probetas de concreto autocompactante y 27 probetas de concreto patrón según el diseño de mezcla, las cuales fueron sometidas al curado sumergido en agua a temperatura ambiente por 28 días, las cuales fueron sometidas a compresión axial.

Se realizó el respectivo curado de las probetas cilíndricas, en las pozas del laboratorio de Construcciones, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.



*Figura 3.25: Curado de Probetas a temperatura ambiente.*

### **3.6. ENSAYOS REALIZADOS**

#### **3.6.1. Ensayos en Estado Fresco del Concreto**

Obtenido ya el diseño de mezclas se procedió con el vaciado del concreto en los moldes, es en esta etapa que se realizó los ensayos en estado fresco del concreto, con la finalidad de controlar el asentamiento o SLUMP de la mezcla, parámetro principal de control de la trabajabilidad del concreto.

##### **3.6.1.1. Asentamiento del concreto (NTP 339.035)**

Para realizar esta prueba se utiliza un molde en forma de cono truncado de 30 cm de altura, con un diámetro inferior en su base de 20cm, y en la parte superior un diámetro de 10 cm. Para compactar el concreto se utiliza una barra de acero liso de 5/8" de diámetro y 60 cm de longitud con punta semiesférica. (Abanto, 1995).



*Figura 3.26: Ensayo de asentamiento cono de Abrams.*

### **3.6.1.2. Ensayo de escurrimiento (NTP 339.219)**

El objetivo del ensayo de escurrimiento es evaluar la capacidad de fluir el concreto y, además, permite comprobar visualmente la posible segregación del concreto.

Para la realización del ensayo se utilizó el cono de Abrams y una placa de acero plana metálica de 1000 x 1000 mm (figura 3.16), en la cual se encuentra pintada 1 círculo de 50 cm de diámetro.

El ensayo se efectuó de la siguiente manera. Primero, se colocó el cono en el centro de la bandeja. Se llenó el molde de una sola vez y sin compactar el concreto. Se enrasó y se levantó el molde, midiéndose el tiempo que tardaba el concreto en alcanzar la circunferencia de 500 mm de diámetro ( $T_{50}$ ) y el diámetro final alcanzado por el concreto una vez que había cesado el movimiento, siendo aquél la media de dos medidas perpendiculares (Cremades Escrig, 2011, p.56).



*Figura 3.27: Equipo ensayo de escurrimiento.*



*Figura 3.28: Medición del diámetro alcanzado.*

### **3.6.1.3. Ensayo del embudo en V**

El fin del ensayo del embudo en V es evaluar la capacidad del concreto para fluir por zonas estrechas y la capacidad de relleno de los moldes.

Para la ejecución de este ensayo se empleó un molde con forma de “V”, como se ha visto anteriormente y un recipiente para la recogida del concreto. Se llenó el embudo, como se muestra en la siguiente figura y se enrasó. Posteriormente, se abrió la compuerta inferior del embudo y simultáneamente se accionó el cronómetro para determinar el tiempo) que tardaba en salir el concreto del molde. El tiempo se detuvo en el momento

en que, desde la parte superior, se vislumbraba luz a través de la parte inferior (Cremades  
Escrig, 2011, p.58)



*Figura 3.29: Equipo Embudo en V.*



*Figura 3.30: Vaciado de concreto en el equipo.*

#### 3.6.1.4. Ensayo de caja en L

El fin del ensayo de la caja en L es evaluar la capacidad del concreto para fluir por zonas que están sujetas a bloqueos.

Para la ejecución de este ensayo se empleó un molde con forma de “L”, como se ha visto anteriormente y un recipiente para la recogida del concreto. Se llenó la parte vertical del molde, como se muestra en la siguiente figura y se enrasó. Posteriormente, se abrió la compuerta inferior de la caja L y simultáneamente se accionó el cronómetro para determinar el tiempo) que tardaba en recorrer una distancia horizontal de 20 y 40 cm, luego se midió el tiempo transcurrido hasta llegar al final de la caja. Una vez que el flujo se detenga se mide la altura inicial como final, estas medidas sirven para calcular el radio de bloqueo.



*Figura 3.31: Ensayo Caja L.*

### 3.6.2. Ensayos en Estado Endurecido del Concreto

#### 3.6.2.1. Resistencia a Compresión de Testigos Cilíndricos

Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron según la norma del ASTM C39 y la NTP 339.034. Se utilizaron probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y de 300 mm de altura. Para cada tipo de concreto se ensayaron 9 probetas para cada clase de concreto a los 28 días.





*Figura 3.32: Ensayo de resistencia a compresión.*

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. ENSAYOS EN ESTADO ENDURECIDO DEL CONCRETO

##### 4.1.1. Resistencia a Compresión de Testigos Cilíndricos $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Los resultados obtenidos en laboratorio se presentan en las tablas 4.1 a 4.4, tanto para el concreto patrón (CP), concreto con aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1110 PE.

Tabla 4.1:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c= \text{kg/cm}^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón-01	223.24	106.31		
2	Concreto Patrón-02	216.21	102.96		
3	Concreto Patrón-03	218.49	104.04		
4	Concreto Patrón-04	219.66	104.60		
5	Concreto Patrón-05	222.06	105.74	219.06	104.31
6	Concreto Patrón-06	214.09	101.95		
7	Concreto Patrón-07	224.51	106.91		
8	Concreto Patrón-08	217.66	103.65		
9	Concreto Patrón-09	215.58	102.66		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.2:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.0%  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=kg/cm^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%-01	251.61	119.82		
2	Concreto Patrón+Aditivo 1%-02	243.78	116.09		
3	Concreto Patrón+Aditivo 1%-03	249.93	119.01		
4	Concreto Patrón+Aditivo 1%-04	254.44	121.16		
5	Concreto Patrón+Aditivo 1%-05	248.46	118.31	247.91	118.05
6	Concreto Patrón+Aditivo 1%-06	251.28	119.66		
7	Concreto Patrón+Aditivo 1%-07	241.45	114.98		
8	Concreto Patrón+Aditivo 1%-08	247.30	117.76		
9	Concreto Patrón+Aditivo 1%-09	242.91	115.67		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.3:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.5%  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=kg/cm^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-01	286.33	136.35		
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-02	272.75	129.88		
3	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-03	283.04	134.78		
4	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-04	271.22	129.15		
5	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-05	272.19	129.62	271.26	129.17
6	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-06	279.77	133.22		
7	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-07	259.30	123.48		
8	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-08	257.27	122.51		
9	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-09	259.48	123.56		

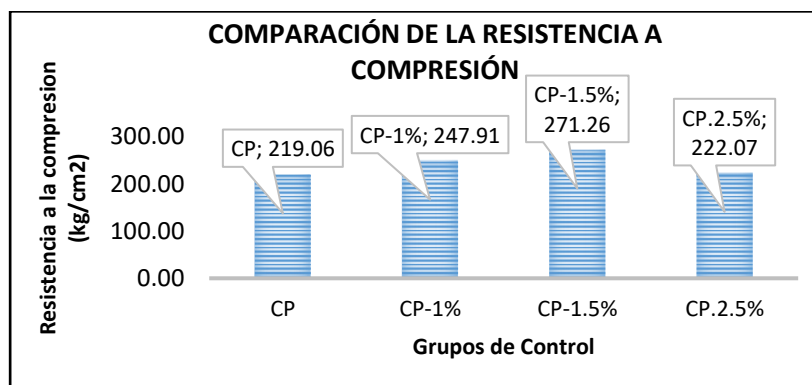
*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.4:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 2.5%  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=$ kg/cm <sup>2</sup>	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-01	225.00	107.14		
2	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-02	217.08	103.37		
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-03	213.89	101.85		
4	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-04	225.83	107.54		
5	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-05	220.63	105.06	222.07	105.75
6	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-06	226.12	107.68		
7	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-07	222.28	105.85		
8	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-08	227.96	108.55		
9	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-09	219.82	104.68		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*



*Figura 4.1: Diagrama de Barras para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>*

Analizando la Figura 4.1, se observa que la adición de aditivo superplastificante, aumenta la resistencia a la compresión para ciertas dosificaciones y disminuye para otras con respecto al concreto patrón, obteniéndose que:

- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 1.0% de aditivo tiene un valor de 247.91 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 13.17 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 219.06 kg/cm<sup>2</sup>.

- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 1.5% de aditivo tiene un valor de 271.26 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 23.83 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 219.06 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 2.5% de aditivo tiene un valor de 222.07 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 1.38 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 219.06 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.2. Resistencia a Compresión de Testigos Cilíndricos $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup>

Los resultados obtenidos en laboratorio se presentan en las tablas 4.5 a 4.8, tanto para el concreto patrón (CP), concreto con aditivo superplastificante.

Tabla 4.5:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=$ kg/cm <sup>2</sup>	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón-01	291.89	104.25		
2	Concreto Patrón-02	293.03	104.66		
3	Concreto Patrón-03	300.31	107.25		
4	Concreto Patrón-04	295.14	105.41		
5	Concreto Patrón-05	277.37	99.06	290.45	103.73
6	Concreto Patrón-06	289.72	103.47		
7	Concreto Patrón-07	284.47	101.60		
8	Concreto Patrón-08	287.02	102.51		
9	Concreto Patrón-09	295.08	105.38		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.6:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.0%  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=kg/cm^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%-01	343.58	122.71		
2	Concreto Patrón+Aditivo 1%-02	361.28	129.03		
3	Concreto Patrón+Aditivo 1%-03	328.95	117.48		
4	Concreto Patrón+Aditivo 1%-04	339.95	121.41		
5	Concreto Patrón+Aditivo 1%-05	360.06	128.59	337.82	120.65
6	Concreto Patrón+Aditivo 1%-06	325.69	116.32		
7	Concreto Patrón+Aditivo 1%-07	328.28	117.24		
8	Concreto Patrón+Aditivo 1%-08	322.70	115.25		
9	Concreto Patrón+Aditivo 1%-09	329.93	117.83		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.7:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.5%  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=kg/cm^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-01	379.17	135.42		
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-02	381.23	136.15		
3	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-03	375.66	134.16		
4	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-04	375.91	134.25		
5	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-05	374.20	133.64	380.78	135.99
6	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-06	390.35	139.41		
7	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-07	373.28	133.31		
8	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-08	386.07	137.88		
9	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-09	391.12	139.69		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.8:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 2.5%  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=\text{kg/cm}^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-01	290.00	103.57		
2	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-02	295.76	105.63		
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-03	297.79	106.35		
4	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-04	299.52	106.97		
5	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-05	286.93	102.47	294.59	105.21
6	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-06	295.11	105.40		
7	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-07	290.52	103.76		
8	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-08	296.84	106.01		
9	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-09	298.83	106.73		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

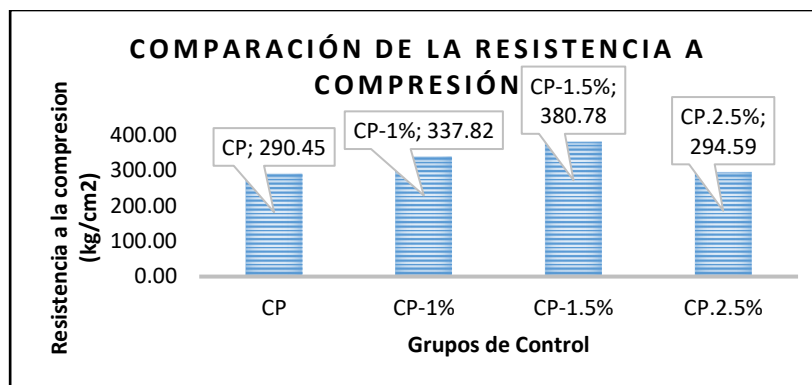


Figura 4.2: Diagrama de barras para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Analizando la Figura 4.2, se observa que la adición de aditivo superplastificante, aumenta la resistencia a la compresión para ciertas dosificaciones y disminuye para otras con respecto al concreto patrón, obteniéndose que:

- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 1.0% de aditivo tiene un valor de 337.82 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 16.31 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 290.45 kg/cm<sup>2</sup>.

- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 1.5% de aditivo tiene un valor de 380.78 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 31.10 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 290.45 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 2.5% de aditivo tiene un valor de 294.59 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 1.43 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 290.45 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.3. Resistencia a Compresión de Testigos Cilíndricos $f'c=315$ kg/cm<sup>2</sup>

Los resultados obtenidos en laboratorio se presentan en las tablas 4.9 a 4.12, tanto para el concreto patrón (CP), concreto con aditivo superplastificante.

Tabla 4.9:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=Kg/cm^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón-01	329.06	104.46		
2	Concreto Patrón-02	341.84	108.52		
3	Concreto Patrón-03	327.22	103.88		
4	Concreto Patrón-04	344.78	109.45		
5	Concreto Patrón-05	346.84	110.11	339.50	107.78
6	Concreto Patrón-06	343.28	108.98		
7	Concreto Patrón-07	331.73	105.31		
8	Concreto Patrón-08	348.66	110.69		
9	Concreto Patrón-09	342.14	108.61		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*



Tabla 4.10:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.0%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=Kg/cm^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%-01	402.13	127.66		
2	Concreto Patrón+Aditivo 1%-02	403.40	128.06		
3	Concreto Patrón+Aditivo 1%-03	405.30	128.67		
4	Concreto Patrón+Aditivo 1%-04	418.21	132.76		
5	Concreto Patrón+Aditivo 1%-05	399.31	126.76	402.54	127.79
6	Concreto Patrón+Aditivo 1%-06	408.37	129.64		
7	Concreto Patrón+Aditivo 1%-07	387.37	122.98		
8	Concreto Patrón+Aditivo 1%-08	406.08	128.92		
9	Concreto Patrón+Aditivo 1%-09	392.66	124.65		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.11:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 1.5%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=Kg/cm^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-01	451.41	143.30		
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-02	440.64	139.89		
3	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-03	452.24	143.57		
4	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-04	438.48	139.20		
5	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-05	470.68	149.42	450.51	143.02
6	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-06	458.93	145.69		
7	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-07	440.31	139.78		
8	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-08	437.25	138.81		
9	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%-09	464.68	147.52		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.12:

*Datos de la resistencia a compresión concreto patrón + aditivo 2.5%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

N°	Descripción	Resistencia alcanzada $f'c=Kg/cm^2$	% Resistencia	Resistencia promedio	% Resistencia promedio
1	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-01	341.38	108.38		
2	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-02	325.27	103.26		
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-03	348.09	110.50		
4	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-04	345.71	109.75		
5	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-05	330.65	104.97	340.39	108.06
6	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-06	351.18	111.49		
7	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-07	353.11	112.10		
8	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-08	336.72	106.90		
9	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%-09	331.41	105.21		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

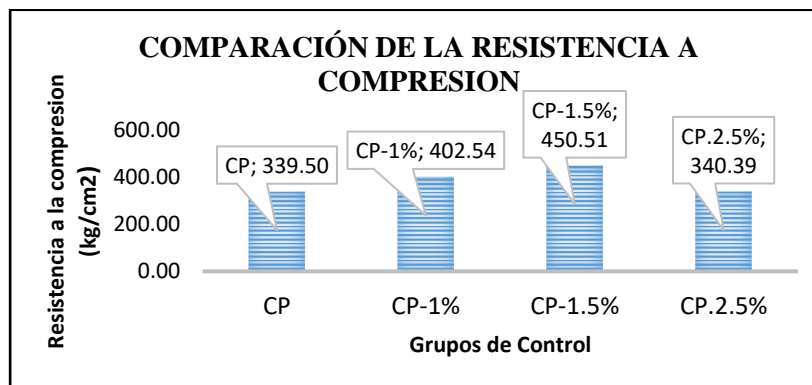


Figura 4.3: Diagrama de barras para  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$

Analizando la Figura 4.3, se observa que la adición de aditivo superplastificante, aumenta la resistencia a la compresión para ciertas dosificaciones y disminuye para otras con respecto al concreto patrón, obteniéndose que:

- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 1.0% de aditivo tiene un valor de 402.54 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 18.57 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 339.50 kg/cm<sup>2</sup>.



- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 1.5% de aditivo tiene un valor de 450.51 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 32.70 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 339.50 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia promedio del Concreto Patrón + 2.5% de aditivo tiene un valor de 340.39 kg/cm<sup>2</sup>, obteniéndose un aumento de 0.26 %, con respecto a la resistencia promedio del concreto patrón con un valor de 339.50 kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.1.4. Discusión de los Resultados de Resistencia a Compresión

- Como se observa en las figuras 4.1, 4.2, 4.3, la resistencia a compresión aumenta a medida que se aumenta la cantidad de aditivo hasta una cantidad de 1.5% de dosis; a partir de esta cantidad la resistencia a compresión se reducirá gradualmente, esto corrobora la investigación realizada por Carlos Molina y Saúl Saldaña con la investigación denominada "Influencia del aditivo hiperplastificante Plastol 200 Ext en las propiedades del concreto autocompactante en estado fresco y endurecido". Concluyendo que para porcentajes mayores a 1.2% la resistencia iba en descenso, con presencia de exudación y segregación.
- En las figuras 4.1, 4.2, 4.3 se observan los gráficos de barra donde se aprecia que a medida que la cantidad de aditivo aumenta, la resistencia también mejora, pero con una dosis alta de aditivo la resistencia disminuye.
- La resistencia a compresión simple incrementa a medida que se aumenta la dosis de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1110 PE, esto debido al efecto fluidificante del aditivo que produce una hidratación más eficaz por lo que la microestructura es más homogénea.
- La resistencia a compresión simple disminuye a partir de cierta dosis de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1110 PE, esto corrobora la investigación



realizada por Jhonathan Mayta con la tesis denominada “Influencia del aditivo superplastificante en el tiempo de fraguado, trabajabilidad y resistencia mecánica del concreto en la ciudad de Huancayo” concluyendo que el valor de la resistencia disminuye debido a la inclusión de aire en la mezcla de concreto (efecto secundario del aditivo superplastificante).

- Las probetas fueron sometidas al ensayo de compresión simple luego de ser curados por inmersión durante 28 días, según el RNE el curado de los testigos se debe realizar como mínimo durante 7 días, según la investigación realizada por Lizbeth Loya con la tesis “Evaluación de la resistencia a la compresión del curado de concreto en obra y laboratorio en el distrito de Yanacancha, Pasco-2017”, indica que el tipo de curado influye en la resistencia a compresión simple, por lo que si el curado se realizaría con rociadores de agua el incremento de la resistencia con respecto al concreto patrón estaría en un rango de 3 a 18 % para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, de 2 a 22 % para  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, de 4 a 17 % para  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup>, siendo estos porcentajes cercanos al valor de 16.93% que calculó Ines Reyes y Jose Chahuayo en su tesis “Influencia de los métodos de curado en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías” en donde aplico el método de curado por aspersion, obteniendo a la edad de 28 días una variación de 16.93% con respecto a la resistencia del curado en laboratorio por inmersión.
- El uso de agregados artificiales en las mezclas de concreto autocompactante tiene mayores valores a resistencia a compresión que las mezclas realizadas con agregados naturales, en la investigación realizada por Manuel Ramos y Wilfredo Ramos, concluyen que para  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> y 1.6% de aditivo la resistencia alcanzada por un concreto autocompactante en comparación a la

resistencia que alcanza el concreto patrón a los 28 días con un curado sumergido muestra un incremento significativo de 12%, mientras que en la presente investigación la resistencia alcanzada por un concreto autocompactante con respecto al concreto patrón utilizando agregado artificiales muestra un aumento significativo de 23.83%.

## 4.2. ENSAYOS EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO

### 4.2.1 Ensayo de Asentamiento del Concreto Patrón

Los ensayos se realizaron según NTP 339.035, a continuación se presentan las mediciones obtenidas para los concreto patrón  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ ,  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ ,  $f'c=315\text{kg/cm}^2$ .

Tabla 4.13:

*Datos de asentamiento para concreto patrón.*

N°	DESCRIPCIÓN	ASENTAMIENTO (cm)	PROMEDIO (cm)
1	Concreto Patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$	8.4	
2	Concreto Patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$	8.1	8.4
3	Concreto Patrón $f'c=210\text{kg/cm}^2$	8.7	
1	Concreto Patrón $f'c=280\text{ kg/cm}^2$	8.3	
2	Concreto Patrón $f'c=280\text{ kg/cm}^2$	8.0	8.17
3	Concreto Patrón $f'c=280\text{ kg/cm}^2$	8.2	
1	Concreto Patrón $f'c=315\text{ kg/cm}^2$	7.9	
2	Concreto Patrón $f'c=315\text{ kg/cm}^2$	8.1	8.12
3	Concreto Patrón $f'c=315\text{ kg/cm}^2$	8.3	

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

- En el ensayo de asentamiento para la mezcla de concreto patrón con 0% de aditivo Sika Viscocrete 1110 PE, se obtuvieron valores como promedio de 8.4, 8.17, 8.12 cm para  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315\text{ kg/cm}^2$

respectivamente, por lo cual los resultados cumplen con los valores para los cuales fueron diseñados (3" a 4").

- Se obtuvo que el promedio del asentamiento de la mezcla de Concreto Patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> es de 8.4cm (3.31"), este valor está en el rango de 3" a 4" de acuerdo al diseño realizado del concreto patrón.
- Se obtuvo que el promedio del asentamiento de la mezcla de Concreto Patrón  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> es de 8.17cm (3.22"), este valor está en el rango de 3" a 4" de acuerdo al diseño realizado del concreto patrón.
- Se obtuvo que el promedio del asentamiento de la mezcla de Concreto Patrón  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup> es de 8.12cm (3.20"), este valor está en el rango de 3" a 4" de acuerdo al diseño realizado del concreto patrón.

#### 4.2.2. Ensayo de Ecurrimiento

El ensayo de escurrimiento, es la prueba que determina y cuantifica la fluidez de la masa, teniendo como resultados diámetros que son mayores a 60cm, los cuales son aceptados ya que se encuentran en los rangos que brinda la EFNARC según la tabla 3.11 y su aplicación es adecuada para muros, pilares y estructuras verticales densamente armadas.

Tabla 4.14:

*Datos de escurrimiento para concreto autocompactante  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO	T 50 (seg)	D max			
				Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	ØProm (cm)	%
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	210 kg/cm <sup>2</sup>	3.54	73	74	73.50	100
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	210 kg/cm <sup>2</sup>	2.3	75	78	76.50	104.08
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	210 kg/cm <sup>2</sup>	1.7	84	85	84.50	110.46

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Analizando la tabla 4.14, se observa que la adición de aditivo superplastificante SIKA 1110 PE, al concreto patrón, mejora considerablemente la trabajabilidad aumentando su fluidez obteniéndose que:

Para el ensayo N° 2 se obtuvo como promedio un diámetro máximo de 76.50 cm, obteniéndose un aumento de 4.08% con respecto al ensayo N° 1 y un T50 de 2.30 segundos que es el tiempo en que el concreto logra alcanzar el diámetro de 50 cm.

Para el ensayo N°3 se obtuvo como promedio un diámetro máximo de 84.50 cm, obteniéndose un aumento de 10.46% con respecto al ensayo N° 1 y un T50 de 1.7 segundos que es el tiempo en que el concreto logra alcanzar el diámetro de 50 cm.

Para los ensayos N° 2 y 3 se observa que a mayor cantidad de aditivo añadida a la mezcla de concreto patrón el T50 disminuirá, además que alcanzaron diámetros mayores obtenidos en el ensayo N°1.

Tabla 4.15:

*Datos de escurrimiento para concreto autocompactante  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

N°	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO	T 50 (seg)	D max			
				Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	ØProm (cm)	%
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	280 kg/cm <sup>2</sup>	3.28	71	68	69.5	100
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	280 kg/cm <sup>2</sup>	2.6	76	75	75.5	108.63
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	280 kg/cm <sup>2</sup>	1.92	86	88	87	125.18

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Analizando la tabla 4.15, se observa que la adición de aditivo superplastificante SIKA 1110 PE, al concreto patrón, mejora considerablemente la trabajabilidad aumentando su fluidez obteniéndose que:

Para el ensayo N° 2 se obtuvo como promedio un diámetro máximo de 75.50 cm, obteniéndose un aumento de 8.63% con respecto al ensayo N° 1 y un T50 de 2.6 segundos que es el tiempo en que el concreto logra alcanzar el diámetro de 50 cm.

Para el ensayo N°3 se obtuvo como promedio un diámetro máximo de 87 cm, obteniéndose un aumento de 25.18% con respecto al ensayo N° 1 y un T50 de 1.92 segundos que es el tiempo en que el concreto logra alcanzar el diámetro de 50 cm.

Para los ensayos N° 2 y 3 se observa que a mayor cantidad de aditivo añadida a la mezcla de concreto patrón el T50 disminuirá, además que alcanzaron diámetros mayores obtenidos en el ensayo N°1.

Tabla 4.16:

*Datos de escurrimiento para concreto autocompactante  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO	T 50 (seg)	D max			
				Ø1 (cm)	Ø2 (cm)	ØProm (cm)	%
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	315 kg/cm <sup>2</sup>	4.12	67	68	67.5	100
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	315 kg/cm <sup>2</sup>	3.46	72	74	73	108.15
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	315 kg/cm <sup>2</sup>	2.23	83	86	84.5	125.19

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Analizando la tabla 4.16, se observa que la adición de aditivo superplastificante SIKA 1110 PE, al concreto patrón, mejora considerablemente la trabajabilidad aumentando su fluidez obteniéndose que:

Para el ensayo N° 2 se obtuvo como promedio un diámetro máximo de 73 cm, obteniéndose un aumento de 8.15% con respecto al ensayo N° 1 y un T50 de 3.46 segundos que es el tiempo en que el concreto logra alcanzar el diámetro de 50 cm.

Para el ensayo N°3 se obtuvo como promedio un diámetro máximo de 84.5 cm, obteniéndose un aumento de 25.19% con respecto al ensayo N° 1 y un T50 de 2.23 segundos que es el tiempo en que el concreto logra alcanzar el diámetro de 50 cm.

Para los ensayos N° 2 y 3 se observa que a mayor cantidad de aditivo añadida a la mezcla de concreto patrón el T50 disminuirá, además que alcanzaron diámetros mayores obtenidos en el ensayo N°1.



### 4.2.3. Ensayo Embudo en V

El ensayo del embudo en V mide el tiempo de flujo por el que la mezcla logra descargar por completo del equipo.

Tabla 4.17:

*Datos de tiempo de descarga para concreto autocompactante  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO	TIEMPO DE DESCARGA
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	210 kg/cm <sup>2</sup>	9.4
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	210 kg/cm <sup>2</sup>	8.75
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	210 kg/cm <sup>2</sup>	6.2

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Para un concreto patrón de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con aditivo se obtuvo resultados favorables de descarga con un máximo de 9.4 segundos con aditivo de 1% y un mínimo de 6.2 segundos para una mezcla con aditivo del 2.5% los cuales se encuentran dentro de los parámetros permisibles según recomendaciones de la Norma UNE-EN 12350-9.

Tabla 4.18:

*Datos de tiempo de tiempo de descarga para concreto autocompactante  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>.*

N°	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO	TIEMPO DE DESCARGA
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	280 kg/cm <sup>2</sup>	10.7
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	280 kg/cm <sup>2</sup>	8.5
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	280 kg/cm <sup>2</sup>	5.3

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Para un concreto patrón de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con aditivo se obtuvo resultados favorables de descarga con un máximo de 10.7 segundos con aditivo de 1% y un mínimo de 5.3 segundos para una mezcla con aditivo del 2.5% los cuales se encuentran dentro de los parámetros permisibles según recomendaciones de la Norma UNE-EN 12350-9.

Tabla 4.19:

*Datos de tiempo de descarga para concreto autocompactante  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

N°	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO	TIEMPO DE DESCARGA
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	315 kg/cm <sup>2</sup>	11.1
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	315 kg/cm <sup>2</sup>	8.75
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	315 kg/cm <sup>2</sup>	4.65

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Para un concreto patrón de  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  con aditivo se obtuvo resultados favorables de descarga con un máximo de 11.1 segundos con aditivo de 1% y un mínimo de 4.65 segundos para una mezcla con aditivo del 2.5% los cuales se encuentran dentro de los parámetros permisibles según recomendaciones de la Norma UNE-EN 12350-9.

#### 4.2.4. Ensayo Caja en L

El ensayo de la caja en L, es la prueba que determina y cuantifica el radio de bloqueo que es el cociente de dividir las alturas del concreto en la parte final y en la parte inicial de la caja, según recomendaciones de la EFNARC debe estar en un rango de 0.8-1.0, además los tiempos a 20 cm (T20) y 40cm (T40) segundos de iniciado el ensayo indica la fluidez del concreto.

Tabla 4.20:  
*Datos de ensayo de caja L.*

N°	DESCRIPCIÓN	RESISTENCIA DE DISEÑO	Recorrido		Alturas		
			T20 (seg)	T40 (seg)	H1	H2	H2/H1
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	210 kg/cm <sup>2</sup>	1.28	1.97	8.4	7.1	0.85
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	210 kg/cm <sup>2</sup>	0.93	1.44	9.6	8.5	0.89
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	210 kg/cm <sup>2</sup>	0.58	0.81	7.2	6.9	0.96
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	280 kg/cm <sup>2</sup>	1.43	2.01	8.8	7.4	0.84
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	280 kg/cm <sup>2</sup>	1.12	1.56	8.5	7.8	0.92
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	280 kg/cm <sup>2</sup>	0.85	1.04	7.4	7.2	0.97
1	Concreto Patrón+Aditivo 1%	315 kg/cm <sup>2</sup>	1.57	2.35	9.3	7.6	0.82
2	Concreto Patrón+Aditivo 1.5%	315 kg/cm <sup>2</sup>	1.25	1.94	9	7.8	0.87
3	Concreto Patrón+Aditivo 2.5%	315 kg/cm <sup>2</sup>	1.38	1.76	8.6	8.2	0.95

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Se puede observar que para los ensayos N° 1,2 y 3 el radio de bloqueo se encuentra dentro de los rangos permisibles que recomienda la EFNARC.

Se observa que a medida que el aditivo aumenta mejora la fluidez por lo tanto los tiempos de T20 y T40 disminuyen, esto no es recomendable ya que a mayor fluidez la probabilidad de que haya segregación será mayor, por lo que el agregado grueso quedara retenido en la parte inicial de la caja L y a la parte final solo llegaran los finos y agua.

#### 4.3. ANÁLISIS DE COSTOS

Para estimar un costo aproximado, se analiza el costo de producción de los 3 tipos de dosificaciones de concreto patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, 280 kg/cm<sup>2</sup>, 315 kg/cm<sup>2</sup> y concretos con diferentes porcentajes de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1110 PE de 1.0%, 1.5%, 2.5%, se realizara el análisis que intervienen en la mezcla para 1m<sup>3</sup> de concreto.

Para el análisis de costos se realizó la cotización, de la cual se eligió los siguientes costos:



Costo agregado fino por M3: S/ 45.00

Costo agregado grueso por M3: S/47.20

Costo bolsa de cemento: S/ 21.80

Costo barril aditivo superplastificante (anexo 12): S/2,200

Volumen barril aditivo superplastificante: 200 L

Costo aditivo superplastificante por M3: S/ 11.00

Tabla 4.21:

*Costo unitario de materiales para concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Parcial</b>
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	9.102	21.80	198.42
Agregado Fino	m3	0.352	45.00	15.85
Agregado Grueso	m3	0.278	47.20	13.11
Agua	m3	0.232	4.79	1.11
<b>Costo Unitario de materiales</b>				<b>228.48</b>

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.22:

*Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 1.0%  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Parcial</b>
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	9.102	21.80	198.42
Agregado Fino	m3	0.352	45.00	15.85
Agregado Grueso	m3	0.278	47.20	13.11
Agua	m3	0.232	4.79	1.11
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	3.868	11.00	42.55
<b>Costo Unitario de materiales</b>				<b>271.03</b>

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.23:

*Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 1.5%  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Parcial</b>
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	9.102	21.80	198.42
Agregado Fino	m3	0.352	45.00	15.85
Agregado Grueso	m3	0.278	47.20	13.11
Agua	m3	0.232	4.79	1.11
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	5.802	11.00	63.83
Costo Unitario de materiales				292.31

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.24:

*Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 2.5%  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Parcial</b>
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	9.102	21.80	198.42
Agregado Fino	m3	0.352	45.00	15.85
Agregado Grueso	m3	0.278	47.20	13.11
Agua	m3	0.232	4.79	1.11
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	9.670	11.00	106.38
Costo Unitario de materiales				334.86

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.25:

*Resumen costo unitario de materiales.*

<b>Grupo de Prueba</b>	<b>Costo Unitario(S/.)</b>
Patrón	228.48
Sika Viscocrete (1%)	271.03
Sika Viscocrete (1.5%)	292.31
Sika Viscocrete (2.5%)	334.86
<b>Grupo de Prueba</b>	<b>Incremento (%)</b>
Sika Viscocrete (1%)	18.62%
Sika Viscocrete (1.5%)	27.93%
Sika Viscocrete (2.5%)	46.56%

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

De acuerdo a los resultados obtenidos, se presenta el siguiente gráfico.

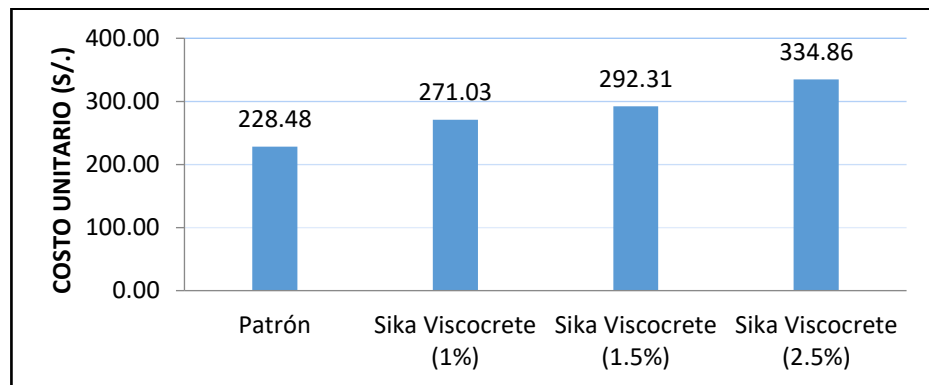


Figura 4.4: Evaluación del costo unitario de materiales para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Analizando los datos de la Figura 4.4, se puede apreciar que los resultados de costo unitario de materiales se incrementan conforme la cantidad de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1110 Pe por metro cúbico de concreto aumenta.

- El concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , presenta un costo unitario de materiales de S/ 228.48.
- El concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 271.03, obteniéndose un aumento de 18.62 %, con respecto al costo unitario del concreto Patrón.
- El concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 292.31, obteniéndose un aumento de 27.93 %, con respecto al costo unitario del concreto Patrón.
- El concreto patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 + 2.5\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 334.86, obteniéndose un aumento de 46.56 %, con respecto al costo unitario del concreto Patrón.

Tabla 4.26:

*Costo unitario de materiales para concreto patrón  $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ .*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Parcial</b>
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	10.906	21.80	237.76
Agregado Fino	m3	0.331	45.00	14.90
Agregado Grueso	m3	0.272	47.20	12.83
Agua	m3	0.231	4.79	1.11
Costo Unitario de materiales				266.58

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.27:

*Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 1.0%  $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ .*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Parcial</b>
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	10.906	21.80	237.76
Agregado Fino	m3	0.331	45.00	14.90
Agregado Grueso	m3	0.272	47.20	12.83
Agua	m3	0.231	4.79	1.11
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	4.635	11.00	50.99
Costo Unitario de materiales				317.57

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.28:

*Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 1.5%  $f'c=280\text{ kg/cm}^2$ .*

<b>Materiales</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P.U.</b>	<b>Parcial</b>
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	10.906	21.80	237.76
Agregado Fino	m3	0.331	45.00	14.90
Agregado Grueso	m3	0.272	47.20	12.83
Agua	m3	0.231	4.79	1.11
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	6.953	11.00	76.48
Costo Unitario de materiales				343.06

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.29:

Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 2.5%  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	10.906	21.80	237.76
Agregado Fino	m3	0.331	45.00	14.90
Agregado Grueso	m3	0.272	47.20	12.83
Agua	m3	0.231	4.79	1.11
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	11.588	11.00	127.47
Costo Unitario de materiales				394.05

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).

Tabla 4.30:

Resumen costo unitario de materiales.

Grupo de Prueba	Costo Unitario(S/.)
Patrón	266.58
Sika Viscocrete (1%)	317.57
Sika Viscocrete (1.5%)	343.06
Sika Viscocrete (2.5%)	394.05

Grupo de Prueba	Incremento (%)
Sika Viscocrete (1%)	38.99%
Sika Viscocrete (1.5%)	50.15%
Sika Viscocrete (2.5%)	72.47%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).

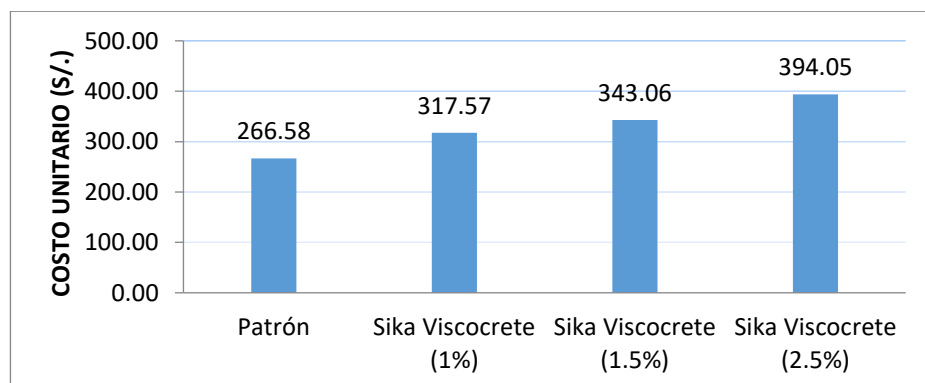


Figura 4.5: Evaluación del costo unitario de materiales para  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ .



Analizando los datos de la Figura 4.5, se puede apreciar que los resultados de costo unitario de materiales se incrementan conforme la cantidad de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1110 Pe por metro cúbico de concreto aumenta.

- El concreto patrón  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , presenta un costo unitario de materiales de S/ 266.58.
- El concreto patrón  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 317.57, obteniéndose un aumento de 38.99 %, con respecto al costo unitario del concreto Patrón.
- El concreto patrón  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 343.06, obteniéndose un aumento de 50.15 %, con respecto al costo unitario del concreto Patrón.
- El concreto patrón  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2 + 2.5\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 394.05, obteniéndose un aumento de 72.47 %, con respecto al costo unitario del concreto Patrón.

*Costo unitario de materiales para concreto patrón  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2$ .*

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	11.792	21.80	257.07
Agregado Fino	m3	0.318	45.00	14.30
Agregado Grueso	m3	0.272	47.20	12.82
Agua	m3	0.230	4.79	1.10
Costo Unitario de materiales				285.29

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.32:

*Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 1.0%  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup>.*

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	11.792	21.80	257.07
Agregado Fino	m3	0.318	45.00	14.30
Agregado Grueso	m3	0.272	47.20	12.82
Agua	m3	0.230	4.79	1.10
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	5.0116	11.00	55.13
Costo Unitario de materiales				340.42

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.33:

*Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 1.5%  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup>.*

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	11.792	21.80	257.07
Agregado Fino	m3	0.318	45.00	14.30
Agregado Grueso	m3	0.272	47.20	12.82
Agua	m3	0.230	4.79	1.10
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	7.52	11.00	82.69
Costo Unitario de materiales				367.98

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.34:

*Costo unitario de materiales concreto patrón + aditivo 2.5%  $f'c=315$  kg/cm<sup>2</sup>.*

Materiales	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial
Cemento Portland Tipo IP (42.5kg)	bol	11.792	21.80	257.07
Agregado Fino	m3	0.318	45.00	14.30
Agregado Grueso	m3	0.272	47.20	12.82
Agua	m3	0.230	4.79	1.10
Sika Viscocrete 1110 PE	Kg	12.529	11.00	137.82
Costo Unitario de materiales				423.11

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

Tabla 4.35:  
*Resumen costo unitario de materiales.*

Grupo de Prueba	Costo Unitario(S/.)
Patrón	285.29
Sika Viscocrete (1%)	340.42
Sika Viscocrete (1.5%)	367.98
Sika Viscocrete (2.5%)	423.11

Grupo de Prueba	Incremento (%)
Sika Viscocrete (1%)	48.99%
Sika Viscocrete (1.5%)	61.06%
Sika Viscocrete (2.5%)	85.18%

Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).

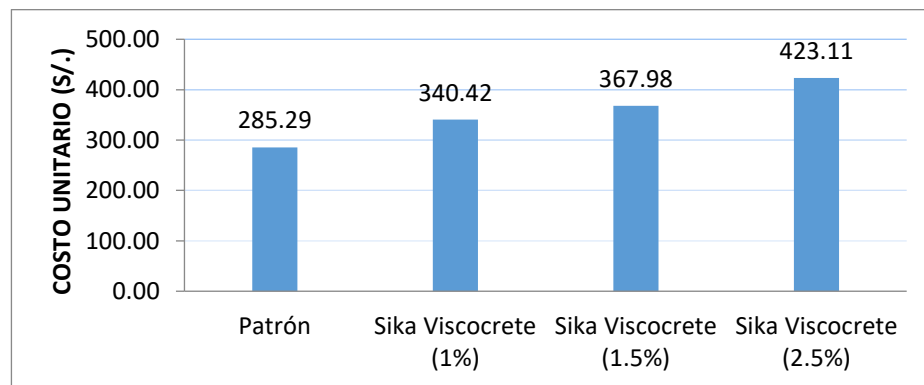


Figura 4.6: Evaluación del costo unitario de materiales para  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2$ .

Analizando los datos de la Figura 4.6, se puede apreciar que los resultados de costo unitario de materiales se incrementan conforme la cantidad de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1110 Pe por metro cúbico de concreto aumenta.

- El concreto patrón  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2$ , presenta un costo unitario de materiales de S/ 285.29.
- El concreto patrón  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2 + 1.0\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 340.42, obteniéndose un aumento de 48.99 %, con respecto al costo unitario del concreto patrón.



- El concreto patrón  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2 + 1.5\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 367.98, obteniéndose un aumento de 61.06 %, con respecto al costo unitario del concreto Patrón.
- El concreto patrón  $f'c = 315 \text{ kg/cm}^2 + 2.5\%$  de aditivo tiene un costo unitario de materiales de S/ 423.11, obteniéndose un aumento de 85.18 %, con respecto al costo unitario del concreto Patrón.

#### 4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

##### 4.4.1. Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 4.36:  
*Análisis estadístico CP  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01	223.24	4.19	17.53
CP-02	216.21	-2.84	8.07
CP-03	218.49	-0.57	0.32
CP-04	219.66	0.61	0.37
CP-05	222.06	3.00	9.02
CP-06	214.09	-4.97	24.65
CP-07	224.51	5.45	29.76
CP-08	217.66	-1.40	1.96
CP-09	215.58	-3.48	12.11

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	1971.51
$\bar{X}$	=	219.06
$\sum (X-\bar{X})^2$	=	103.80
S	=	3.60
C.V	=	0.02

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 3.60 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera.

$$C.V = 1.64 \% \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$C.V < 2\%$$

**4.4.2. Concreto Patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 1.0 %.**

Tabla 4.37:

*Análisis estadístico CP + aditivo 1.0%  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
CP-01+1.0%	251.61	3.70	13.73
CP-02+1.0%	243.78	-4.13	17.03
CP-03+1.0%	249.93	2.02	4.08
CP-04+1.0%	254.44	6.53	42.70
CP-05+1.0%	248.46	0.55	0.31
CP-06+1.0%	251.28	3.37	11.38
CP-07+1.0%	241.45	-6.46	41.72
CP-08+1.0%	247.30	-0.60	0.37
CP-09+1.0%	242.91	-5.00	24.96

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	2231.16
$\bar{X}$	=	247.91
$\sum (X - \bar{X})^2$	=	156.26
S	=	4.42
C.V	=	0.02

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	4.42 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera.

C.V	=	1.78 % (Excelente), ya que:
C.V	<	2 %

**4.4.3. Concreto Patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 1.5%.**

Tabla 4.38:

*Análisis estadístico CP + aditivo 1.5%  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$* 

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01+ 1.5%	286.33	15.06	226.93
CP-02+ 1.5%	272.75	1.49	2.21
CP-03+ 1.5%	283.04	11.78	138.73
CP-04+ 1.5%	271.22	-0.04	0.00
CP-05+ 1.5%	272.19	0.93	0.87
CP-06+ 1.5%	279.77	8.51	72.38
CP-07+ 1.5%	259.30	-11.96	143.04
CP-08+ 1.5%	257.27	-13.99	195.71
CP-09+ 1.5%	259.48	-11.78	138.73

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	2441.35
$\bar{X}$	=	271.26
$\sum (X-\bar{X})^2$	=	918.60
S	=	10.72
C.V	=	0.04

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	10.72 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera.

C.V	=	3.95 % (Bueno), ya que:
C.V	<	4 %

**4.4.4. Concreto Patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 2.5 %.**

Tabla 4.39:

*Análisis estadístico CP + aditivo 2.5%  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01+2.5%	225.00	2.93	8.57
CP-02+2.5%	217.08	-4.98	24.85
CP-03+2.5%	213.89	-8.18	66.91
CP-04+2.5%	225.83	3.76	14.16
CP-05+2.5%	220.63	-1.44	2.07
CP-06+2.5%	226.12	4.05	16.41
CP-07+2.5%	222.28	0.21	0.04
CP-08+2.5%	227.96	5.90	34.75
CP-09+2.5%	219.82	-2.24	5.04

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	1998.62
$\bar{X}$	=	222.07
$\sum (X-\bar{X})^2$	=	172.79
S	=	4.65
C.V	=	0.02

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	4.65 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	2.09 % (Muy bueno), ya que:
C.V	<	3 %



#### 4.4.5. Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 4.40:  
*Análisis estadístico CP  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01	291.89	1.44	2.08
CP-02	293.03	2.59	6.69
CP-03	300.31	9.86	97.20
CP-04	295.14	4.70	22.05
CP-05	277.37	-13.07	170.95
CP-06	289.72	-0.73	0.54
CP-07	284.47	-5.97	35.69
CP-08	287.02	-3.43	11.78
CP-09	295.08	4.63	21.43

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	2614.03
$\bar{X}$	=	290.45
$\sum (X-\bar{X})^2$	=	368.42
S	=	6.79
C.V	=	0.02

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	6.79 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	2.34 % (Muy bueno), ya que:
C.V	<	3 %

**4.4.6. Concreto Patrón  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 1.0 %.**

Tabla 4.41:

*Análisis estadístico CP + aditivo 1.0%  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01+1.0%	343.58	5.75	33.12
CP-02+1.0%	361.28	23.46	550.17
CP-03+1.0%	328.95	-8.88	78.77
CP-04+1.0%	339.95	2.12	4.50
CP-05+1.0%	360.06	22.23	494.35
CP-06+1.0%	325.69	-12.13	147.17
CP-07+1.0%	328.28	-9.54	91.07
CP-08+1.0%	322.70	-15.12	228.73
CP-09+1.0%	329.93	-7.89	62.29

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	3040.42
$\bar{X}$	=	337.82
$\sum (X-\bar{X})^2$	=	1690.19
S	=	14.54
C.V	=	0.04

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	14.54 (Muy Bueno), ya que:
S	<	17.6

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	4.30 % (Suficiente), ya que:
C.V	<	5 %

**4.4.7. Concreto Patrón  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 1.5 %.**

Tabla 4.42:

*Análisis estadístico CP + aditivo 1.5%  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$
CP-01+ 1.5%	379.17	-1.61	2.58
CP-02+ 1.5%	381.23	0.46	0.21
CP-03+ 1.5%	375.66	-5.12	26.21
CP-04+ 1.5%	375.91	-4.87	23.69
CP-05+ 1.5%	374.20	-6.57	43.23
CP-06+ 1.5%	390.35	9.58	91.68
CP-07+ 1.5%	373.28	-7.50	56.24
CP-08+ 1.5%	386.07	5.29	28.03
CP-09+ 1.5%	391.12	10.34	106.98

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

$$n = 9.00$$

$$\sum X = 3426.99$$

$$\bar{X} = 380.78$$

$$\sum (X - \bar{X})^2 = 378.84$$

$$S = 6.88$$

$$C.V = 0.02$$

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 6.88 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera.

$$C.V = 1.81 \% \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$C.V < 2 \%$$

**4.4.8. Concreto Patrón  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 2.5 %.**Tabla 4.43:  
*Análisis estadístico CP + aditivo 2.5%  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01+2.5%	290.00	-4.59	21.03
CP-02+2.5%	295.76	1.17	1.37
CP-03+2.5%	297.79	3.20	10.25
CP-04+2.5%	299.52	4.93	24.30
CP-05+2.5%	286.93	-7.66	58.71
CP-06+2.5%	295.11	0.52	0.27
CP-07+2.5%	290.52	-4.07	16.54
CP-08+2.5%	296.84	2.25	5.06
CP-09+2.5%	298.83	4.24	18.01

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	2651.32
$\bar{X}$	=	294.59
$\sum (X-\bar{X})^2$	=	155.55
S	=	4.41
C.V	=	0.01

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	4.41 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	1.5 % (Excelente), ya que:
C.V	<	2 %



#### 4.4.9. Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$

Tabla 4.44:  
*Análisis estadístico CP  $f'c= 315 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01	329.06	-10.45	109.13
CP-02	341.84	2.34	5.46
CP-03	327.22	-12.28	150.82
CP-04	344.78	5.27	27.80
CP-05	346.84	7.33	53.74
CP-06	343.28	3.78	14.27
CP-07	331.73	-7.78	60.47
CP-08	348.66	9.15	83.80
CP-09	342.14	2.63	6.93

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	3055.54
$\bar{X}$	=	339.50
$\sum (X-\bar{X})^2$	=	512.42
S	=	8.00
C.V	=	0.02

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	8.00 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	2.36 % (Muy Bueno), ya que:
C.V	<	3 %

**4.4.10. Concreto Patrón  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 1.0 %.**

Tabla 4.45:

*Análisis estadístico CP + aditivo 1.0%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01+1.0%	402.13	-0.41	0.16
CP-02+1.0%	403.40	0.86	0.74
CP-03+1.0%	405.30	2.76	7.64
CP-04+1.0%	418.21	15.67	245.62
CP-05+1.0%	399.31	-3.23	10.43
CP-06+1.0%	408.37	5.83	34.02
CP-07+1.0%	387.37	-15.16	229.86
CP-08+1.0%	406.08	3.55	12.59
CP-09+1.0%	392.66	-9.88	97.63

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

$$n = 9.00$$

$$\sum X = 3622.82$$

$$\bar{X} = 402.54$$

$$\sum (X-\bar{X})^2 = 638.69$$

$$S = 8.94$$

$$C.V = 0.02$$

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 8.94 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 2.22 \% \text{ (Muy Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 3 \%$$

**4.4.11. Concreto Patrón  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 1.5 %.**

Tabla 4.46:

*Análisis estadístico CP + aditivo 1.5%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01+ 1.5%	451.41	0.90	0.80
CP-02+ 1.5%	440.64	-9.87	97.39
CP-03+ 1.5%	452.24	1.73	2.98
CP-04+ 1.5%	438.48	-12.03	144.83
CP-05+ 1.5%	470.68	20.17	406.68
CP-06+ 1.5%	458.93	8.42	70.81
CP-07+ 1.5%	440.31	-10.20	104.08
CP-08+ 1.5%	437.25	-13.26	175.93
CP-09+ 1.5%	464.68	14.16	200.64

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

n	=	9.00
$\sum X$	=	4054.61
$\bar{X}$	=	450.51
$\sum (X-\bar{X})^2$	=	1204.15
S	=	12.27
C.V	=	0.03

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

S	=	12.27 (Excelente), ya que:
S	<	14.1

Y el coeficiente de variación se considera

C.V	=	2.72 % (Muy Bueno), ya que:
C.V	<	3 %

**4.4.12. Concreto Patrón  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 2.5 %.**

Tabla 4.47:

*Análisis estadístico CP + aditivo 2.5%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

Muestra	X	X- $\bar{X}$	(X- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>
CP-01+2.5%	341.38	0.99	0.98
CP-02+2.5%	325.27	-15.12	228.64
CP-03+2.5%	348.09	7.69	59.20
CP-04+2.5%	345.71	5.32	28.31
CP-05+2.5%	330.65	-9.74	94.83
CP-06+2.5%	351.18	10.79	116.37
CP-07+2.5%	353.11	12.71	161.65
CP-08+2.5%	336.72	-3.67	13.45
CP-09+2.5%	331.41	-8.98	80.66

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

$$n = 9.00$$

$$\sum X = 3063.52$$

$$\bar{X} = 340.39$$

$$\sum (X-\bar{X})^2 = 784.09$$

$$S = 9.90$$

$$C.V = 0.03$$

Según la tabla 2.1 (desviación estándar y coeficiente de variación), para este grupo la desviación estándar se califica como:

$$S = 9.90 \text{ (Excelente), ya que:}$$

$$S < 14.1$$

Y el coeficiente de variación se considera

$$C.V = 2.91 \% \text{ (Muy Bueno), ya que:}$$

$$C.V < 3 \%$$



## 4.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.5.1. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0%.

#### a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.48:

*Parámetros de interés CP y CP + aditivo superplastificante 1.0%  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A		Grupo B	
	C. P.	C. P. + 1.0%	C. P.	C. P. + 1.0%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00		
Media ( $\bar{X}$ )	219.06	247.91		
Desviación Estándar (S)	3.60	4.42		

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

#### b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 1.0%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$

La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 1.0%

#### c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

#### d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

#### e. CALCULO DE $T_c$ SEGÚN LA FÓRMULA:

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$T_c=15.18$

Con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1+n_2-2=9+9-2=16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t=1.746$$

#### e. CONCLUSIÓN.

Como  $T_c = 15.18 > T_t = 1.746$ , entonces se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , esto implica que SI EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%.

#### 4.5.2. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5%.

##### a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.49:

*Parámetros de interés CP y CP + aditivo superplastificante 1.5%  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A	Grupo B
	C. P.	C. P. + 1.5%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00
Media ( $\bar{X}$ )	219.06	271.26
Desviación Estándar (S)	3.60	10.72

*Fuente: Elaboración propia (2019).*

##### b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 1.5%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$

La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 1.5%

##### c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

##### d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

**e. CALCULO DE  $T_c$  SEGÚN LA FÓRMULA:**

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$$T_c = 13.85$$

Con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1+n_2-2=9+9-2=16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t = 1.746$$

**e. CONCLUSIÓN.**

Como  $T_c = 13.85 > T_t = 1.746$ , entonces se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , esto implica que SI EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%

**4.5.3. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 2.5%.**

**a. PARÁMETROS DE INTERÉS.**

Tabla 4.50:

*Parámetros de interés CP y CP + aditivo superplastificante 2.5%  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A	Grupo B
	C. P.	C. P. + 2.5%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00
Media ( $\bar{X}$ )	219.06	222.07
Desviación Estándar (S)	3.60	4.65

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

**b. HIPÓTESIS.**

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 2.5%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$



La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 2.5%

**c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).**

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

**d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:**

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

**e. CALCULO DE  $T_c$  SEGÚN LA F:**

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$$T_c = 1.54$$

Con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t = 1.746$$

**e. CONCLUSIÓN.**

Como  $T_c = 1.54 < T_t = 1.746$ , entonces se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$ , esto implica que NO EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%.

Se concluye que la adición de 2.5% de aditivo superplastificante no mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

#### 4.5.4. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0%.

##### a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.51:

*Parámetros de interés CP y CP + adición 1.0%  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A	Grupo B
	C. P.	C. P. + 1.0%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00
Media ( $\bar{X}$ )	290.45	337.82
Desviación Estándar (S)	6.79	14.54

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

##### b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 1.0%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$

La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 1.0%

##### c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

##### d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

##### e. CALCULO DE $T_c$ SEGÚN LA FÓRMULA:

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$T_c=8.86$

Con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1+n_2-2=9+9-2=16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t = 1.746$$

#### e. CONCLUSIÓN.

Como  $T_c = 8.86 > T_t = 1.746$ , entonces se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , esto implica que SI EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%.

#### 4.5.5. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5%.

##### a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.52:

*Parámetros de interés CP y CP + aditivo superplastificante 1.5%  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A	Grupo B
	C. P.	C. P. + 1.5%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00
Media ( $\bar{X}$ )	290.45	380.78
Desviación Estándar (S)	6.79	6.88

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

##### b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 1.5%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$

La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 1.5%

##### c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

##### d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

**e. CALCULO DE Tc SEGÚN LA FÓRMULA:**

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$$T_c = 28.04$$

Con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1+n_2-2=9+9-2=16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t = 1.746$$

**e. CONCLUSIÓN.**

Como  $T_c = 28.45 > T_t = 1.746$ , entonces se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , esto implica que SI EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%.

**4.5.6. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 2.5%.****a. PARÁMETROS DE INTERÉS.**

Tabla 4.53:

*Parámetros de interés CP y CP + aditivo superplastificante 2.5%  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A	Grupo B
	C. P.	C. P. + 2.5%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00
Media ( $\bar{X}$ )	290.45	294.59
Desviación Estándar (S)	6.79	4.41

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

**b. HIPÓTESIS.**

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 2.5%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$

La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 2.5%

**c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).**

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

**d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:**

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

**e. CALCULO DE  $T_c$  SEGÚN LA FÓRMULA:**

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$$T_c = 1.54$$

Con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1+n_2-2=9+9-2=16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t = 1.746$$

**e. CONCLUSIÓN.**

Como  $T_c = 1.54 < T_t = 1.746$ , Entonces se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$ , esto implica que NO EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%.

Se concluye que la adición de 2.5% de aditivo superplastificante no mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.



#### 4.5.7. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.0%.

##### a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.54:

*Parámetros de interés CP y CP + aditivo superplastificante 1.0%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A	Grupo B
	C. P.	C. P. + 1.0%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00
Media ( $\bar{X}$ )	339.50	402.54
Desviación Estándar (S)	8.00	8.94

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

##### b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 1.0%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$

La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 1.0%

##### c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

##### d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

##### e. CALCULO DE $T_c$ SEGÚN LA FÓRMULA:

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$T_c = 15.76$

Con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1+n_2-2=9+9-2=16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t = 1.746$$

#### e. CONCLUSIÓN.

Como  $T_c = 15.76 > T_t = 1.746$ , entonces se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , esto implica que SI EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%.

#### 4.5.8. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ + Aditivo Superplastificante 1.5%.

##### a. PARÁMETROS DE INTERÉS.

Tabla 4.55:

*Parámetros de interés CP y CP + aditivo superplastificante 1.5%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A	Grupo B
	C. P.	C. P. + 1.5%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00
Media ( $\bar{X}$ )	339.50	450.51
Desviación Estándar (S)	8.00	12.27

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

##### b. HIPÓTESIS.

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 1.5%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$

La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 1.5%

##### c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

##### d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

**e. CALCULO DE Tc SEGÚN LA FÓRMULA:**

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$$T_c = 22.73$$

Con un nivel de significancia  $\alpha=0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1+n_2-2=9+9-2=16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t = 1.746$$

**e. CONCLUSIÓN.**

Como  $T_c = 22.73 > T_t = 1.746$ , entonces se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , esto implica que SI EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%.

**4.5.9. Prueba de Hipótesis a los 28 Días del Concreto Patrón (C.P.) con Respecto al Concreto Patrón  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  + Aditivo Superplastificante 2.5%.****a. PARÁMETROS DE INTERÉS.**

Tabla 4.56:

*Parámetros de interés CP y CP + aditivo superplastificante 2.5%  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$ .*

Descripción	Grupo A      Grupo B	
	C. P.	C. P. + 2.5%
Número de Muestras (n)	9.00	9.00
Media ( $\bar{X}$ )	339.50	340.39
Desviación Estándar (S)	8.00	9.90

*Fuente: Elaborado por el equipo de trabajo (2019).*

**b. HIPÓTESIS.**

Hipótesis Nula  $H_0$  :  $\mu_A = \mu_B$

La resistencia a compresión es igual C.P. Y C.P. + Aditivo 2.5%

Hipótesis Alternativa  $H_1$  :  $\mu_A \neq \mu_B$

La resistencia a compresión es diferente C.P. Y C.P. + Aditivo 2.5%



**c. FIJAR EL NIVEL DE SIGNIFICANCIA ( $\alpha$ ).**

Se toma el valor  $\alpha = 0.05$  (95 % de nivel de confianza)

**d. REGLA DE DECISIÓN UTILIZADO:**

$T_c = T$  calculada y  $T_t = T$  tabulada o de tabla

Si  $T_c > T_t$  Se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_1$

**e. CALCULO DE  $T_c$  SEGÚN LA FÓRMULA:**

$$t_c = \frac{|\bar{X}_A - \bar{X}_B|}{\sqrt{\left(\frac{S_A^2}{n_A} + \frac{S_B^2}{n_B}\right)}}$$

$$T_c = 0.21$$

Con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  (95% del nivel de confianza) y con un grado de libertad de  $n_1 + n_2 - 2 = 9 + 9 - 2 = 16$  de la tabla estadística se obtiene:

$$T_t = 1.746$$

**e. CONCLUSIÓN.**

Como  $T_c = 0.21 < T_t = 1.746$ , entonces se acepta la  $H_0$  y se rechaza la  $H_1$ , esto implica que NO EXISTE diferencia significativa para un nivel de significancia de 0,05 o para un nivel de confianza del 95%.

Se concluye que la adición de 2.5% de aditivo superplastificante no mejora significativamente la resistencia a la compresión del concreto.



## V. CONCLUSIONES

### 5.1. CONCLUSIÓN GENERAL

- La resistencia de concretos autocompactante mejora significativamente utilizando agregados artificiales para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  de la región Puno.

### 5.2. CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- Se comprobó que los diseños mezclas para  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  son los adecuados ya que cumplieron con los parámetros establecidos para cada ensayo.
- Con referencia a la resistencia a la compresión, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de aditivo superplastificante (Sika Viscocrete 1110) en el concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  mejora significativamente la resistencia a la compresión en un 13.74% utilizando una dosificación de 1% en comparación al concreto patrón, mejoro en un 24.86% utilizando una dosificación de 1.5% y finalmente un 1.43% con una dosificación de 2.5%.
- Con referencia a la resistencia a la compresión, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de aditivo superplastificante (Sika Viscocrete 1110) en el concreto  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  mejora significativamente la resistencia a la compresión en un 16.92 % utilizando una dosificación de 1% en comparación al concreto patrón, mejoro en un 32.26 % utilizando una dosificación de 1.5% y finalmente un 1.48 % con una dosificación de 2.5%.
- Con referencia a la resistencia a la compresión, según los resultados obtenidos y analizados en la presente investigación, se concluye que la incorporación de



aditivo superplastificante (Sika Viscocrete 1110) en el concreto  $f'c=315 \text{ kg/cm}^2$  mejora significativamente la resistencia a la compresión en un 20.01 % utilizando una dosificación de 1% en comparación al concreto patrón, mejoro en un 35.24 % utilizando una dosificación de 1.5 % y finalmente un 0.28 % con una dosificación de 2.5%.

- La resistencia a compresión simple ( $f'c$ ) del concreto autocompactante fueron superiores a las del concreto patrón, siendo la cantidad óptima de aditivo superplastificante 1.5% del peso de cemento, por no presentar exudación y segregación y estar en los rangos permitidos.
- Se realizó el análisis de la resistencia del concreto autocompactante utilizando materiales de la región Puno, variando la dosificación del aditivo, obteniendo como resultado que para dosificaciones de 1.0% y 1.5% la resistencia incrementa en comparación con el concreto patrón, mientras que para la máxima dosificación de 2.5% la resistencia no varía comparada con el concreto patrón.



## VI. RECOMENDACIONES

- Para un comportamiento más óptimo del concreto autocompactante se recomienda disminuir el TMN del agregado grueso a 3/8" con el fin de evitar el bloqueo del concreto.
- Se recomienda el uso de agregado grueso de TMN en un rango de 1/2" a 3/8", para así cumplir con las propiedades de un concreto autocompactante.
- En caso no se tenga el equipo necesario para realizar las pruebas de control de calidad del concreto autocompactante se debe realizar como mínimo el ensayo de escurrimiento, que es el ensayo más sencillo e importante que se puede utilizar tanto en obra como en laboratorio, sirve para verificar la consistencia del concreto.
- Se recomienda no utilizar agregados cuyo tamaño máximo sea mayor a 1/2" o 3/8" es probable que se produzcan obstrucciones, segregación que afecten a la calidad del concreto autocompactante.
- El uso excesivo de agua y aditivo en altas dosificaciones provoca la inestabilidad de la mezcla de concreto la cual puede dar problemas de segregación debida a la poca cohesión de la mezcla.
- Se debe tener un control estricto con la cantidad de aditivo a utilizar en la mezcla, se recomienda antes de utilizarlos en obra realizar los ensayos respectivos en laboratorio con el fin de calcular la cantidad optima de aditivo.
- Se recomienda no usar más de 2% de aditivo superplastificante Sika Viscocrete 1110 debido a que dosificaciones altas provocan inestabilidad de la mezcla.
- Realizar control de calidad estricto del concreto autocompactante y no dejar pasar más de 5 minutos después de realizado el mezclado.



- Se recomienda usar la relación agua/cemento diseñada para un concreto convencional, teniendo en cuenta la cantidad de aditivo a utilizar para relaciones que van de 0.55 a 0.62 una cantidad de aditivo de 1.0% y para relaciones que van de 0.43 a 0.48 una cantidad de aditivo de 1.5%.





## VII. REFERENCIAS

- Abanto Castillo, F. (2005). *Tecnología Del Concreto (Teoría Y Problemas)*. Lima: San Marcos
- Alvarez Gonzales, J. (2014). *Hormigón Autocompactante con Nano Adiciones y Fibras*. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid-España.
- Bermejo Núñez, E. (2009). *Dosificación, propiedades y durabilidad en hormigón autocompactante para edificación*. Universidad Politecnica de Madrid, Madrid-España.
- Bustamente Tirado, M. (2018). *Análisis De Las Propiedades Mecánicas Del Concreto Autocompactante, Usando El Aditivo Superplastificante Glenium C 313*. Universidad Nacional De Cajamarca. Cajamarca-Perú.
- Chahuayo Quispe, J.R., Reyes Quispe, I.X. (2019). Influencia de los métodos de curado en la resistencia de un concreto autocompactante en zonas frías. Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica-Perú.
- Choquenaira Paccosoncco, I. (2013). *Diseño de concreto autocompactante con agregado angular y sub-redondeado utilizando aditivos de las marcas chema, sika y euco, en la ciudad de arequipa – 2013*. Universidad Católica De Santa María. Arequipa-Perú.
- Chutan Muñoz, R. A. (2004). *Concreto Autocompactado Experimentación en Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Cremades Escrig, S. (2011). *Estudio de la robustez en el hormigón autocompactante con bajo contenido de finos*. Universidad Politecnica de Valencia. Valencia-España.
- Flores Cornejo, B. A. (2015). *Hormigón Autocompactante*. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador
- Gomes, P. C. C., Gettu, R., Agulló, L., & Bernad, C. (2002). *Diseño de hormigones autocompactables de alta resistencia. Procedimiento para su dosificación y*



- métodos de caracterización*. Universidad Politecnica de Catalunya, Barcelona-España.
- Gonzales Moran, S. I., Landaverde Martinez, A., & Romero Lopez, C. I. (2005). *Concreto autocompactable: propuesta para el diseño de mezcla. beneficios técnicos y consideraciones básicas para su implementación en el salvador*. Universidad De El Salvador. El Salvador.
- Loya Olivera, L. (2018). *Evaluación de la resistencia a la compresion del curado de concreto en obra y laboratorio. en el distrito de Yanacancha, Pasco-2017*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Cerro de Pasco-Perú.
- Mamani Flores, K. C. (2018). *Determinación de la resistencia a compresión en concretos normales, especiales y morteros producidos con cementos que se comercializan en la región Puno*. Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez. Juliaca-Perú.
- Molina Segura, C. J., & Saldaña Pacheco, S. O. (2014). *Influencia Del Aditivo Hiperplastificante Plastol 200 Ext en Las Propiedades del Concreto Autocompactante en Estado Fresco y Endurecido*. Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.
- Pasquel, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú*. Lima-Perú.
- Pineda Vallejo, H. E. (2003). *Diseño de mezcla de concreto autocompactante*. Universidad Nacional De Ingenieria. Lima-Perú.
- Porrero, J., Ramos, C., Grases, J., & Velazco, G. (2003). *Manual del concreto estructural*. Caracas-Venezuela.
- Rabanal Gonzales, D. C., & Su Chaqui, A. R. (2017). *Diseño De un Concreto Autocompactante*. Universidad Señor De Sipan. Pimentel-Chiclayo.
- Ramos Huaman, M.M., Ramos Ito, W.J. (2012). *"Costos y beneficios del concreto autocompactante con respecto al concreto convencional y su evaluación en*



*elementos estructurales (columnas esbeltas y nudos)- Puno 2011".* Universidad Nacional Del Altiplano. Puno-Perú.

Rigueira Victor, J. W. (2007). *Estudio de la sensibilidad e influencia de la composición en las propiedades reológicas y mecánicas de los hormigones autocompactantes.* Universidad Politecnica De Valencia. Valencia-España.

Santa Cruz Noriega, S. G., & Alayza Valenzuela, A. (2014). *Diseño y Control del Concreto Autocompactante en el Valle del Mantaro.* Universidad Alas Peruanas.

Soberon Lopez, I. F. (2015). *Diseño de mezclas de hormigón autocompactante utilizando agregados de minas locales y su influencia en las propiedades mecánicas en el cantón ambato, provincia de tungurahua.* Universidad Tecnica De Ambato. Ambato-Ecuador



## ANEXOS

ANEXO 01 : ASTM C 192/ C 192 M-06 (PRÁCTICA ESTÁNDAR PARA FABRICACIÓN Y CURADO DE ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL LABORATORIO).

ANEXO 02 : ASTM C 39/ C 39 M-14 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO).

ANEXO 03 : CERTIFICADO DE CALIDAD DEL CEMENTO.

ANEXO 04 : DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

ANEXO 05 : TABLAS ESTADÍSTICAS.

ANEXO 06 : HOJA TÉCNICA SIKA VISCOCRETE 1110 PE.

ANEXO 07: CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES.

ANEXO 08: CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES.

ANEXO 09: CERTIFICADO DE ANALISIS FISICO QUIMICO DE AGREGADO FINO (ARENA).

ANEXO 10: DISEÑO DE MEZCLAS.

ANEXO 11: PRECIO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE SIKA VISCOCRETE 1110 PE.



**ANEXO 01**

**ASTM C 192/ C 192 M-06 (PRÁCTICA  
ESTÁNDAR PARA FABRICACIÓN Y CURADO DE  
ESPECÍMENES DE CONCRETO EN EL  
LABORATORIO)**



Designation: C 192/C 192M – 06

## Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C 192/C 192M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

*This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.*

### 1. Scope\*

1.1 This practice covers procedures for making and curing test specimens of concrete in the laboratory under accurate control of materials and test conditions using concrete that can be consolidated by rodding or vibration as described herein.

1.2 The values stated in either inch-pound units or SI units shall be regarded separately as standard. The SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of each other. Combining values from the two systems may result in nonconformance.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to exposed skin and tissue upon prolonged exposure.<sup>2</sup>)*

### 2. Referenced Documents

#### 2.1 ASTM Standards:<sup>3</sup>

- C 70 Test Method for Surface Moisture in Fine Aggregate
- C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates
- C 127 Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate
- C 128 Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate
- C 138/C 138M Test Method for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content (Gravimetric) of Concrete

<sup>1</sup> This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved June 1, 2006. Published June 2006. Originally approved in 1944. Last previous edition approved in 2005 as C 192/C 192M – 05.

<sup>2</sup> See section on Safety Precautions, *Manual of Aggregate and Concrete Testing, Annual Book of ASTM Standards*, Vol. 04.02.

<sup>3</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

- C 143/C 143M Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete
  - C 172 Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete
  - C 173/C 173M Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
  - C 231 Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
  - C 330 Specification for Lightweight Aggregates for Structural Concrete
  - C 403/C 403M Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance
  - C 470/C 470M Specification for Molds for Forming Concrete Test Cylinders Vertically
  - C 494/C 494M Specification for Chemical Admixtures for Concrete
  - C 511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes
  - C 566 Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying
  - C 617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens
  - C 1064/C 1064M Test Method for Temperature of Freshly Mixed Hydraulic-Cement Concrete
  - C 1077 Practice for Laboratories Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Laboratory Evaluation
- #### 2.2 American Concrete Institute Publications:<sup>4</sup>
- 211.3 Practice for Selecting Proportions for No-Slump Concrete
  - 309 Guide for Concrete Consolidation

### 3. Significance and Use

3.1 This practice provides standardized requirements for preparation of materials, mixing concrete, and making and curing concrete test specimens under laboratory conditions.

3.2 If specimen preparation is controlled as stipulated herein, the specimens may be used to develop information for the following purposes:

<sup>4</sup> Available from American Concrete Institute (ACI), P.O. Box 9094, Farmington Hills, MI 48333.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

Copyright ASTM International  
Provided by IHS under license with ASTM  
No reproduction or networking permitted without license from IHS

1  
Licensee=Purdue University/59231082001  
Not for Resale, 09/10/2007 13:48:12 MDT

C 192/C 192M – 06

- 3.2.1 Mixture proportioning for project concrete,
- 3.2.2 Evaluation of different mixtures and materials,
- 3.2.3 Correlation with nondestructive tests, and
- 3.2.4 Providing specimens for research purposes.

NOTE 1—The concrete test results for concrete specimens made and cured using this practice are widely used. They may be the basis for acceptance testing for project concrete, research evaluations, and other studies. Careful and knowledgeable handling of materials, mixing concrete, molding test specimens, and curing test specimens is necessary. Many laboratories performing this important work are independently inspected or accredited. Practice C 1077 identifies and defines duties, responsibilities, including minimum responsibilities of the laboratory personnel and minimum technical requirements for laboratory equipment used. Many laboratories ensure qualified technicians by participating in national certification programs such as the American Concrete Institute Laboratory Technician Program or an equivalent program.

#### 4. Apparatus

4.1 *Molds, General*—Molds for specimens or fastenings thereto in contact with the concrete shall be made of steel, cast iron, or other nonabsorbent material, nonreactive with concrete containing portland or other hydraulic cements. Molds shall conform to the dimensions and tolerances specified in the method for which the specimens are required. Molds shall hold their dimensions and shape under all conditions of use. Watertightness of molds during use shall be judged by their ability to hold water poured into them. Test procedures for watertightness are given in the section on Test Methods for Elongation, Absorption, and Watertightness of Specification C 470/C 470M. A suitable sealant, such as heavy grease, modeling clay, or microcrystalline wax, shall be used where necessary to prevent leakage through the joints. Positive means shall be provided to hold base plates firmly to the molds. Reusable molds shall be lightly coated with mineral oil or a suitable nonreactive release material before use.

##### 4.2 *Cylinder Molds:*

4.2.1 *Molds for Casting Specimens Vertically* shall conform to the requirements of 4.1 and Specification C 470/C 470M.

4.2.2 *Horizontal Molds for Creep Test Cylinders* shall conform to the requirements of 4.1 and to the requirements for symmetry and dimensional tolerance in the section on General Requirements except for verticality requirements of Specification C 470/C 470M. The use of horizontal molds is intended only for creep specimens that contain axially embedded strain gages. Molds for creep cylinders to be filled while supported in a horizontal position shall have a filling slot parallel to the axis of the mold which extends the full length to receive the concrete. The width of the slot shall be one half the diameter of the specimen. If necessary the edges of the slot shall be reinforced to maintain dimensional stability. Unless specimens are to be capped or ground to produce plane ends, the molds shall be provided with two machined metal end plates at least 1 in. [25 mm] thick and the working surfaces shall comply with the requirements for planeness and surface roughness given in the section on Capping Plates of Practice C 617. Provision shall be made for fixing both end plates firmly to the mold. The inside surface of each end plate shall be provided with at least three lugs or studs approximately 1 in. [25 mm] long, firmly fastened to the plate for embedment in the concrete. One base plate shall be drilled from the inside at an angle to permit the

lead wire from the strain gage to exit the specimen through the edge of the plate. Provision shall be made for accurately positioning the strain gage. All necessary holes shall be as small as possible to minimize disturbance to subsequent strain measurements and shall be sealed to prevent leakage.

4.3 *Beam and Prism Molds* shall be rectangular in shape (unless otherwise specified) and of the dimensions required to produce the desired specimen size. The inside surfaces of the molds shall be smooth and free from indentations. The sides, bottom, and ends shall be at right angles to each other and shall be straight and true and free of warpage. Maximum variation from the nominal cross section shall not exceed  $\frac{1}{8}$  in. [3 mm] for molds with depth or breadth of 6 in. [150 mm] or more, or  $\frac{1}{16}$  in. [2 mm] for molds of smaller depth or breadth. Except for flexure specimens, molds shall not vary from the nominal length by more than  $\frac{1}{16}$  in. [2 mm]. Flexure molds shall not be shorter than  $\frac{1}{16}$  in. [2 mm] of the required length, but may exceed it by more than that amount.

4.4 *Tamping Rods*—Two sizes are specified in ASTM methods. Each shall be a round, straight steel rod with at least the tamping end rounded to a hemispherical tip of the same diameter as the rod. Both ends may be rounded, if preferred.

4.4.1 *Larger Rod*,  $\frac{5}{8}$  in. [16 mm] in diameter and approximately 24 in. [600 mm] long.

4.4.2 *Smaller Rod*,  $\frac{3}{8}$  in. [10 mm] in diameter and approximately 12 in. [300 mm] long.

4.5 *Mallets*—A mallet with a rubber or rawhide head weighing 1.25 ± 0.50 lb [0.6 ± 0.20 kg] shall be used.

##### 4.6 *Vibrators:*

4.6.1 *Internal Vibrators*—The vibrator frequency shall be at least 7000 vibrations per minute [115 Hz] while the vibrator is operating in the concrete. The diameter of a round vibrator shall be no more than one fourth the diameter of the cylinder mold or one fourth the width of the beam or prism mold. Other shaped vibrators shall have a perimeter equivalent to the circumference of an appropriate round vibrator. The combined length of the vibrator shaft and vibrating element shall exceed the depth of the section being vibrated by at least 3 in. [75 mm].

NOTE 2—For information on size and frequency of various vibrators and method to periodically check vibrator frequency, see ACI 309.

4.6.2 *External Vibrators*—The two types of external vibrators permitted are either table or plank. The external vibrator frequency shall be 3600 vibrations per minute [60 Hz] or higher.

4.6.3 Provisions shall be made for clamping the mold securely to the apparatus for both types of vibrators.

NOTE 3—Vibratory impulses are frequently imparted to a table or plank vibrator through electromagnetic means, or by use of an eccentric weight on the shaft of an electric motor or on a separate shaft driven by a motor.

4.7 *Small Tools*—Tools and items such as shovels, pails, trowels, wood float, blunted trowels, straightedge, feeler gage, scoops, rulers, rubber gloves, and metal mixing bowls shall be provided.

4.8 *Slump Apparatus*—The apparatus for measurement of slump shall conform to the requirements of Test Method C 143/C 143M.

 C 192/C 192M – 06

4.9 *Sampling and Mixing Pan*—The pan shall be flat-bottom and of heavy-gage metal, watertight, of convenient depth, and of sufficient capacity to allow easy mixing by shovel or trowel of the entire batch; or, if mixing is by machine, to receive the entire batch on discharge of the mixer and allow remixing in the pan by trowel or shovel.

4.10 *Wet-Sieving Equipment*—If wet-sieving is required, the equipment shall conform to the requirements of Practice C 172.

4.11 *Air Content Apparatus*—The apparatus for measuring air content shall conform to the requirements of either Test Methods C 231 or C 173.

4.12 *Scales*—Scales for determining the mass of batches of materials and concrete shall be accurate within 0.3 % of the test load at any point within the range of use.

NOTE 4—In general the mass of small quantities should not be determined on large capacity scales. In many applications the smallest mass determined on a scale should be greater than about 10 % of the maximum capacity of the scale; however, this will vary with the performance characteristics of the scale and the required accuracy of the determination. Acceptable scales used for determining the mass for concrete materials preferably should determine mass accurately to about 0.1 % of total capacity and the foregoing precaution is applicable. However, certain analytical and precision balances are exceptions to this rule and should weigh accurately to 0.001 %. Particular care must be exercised in measuring small quantities of material by determining the difference between two much larger masses.

4.13 *Temperature Measuring Device*—The temperature measuring device shall conform to the requirements of Test Method C 1064.

4.14 *Concrete Mixer*—A power-driven concrete mixer shall be a revolving drum, tilting mixer, or suitable revolving pan or revolving-paddle mixer capable of thoroughly mixing batches of the prescribed sizes at the required slump.

NOTE 5—A pan mixer is usually more suitable for mixing concrete with less than 1-in. [25 mm] slump than a revolving drum mixer. The rate of rotation, degree of tilt, and rated capacity of tilting mixers are not always suitable for laboratory mixed concrete. It may be found desirable to reduce the rate of rotation, decrease the angle of tilt from the horizontal, and use the mixer at somewhat less than the manufacturer's rated capacity.

## 5. Specimens

5.1 *Cylindrical Specimens*—Cylinder dimensions shall be as stipulated in the specification, test method or practice for the laboratory studies being performed and shall meet the requirements of 5.4. If dimensions are not stipulated in a specification, test method, or practice, the specimen selected shall have a length that is twice the diameter and meet the requirements of 5.4.

NOTE 6—The same cylinder size should be used for the reference (control) concrete mixture and test concrete mixtures when conducting comparative studies such as those required in Specification C 494/ C 494M. For mixture proportioning of project concrete, it is preferable for the cylinder size in the laboratory to be the same as that specified for acceptance testing.

NOTE 7—When molds in SI units are required and not available, equivalent inch-pound unit size mold should be permitted.

5.1.1 Cylindrical specimens for tests other than creep shall be molded and allowed to harden with the axis of the cylinder vertical.

5.1.2 Cylindrical creep specimens may be cast with the cylindrical axis either vertical or horizontal and allowed to harden in the position in which cast.

5.2 *Prismatic Specimens*—Beams for flexural strength, prisms for freezing and thawing, bond, length change, volume change, etc., shall be formed with their long axes horizontal, unless otherwise required by the method of test in question, and shall conform in dimension to the requirements of the specific test method.

5.3 *Other Specimens*—Other shapes and sizes of specimens for particular tests may be molded as desired following the general procedures set forth in this practice.

5.4 *Specimen Size versus Aggregate Size*—The diameter of a cylindrical specimen or minimum cross-sectional dimension of a rectangular section shall be at least three times the nominal maximum size of the coarse aggregate in the concrete as defined in Terminology C 125. Occasional over-size aggregate particles (of a size not normally found in the average aggregate grading) shall be removed by hand picking during the molding of the specimens. When the concrete contains aggregate larger than that appropriate for the size of the molds or equipment to be used, wet-sieve the sample as described in Practice C 172.

5.5 *Number of Specimens*—The number of specimens and the number of test batches are dependent on established practice and the nature of the test program. Guidance is usually given in the test method or specification for which the specimens are made. Usually three or more specimens are molded for each test age and test condition unless otherwise specified (Note 8). Specimens involving a given variable should be made from three separate batches mixed on different days. An equal number of specimens for each variable should be made on any given day. When it is impossible to make at least one specimen for each variable on a given day, the mixing of the entire series of specimens should be completed in as few days as possible, and one of the mixtures should be repeated each day as a standard of comparison.

NOTE 8—Test ages often used are 7 and 28 days for compressive strength tests, or 14 and 28 days for flexural strength tests. Specimens containing Type III cement are often tested at 1, 3, 7, and 28 days. For later test ages, 3 months, 6 months, and 1 year are often used for both compressive and flexural strength tests. Other test ages may be required for other types of specimens.

## 6. Preparation of Materials

6.1 *Temperature*—Before mixing the concrete, bring the concrete materials to room temperature in the range from 68 to 86 °F [20 to 30 °C], except when the temperature of the concrete is stipulated. When a concrete temperature is stipulated, the method proposed to obtain the concrete temperature needs approval of the stipulator.

6.2 *Cement*—Store the cement in a dry place, in moisture-proof containers, preferably made of metal. The cement shall be thoroughly mixed to provide a uniform supply throughout the tests. It shall be passed through a 850- $\mu$ m [No. 20] or finer sieve to remove all lumps, remixed on a plastic sheet, and returned to sample containers.



C 192/C 192M – 06

6.3 *Aggregates*—In order to preclude segregation of a coarse aggregate, separate into individual size fractions and for each batch recombine in the proper proportions to produce the desired grading.

NOTE 9—Only rarely is a coarse aggregate batched as a single size fraction. The number of size fractions will generally be between 2 and 5 for aggregate smaller than 2½ in. [60 mm]. When a size fraction to be batched is present in amounts in excess of 10 %, the ratio of the opening of the larger to the smaller sieve should not exceed 2.0. More closely sized groups are sometimes advisable.

6.3.1 Unless fine aggregate is separated into individual size fractions, maintain it in a damp condition or restore to a damp condition until use, to prevent segregation, unless material uniformly graded is subdivided into batch size lots using a sample splitter with proper size openings. If unusual gradings are being studied, the fine aggregate may need to be dried and separated into individual sizes. In this instance, if the total quantity of fine aggregate required is larger than can be efficiently blended in a single unit, then the individual size fractions should be determined in a mass required for each individual batch. When the total quantity of fine aggregate needed for the complete investigation is such that it can be thoroughly mixed, blended, and maintained in a damp condition, then it should be handled in that manner. Determine the specific gravity and absorption of aggregates in accordance with either Test Methods C 127 or C 128.

6.3.2 Before incorporating in concrete, prepare the aggregate to ensure a definite and uniform condition of moisture. Determine the weight of aggregate to be used in the batch by one of the following procedures:

6.3.2.1 Determine the mass of low-absorption aggregates (absorption less than 1.0 %) in the room-dry condition with allowance made for the amount of water that will be absorbed from the unset concrete (Note 10). This procedure is particularly useful for coarse aggregate which must be batched as individual sizes; because of the danger of segregation it can be used for fine aggregate only when the fine aggregate is separated into individual size fractions.

NOTE 10—When using aggregates with low absorption in room-dry condition the amount of water that will be absorbed by the aggregates before the concrete sets may be assumed to be 80 % of the difference between the 24-h absorption of the aggregates determined by Test Methods C 127 or C 128, and the amount of water in the pores of the aggregates in their room-dry state, as determined by Test Method C 566.

6.3.2.2 Individual size fractions of aggregate may be weighed separately, recombined into a tared container in the amounts required for the batch, and immersed in water for 24 h prior to use. After immersion the excess water is decanted and the combined weight of aggregate and mixing water determined. Allowance shall be made for the amount of water absorbed by the aggregate. The moisture content of the aggregates may be determined in accordance with Test Methods C 70 and C 566.

6.3.2.3 The aggregate may be brought to and maintained in a saturated condition, with surface moisture contained in sufficiently small amounts to preclude loss by draining, at least 24 h prior to use. When this method is used, the moisture content of the aggregate must be determined to permit calcu-

lation of proper quantities of the damp aggregate. The quantity of surface moisture present must be counted as a part of the required amount of mixing water. Surface moisture in fine aggregate may be determined in accordance with Test Methods C 70 and C 566, making due allowance for the amount of water absorbed. The method outlined here (moisture content slightly exceeding absorption) is particularly useful for fine aggregate. It is used less frequently for coarse aggregate because of the difficulty of accurately determining the moisture content, but if used, each size fraction must be handled separately to ensure that the proper grading is obtained.

6.3.2.4 Aggregates, fine or coarse, may be brought to and maintained in a saturated surface-dry condition until batched for use. This method is used primarily to prepare material for batches not exceeding ¼ ft<sup>3</sup> [0.007 m<sup>3</sup>] in volume. Care must be taken to prevent drying during weighing and use.

6.4 *Lightweight Aggregates*—The procedures for specific gravity, absorption, and preparation of aggregates mentioned in this practice pertain to materials with normal absorption values. Lightweight aggregates, air-cooled slag, and certain highly porous or vesicular natural aggregate may be so absorptive as to be difficult to treat as described. The moisture content of lightweight aggregate at the time of mixing may have important effects on properties of freshly mixed and hardened concretes such as slump loss, compressive strength, and resistance to freezing and thawing.

6.5 *Admixtures*—Powdered admixtures that are entirely or largely insoluble, that do not contain hygroscopic salts and are to be added in small quantities, should be mixed with a portion of the cement before introduction into the batch in the mixer so as to ensure thorough distribution throughout the concrete. Essentially insoluble materials which are used in amounts exceeding 10 % by mass of cement, such as pozzolans, should be handled and added to the batch in the same manner as cement. Powdered admixtures which are largely insoluble but contain hygroscopic salts may cause balling of cement and should be mixed with the sand. Water-soluble and liquid admixtures should be added to the mixer in solution in the mixing water. The quantity of such solution used shall be included in the calculation of the water content of the concrete. Admixtures, incompatible in concentrated form, such as solutions of calcium chloride and certain air-entraining and set-retarding admixtures, should not be intermixed prior to their addition to concrete. The time, sequence, and method of adding some admixtures to a batch of concrete can have important effects on concrete properties such as time of set and air content. The method selected must remain unchanged from batch to batch.

NOTE 11—The mixing apparatus and accessories shall be thoroughly cleaned to ensure that chemical additions or admixtures used in dissimilar batches of concrete do not affect subsequent batches.

## 7. Procedure

### 7.1 *Mixing Concrete:*

7.1.1 *General*—Mix concrete in a suitable mixer or by hand in batches of such size as to leave about 10 % excess after molding the test specimens. Hand-mixing procedures are not applicable to air-entrained concrete or concrete with no measurable slump. Hand mixing should be limited to batches of ¼

C 192/C 192M – 06

ft<sup>3</sup> [0.007 m<sup>3</sup>] volume or less. Mixing procedures are given in 7.1.2 and 7.1.3. However, other procedures may be used when it is desired to simulate special conditions or practices, or when the procedures specified are impracticable. A machine-mixing procedure suitable for drum-type mixers is described. It is important not to vary the mixing sequence and procedure from batch to batch unless the effect of such variation is under study.

**7.1.2 Machine Mixing**—Prior to starting rotation of the mixer add the coarse aggregate, some of the mixing water, and the solution of admixture, when required, in accordance with 6.5. When feasible, disperse the admixture in the mixing water before addition. Start the mixer, then add the fine aggregate, cement, and water with the mixer running. If it is impractical for a particular mixer or for a particular test to add the fine aggregate, cement, and water while the mixer is running, these components may be added to the stopped mixer after permitting it to turn a few revolutions following charging with coarse aggregate and some of the water (Note 12). Mix the concrete, after all ingredients are in the mixer, for 3 min followed by a 3-min rest, followed by a 2-min final mixing. Cover the open end or top of the mixer to prevent evaporation during the rest period. Take precautions to compensate for mortar retained by the mixer so that the discharged batch, as used, will be correctly proportioned (Note 13). To eliminate segregation, deposit machine-mixed concrete in the clean, damp mixing pan and remix by shovel or trowel until it appears to be uniform.

NOTE 12—An experienced operator may add water incrementally during mixing to adjust to the desired slump.

NOTE 13—It is difficult to recover all of the mortar from mixers. To compensate for this difficulty one of the following procedures may be used to ensure the correct final proportions in the batch:

(1) *“Buttering” the Mixer*—Just prior to mixing the test batch, the mixer is “battered” by mixing a batch proportioned to simulate closely the test batch. The mortar adhering to the mixer after discharging is intended to compensate for loss of mortar from the test batch.

(2) *“Over-Mortaring” the Mix*—The test mix is proportioned by the use of an excess mortar, the amount established in advance, to compensate for that which, on the average, adheres to the mixer. In this case the mixer is cleaned before mixing the test batch.

**7.1.3 Hand Mixing**—Mix the batch in a watertight, clean (Note 11), damp, metal pan or bowl, with a bricklayer’s blunted trowel, using the following procedure when aggregates have been prepared in accordance with 6.3.2.1, 6.3.2.3, and 6.3.2.4.

**7.1.3.1** Mix the cement, powdered insoluble admixture, if used; and fine aggregate without addition of water until they are thoroughly blended.

**7.1.3.2** Add the coarse aggregate and mix the entire batch without addition of water until the coarse aggregate is uniformly distributed throughout the batch.

**7.1.3.3** Add water, and the admixture solution if used, and mix the mass until the concrete is homogeneous in appearance and has the desired consistency. If prolonged mixing is necessary because of the addition of water in increments while adjusting the consistency, discard the batch and make a new batch in which the mixing is not interrupted to make trial consistency tests.

**7.1.4 Mixed Concrete**—Select the portions of the batch of mixed concrete to be used in tests for molding specimens so as

to be representative of the actual proportions and condition of the concrete. When the concrete is not being remixed or sampled cover it to prevent evaporation.

**7.2 Slump, Air Content, Yield, and Temperature:**

**7.2.1 Slump**—Measure the slump of each batch of concrete immediately after mixing in accordance with Test Method C 143/C 143M.

NOTE 14—The slump test is unsuitable for concrete so dry that it slumps less than ¼ in. [6 mm]. No-slump concrete may be tested by one of several means described in ACI 211.3.

**7.2.2 Air Content**—Determine the air content, when required, in accordance with either Test Methods C 173 or C 231. Test Method C 231 should not be used with concretes made with lightweight aggregates, air-cooled blast-furnace slag, or aggregates of high porosity. Discard the concrete used for the determination of air content.

**7.2.3 Yield**—Determine the yield of each batch of concrete, if required, in accordance with Test Method C 138. Concrete used for slump and yield tests may be returned to the mixing pan and remixed into the batch.

**7.2.4 Temperature**—Determine the temperature of each batch of concrete in accordance with Test Method C 1064.

**7.3 Making Specimens:**

**7.3.1 Place of Molding**—Mold specimens as near as practicable to the place where they are to be stored during the first 24 h. If it is not practicable to mold the specimens where they will be stored, move them to the place of storage immediately after being struck off. Place molds on a rigid surface free from vibration and other disturbances. Avoid jarring, striking, tilting, or scarring of the surface of the specimens when moving the specimens to the storage place.

**7.3.2 Placing**—Place the concrete in the molds using a scoop, blunted trowel, or shovel. Select each scoopful, trowelful, or shovelful of concrete from the mixing pan to ensure that it is representative of the batch. It may be necessary to remix the concrete in the mixing pan with a shovel or trowel to prevent segregation during the molding of specimens. Move the scoop or trowel around the top edge of the mold as the concrete is discharged in order to ensure a symmetrical distribution of the concrete and to minimize segregation of coarse aggregate within the mold. Further distribute the concrete by use of a tamping rod prior to the start of consolidation. In placing the final layer the operator shall attempt to add an amount of concrete that will exactly fill the mold after compaction. Do not add nonrepresentative samples of concrete to an underfilled mold.

**7.3.2.1 Number of Layers**—Make specimens in layers as indicated in Table 1.

**7.4 Consolidation:**

**7.4.1 Methods of Consolidation**—Preparation of satisfactory specimens requires different methods of consolidation. The methods of consolidation are rodding, and internal or external vibration. Base the selection of the method on the slump, unless the method is stated in the specifications under which the work is being performed. Rod or vibrate concrete with slump greater than or equal to 1 in. [25 mm]. Vibrate concrete with slump less than 1 in. (Note 15). Do not use

**C 192/C 192M – 06**

**TABLE 1 Number of Layers Required for Specimens**

Specimen Type and Size	Mode of Consolidation	Numbers of Layers of Approximate Equal Depth
<b>Cylinders:</b>		
Diameter, in. [mm]		
3 or 4 [75 to 100]	rodding	2
6 [150]	rodding	3
9 [225]	rodding	4
up to 9 [225]	vibration	2
<b>Prisms and horizontal creep</b>		
<b>Cylinders:</b>		
Depth, in. [mm]		
up to 8 [200]	rodding	2
over 8 [200]	rodding	3 or more
up to 8 [200]	vibration	1
over 8 [200]	vibration	2 or more

internal vibration for cylinders with a diameter less than 4 in. [100 mm], and for beams or prisms with breadth or depth less than 4 in.

**NOTE 15**—Concrete of such low water content that it cannot be properly consolidated by the methods described herein is not covered by this practice. Provisions for specimens and methods of testing will be found in the standards concerned. There are concretes that can be consolidated by external vibration, but additional forces on the surface are required to embed the coarse aggregate thoroughly and consolidate the mixture. For such mixtures the following procedures may be followed: using external vibration fill 6 by 12-in. [150 by 300-mm] cylinder molds in 3 in. [75 mm] lifts using a 10-lb [4.5-kg] cylindrical surcharge, or 3 by 6-in. [75 by 150-mm] cylinder molds in 2 in. [50 mm] lifts using a 2.5-lb [1-kg] cylindrical surcharge. The surcharge should have a diameter ¼ in. [6 mm] less than the inside of the mold. Simultaneously each lift should be compacted by external vibration with the surcharge on the top surface of the concrete, until the mortar begins to ooze around the bottom of the surcharge.

**7.4.2 Rodding**—Place the concrete in the mold, in the required number of layers of approximately equal volume. Rod each layer with the rounded end of the rod using the number of strokes and size of rod specified in **Table 2**. Rod the bottom layer throughout its depth. Distribute the strokes uniformly over the cross section of the mold and for each upper layer allow the rod to penetrate through the layer being rodded and into the layer below approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is rodded, tap the outsides of the mold lightly 10 to 15 times with the mallet to close any holes left by rodding and to release any large air bubbles that may have been trapped. Use

an open hand to tap light-gage single-use molds which are susceptible to damage if tapped with a mallet. After tapping, spade the concrete along the sides and ends of beam and prism molds with a trowel or other suitable tool.

**7.4.3 Vibration**—Maintain a uniform duration of vibration for the particular kind of concrete, vibrator, and specimen mold involved. The duration of vibration required will depend upon the workability of the concrete and the effectiveness of the vibrator. Usually sufficient vibration has been applied as soon as the surface of the concrete becomes relatively smooth and large air bubbles cease to break through the top surface. Continue vibration only long enough to achieve proper consolidation of the concrete (see **Note 16**). Overvibration may cause segregation. Fill the molds and vibrate in the required number of approximately equal layers (**Table 2**). Place all the concrete for each layer in the mold before starting vibration of that layer. When placing the final layer, avoid overfilling by more than ¼ in. [6 mm]. When the finish is applied after vibration, add only enough concrete with a trowel to overfill the mold about ⅛ in. [3 mm], work it into the surface and then strike it off.

**NOTE 16**—Generally, no more than 5 s of vibration should be required for each insertion to adequately consolidate the concrete with a slump greater than 3 in. [75 mm]. Longer times may be required for lower slump concrete, but the vibration time should rarely have to exceed 10 s per insertion.

**7.4.3.1 Internal Vibration**—In compacting the specimen insert the vibrator slowly and do not allow the vibrator to rest on or touch the bottom or sides of the mold or strike embedded items such as strain meters. Slowly withdraw the vibrator so that no large air pockets are left in the specimen.

**7.4.3.2 Cylinders**—The number of insertions of the vibrator is given in **Table 3**. When more than one insertion per layer is required, distribute the insertions uniformly within each layer. Allow the vibrator to penetrate into the layer below approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outside of the mold at least 10 times with the mallet to close the holes that remain and to release entrapped air voids. Use an open hand to tap cardboard or single-use metal molds that are susceptible to damage if tapped with a mallet.

**7.4.3.3 Beams, Prisms, and Horizontal Creep Cylinders**—Insert the vibrator at intervals not exceeding 6 in. [150 mm] along the center line of the long dimension of the specimen, or along both sides but not in contact with the strain gage in the

**TABLE 2 Diameter of Rod and Number of Roddings to be Used in Molding Test Specimens**

Cylinders		
Diameter of Cylinder, in. [mm]	Diameter of Rod in. [mm]	Number of Strokes/Layer
2 [50] to <6 [150]	⅜ [10]	25
6 [150]	⅜ [16]	25
8 [200]	⅜ [16]	50
10 [250]	⅜ [16]	75
Beams and Prisms		
Top Surface Area of Specimen, in. <sup>2</sup> [cm <sup>2</sup> ]	Diameter of Rod in. (mm)	Number of Roddings/Layer
25 [160] or less	⅜ [10]	25
26 to 49 [165 to 310]	⅜ [10]	one for each 1 in. <sup>2</sup> [7 cm <sup>2</sup> ] of surface
50 [320] or more	⅜ [16]	one for each 2 in. <sup>2</sup> [14 cm <sup>2</sup> ] of surface
Horizontal Creep Cylinders		
Diameter of Cylinder in. [mm]	Diameter of Rod in. [mm]	Number of Roddings/Layer
6 [150]	⅜ [16]	50 total, 25 along both sides of axis

TABLE 3 Number of Vibrator Insertions per Layer

Specimen Type and Size	Number of Insertions per Layer
Cylinder: Diameter, in. [mm]	
4 in. [200 mm]	1
6 in. [150 mm]	2
9 in. [225 mm]	4

case of creep cylinders. For specimens wider than 6 in. [150 mm], use alternating insertions along two lines. Allow the shaft of the vibrator to penetrate into the bottom layer approximately 1 in. [25 mm]. After each layer is vibrated, tap the outsides of the mold sharply at least 10 times with the mallet to close holes left by vibrating and to release entrapped air voids.

**7.4.4 External Vibration**—When external vibration is used, take care to ensure that the mold is rigidly attached to or securely held against the vibrating element or vibrating surface (Note 15).

**7.5 Finishing**—After consolidation by any of the methods, strike off the surface of the concrete and float or trowel it in accordance with the method concerned. If no finish is specified, finish the surface with a wood or magnesium float. Perform all finishing with the minimum manipulation necessary to produce a flat even surface that is level with the rim or edge of the mold and which has no depressions or projections larger than  $\frac{1}{8}$  in. [3 mm].

**7.5.1 Cylinders**—After consolidation finish the top surfaces by striking them off with the tamping rod where the consistency of the concrete permits, or with a wood float or trowel. If desired, cap the top surface of freshly made cylinders with a thin layer of stiff portland cement paste which is permitted to harden and cure with the specimen. See the section on Capping Materials of Practice C 617.

**7.5.2 Horizontally Cast Creep Cylinders**—After consolidation strike off the specimen with a trowel or float, then trowel the minimum amount required to form the concrete in the opening concentrically with the rest of the specimen. Use a screed curved to the radius of the specimen to more precisely shape and finish the concrete in the opening.

## 8. Curing

**8.1 Initial Curing**—To prevent evaporation of water from unhardened concrete, cover the specimens immediately after finishing, preferably with a nonabsorptive, nonreactive plate or a sheet of tough, durable impervious plastic. Specimens shall be stored immediately after finishing until the removal of the molds to prevent loss of moisture from the specimens. Select an appropriate procedure or combination of procedures that will prevent moisture loss and is nonabsorptive and nonreactive with the concrete. When wet burlap is used for covering, the burlap must not be in contact with the fresh concrete surface and care must be exercised to keep the burlap wet until the specimens are removed from the molds. Placing a sheet of plastic over the burlap will facilitate keeping it wet. To prevent damage to specimens, protect the outside of cardboard molds from contact with wet burlap or other sources of water until the molds are removed. Record the maximum and minimum ambient temperatures during the initial curing.

**8.2 Removal from Molds**—Remove the specimens from the molds  $24 \pm 8$  h after casting. For concrete with prolonged

setting time, molds shall not be removed until  $20 \pm 4$  h after final set. If needed, determine the setting times in accordance with Test Method C 403/C 403M.

**8.3 Curing Environment**—Unless otherwise specified all specimens shall be moist cured at  $73.5 \pm 3.5$  °F [ $23.0 \pm 2.0$  °C] from the time of molding until the moment of test (Note 17). Storage during the first 48 h of curing shall be in a vibration-free environment. As applied to the treatment of demolded specimens, moist curing means that the test specimens shall have free water maintained on the entire surface area at all times. This condition is met by using water storage tanks or a moist room in accordance with the requirements of Specification C 511. Cure structural lightweight concrete cylinders in accordance with Specification C 330.

NOTE 17—The temperature within damp sand and under wet burlap or similar materials will always be lower than the temperature in the surrounding atmosphere if evaporation takes place.

**8.4 Flexural Strength Test Specimens**—Cure the flexural strength test specimens in accordance with 8.1 and 8.2 except that while in storage for a minimum period of 20 h immediately prior to testing they shall be immersed in water saturated with calcium hydroxide at  $73 \pm 3$  °F [ $23 \pm 2$  °C]. At the end of the curing period, between the time the specimen is removed from curing until testing is completed, drying of the surfaces shall be prevented.

NOTE 18—Relatively small amounts of drying of the surface of flexural strength specimens will induce tensile stresses in the extreme fibers that will markedly reduce the indicated flexural strength.

## 9. Precision and Bias

**9.1** Data to establish precision statements for various testing required by this standard were obtained in the Concrete Proficiency Sample Program of the Cement and Concrete Reference Laboratory.

**9.2** The single-operator standard deviations for slump, unit weight, air content, and 7-day compressive strength of trial batches have been found to be 0.7 in., 0.9 lb/ft<sup>3</sup>, 0.3 %, and 203 psi, respectively; therefore the results of properly conducted tests on two trial batches made in the same laboratory should not differ by more than 2.0 in., 2.5 lb/ft<sup>3</sup>, 0.8 %, and 574 psi, respectively. This precision statement is considered applicable to laboratory trial batches proportioned to contain prescribed quantities of materials and to have a constant water-cement ratio. The values should be used with caution for air-entrained concrete, concrete with slump less than 2 in. [50 mm] or over 6 in. [150 mm], or concrete made with other than normal weight aggregate or aggregate larger than 1 in. [25 mm] nominal maximum size.

**9.3** The multilaboratory standard deviations for slump, unit weight, air content, and 7-day compressive strength of trial batches have been found to be 1.0 in., 1.4 lb/ft<sup>3</sup>, 0.4 %, and 347 psi, respectively; therefore, the results of properly conducted tests on single trial batches made in two different laboratories should not differ by more than 2.8 in., 4.0 lb/ft<sup>3</sup>, 1.1 %, and 981 psi, respectively. This precision statement is considered applicable to laboratory trial batches proportioned to contain prescribed quantities of materials and to have a prescribed water-cement ratio. The values should be used with caution for



 C 192/C 192M – 06

air-entrained concrete, concrete with slump less than 2 in. [50 mm] or over 6 in. [150 mm], or concrete made with other than normal weight aggregate or aggregate larger than 1 in. [25 mm] nominal maximum size.

9.4 *Bias*—The procedures for the test methods in 9.3 have no bias because the values obtained from each of those test methods are defined only in terms of the test method.

**10. Keywords**

10.1 concrete; cylinders; laboratory; prisms; strength testing

**SUMMARY OF CHANGES**

Committee C09 has identified the location of selected changes to this practice since the last issue, C 192/C 192M – 05, that may impact the use of this practice. (Approved June 1, 2006)

(I) Revised 1.3.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).*



## **ANEXO 02**

# **ASTM C 39/ C 39 M-14 (MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO)**



Designation: C39/C39M – 14

## Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation C39/C39M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

*This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.*

### 1. Scope\*

1.1 This test method covers determination of compressive strength of cylindrical concrete specimens such as molded cylinders and drilled cores. It is limited to concrete having a density in excess of 800 kg/m<sup>3</sup> [50 lb/ft<sup>3</sup>].

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. The inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system may not be exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in non-conformance with the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Means should be provided to contain concrete fragments during sudden rupture of specimens. Tendency for sudden rupture increases with increasing concrete strength and it is more likely when the testing machine is relatively flexible. The safety precautions given in the [Manual of Aggregate and Concrete Testing](#) are recommended.)*

1.4 The text of this standard references notes which provide explanatory material. These notes shall not be considered as requirements of the standard.

### 2. Referenced Documents

- 2.1 *ASTM Standards:*<sup>2</sup>  
[C31/C31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field](#)  
[C42/C42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete](#)

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.61 on Testing for Strength.

Current edition approved Feb. 1, 2014. Published February 2014. Originally approved in 1921. Last previous edition approved in 2012 as C39/C39M-12a. DOI: 10.1520/C0039\_C0039M-14.

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

\*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014  
Downloaded/printed by

Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

- [C192/C192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory](#)
- [C617 Practice for Capping Cylindrical Concrete Specimens](#)
- [C670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials](#)
- [C873 Test Method for Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast in Place in Cylindrical Molds](#)
- [C1077 Practice for Agencies Testing Concrete and Concrete Aggregates for Use in Construction and Criteria for Testing Agency Evaluation](#)
- [C1231/C1231M Practice for Use of Unbonded Caps in Determination of Compressive Strength of Hardened Concrete Cylinders](#)
- [E4 Practices for Force Verification of Testing Machines](#)
- [E74 Practice of Calibration of Force-Measuring Instruments for Verifying the Force Indication of Testing Machines Manual of Aggregate and Concrete Testing](#)

### 3. Summary of Test Method

3.1 This test method consists of applying a compressive axial load to molded cylinders or cores at a rate which is within a prescribed range until failure occurs. The compressive strength of the specimen is calculated by dividing the maximum load attained during the test by the cross-sectional area of the specimen.

### 4. Significance and Use

4.1 Care must be exercised in the interpretation of the significance of compressive strength determinations by this test method since strength is not a fundamental or intrinsic property of concrete made from given materials. Values obtained will depend on the size and shape of the specimen, batching, mixing procedures, the methods of sampling, molding, and fabrication and the age, temperature, and moisture conditions during curing.

4.2 This test method is used to determine compressive strength of cylindrical specimens prepared and cured in accordance with Practices [C31/C31M](#), [C192/C192M](#), [C617](#), and [C1231/C1231M](#) and Test Methods [C42/C42M](#) and [C873](#).

4.3 The results of this test method are used as a basis for quality control of concrete proportioning, mixing, and placing

C39/C39M - 14

operations; determination of compliance with specifications; control for evaluating effectiveness of admixtures; and similar uses.

4.4 The individual who tests concrete cylinders for acceptance testing shall meet the concrete laboratory technician requirements of Practice C1077, including an examination requiring performance demonstration that is evaluated by an independent examiner.

NOTE 1—Certification equivalent to the minimum guidelines for ACI Concrete Laboratory Technician, Level I or ACI Concrete Strength Testing Technician will satisfy this requirement.

## 5. Apparatus

5.1 *Testing Machine*—The testing machine shall be of a type having sufficient capacity and capable of providing the rates of loading prescribed in 7.5.

5.1.1 Verify calibration of the testing machines in accordance with Practices E4, except that the verified loading range shall be as required in 5.3. Verification is required:

5.1.1.1 Within 13 months of the last calibration,

5.1.1.2 On original installation or immediately after relocation,

5.1.1.3 Immediately after making repairs or adjustments that affect the operation of the force applying system or the values displayed on the load indicating system, except for zero adjustments that compensate for the mass of bearing blocks or specimen, or both, or

5.1.1.4 Whenever there is reason to suspect the accuracy of the indicated loads.

5.1.2 *Design*—The design of the machine must include the following features:

5.1.2.1 The machine must be power operated and must apply the load continuously rather than intermittently, and without shock. If it has only one loading rate (meeting the requirements of 7.5), it must be provided with a supplemental means for loading at a rate suitable for verification. This supplemental means of loading may be power or hand operated.

5.1.2.2 The space provided for test specimens shall be large enough to accommodate, in a readable position, an elastic calibration device which is of sufficient capacity to cover the potential loading range of the testing machine and which complies with the requirements of Practice E74.

NOTE 2—The types of elastic calibration devices most generally available and most commonly used for this purpose are the circular proving ring or load cell.

5.1.3 *Accuracy*—The accuracy of the testing machine shall be in accordance with the following provisions:

5.1.3.1 The percentage of error for the loads within the proposed range of use of the testing machine shall not exceed  $\pm 1.0\%$  of the indicated load.

5.1.3.2 The accuracy of the testing machine shall be verified by applying five test loads in four approximately equal increments in ascending order. The difference between any two successive test loads shall not exceed one third of the difference between the maximum and minimum test loads.

5.1.3.3 The test load as indicated by the testing machine and the applied load computed from the readings of the verification

device shall be recorded at each test point. Calculate the error,  $E$ , and the percentage of error,  $E_p$ , for each point from these data as follows:

$$E = A - B \quad (1)$$

$$E_p = 100(A - B)/B$$

where:

$A$  = load, kN [lbf] indicated by the machine being verified, and

$B$  = applied load, kN [lbf] as determined by the calibrating device.

5.1.3.4 The report on the verification of a testing machine shall state within what loading range it was found to conform to specification requirements rather than reporting a blanket acceptance or rejection. In no case shall the loading range be stated as including loads below the value which is 100 times the smallest change of load estimable on the load-indicating mechanism of the testing machine or loads within that portion of the range below 10% of the maximum range capacity.

5.1.3.5 In no case shall the loading range be stated as including loads outside the range of loads applied during the verification test.

5.1.3.6 The indicated load of a testing machine shall not be corrected either by calculation or by the use of a calibration diagram to obtain values within the required permissible variation.

5.2 The testing machine shall be equipped with two steel bearing blocks with hardened faces (Note 3), one of which is a spherically seated block that will bear on the upper surface of the specimen, and the other a solid block on which the specimen shall rest. Bearing faces of the blocks shall have a minimum dimension at least 3% greater than the diameter of the specimen to be tested. Except for the concentric circles described below, the bearing faces shall not depart from a plane by more than 0.02 mm [0.001 in.] in any 150 mm [6 in.] of blocks 150 mm [6 in.] in diameter or larger, or by more than 0.02 mm [0.001 in.] in the diameter of any smaller block; and new blocks shall be manufactured within one half of this tolerance. When the diameter of the bearing face of the spherically seated block exceeds the diameter of the specimen by more than 13 mm [0.5 in.], concentric circles not more than 0.8 mm [0.03 in.] deep and not more than 1 mm [0.04 in.] wide shall be inscribed to facilitate proper centering.

NOTE 3—It is desirable that the bearing faces of blocks used for compression testing of concrete have a Rockwell hardness of not less than 55 HRC.

5.2.1 Bottom bearing blocks shall conform to the following requirements:

5.2.1.1 The bottom bearing block is specified for the purpose of providing a readily machinable surface for maintenance of the specified surface conditions (Note 4). The top and bottom surfaces shall be parallel to each other. If the testing machine is so designed that the platen itself is readily maintained in the specified surface condition, a bottom block is not required. Its least horizontal dimension shall be at least 3%



**C39/C39M - 14**

greater than the diameter of the specimen to be tested. Concentric circles as described in 5.2 are optional on the bottom block.

NOTE 4—The block may be fastened to the platen of the testing machine.

5.2.1.2 Final centering must be made with reference to the upper spherical block. When the lower bearing block is used to assist in centering the specimen, the center of the concentric rings, when provided, or the center of the block itself must be directly below the center of the spherical head. Provision shall be made on the platen of the machine to assure such a position.

5.2.1.3 The bottom bearing block shall be at least 25 mm [1 in.] thick when new, and at least 22.5 mm [0.9 in.] thick after any resurfacing operations.

5.2.2 The spherically seated bearing block shall conform to the following requirements:

5.2.2.1 The maximum diameter of the bearing face of the suspended spherically seated block shall not exceed the values given below:

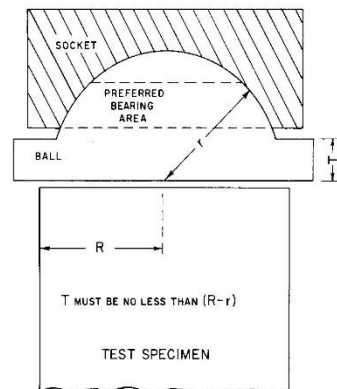
Diameter of Test Specimens, mm [in.]	Maximum Diameter of Bearing Face, mm [in.]
50 [2]	105 [4]
75 [3]	130 [5]
100 [4]	165 [6.5]
150 [6]	255 [10]
200 [8]	280 [11]

NOTE 5—Square bearing faces are permissible, provided the diameter of the largest possible inscribed circle does not exceed the above diameter.

5.2.2.2 The center of the sphere shall coincide with the surface of the bearing face within a tolerance of  $\pm 5\%$  of the radius of the sphere. The diameter of the sphere shall be at least 75% of the diameter of the specimen to be tested.

5.2.2.3 The ball and the socket shall be designed so that the steel in the contact area does not permanently deform when loaded to the capacity of the testing machine.

NOTE 6—The preferred contact area is in the form of a ring (described as “preferred bearing area”) as shown on Fig. 1.



NOTE 1—Provision shall be made for holding the ball in the socket and for holding the entire unit in the testing machine.

**FIG. 1 Schematic Sketch of a Typical Spherical Bearing Block**

5.2.2.4 At least every six months, or as specified by the manufacturer of the testing machine, clean and lubricate the curved surfaces of the socket and of the spherical portion of the machine. The lubricant shall be a petroleum-type oil such as conventional motor oil or as specified by the manufacturer of the testing machine.

NOTE 7—To ensure uniform seating, the spherically seated head is designed to tilt freely as it comes into contact with the top of the specimen. After contact, further rotation is undesirable. Friction between the socket and the spherical portion of the head provides restraint against further rotation during loading. Petroleum-type oil such as conventional motor oil has been shown to permit the necessary friction to develop. Pressure-type greases can reduce the desired friction and permit undesired rotation of the spherical head and should not be used unless recommended by the manufacturer of the testing machine.

5.2.2.5 If the radius of the sphere is smaller than the radius of the largest specimen to be tested, the portion of the bearing face extending beyond the sphere shall have a thickness not less than the difference between the radius of the sphere and radius of the specimen. The least dimension of the bearing face shall be at least as great as the diameter of the sphere (see Fig. 1).

5.2.2.6 The movable portion of the bearing block shall be held closely in the spherical seat, but the design shall be such that the bearing face can be rotated freely and tilted at least 4° in any direction.

5.2.2.7 If the ball portion of the upper bearing block is a two-piece design composed of a spherical portion and a bearing plate, a mechanical means shall be provided to ensure that the spherical portion is fixed and centered on the bearing plate.

**5.3 Load Indication:**

5.3.1 If the load of a compression machine used in concrete testing is registered on a dial, the dial shall be provided with a graduated scale that is readable to at least the nearest 0.1% of the full scale load (NOTE 8). The dial shall be readable within 1% of the indicated load at any given load level within the loading range. In no case shall the loading range of a dial be considered to include loads below the value that is 100 times the smallest change of load that can be read on the scale. The scale shall be provided with a graduation line equal to zero and so numbered. The dial pointer shall be of sufficient length to reach the graduation marks; the width of the end of the pointer shall not exceed the clear distance between the smallest graduations. Each dial shall be equipped with a zero adjustment located outside the dialcase and easily accessible from the front of the machine while observing the zero mark and dial pointer. Each dial shall be equipped with a suitable device that at all times, until reset, will indicate to within 1% accuracy the maximum load applied to the specimen.

NOTE 8—Readability is considered to be 0.5 mm [0.02 in.] along the arc described by the end of the pointer. Also, one half of a scale interval is readable with reasonable certainty when the spacing on the load indicating mechanism is between 1 mm [0.04 in.] and 2 mm [0.06 in.]. When the spacing is between 2 and 3 mm [0.06 and 0.12 in.], one third of a scale interval is readable with reasonable certainty. When the spacing is 3 mm [0.12 in.] or more, one fourth of a scale interval is readable with reasonable certainty.

5.3.2 If the testing machine load is indicated in digital form, the numerical display must be large enough to be easily read.

C39/C39M - 14

The numerical increment must be equal to or less than 0.10 % of the full scale load of a given loading range. In no case shall the verified loading range include loads less than the minimum numerical increment multiplied by 100. The accuracy of the indicated load must be within 1.0 % for any value displayed within the verified loading range. Provision must be made for adjusting to indicate true zero at zero load. There shall be provided a maximum load indicator that at all times until reset will indicate within 1 % system accuracy the maximum load applied to the specimen.

5.4 Documentation of the calibration and maintenance of the testing machine shall be in accordance with Practice C1077.

## 6. Specimens

6.1 Specimens shall not be tested if any individual diameter of a cylinder differs from any other diameter of the same cylinder by more than 2 %.

NOTE 9—This may occur when single use molds are damaged or deformed during shipment, when flexible single use molds are deformed during molding, or when a core drill deflects or shifts during drilling.

6.2 Prior to testing, neither end of test specimens shall depart from perpendicularity to the axis by more than 0.5° (approximately equivalent to 1 mm in 100 mm [0.12 in. in 12 in.]). The ends of compression test specimens that are not plane within 0.050 mm [0.002 in.] shall be sawed or ground to meet that tolerance, or capped in accordance with either Practice C617 or, when permitted, Practice C1231/C1231M. The diameter used for calculating the cross-sectional area of the test specimen shall be determined to the nearest 0.25 mm [0.01 in.] by averaging two diameters measured at right angles to each other at about midheight of the specimen.

6.3 The number of individual cylinders measured for determination of average diameter is not prohibited from being reduced to one for each ten specimens or three specimens per day, whichever is greater, if all cylinders are known to have been made from a single lot of reusable or single-use molds which consistently produce specimens with average diameters within a range of 0.5 mm [0.02 in.]. When the average diameters do not fall within the range of 0.5 mm [0.02 in.] or when the cylinders are not made from a single lot of molds, each cylinder tested must be measured and the value used in calculation of the unit compressive strength of that specimen. When the diameters are measured at the reduced frequency, the cross-sectional areas of all cylinders tested on that day shall be computed from the average of the diameters of the three or more cylinders representing the group tested that day.

6.4 If the purchaser of the testing services requests measurement of density of test specimens, determine the mass of specimens before capping. Remove any surface moisture with a towel and measure the mass of the specimen using a balance or scale that is accurate to within 0.3 % of the mass being measured. Measure the length of the specimen to the nearest 1 mm [0.05 in.] at three locations spaced evenly around the circumference. Compute the average length and record to the nearest 1 mm [0.05 in.]. Alternatively, determine the cylinder density by weighing the cylinder in air and then submerged

under water at  $23.0 \pm 2.0$  °C [ $73.5 \pm 3.5$  °F], and computing the volume according to 8.3.1.

6.5 When density determination is not required and the length to diameter ratio is less than 1.8 or more than 2.2, measure the length of the specimen to the nearest 0.05 D.

## 7. Procedure

7.1 Compression tests of moist-cured specimens shall be made as soon as practicable after removal from moist storage.

7.2 Test specimens shall be kept moist by any convenient method during the period between removal from moist storage and testing. They shall be tested in the moist condition.

7.3 All test specimens for a given test age shall be broken within the permissible time tolerances prescribed as follows:

Test Age	Permissible Tolerance
24 h	$\pm 0.5$ h or 2.1 %
3 days	2 h or 2.8 %
7 days	6 h or 3.6 %
28 days	20 h or 3.0 %
90 days	2 days 2.2 %

7.4 *Placing the Specimen*—Place the plain (lower) bearing block, with its hardened face up, on the table or platen of the testing machine directly under the spherically seated (upper) bearing block. Wipe clean the bearing faces of the upper and lower bearing blocks and of the test specimen and place the test specimen on the lower bearing block. If using unbonded caps, wipe clean the bearing surfaces of the retaining ring or rings and center the unbonded cap or caps on the cylinder. Carefully align the axis of the specimen with the center of thrust of the spherically seated block.

7.4.1 *Zero Verification and Block Seating*—Prior to testing the specimen, verify that the load indicator is set to zero. In cases where the indicator is not properly set to zero, adjust the indicator (Note 10). After placing the specimen in the machine but prior to applying the load on the specimen, tilt the movable portion of the spherically seated block gently by hand so that the bearing face appears to be parallel to the top of the test specimen.

NOTE 10—The technique used to verify and adjust load indicator to zero will vary depending on the machine manufacturer. Consult your owner's manual or compression machine calibrator for the proper technique.

7.4.2 *Verification of Alignment When Using Unbonded Caps*—If using unbonded caps, verify the alignment of the specimen after application of load, but before reaching 10 % of the anticipated specimen strength. Check to see that the axis of the cylinder does not depart from vertical by more than 0.5° (Note 11) and that the ends of the cylinder are centered within the retaining rings. If the cylinder alignment does not meet these requirements, release the load, and carefully recenter the specimen. Reapply load and recheck specimen centering and alignment. A pause in load application to check cylinder alignment is permissible.

NOTE 11—An angle of 0.5° is equal to a slope of approximately 1 mm in 100 mm [ $\frac{1}{20}$  inches in 12 inches]

7.5 *Rate of Loading*—Apply the load continuously and without shock.

**C39/C39M - 14**

7.5.1 The load shall be applied at a rate of movement (platen to crosshead measurement) corresponding to a stress rate on the specimen of  $0.25 \pm 0.05$  MPa/s [ $35 \pm 7$  psi/s] (See Note 12). The designated rate of movement shall be maintained at least during the latter half of the anticipated loading phase.

NOTE 12—For a screw-driven or displacement-controlled testing machine, preliminary testing will be necessary to establish the required rate of movement to achieve the specified stress rate. The required rate of movement will depend on the size of the test specimen, the elastic modulus of the concrete, and the stiffness of the testing machine.

7.5.2 During application of the first half of the anticipated loading phase, a higher rate of loading shall be permitted. The higher loading rate shall be applied in a controlled manner so that the specimen is not subjected to shock loading.

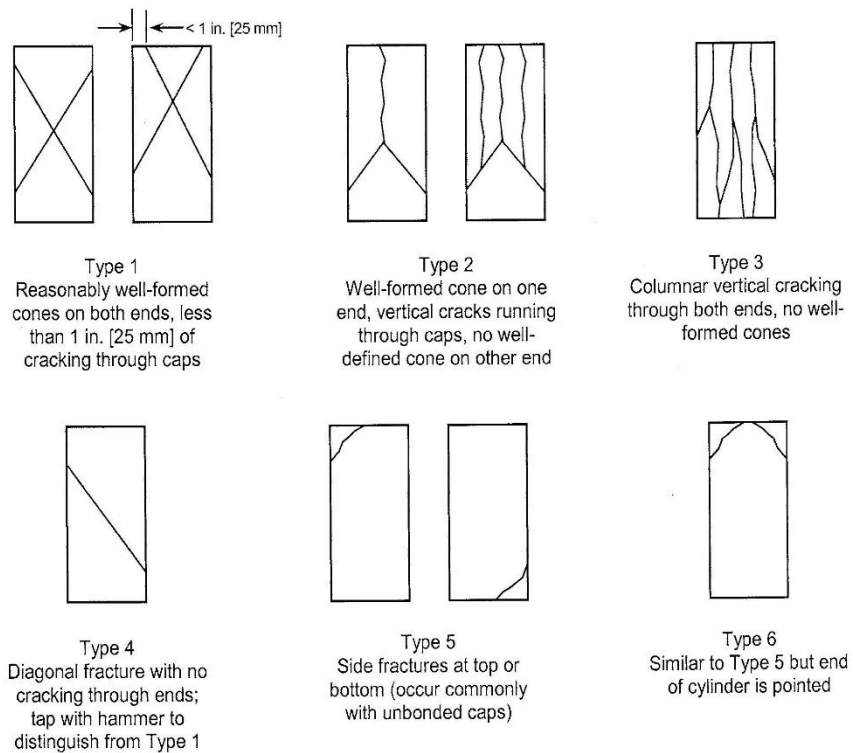
7.5.3 Make no adjustment in the rate of movement (platen to crosshead) as the ultimate load is being approached and the stress rate decreases due to cracking in the specimen.

7.6 Apply the compressive load until the load indicator shows that the load is decreasing steadily and the specimen displays a well-defined fracture pattern (Types 1 to 4 in Fig. 2). For a testing machine equipped with a specimen break detector, automatic shut-off of the testing machine is prohibited until the load has dropped to a value that is less than 95 % of the peak

load. When testing with unbonded caps, a corner fracture similar to a Type 5 or 6 pattern shown in Fig. 2 may occur before the ultimate capacity of the specimen has been attained. Continue compressing the specimen until the user is certain that the ultimate capacity has been attained. Record the maximum load carried by the specimen during the test, and note the type of fracture pattern according to Fig. 2. If the fracture pattern is not one of the typical patterns shown in Fig. 2, sketch and describe briefly the fracture pattern. If the measured strength is lower than expected, examine the fractured concrete and note the presence of large air voids, evidence of segregation, whether fractures pass predominantly around or through the coarse aggregate particles, and verify end preparations were in accordance with Practice C617 or Practice C1231/C1231M.

**8. Calculation**

8.1 Calculate the compressive strength of the specimen by dividing the maximum load carried by the specimen during the test by the average cross-sectional area determined as described in Section 6 and express the result to the nearest 0.1 MPa [10 psi].



**FIG. 2 Schematic of Typical Fracture Patterns**

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Mon Mar 3 15:32:50 EST 2014 5  
Downloaded/printed by  
Jose B (INSUMA) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

**C39/C39M - 14**

8.2 If the specimen length to diameter ratio is 1.75 or less, correct the result obtained in 8.1 by multiplying by the appropriate correction factor shown in the following table Note 13:

L/D:	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor:	0.98	0.96	0.93	0.87

Use interpolation to determine correction factors for L/D values between those given in the table.

NOTE 13—Correction factors depend on various conditions such as moisture condition, strength level, and elastic modulus. Average values are given in the table. These correction factors apply to low-density concrete weighing between 1600 and 1920 kg/m<sup>3</sup> [100 and 120 lb/ft<sup>3</sup>] and to normal-density concrete. They are applicable to concrete dry or soaked at the time of loading and for nominal concrete strengths from 14 to 42 MPa [2000 to 6000 psi]. For strengths higher than 42 MPa [6000 psi] correction factors may be larger than the values listed above<sup>3</sup>.

8.3 When required, calculate the density of the specimen to the nearest 10 kg/m<sup>3</sup> [1 lb/ft<sup>3</sup>] as follows:

$$\text{Density} = \frac{W}{V} \quad (2)$$

where:

W = mass of specimen, kg [lb], and  
V = volume of specimen computed from the average diameter and average length or from weighing the cylinder in air and submerged, m<sup>3</sup> [ft<sup>3</sup>]

8.3.1 When the volume is determined from submerged weighing, calculate the volume as follows:

$$V = \frac{W - W_s}{\gamma_w} \quad (3)$$

where:

W<sub>s</sub> = apparent mass of submerged specimen, kg [lb], and  
γ<sub>w</sub> = density of water at 23 °C [73.5 °F] = 997.5 kg/m<sup>3</sup> [62.27 lbs/ft<sup>3</sup>].

## 9. Report

9.1 Report the following information:

- 9.1.1 Identification number,
- 9.1.2 Average measured diameter (and measured length, if outside the range of 1.8 D to 2.2 D), in millimetres [inches],
- 9.1.3 Cross-sectional area, in square millimetres [square inches],
- 9.1.4 Maximum load, in kilonewtons [pounds-force],
- 9.1.5 Compressive strength calculated to the nearest 0.1 MPa [10 psi],
- 9.1.6 Type of fracture (see Fig. 2),
- 9.1.7 Defects in either specimen or caps, and,
- 9.1.8 Age of specimen.
- 9.1.9 When determined, the density to the nearest 10 kg/m<sup>3</sup> [1 lb/ft<sup>3</sup>].

## 10. Precision and Bias

### 10.1 Precision

<sup>3</sup> Bartlett, F.M. and MacGregor, J.G., "Effect of Core Length-to-Diameter Ratio on Concrete Core Strength," *ACI Materials Journal*, Vol 91, No. 4, July-August, 1994, pp. 339-348.

10.1.1 *Within-Test Precision*—The following table provides the within-test precision of tests of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] and 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders made from a well-mixed sample of concrete under laboratory conditions and under field conditions (see 10.1.2).

	Coefficient of Variation <sup>4</sup>	Acceptable Range <sup>4</sup> of Individual Cylinder Strengths	
		2 cylinders	3 cylinders
150 by 300 mm [6 by 12 in.]			
Laboratory conditions	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Field conditions	2.9 %	8.0 %	9.5 %
100 by 200 mm [4 by 8 in.]			
Laboratory conditions	3.2 %	9.0 %	10.6 %

10.1.2 The within-test coefficient of variation represents the expected variation of measured strength of companion cylinders prepared from the same sample of concrete and tested by one laboratory at the same age. The values given for the within-test coefficient of variation of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 2000 and 15 to 55 MPa [8000 psi] and those for 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are applicable for compressive strengths between 17 to 32 MPa [2500 and 4700 psi]. The within-test coefficients of variation for 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions and a collection of 1265 test reports from 225 commercial testing laboratories in 1978.<sup>5</sup> The within-test coefficient of variation of 100 by 200 mm [4 by 8 in.] cylinders are derived from CCRL concrete proficiency sample data for laboratory conditions.

10.1.3 *Multilaboratory Precision*—The multi-laboratory coefficient of variation for compressive strength test results of 150 by 300 mm [6 by 12 in.] cylinders has been found to be 5.0 %<sup>4</sup>; therefore, the results of properly conducted tests by two laboratories on specimens prepared from the same sample of concrete are not expected to differ by more than 14 %<sup>4</sup> of the average (See Note 14). A strength test result is the average of two cylinders tested at the same age.

NOTE 14—The multilaboratory precision does not include variations associated with different operators preparing test specimens from split or independent samples of concrete. These variations are expected to increase the multilaboratory coefficient of variation.

10.1.4 The multilaboratory data were obtained from six separate organized strength testing round robin programs where 150 x 300 mm [6 x 12 in.] cylindrical specimens were prepared at a single location and tested by different laboratories. The range of average strength from these programs was 17.0 to 90 MPa [2500 to 13 000 psi].

NOTE 15—Subcommittee C09.61 will continue to examine recent concrete proficiency sample data and field test data and make revisions to precision statements when data indicate that they can be extended to cover a wider range of strengths and specimen sizes.

10.2 *Bias*—Since there is no accepted reference material, no statement on bias is being made.

<sup>4</sup> These numbers represent respectively the (1s %) and (d2s %) limits as described in Practice C670.

<sup>5</sup> Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR:C09-1006.



 C39/C39M – 14

SUMMARY OF CHANGES

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12a, that may impact the use of this test method. (Approved February 1, 2014)

(1) Modified 7.4.

(2) Added 7.4.2 and Note 11.

Committee C09 has identified the location of selected changes to this test method since the last issue, C39/C39M–12, that may impact the use of this test method. (Approved September 1, 2012)

(1) Revised 5.1.1.1.

*ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.*

*This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.*

*This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT/).*



## **ANEXO 03**

# **CERTIFICADO DE CALIDAD DE CEMENTO**



## CERTIFICADO DE CALIDAD



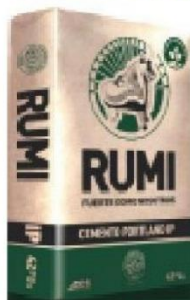
**RUMI**

### CEMENTO PORTLAND TIPO IP

	YURA	ASTM C 595 NTP 334.090
<b>REQUERIMIENTOS QUIMICOS:</b>		
Óxido de Magnesio, MgO, %	1.54	6.00 Máximo
Tróxido de Azufre, SO <sub>2</sub> , %	1.80	4.00 Máximo
Pérdida por Ignición o al Fuego, P.F %	2.33	5.00 Máximo
<b>REQUERIMIENTOS FISICOS:</b>		
Peso Específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.82	No Especifico
Expansión en Autoclave, %	-0.03	0.80 Máximo
Tiempo de Fregado, Ensayo de Vicat, minutos		
Tiempo de Fregado (Inicial)	224	45 Mínimo
Tiempo de Fregado (Final)	268	420 Máximo
Contenido de Aire del mortero, %	3.59	12.00 Máximo
Superficie específica Blaine	4961	No Especifico
Resistencia a la Compresión, MPa, (Kgf/cm <sup>2</sup> )		Mínimo :
01 día	10.22 (104)	No Especifico
03 días	20.01 (204)	13.0 (133)
07 días	24.20 (247)	20.0 (204)
28 días	32.23 (328)	25.0 (255)

Este Documento muestra Características Típicas del Promedio Mensual de la Producción del mes de Diciembre confirmando que este cemento cumple especificaciones de las normas ASTM C- 595 y NTP 334.090

Arequipa, 02 de Enero 2017



  
Gonzalo Álvarez Cárdenas  
Jefe de Control de Calidad  
Yura S.A.

Planta: Carretera Yura Km. 28 - Arequipa  
Oficina comercial: Av. General Díaz Canevaro 527 - Arequipa  
Telf.: (51 54) 498060 / 225000



## **ANEXO 04**

# **DATOS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carréon

Diseño :  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patrón  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/Om2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/cm2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patrón-01	03/10/2019	31/10/2019	28	30.60	15.26	15.29	183	40910	223.24	210	106%
2	Concreto Patrón-02	03/10/2019	31/10/2019	28	30.20	15.28	15.30	184	39700	216.21	210	103%
3	Concreto Patrón-03	03/10/2019	31/10/2019	28	30.30	15.13	15.47	184	40170	218.49	210	104%
4	Concreto Patrón-04	03/10/2019	31/10/2019	28	30.50	15.12	15.36	182	40070	219.66	210	105%
5	Concreto Patrón-05	03/10/2019	31/10/2019	28	30.10	14.93	15.37	180	40030	222.06	210	106%
6	Concreto Patrón-06	03/10/2019	31/10/2019	28	30.00	15.21	15.37	184	39310	214.09	210	102%
7	Concreto Patrón-07	03/10/2019	31/10/2019	28	30.50	15.21	15.38	186	41710	224.51	210	107%
8	Concreto Patrón-08	03/10/2019	31/10/2019	28	30.60	15.12	15.43	187	40700	217.66	210	104%
9	Concreto Patrón-09	03/10/2019	31/10/2019	28	30.10	15.32	15.33	185	39790	215.58	210	103%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



### CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Testista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carreón

Diseño :  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> + Adición De Aditivo 1%

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/Onm2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/cm2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 1%-01	17/10/2019	14/11/2019	28	30.30	15.34	15.27	184.0	46290	251.61	210	120%
2	Concreto Patron+Aditivo 1%-02	17/10/2019	14/11/2019	28	29.90	15.32	15.28	183.9	44820	243.78	210	116%
3	Concreto Patron+Aditivo 1%-03	17/10/2019	14/11/2019	28	30.40	15.40	15.21	184.0	45980	249.93	210	119%
4	Concreto Patron+Aditivo 1%-04	17/10/2019	14/11/2019	28	30.00	15.31	15.29	183.9	46780	254.44	210	121%
5	Concreto Patron+Aditivo 1%-05	17/10/2019	14/11/2019	28	30.10	15.21	15.42	184.2	45770	248.46	210	118%
6	Concreto Patron+Aditivo 1%-06	17/10/2019	14/11/2019	28	30.50	15.23	15.42	184.5	46350	251.28	210	120%
7	Concreto Patron+Aditivo 1%-07	17/10/2019	14/11/2019	28	30.20	15.28	15.36	185.3	44740	241.45	210	115%
8	Concreto Patron+Aditivo 1%-08	17/10/2019	14/11/2019	28	29.90	15.25	15.26	182.9	45230	247.30	210	118%
9	Concreto Patron+Aditivo 1%-09	17/10/2019	14/11/2019	28	30.30	15.23	15.30	183.9	44660	242.91	210	116%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carréon

Diseño :  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> + Adición De Aditivo 1.5%

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD dias	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=kg/cm^2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=kg/cm^2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-01	02/10/2019	30/10/2019	28	30.70	15.18	15.30	182	52230	286.33	210	136%
2	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-02	02/10/2019	30/10/2019	28	30.60	15.17	15.26	182	49590	272.75	210	130%
3	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-03	02/10/2019	30/10/2019	28	30.60	15.33	15.25	184	51970	283.04	210	135%
4	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-04	02/10/2019	30/10/2019	28	30.40	15.20	15.30	183	49540	271.22	210	129%
5	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-05	02/10/2019	30/10/2019	28	30.20	15.29	15.37	185	50240	272.19	210	130%
6	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-06	02/10/2019	30/10/2019	28	30.50	15.47	15.48	188	52620	279.77	210	133%
7	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-07	02/10/2019	30/10/2019	28	30.60	15.48	15.44	187	48550	259.30	210	123%
8	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-08	02/10/2019	30/10/2019	28	30.50	15.28	15.44	187	48170	257.27	210	123%
9	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-09	02/10/2019	30/10/2019	28	30.60	15.43	15.46	188	48710	259.48	210	124%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carreón

Diseño :  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> + Adicion De Aditivo 2.5%

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/$ cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/$ cm <sup>2</sup>	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-01	21/10/2019	18/11/2019	28	29.90	15.31	15.30	184	41380	225.00	210	107%
2	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-02	21/10/2019	18/11/2019	28	29.90	15.30	15.33	184	39990	217.08	210	103%
3	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-03	21/10/2019	18/11/2019	28	29.90	15.29	15.32	184	39350	213.89	210	102%
4	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-04	21/10/2019	18/11/2019	28	29.80	15.28	15.32	184	41520	225.83	210	108%
5	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-05	21/10/2019	18/11/2019	28	30.10	15.18	15.29	182	40220	220.63	210	105%
6	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-06	21/10/2019	18/11/2019	28	29.80	15.18	15.43	184	41600	226.12	210	108%
7	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-07	21/10/2019	18/11/2019	28	30.20	15.25	15.31	184	40920	222.28	210	106%
8	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-08	21/10/2019	18/11/2019	28	29.90	15.21	15.14	180	41040	227.96	210	109%
9	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-09	21/10/2019	18/11/2019	28	30.20	15.21	15.28	183	40310	219.82	210	105%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



### CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carreón

Diseño :  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=kg/cm^2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=kg/cm^2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron-01	07/10/2019	04/11/2019	28	30.30	15.24	15.27	183	53350	291.89	280	104%
2	Concreto Patron-02	07/10/2019	04/11/2019	28	30.00	15.25	15.32	183	53770	293.03	280	105%
3	Concreto Patron-03	07/10/2019	04/11/2019	28	29.90	15.16	15.20	181	54350	300.31	280	107%
4	Concreto Patron-04	07/10/2019	04/11/2019	28	30.00	15.24	15.28	183	53980	295.14	280	105%
5	Concreto Patron-05	07/10/2019	04/11/2019	28	30.50	15.23	15.47	185	51330	277.37	280	99%
6	Concreto Patron-06	07/10/2019	04/11/2019	28	30.40	15.31	15.32	184	53370	289.72	280	103%
7	Concreto Patron-07	07/10/2019	04/11/2019	28	30.20	15.27	15.38	186	52850	284.47	280	102%
8	Concreto Patron-08	07/10/2019	04/11/2019	28	30.40	15.27	15.29	184	52700	287.02	280	103%
9	Concreto Patron-09	07/10/2019	04/11/2019	28	30.00	15.37	15.38	186	54820	295.08	280	105%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carréon

Diseño :  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> + Adición De Aditivo 0.1%

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/Cm^2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/cm^2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 1%-01	04/10/2019	01/11/2019	28	30.20	15.31	15.45	186	63810	344	280	123%
2	Concreto Patron+Aditivo 1%-02	04/10/2019	01/11/2019	28	30.10	15.18	15.26	182	65730	361	280	129%
3	Concreto Patron+Aditivo 1%-03	04/10/2019	01/11/2019	28	30.15	15.48	15.47	188	61870	329	280	117%
4	Concreto Patron+Aditivo 1%-04	04/10/2019	01/11/2019	28	30.30	15.28	15.32	184	62480	340	280	121%
5	Concreto Patron+Aditivo 1%-05	04/10/2019	01/11/2019	28	30.20	15.22	15.26	182	65680	360	280	129%
6	Concreto Patron+Aditivo 1%-06	04/10/2019	01/11/2019	28	30.30	15.27	15.39	185	60115	326	280	116%
7	Concreto Patron+Aditivo 1%-07	04/10/2019	01/11/2019	28	30.40	15.30	15.27	183	60080	328	280	117%
8	Concreto Patron+Aditivo 1%-08	04/10/2019	01/11/2019	28	30.20	15.25	15.26	183	59020	323	280	115%
9	Concreto Patron+Aditivo 1%-09	04/10/2019	01/11/2019	28	30.25	15.28	15.29	184	60580	330	280	118%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carrseón

Diseño :  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> + Adición De Aditivo 1.5%

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/cm^2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/cm^2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-01	04/10/2019	01/11/2019	28	30.20	15.31	15.45	186	70420	379	280	135%
2	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-02	04/10/2019	01/11/2019	28	30.10	15.18	15.26	182	69360	381	280	136%
3	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-03	04/10/2019	01/11/2019	28	30.15	15.48	15.47	188	70655	376	280	134%
4	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-04	04/10/2019	01/11/2019	28	30.30	15.28	15.32	184	69090	376	280	134%
5	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-05	04/10/2019	01/11/2019	28	30.20	15.22	15.26	182	68260	374	280	134%
6	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-06	04/10/2019	01/11/2019	28	30.30	15.27	15.39	185	72050	390	280	139%
7	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-07	04/10/2019	01/11/2019	28	30.40	15.30	15.27	183	68315	373	280	133%
8	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-08	04/10/2019	01/11/2019	28	30.20	15.25	15.26	183	70610	386	280	138%
9	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-09	04/10/2019	01/11/2019	28	30.25	15.28	15.29	184	71815	391	280	140%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carreón

Diseño :  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> + Adición De Aditivo 2.5%

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/cm^2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/cm^2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-01	07/10/2019	04/11/2019	28	30.20	15.31	15.45	186	53860	290.00	280	104%
2	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-02	07/10/2019	04/11/2019	28	30.10	15.18	15.26	182	53810	295.76	280	106%
3	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-03	07/10/2019	04/11/2019	28	30.15	15.48	15.47	188	56010	297.79	280	106%
4	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-04	07/10/2019	04/11/2019	28	30.30	15.28	15.32	184	55050	299.52	280	107%
5	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-05	07/10/2019	04/11/2019	28	30.20	15.22	15.26	182	52340	286.93	280	102%
6	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-06	07/10/2019	04/11/2019	28	30.30	15.27	15.39	185	54470	295.11	280	105%
7	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-07	07/10/2019	04/11/2019	28	30.40	15.30	15.27	183	53170	290.52	280	104%
8	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-08	07/10/2019	04/11/2019	28	30.20	15.25	15.26	183	54290	296.84	280	106%
9	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-09	07/10/2019	04/11/2019	28	30.25	15.28	15.29	184	54870	298.83	280	107%





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesisista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carreón

Diseño :  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup>

N°	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/Om^2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/cm^2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron-01	17/10/2019	14/11/2019	28	30.60	15.28	15.29	183	60380	329.06	315	104%
2	Concreto Patron-02	17/10/2019	14/11/2019	28	30.70	15.28	15.33	184	62890	341.84	315	109%
3	Concreto Patron-03	17/10/2019	14/11/2019	28	30.60	15.28	15.34	184	60240	327.22	315	104%
4	Concreto Patron-04	17/10/2019	14/11/2019	28	30.60	15.27	15.34	184	63430	344.78	315	109%
5	Concreto Patron-05	17/10/2019	14/11/2019	28	30.20	15.38	15.35	185	64310	346.84	315	110%
6	Concreto Patron-06	17/10/2019	14/11/2019	28	30.20	15.19	15.38	183	62990	343.28	315	109%
7	Concreto Patron-07	17/10/2019	14/11/2019	28	30.10	15.16	15.42	187	61950	331.73	315	105%
8	Concreto Patron-08	17/10/2019	14/11/2019	28	30.10	15.31	15.32	184	64270	348.66	315	111%
9	Concreto Patron-09	17/10/2019	14/11/2019	28	30.60	15.25	15.33	185	63150	342.14	315	109%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



### CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carreón

Diseño :  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> + Adición De Aditivo 1%

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=kg/cm^2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=kg/cm^2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 1%-01	14/10/2019	11/11/2019	28	30.40	15.26	15.30	183	73740	402.13	315	128%
2	Concreto Patron+Aditivo 1%-02	14/10/2019	11/11/2019	28	30.20	15.25	15.46	185	74700	403.40	315	128%
3	Concreto Patron+Aditivo 1%-03	14/10/2019	11/11/2019	28	29.60	15.27	15.30	183	74370	405.30	315	129%
4	Concreto Patron+Aditivo 1%-04	14/10/2019	11/11/2019	28	29.50	14.92	15.34	180	75190	418.21	315	133%
5	Concreto Patron+Aditivo 1%-05	14/10/2019	11/11/2019	28	30.00	15.28	15.34	184	73510	399.31	315	127%
6	Concreto Patron+Aditivo 1%-06	14/10/2019	11/11/2019	28	30.10	15.19	15.36	183	74835	408.37	315	130%
7	Concreto Patron+Aditivo 1%-07	14/10/2019	11/11/2019	28	30.20	15.35	15.36	185	71780	387.37	315	123%
8	Concreto Patron+Aditivo 1%-08	14/10/2019	11/11/2019	28	30.00	15.25	15.30	184	74660	406.08	315	129%
9	Concreto Patron+Aditivo 1%-09	14/10/2019	11/11/2019	28	29.60	15.27	15.32	184	72380	392.66	315	125%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



**CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN**

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carreón

Diseño :  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> + Adición De Aditivo 1.5%

Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/$ cm <sup>2</sup>	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/$ cm <sup>2</sup>	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-01	14/10/2019	11/11/2019	28	29.60	14.92	15.14	177	80090	451	315	143%
2	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-02	14/10/2019	11/11/2019	28	30.00	15.28	15.34	184	81120	441	315	140%
3	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-03	14/10/2019	11/11/2019	28	30.40	15.19	15.35	183	82820	452	315	144%
4	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-04	14/10/2019	11/11/2019	28	30.00	15.35	15.19	183	80300	438	315	139%
5	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-05	14/10/2019	11/11/2019	28	30.40	15.27	15.29	183	86310	471	315	149%
6	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-06	14/10/2019	11/11/2019	28	30.00	15.23	15.30	183	83990	459	315	146%
7	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-07	14/10/2019	11/11/2019	28	30.10	15.24	15.26	183	80530	440	315	140%
8	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-08	14/10/2019	11/11/2019	28	30.00	15.28	15.46	188	82080	437	315	139%
9	Concreto Patron+Aditivo 1.5%-09	14/10/2019	11/11/2019	28	30.30	15.25	15.34	185	85880	465	315	148%



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA  
**LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**



### CONTROL DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Tesis : "Análisis de la resistencia de concretos autocompactantes con agregados artificiales para  $f_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup>,  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> en Puno 2018"

Tesista : Bach. Herbert Silvio Aquino Carreón

Diseño :  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup>

OBSERVACIONES : Concreto Patron  $f_c=315$  kg/cm<sup>2</sup> + Adición De Aditivo 2.5%

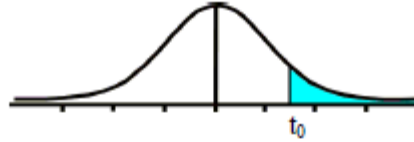
Nº	DESCRIPCIÓN	FECHA DE MOLDEO	FECHA DE ROTURA	EDAD días	Altura cm	DIAM1 cm	DIAM2 cm	AREA cm <sup>2</sup>	LECTURA DEL DIAL Kg	RESISTENCIA ALCANZADA $f_c=Kg/ Cm2$	RESISTENCIA DE DISEÑO $f_c=Kg/cm2$	% RESISTENCIA
1	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-01	14/10/2019	11/11/2019	28	29.90	15.34	15.40	186	63340	341.38	315	108%
2	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-02	14/10/2019	11/11/2019	28	30.00	15.42	15.33	186	60390	325.27	315	103%
3	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-03	14/10/2019	11/11/2019	28	30.40	15.33	15.34	185	64290	348.09	315	111%
4	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-04	14/10/2019	11/11/2019	28	30.40	15.25	15.28	183	63270	345.71	315	110%
5	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-05	14/10/2019	11/11/2019	28	30.10	15.44	15.48	188	62070	330.65	315	105%
6	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-06	14/10/2019	11/11/2019	28	30.10	15.32	15.47	186	65370	351.18	315	111%
7	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-07	14/10/2019	11/11/2019	28	30.10	15.19	15.36	185	65430	353.11	315	112%
8	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-08	14/10/2019	11/11/2019	28	30.20	15.27	15.32	184	62070	336.72	315	107%
9	Concreto Patron+Aditivo 2.5%-09	14/10/2019	11/11/2019	28	30.00	15.24	15.35	185	61330	331.41	315	105%



## **ANEXO 05**

# **TABLAS ESTADÍSTICAS**

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
43	0.6802	1.3016	1.6811	2.0167	2.4163	2.6951
44	0.6801	1.3011	1.6802	2.0154	2.4141	2.6923
45	0.6800	1.3007	1.6794	2.0141	2.4121	2.6896
46	0.6799	1.3002	1.6787	2.0129	2.4102	2.6870
47	0.6797	1.2998	1.6779	2.0117	2.4083	2.6846
48	0.6796	1.2994	1.6772	2.0106	2.4066	2.6822
49	0.6795	1.2991	1.6766	2.0096	2.4049	2.6800



## **ANEXO 06**

# **HOJA TÉCNICA SIKA VISCOCRETE 1110**



CONSTRUYENDO CONFIANZA



## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# Sika® ViscoCrete®-1110 PE

### ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE PARA CONCRETO

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un poderoso superplastificante de tercera generación para concretos y morteros. Ideal para concretos autocompactantes.

#### USOS

- Es adecuado para la producción de concreto en obra, así como para el concreto pre-mezclado.
- Facilita la extrema reducción de agua, tiene excelentes propiedades con los agregados finos, una óptima cohesión y alto comportamiento autocompactante.
- Se usa para los siguientes tipos de concreto:
  - Concreto autocompactante.
  - Para concretos bajo agua, sistemas tremie. (la relación agua – material cementante debe ser entre 0.30 a 0.45)
  - Concreto para climas cálidos y/o sometidos a trayectos largos o espera antes de su utilización.
  - Concreto de alta reducción de agua (hasta 30%)
  - Concreto de alta resistencia.
  - Inyección de lechada de cementos con alta fluidez.
- La alta reducción de agua y la excelente fluidez tienen una influencia positiva sobre las aplicaciones antes mencionadas.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

Sika® ViscoCrete®-1110 PE actúa por diferentes mecanismos. Gracias a la absorción superficial y el efecto de separación espacial sobre las partículas de cemento (paralelos al proceso de hidratación) se obtienen las siguientes propiedades:

- Fuerte reducción de agua y aumenta la cohesión lo que lo hace adecuado para la producción de concreto autocompactante.
  - Alta impermeabilidad.
  - Extrema reducción de agua (que trae consigo una alta densidad y resistencia).
  - Excelente fluidez (reduce en gran medida el esfuerzo de colocación y vibración).
  - Mejora la plasticidad y disminuye la contracción plástica.
  - A dosis altas mantiene el slump por más de dos horas (Hacer pruebas de diseño) Esto puede variar por las condiciones ambientales y el tipo de cemento que use.
  - Reduce la carbonatación del concreto.
  - Aumenta la durabilidad del concreto.
  - Reduce la exudación y la segregación.
  - Aumenta la adherencia entre el concreto y el acero.
- Sika® ViscoCrete®-1110 PE no contiene cloruros ni otros ingredientes que promuevan la corrosión del acero. Por lo tanto, puede usarse sin restricciones en construcciones de concreto reforzado y pre-tensado.

#### CERTIFICADOS / NORMAS

Cumple con la norma ASTM C-494 Tipo F y ASTM C-1017 Tipo I

Hoja De Datos Del Producto  
Sika® ViscoCrete®-1110 PE  
Mayo 2019, Versión 01.01  
02130101100000894

1 / 3



## INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Granel x 1 L.</li><li>• Cilindro x 200 L.</li><li>• IBC x 1000 L</li></ul>
<b>Apariencia / Color</b>	Líquido marrón claro a marrón oscuro
<b>Vida Útil</b>	12 meses
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	El producto debe de ser almacenado en su envase original y sin abrir, protegido de la luz directa del sol y de las heladas, a temperaturas entre 5 °C y 35 °C.
<b>Densidad</b>	1,07 kg/L +/- 0,01

## INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

Sika® ViscoCrete®-1110 PE se agrega al agua de amasado o junto con el agua a la mezcladora de concreto. Para un aprovechamiento óptimo de la alta capacidad de reducción de agua, recomendamos un mezclado cuidadoso durante 60 segundos como mínimo. Para evitar la exudación en el concreto y lograr la consistencia deseada, el agua restante de la mezcla recién se añadirá cuando hayan transcurrido 60 segundos del tiempo de mezclado. Cuando se trabaja con relaciones a/c bajas es recomendable mezclar el concreto de 7 a 10 minutos. El uso de Sika® ViscoCrete®-1110 PE garantiza un concreto de la más alta calidad. Sin embargo, también en el caso del concreto preparado con Sika® ViscoCrete®-1110 PE debe cumplirse con las normas estándar para la buena producción y colocación de concretos. El concreto fresco debe ser curado apropiadamente con Sika® Antisol® 5.

**PARA CONCRETOS FLUIDOS Y CONCRETOS AUTO-COMPACTANTES.**  
Sika ViscoCrete-1110 PE también puede usarse para concretos fluidos y autocompactantes mediante la utilización de dosificaciones especiales de mezclado. Cuando el Sika ViscoCrete-1110 PE está congelado. Descongelarlo lentamente a temperatura ambiente y mezclarlo en forma intensiva.

**COMBINACIONES.**  
Sika ViscoCrete-1110 PE puede combinarse con los siguientes productos Sika: Sika-1, Sika CNI, Sika Fume y SikaAer, entre otros.

Se recomienda realizar un ensayo previo si se realizan combinaciones de varios de los productos antes mencionados. Favor consultar a nuestro servicio técnico.

## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

## RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto.

Hoja De Datos Del Producto  
Sika® ViscoCrete®-1110 PE  
Mayo 2019, Versión 01.01  
02130101100000894

2 / 3

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

CONSTRUYENDO CONFIANZA





## **ANEXO 07**

# **CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES.**



ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS Y LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES DE LA FICA**

**Hace constar:**

Que el testista, conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil Bach: **HERBERT SILVIO AQUINO CARREÓN**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Construcciones - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: **"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES CON AGREGADOS ARTIFICIALES PARA F'C=210 KG/CM2, F'C=280 KG/CM2, F'C=315 KG/CM2 EN PUNO 2018"**.

Los ensayos que realizó son los siguientes:

Nº	ENSAYOS	NRO. DE ENSAYOS	FECHA DE ENSAYO
1	Contenido de Humedad, Agregados Fino y Grueso	2	31/07/2019
2	Análisis Granulométrico de Agregados, Fino y Grueso	2	02/05/2019
3	Densidad (Peso Unitario) de los Agregados, Suelto y Compactado	2	06/05/2019
4	Peso Específico y Porcentaje de Absorción Agregados, Fino y Grueso	2	08/05/2019
5	Ensayo de Impurezas Orgánicas	2	12/05/2019

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$			
Nº	DESCRIPCIÓN	Nº DE ENSAYOS	FECHA DE ENSAYO
1	Briquetas de concreto patrón $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$	9	31/10/2019
2	Briquetas de concreto patrón $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 1% Aditivo Superplastificante.	9	14/11/2019
3	Briquetas de concreto patrón $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 1.5% Aditivo Superplastificante.	9	30/10/2019
4	Briquetas de concreto patrón $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ + 2.5% Aditivo Superplastificante.	9	18/11/2019
TOTAL		36	



ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$			
N°	DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYOS	FECHA DE ENSAYO
1	Briquetas de concreto patrón $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$	9	04/11/2019
2	Briquetas de concreto patrón $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ + 1% Aditivo Superplastificante.	9	01/11/2019
3	Briquetas de concreto patrón $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ + 1.5% Aditivo Superplastificante.	9	01/11/2019
4	Briquetas de concreto patrón $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ + 2.5% Aditivo Superplastificante.	9	04/11/2019
TOTAL		36	

ENSAYO RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN $f_c = 315 \text{ kg/cm}^2$			
N°	DESCRIPCIÓN	N° DE ENSAYOS	FECHA DE ENSAYO
1	Briquetas de concreto patrón $f_c=315 \text{ kg/cm}^2$	9	14/11/2019
2	Briquetas de concreto patrón $f_c=315 \text{ kg/cm}^2$ + 1% Aditivo Superplastificante.	9	11/11/2019
3	Briquetas de concreto patrón $f_c=315 \text{ kg/cm}^2$ + 1.5% Aditivo Superplastificante.	9	11/11/2019
4	Briquetas de concreto patrón $f_c=315 \text{ kg/cm}^2$ + 2.5% Aditivo Superplastificante.	9	11/11/2019
TOTAL		36	

Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Construcciones.

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

Puno, C. U. 21 de Enero del 2020.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
LABORATORIO DE CONSTRUCCIONES-EJEC  
  
MSc. Ing. Gino F. Laque Córdova  
JEFE DE LABORATORIO



**ANEXO 08**

**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y  
MATERIALES.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**



**CONSTANCIA DE USO DE EQUIPOS DE LABORATORIO  
DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE  
SUELOS Y MATERIALES DE LA FICA**

**Hace constar:**

Que el tesista, Bach. **HERBERT SILVIO AQUINO CARREON**, hizo uso de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales - FICA, para realizar los ensayos requeridos para su proyecto de Tesis: "**ANALISIS DE LA RESISTENCIA DE CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES CON AGREGADOS ARTIFICIALES PARA  $f_c=210\text{Kg./cm}^2$ ,  $f_c=280\text{ Kg./cm}^2$ ,  $f_c=315\text{ Kg./cm}^2$  EN PUNO 2018**". Conducente a la obtención del Título profesional de Ingeniero Civil.

Los ensayos que realizaron son los siguientes.

Nº	ENSAYOS	NORMA	CANTIDAD	U.M.
1	Ensayo de abrasión en agregado menos de 1½"	ASTM C-131	01	Und.

*Los resultados obtenidos, de los ensayos, no son responsabilidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales.*

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita del interesado, para adjuntar en su proyecto de Tesis.

**Puno, C. U. 12 de enero de 2020.**



*[Handwritten Signature]*  
FICA - PUNO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Msc. Mariano Roberto Garcia Louyza  
JEFE DE LABORATORIO



## **ANEXO 09**

# **CERTIFICADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGREGADO FINO (ARENA)**



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
FACULTAD ACREDITADA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



LQ-2020 001119

## Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de ARENA: CANTERA CHECACHATA  
**PROCEDENCIA** : CANTERA CHECACHATA, DISTRITO DE ILAVE, PROVINCIA DEL COLLAO  
**PROYECTO** : "ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE CONCRETOS AUTOCOMPACTANTES CON AGREGADOS ARTIFICIALES PARA  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $f'c = 315 \text{ Kg/cm}^2$  EN PUNO 2018"  
**INTERESADO** : HERBERT SILVIO AQUINO CARREON  
**MOTIVO** : ANALISIS DE AGREGADO  
**MUESTREO** : 09/01/2020, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 09/01/2020  
**COD. MUESTRA** : B009-000220

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS	UNIDAD	AFLUENTE RESULTADOS	MÉTODOS
1.- pH	-	7.88	Potenciómetro
2.- Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	603.00	Potenciómetro
3.- Cloruros como $\text{Cl}^-$	ppm	177.94	Método de Mohor
4.- Sulfatos como $\text{SO}_4^{2-}$	ppm	55.40	Espectrofotometría
5.- Sales Solubles Totales	ppm	385.92	Colorimetría
6.- Carbonatos		Negativo	Con HCl

### INTERPRETACION

1.- Los parámetros físico-químicos analizados en el laboratorio de control de calidad cumplen con los límites técnicos establecidos.

### DICTAMEN

Según las normas técnicas peruanas (NTP 339,177; NTP 339,178). El agregado analizado se encuentra dentro de los límites establecidos.

Puno, C.U. 13 de enero del 2020.

VºBº



*[Signature]*  
Walter B. Aragón, Ph.D.  
DECANO FIC-UNA



*[Signature]*  
Miguel Prado  
Cabezas, Laboratorio Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA-PUNO

*[Signature]*  
ING. LUZ MARINA ILLINO  
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
FIC-UNA - CIP - 182993





## **ANEXO 10**

# **DISEÑO DE MEZCLAS**



## **DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO PATRÓN 210 kg/cm<sup>2</sup>**

### **a) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO**

Elegiremos el tipo de asentamiento que tendrá nuestra mezcla, para que esta tenga una adecuada trabajabilidad se escogió un asentamiento de 3"-4", la cual dará una consistencia plástica y una trabajabilidad adecuada, ver la tabla 3.14.

### **b) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO**

Para poder elegir el tamaño máximo del agregado se tuvo que considerar especificaciones que requiere el concreto autocompactante en el cual se limita como tamaño máximo a 25 mm con lo cual se evita el riesgo de bloqueo y segregación de la masa.

El agregado que se utilizó fue el de la cantera de Santa Lucía procesada en Surupana, se sabe que un concreto autocompactante tiene mejor eficiencia con agregados gruesos que están en un rango de 12mm a 16mm.

La selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrado.
- 1/3 del peralte de la losa.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de esfuerzo.

Para la elección del TMN consideramos una de las caras de menor dimensión de la caja "V" el cual es de 6.5 cm, tomando la quinta parte de esta nos da como resultado: 1.33 cm.

Tomando en cuenta las especificaciones de tamaño de agregado grueso para concreto autocompactante y las recomendaciones de tamaño máximo del agregado grueso, este debe tener un tamaño aproximado a 1.33cm por lo que se decidió trabajar con agregado de TMN de ½".

### c) ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

El contenido de agua se obtuvo de acuerdo a la tabla 3.15, y según datos registrados para un asentamiento o SLUMP de 3"-4" y un tamaño máximo de ½" la cantidad de agua es de 216 l y un contenido de aire de 2.5% para 1 m<sup>3</sup> de concreto.

### d) CALCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Para el cálculo de la resistencia promedio se usó la tabla 3.16, en la cual para una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup> se tiene que añadir 84 kg/cm<sup>2</sup>. De donde la resistencia promedio es de:  $f'_{cp} = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$ , la cual será la resistencia con la que se trabajará durante el proceso de diseño de mezclas.

### e) SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO (A/C)

Teniendo ya establecida la cantidad de agua (ítem C), para determinar la cantidad de cemento necesitamos la relación a/c, la cual es determinada interpolando los valores que se tienen en la tabla 3.17.

$$\begin{array}{rcl} 250 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & 0.62 \\ 294 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & x \\ 300 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & 0.55 \end{array}$$
$$\frac{300 - 250}{300 - 294} = \frac{0.55 - 0.62}{0.55 - x}$$
$$\frac{50}{6} = \frac{-0.07}{0.55 - x}$$
$$0.55 - x = \frac{-0.42}{50}$$

Luego:

$$x = \frac{a}{c} = 0.56$$

### f) CÁLCULO DEL CONTENIDO DEL CEMENTO

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (ya obtenido en el ítem c) dividido entre la relación agua-cemento (calculado en el paso anterior), como se indica en la siguiente relación:



$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3) = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3)}{\text{relacion a/c (para f'cp)}}$$

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3) = \frac{216 \text{ (kg/m}^3)}{0.56}$$

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3) = 386.82 \text{ kg/m}^3$$

### g) CÁLCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO

La cantidad de agregado grueso es menor con relación a los concretos convencionales con volúmenes entre el 50% y el 60% del volumen de agregados.

Se utilizará 56% de agregado fino y 44% de agregado grueso.

---

#### VOLUMEN ABSOLUTO

---

MATERIAL	PESOS (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m3)	Volumen Total
Cemento	386.82	0	285 136	
Agua	216.00	0	100 216	0.377
Aire	-	-	- 025	
VOLUMEN DEL AGREGADO FINO y GRUESO (M3) (1-VOL)			0.623	
PESO DEL AGREGADO FINO 54% (KG)			851.99	
PESO DEL AGREGADO GRUESO 46%(KG)			710.01	

---

### h) VALORES DE DISEÑO

Las cantidades de materiales por unidad cúbica de concreto, a ser empleadas como valores de diseño, fueron:

CEMENTO	386.819	kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO SECO	710.009	kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO SECO	851.990	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO	216.000	l/m <sup>3</sup>

---



### i) AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Los ajustes por humedad se hicieron en los agregados fino y grueso y en el volumen unitario de agua de mezclado.

PESO HÚMEDO DEL AGREGADO FINO	$= (1 + \frac{\% C.H.}{100}) \times AF$	859.81	kg/m <sup>3</sup>
PESO HÚMEDO DEL AGREGADO GRUESO	$= (1 + \frac{\% C.H.}{100}) \times AG$	718.91	kg/m <sup>3</sup>
AGUA LIBRE AGREGADO FINO	$= (\frac{\% C.H. - \% A.}{100}) \times AF$	-11.74	kg/m <sup>3</sup>
AGUA LIBRE AGREGADO GRUESO	$= (\frac{\% C.H. - \% A.}{100}) \times AG$	-3.81	kg/m <sup>3</sup>
AGUA AÑADIDA		231.55	l/m <sup>3</sup>

### j) EXPRESIÓN DE LAS PROPORCIONES EN PESO

CEMENTO	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	AGUA	ADITIVO
1	2.22	1.86	0.60	1%- 2.5 %

### DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO PATRÓN 280 kg/cm<sup>2</sup>

#### a) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Elegiremos el tipo de asentamiento que tendrá nuestra mezcla, para que esta tenga una adecuada trabajabilidad se escogió un asentamiento de 3"-4", la cual dará una consistencia plástica y una trabajabilidad adecuada, ver la tabla 3.14.

#### b) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Para poder elegir el tamaño máximo del agregado se tuvo que considerar especificaciones que requiere el concreto autocompactante en el cual se limita como tamaño máximo a 25 mm con lo cual se evita el riesgo de bloqueo y segregación de la masa.



El agregado que se utilizó fue el de la cantera de Santa Lucía procesada en Surupana, se sabe que un concreto autocompactante tiene mejor eficiencia con agregados gruesos que están en un rango de 12mm a 16mm.

La selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrado.
- 1/3 del peralte de la losa.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de esfuerzo.

Para la elección del TMN consideramos una de las caras de menor dimensión de la caja “V” el cual es de 6.5 cm, tomando la quinta parte de esta nos da como resultado: 1.33 cm.

Tomando en cuenta las especificaciones de tamaño de agregado grueso para concreto autocompactante y las recomendaciones de tamaño máximo del agregado grueso, este debe tener un tamaño aproximado a 1.33cm por lo que se decidió trabajar con agregado de TMN de 1/2”.

#### **c) ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE**

El contenido de agua se obtuvo de acuerdo a la tabla 3.15, y según datos registrados para un asentamiento o SLUMP de 3”-4” y un tamaño máximo de 1/2” la cantidad de agua es de 216 l y un contenido de aire de 2.5% para 1 m<sup>3</sup> de concreto.

#### **d) CALCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO**

Para el cálculo de la resistencia promedio se usó la tabla 3.16, en la cual para una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> se tiene que añadir 84 kg/cm<sup>2</sup>. De donde la resistencia promedio es de:  $f'_{cp} = 280 + 84 = 364.00 \text{ kg/cm}^2$ , la cual será la resistencia con la que se trabajará durante el proceso de diseño de mezclas.

**e) SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO (A/C)**

Teniendo ya establecida la cantidad de agua (ítem C), para determinar la cantidad de cemento necesitamos la relación a/c, la cual es determinada interpolando los valores que se tienen en la tabla 3.17.

$$\begin{array}{rcl} 350 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & 0.48 \\ 364 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & x \\ 400 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & 0.43 \end{array}$$

$$\frac{400 - 350}{400 - 364} = \frac{0.43 - 0.48}{0.43 - x}$$

$$\frac{50}{36} = \frac{-0.05}{0.43 - x}$$

$$0.43 - x = \frac{-1.8}{50}$$

Luego:

$$x = \frac{a}{c} = 0.47$$

**f) CÁLCULO DEL CONTENIDO DEL CEMENTO**

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (ya obtenido en el ítem c) dividido entre la relación agua-cemento (calculado en el paso anterior), como se indica en la siguiente relación:

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3) = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3)}{\text{relacion a/c (para f'cp)}}$$

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3) = \frac{216 \text{ (kg/m}^3)}{0.47}$$

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3) = 463.52 \text{ kg/m}^3$$

**g) CÁLCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO**

La cantidad de agregado grueso es menor con relación a los concretos convencionales con volúmenes entre el 50% y el 60% del volumen de agregados.

Se utilizará 55% de agregado fino y 45% de agregado grueso.



### VOLUMEN ABSOLUTO

MATERIAL	PESOS (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m3)	Volumen Total
Cemento	463.52	0	285 163	0.
Agua	216.00	0	100 216	0. 0.404
Aire	-	-	- 025	0.
VOLUMEN DEL AGREGADO FINO y GRUESO (M3) (1-VOL)			0.596	
PESO DEL AGREGADO FINO 54% (KG)			800.65	
PESO DEL AGREGADO GRUESO 46%(KG)			694.79	

#### h) VALORES DE DISEÑO

Las cantidades de materiales por unidad cúbica de concreto, a ser empleadas como valores de diseño, fueron:

CEMENTO	463.519	kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO SECO	694.791	kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO SECO	800.645	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO	216.000	l/m3

#### i) AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Los ajustes por humedad se hicieron en los agregados fino y grueso y en el volumen unitario de agua de mezclado.

PESO HUMEDO DEL AGREGADO FINO	$= (1 + \frac{\% C.H.}{100}) \times AF$	807.99	kg/m <sup>3</sup>
PESO HUMEDO DEL AGREGADO GRUESO	$= (1 + \frac{\% C.H.}{100}) \times AG$	703.50	kg/m <sup>3</sup>
AGUA LIBRE AGREGADO FINO	$= (\frac{\% C.H. - \% A}{100}) \times AF$	-11.04	kg/m <sup>3</sup>
AGUA LIBRE AGREGADO GRUESO	$= (\frac{\% C.H. - \% A}{100}) \times AG$	-3.73	kg/m <sup>3</sup>
AGUA AÑADIDA		230.76	l/m3





## j) EXPRESIÓN DE LAS PROPORCIONES EN PESO

CEME NTO	AGREG ADO FINO	AGREG ADO GRUESO	AG UA	ADITI VO
1	1.74	1.52	0.50	1%- 2.5 %

## DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO PATRÓN 315 kg/cm<sup>2</sup>

### a) SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Elegiremos el tipo de asentamiento que tendrá nuestra mezcla, para que esta tenga una adecuada trabajabilidad se escogió un asentamiento de 3"-4", la cual dará una consistencia plástica y una trabajabilidad adecuada, ver la tabla 3.14.

### b) SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO

Para poder elegir el tamaño máximo del agregado se tuvo que considerar especificaciones que requiere el concreto autocompactante en el cual se limita como tamaño máximo a 25 mm con lo cual se evita el riesgo de bloqueo y segregación de la masa.

El agregado que se utilizó fue el de la cantera de Santa Lucía procesada en Surupana, se sabe que un concreto autocompactante tiene mejor eficiencia con agregados gruesos que están en un rango de 12mm a 16mm.

La selección del tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso no deberá ser mayor de:

- 1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrado.
- 1/3 del peralte de la losa.
- 3/4 del espacio libre mínimo entre barras o alambres individuales de esfuerzo.

Para la elección del TMN consideramos una de las caras de menor dimensión de la caja "V" el cual es de 6.5 cm, tomando la quinta parte de esta nos da como resultado: 1.33 cm.



Tomando en cuenta las especificaciones de tamaño de agregado grueso para concreto autocompactante y las recomendaciones de tamaño máximo del agregado grueso, este debe tener un tamaño aproximado a 1.33cm por lo que se decidió trabajar con agregado de TMN de ½”.

### c) ESTIMACIÓN DEL AGUA DE MEZCLADO Y CONTENIDO DE AIRE

El contenido de agua se obtuvo de acuerdo a la tabla 3.15, y según datos registrados para un asentamiento o SLUMP de 3”-4” y un tamaño máximo de ½” la cantidad de agua es de 216 l y un contenido de aire de 2.5% para 1 m<sup>3</sup> de concreto.

### d) CALCULO DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

Para el cálculo de la resistencia promedio se usó la tabla 3.16, en la cual para una resistencia de 315 kg/cm<sup>2</sup> se tiene que añadir 84 kg/cm<sup>2</sup>. De donde la resistencia promedio es de:  $f'_{cp} = 315 + 84 = 399.00 \text{ kg/cm}^2$ , la cual será la resistencia con la que se trabajará durante el proceso de diseño de mezclas.

### e) SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO (A/C)

Teniendo ya establecida la cantidad de agua (ítem C), para determinar la cantidad de cemento necesitamos la relación a/c, la cual es determinada interpolando los valores que se tienen en la tabla 3.17.

$$\begin{array}{rcl} 350 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & 0.48 \\ 399 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & x \\ 400 \text{ kg/cm}^2 & \longrightarrow & 0.43 \\ \frac{400 - 350}{400 - 399} = \frac{0.43 - 0.48}{0.43 - x} \end{array}$$

$$\frac{50}{1} = \frac{-0.05}{0.43 - x}$$

$$0.43 - x = \frac{-0.05}{50}$$

Luego:

$$x = \frac{a}{c} = 0.43$$



## f) CÁLCULO DEL CONTENIDO DEL CEMENTO

La cantidad de cemento por unidad de volumen de concreto es igual al agua de mezclado (ya obtenido en el ítem c) dividido entre la relación agua-cemento (calculado en el paso anterior), como se indica en la siguiente relación:

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Agua de mezclado (kg/m}^3\text{)}}{\text{relacion a/c (para f'cp)}}$$

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = \frac{216 \text{ (kg/m}^3\text{)}}{0.43}$$

$$\text{Contenido de cemento (en kg/m}^3\text{)} = 501.16 \text{ kg/m}^3$$

## g) CÁLCULO DEL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO Y FINO

La cantidad de agregado grueso es menor con relación a los concretos convencionales con volúmenes entre el 50% y el 60% del volumen de agregados.

Se utilizará 54% de agregado fino y 46% de agregado grueso.

---

### VOLUMEN ABSOLUTO

---

MATERIAL	PESOS (Kg.)	Peso Especifico	Volumen (m3)	Volumen Total
Cemento	501.16	0	285 176	0.
Agua	216.00	0	100 216	0. 0.417
Aire	-	-	025	0.
VOLUMEN DEL AGREGADO FINO y GRUESO (M3) (1-VOL)			0.583	
PESO DEL AGREGADO FINO 54% (KG)			768.68	
PESO DEL AGREGADO GRUESO 46%(KG)			694.50	

---

## h) VALORES DE DISEÑO



Las cantidades de materiales por unidad cúbica de concreto, a ser empleadas como valores de diseño, fueron:

CEMENTO	501.160	kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO GRUESO SECO	694.502	kg/m <sup>3</sup>
AGREGADO FINO SECO	768.679	kg/m <sup>3</sup>
AGUA DE DISEÑO	216.000	l/m <sup>3</sup>

### i) AJUSTE POR CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS

Los ajustes por humedad se hicieron en los agregados fino y grueso y en el volumen unitario de agua de mezclado.

PESO HUMEDO DEL AGREGADO FINO	$= (1 + \frac{\% C.H}{100}) \times AF$	775.73	kg/m <sup>3</sup>
PESO HUMEDO DEL AGREGADO GRUESO	$= (1 + \frac{\% C.H}{100}) \times AG$	703.21	kg/m <sup>3</sup>
AGUA LIBRE AGREGADO FINO	$= (\frac{\% C.H - \% A}{100}) \times AF$	-10.60	kg/m <sup>3</sup>
AGUA LIBRE AGREGADO GRUESO	$= (\frac{\% C.H - \% A}{100}) \times AG$	-3.72	kg/m <sup>3</sup>
AGUA AÑADIDA		230.32	l/m <sup>3</sup>

### j) EXPRESIÓN DE LAS PROPORCIONES EN PESO

CEME NTO	AGREG ADO FINO	AGREG ADO GRUESO	AG UA	ADITI VO
1	1.55	1.40	0.46	1% - 2.5 %



# **ANEXO 11**

## **PANEL FOTOGRAFICO**



Figura 01: Bandeja de 1 metro por 1 metro con el cono de Abrams.



Figura 02: Realizando el ensayo de escurrimiento en bandeja de 1 metro por 1 metro con el cono de Abrams.



Figura 03: Midiendo la extensión del escurrimiento del concreto autocompactante.



Figura 04: Vaciado de concreto autocompactante en compartimiento vertical de la caja L



Figura 05: Terminado de llenado de caja L con concreto autocompactante.

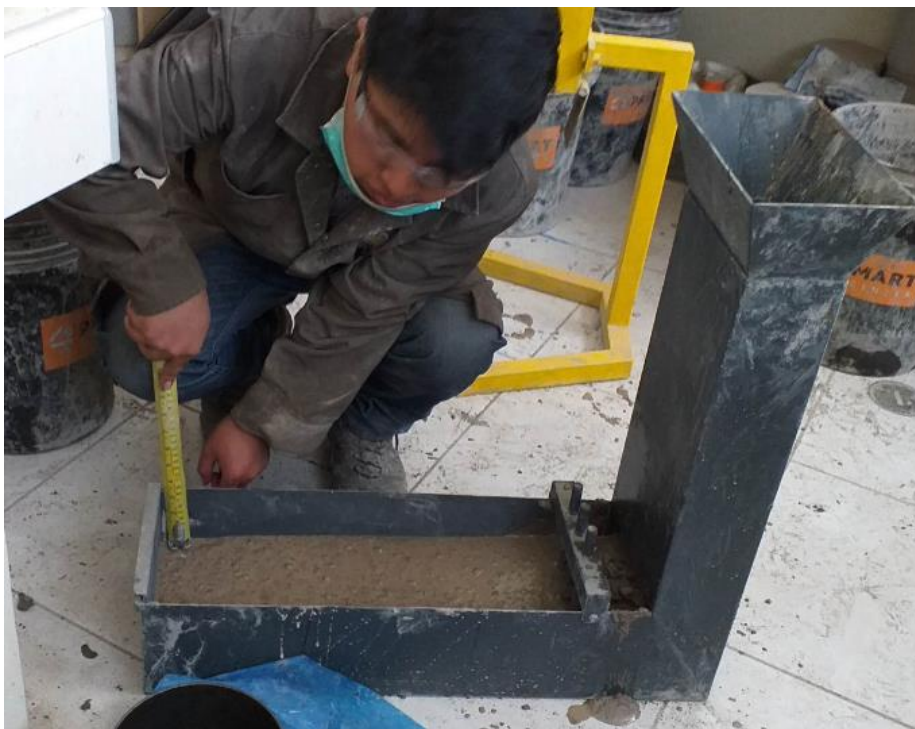


Figura 06: Toma de medidas de para calcular la capacidad de paso del concreto autocompactante.





Figura 07: Vaciado de concreto autocompactante en compartimiento vertical del embudo “V”.



Figura 08: Terminado de llenado de embudo “V” con concreto autocompactante.



Figura 09: Se determinó el tiempo que tarda en pasar el concreto autocompactante por la abertura estrecha del embudo.



## **ANEXO 12**

### **PRECIO ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE**

#### **SIKA VISCOCRETE 1110 PE**



**Plus - Engineers E.I.R.L. - Plus - E.I.R.L.**  
Somos una empresa dedicada a la comercialización de productos para la construcción, industria, minería y energía.  
Cel: 926 933304 / 951 580220  
E-mail: ventas@plus-e-plus / www.plus-e-plus  
JR. PROGRESO ESQUINA CON PATRICIO QUISPE - JULIACA  
CAL. ICA N° 206 - AREQUIPA - AREQUIPA - MARIANO MELGAR

**Plus E**  
Plus Engineers

**RUC. 20498668799**  
**BOLETA DE VENTA**  
002- N° 000008

SEÑOR (CA): Herbert S. Aquino Carreón  
DIRECCIÓN: \_\_\_\_\_ DNE: \_\_\_\_\_  
FECHA DE EMISIÓN: DIA 20 MES 05 AÑO 2019

CANT.	UNID.	DESCRIPCION	P. UNIT.	IMPORTE
<u>01</u>	<u>Ciln</u>	<u>Silka Viscocrete 1110 PP x 200 L</u>	<u>2200.00</u>	<u>2200.00</u>

Son: Dos mil doscientos con 00/100 Soles Soles

Dr. SHAMIRA PATRICIA CONDORI RAMOS  
RUC: 108882881 Jc. Arequipa 907 - Puno  
N° Aut. 0001260013  
E.I. 00 - 07 - 0018  
Serie 502  
Del 000001 Al 000100

**acustre**  
Contacto Imprenta

TOTAL S/ 2200.00  
USUARIO

CANCELADO