

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA  
RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y  
PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO  
MS, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autores:**

Mauricio Montenegro Mori  
Sussy Catherine Merino Flores

**Asesor:**

Mg. Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz  
<https://orcid.org/0000-0001-9018-5763>

Trujillo - Perú

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	German Sagastegui Vasquez	45373822
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Wiston Azañedo Medina	41526075
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Sheyla Cornejo Rodriguez	41639360
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Entrega Final Tesis Mori & Montenegro

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>8%</b>	<b>9%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>

Excluir citas      Activo  
Excluir bibliografía      Activo

Excluir coincidencias < 1%

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Oscar y Gatty, por haberme brindado apoyo tanto económico como moral al momento de estudiar esta maravillosa carrera universitaria. Ustedes han sido y serán siempre padres maravillosos, y serán siempre mi ejemplo a seguir. Les agradezco por no haberme dejado decaer y por haberme inculcado a su manera el valor de la disciplina para no rendirme jamás. Gracias por haberme inculcado aquel espíritu investigador y aquella curiosidad científica que aún en mi vida adulta me ha llevado tan lejos en el fascinante camino de la ciencia, la ingeniería y la búsqueda del conocimiento científico. Sin ustedes yo no sería nada.

A mis abuelitos maternos, Juanita y Almilcar (quien me cuida desde el cielo), no solo por sus consejos y amor incondicional; sino también porque desde niño han sido y serán siempre mi guía moral, por haberme inculcado tantos valores, y por presionarme constantemente para que sea la mejor versión de mí mismo. A ellos les adjudico mi constante deseo de salir adelante y hacer las cosas de manera justa y correcta.

A mis abuelitos paternos Delfina y Leonidas y a mi tío Mauro, por siempre bendecirme desde el cielo. Ellos me han enseñado con hechos y palabras el valor del respeto, la tolerancia y me han demostrado el significado de la palabra "familia". También a mis tíos Magno y José Antonio, por haber compartido su experiencia y conocimientos en el maravilloso mundo de la construcción y los proyectos, por haber inculcado en mí esa curiosidad que me llevó tan lejos en el camino de la ciencia y la ingeniería y motivó mi espíritu de investigador.

Mauricio Montenegro Mori

## DEDICATORIA

Mi principal agradecimiento a Edward el papa de mi unico hijo, quien fue mi apoyo económico y motivador para cada día continuar con mis estudios y la tesis sin desistir y sobre todo, por ser mi ejemplo a seguir en la vida de un profesional de la ingeniería civil.

Gracias a mi hijo, que fue el impulso, la motivación y el agarre durante este proceso de tesis. Este nuevo logro es en parte atí, mi hijo. He logrado concluir un proyecto que en un principio podría parecer una tarea difícil de conquistar.

Gracias a la Universidad Privada del Norte por haberme permitido formarme en ella.

Gracias a mi compañero Mauricio que fue partícipe de este proceso de manera directa. Fuimos nosotros los responsables de realizar este pequeño aporte de trabajo a la ciencia, que el día de hoy se vería reflejado en la culminación de nuestro proyecto de tesis. El desarrollo de esta tesis no la puedo catalogar como algo fácil, pero lo que sí puedo hacer es afirmar que durante todo este tiempo pudimos disfrutar de cada momento, de cada investigación, desarrollo, proceso, aparte ensayos que se realizaron el laboratorio y el proyecto que se realizó dentro de este estudio, lo disfrutamos muchísimo.

Este es un momento muy especial, alegre y único de mi vida que espero perdure en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino también de nuestro asesor de tesis, quien invirtió su tiempo para revisar nuestro proyecto de tesis al tiempo que duró, así mismo les agradezco con todo mi ser.

Sussy Catherine Merino Flores

## AGRADECIMIENTO

Gracias a nuestros seres amados por haber inculcado en nosotros aquel espíritu investigador y aquella curiosidad científica que nos ha llevado tan lejos en la búsqueda del conocimiento científico.

A la Universidad Privada del Norte, por habernos formado profesionalmente como ingenieros civiles y habernos brindado las facilidades del caso, durante nuestra época de estudiantes y al momento de desarrollar esta tesis.

A nuestro asesor, el ing. Rubén Vásquez Díaz, por su tiempo, por brindarnos recursos logísticos e información valiosa para poder culminar exitosamente el presente informe de tesis. Usted también es un ejemplo de profesionalismo y pericia para nosotros. Gracias por sus enseñanzas e infinita paciencia.

Mauricio Montenegro Mori

Sussy Catherine Merino Flores

## TABLA DE CONTENIDO

<b>JURADO EVALUADOR</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>4</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>6</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>13</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN</b>	<b>21</b>
1.1. Realidad Problemática	22
1.2. Marco Teórico	35
1.3. Problema	55
1.4. Objetivos	55
1.5. Hipótesis	56
<b>CAPÍTULO II: METODOLOGÍA</b>	<b>57</b>
2.1. Materiales y Métodos	57
2.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos	59
2.3. Procedimientos	63
2.4. Aspectos Éticos	66
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>	<b>67</b>
3.1. Caracterización de Agregados	67
3.2. Ensayos del Hormigón en Estado Fresco	68
3.3. Diseño de Mezcla	70

3.4.	Ensayos de Resistencia a la Compresión del Concreto	76
3.5.	Ensayos de Permeabilidad del Hormigón Según la Norma en 12390-8	86
3.6.	Prueba de Hipótesis	88
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>		<b>110</b>
4.1.	Discusión de Resultados	110
4.2.	Conclusiones	118
4.3.	Recomendaciones	120
<b>REFERENCIAS</b>		<b>122</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>130</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de cemento hidráulico según su performance de acuerdo a NTP 334.082.....	37
Tabla 2: Propiedades químicas del humo de sílice según su procedencia: .....	42
Tabla 3: Contenido de SiO <sub>2</sub> (humo de sílice) procedente de aleaciones de ferrosilicio .....	42
Tabla 4: Propiedades con impacto en el concreto:.....	44
Tabla 5: Resultado de la caracterización de agregado fino.....	67
Tabla 6: Resultado de la caracterización de agregado grueso.....	68
Tabla 7: Resultados de los ensayos en estado fresco del hormigón:.....	69
Tabla 8: Diseño de mezcla de 210 kg/cm <sup>2</sup> para la muestra patrón:.....	70
Tabla 9: Diseño de mezcla de 210 kg/cm <sup>2</sup> para dosificación de 5 de microsíllice:.....	71
Tabla 10: Diseño de mezcla de 210 kg/cm <sup>2</sup> para dosificación de 10 % de microsíllice:.....	71
Tabla 11: Diseño de mezcla de 210 kg/cm <sup>2</sup> para dosificación de 15 % de microsíllice:.....	72
Tabla 12: Diseño de mezcla de 280 kg/cm <sup>2</sup> para la muestra patrón:.....	73
Tabla 13: Diseño de mezcla de 280 kg/cm <sup>2</sup> para dosificación de 5 % de microsíllice:.....	73
Tabla 14: Diseño de mezcla de 280 kg/cm <sup>2</sup> para dosificación de 10 % de microsíllice:.....	74
Tabla 15: Diseño de mezcla de 280 kg/cm <sup>2</sup> para dosificación de 15 % de microsíllice:.....	75
Tabla 16: Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para esfuerzo de compresión a los 3 días de curado, f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	88
Tabla 17: Prueba de Shapiro Wilk para esfuerzo de compresión a los 7 días de curado, f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	89
Tabla 18: Prueba ShapiroWilk para esfuerzo de compresión a edad de 28 días de curado, f <sub>c</sub> = 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	90
Tabla 19: Shapiro Wilk para esfuerzo de compresión a edad de 3 días de curado, f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	90
Tabla 20: Shapiro Wilk para esfuerzo de compresión a los 7 días, f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	91
Tabla 21: Shapiro Wilk para esfuerzo de carga axial a los 28 días, f <sub>c</sub> = 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	91
Tabla 22: Análisis de varianza para datos de resistencia a compresión a la edad de 3 días .....	93

Tabla 23: Análisis de varianza para datos de resistencia a la carga axial a la edad de 7 días.....	94
Tabla 24: Análisis de varianza para datos de resistencia a la carga axial a la edad de 28 días.....	95
Tabla 25: Resultados de prueba Tukey para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días .....	98
Tabla 26: Resultados de prueba Tukey para $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a 3 días .....	99
Tabla 27: Resultados de prueba Tukey para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días .....	100
Tabla 28: Resultados de prueba Tukey para $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a 7 días .....	101
Tabla 29: Resultados de prueba Tukey para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días .....	102
Tabla 30: Resultados de prueba Tukey para $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a 28 días .....	103
Tabla 31: Prueba de Shapiro Wilk para permeabilidad, $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	104
Tabla 32: Prueba de Shapiro Wilk para permeabilidad, $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	105
Tabla 33: Análisis de varianza para permeabilidad a la edad de 28 días .....	106
Tabla 34: Resultados de prueba Tukey para $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	108
Tabla 35: Resultados de prueba Tukey para $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .....	109
Tabla 36: Matriz de operacionalización de variable dependiente: Concreto:.....	130
Tabla 37: Matriz de operacionalización de variable independiente: Dosificación de microsíllice .....	131
Tabla 38: Contenido de humedad del agregado grueso .....	158
Tabla 39: Contenido de humedad del agregado fino .....	158
Tabla 40: Granulometría del agregado grueso:.....	159
Tabla 41: Granulometría del agregado fino.....	161
Tabla 42: Peso específico y absorción del agregado grueso: .....	163
Tabla 43: Peso específico y absorción del agregado fino: .....	163
Tabla 44: Peso unitario del agregado grueso:.....	164
Tabla 45: Peso unitario del agregado fino .....	164
Tabla 46: Datos de los agregados grueso y fino .....	165
Tabla 47: Requisitos aproximados para agua de mezcla y aire para diferentes revenimientos y TMN de agregado:.....	166

Tabla 48: Cálculo de resistencia a compresión requerida cuando no hay data histórica .....	167
Tabla 49: Relación agua/cemento en masa.....	168
Tabla 50: Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto (b/b <sub>0</sub> : .....	169
Tabla 51: Corrección por absorción .....	172
Tabla 52: Corrección por humedad .....	175
Tabla 53: Resumen diseño de mezcla patrón f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	175
Tabla 54: Corrección por absorción para diseño de mezcla 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	185
Tabla 55: Corrección por humedad para diseño de 280 kg/m <sup>3</sup> :.....	187
Tabla 56: Resumen diseño de mezcla patrón f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> .....	187
Tabla 57: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días: .....	192
Tabla 58: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días: .....	193
Tabla 59: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días: .....	193
Tabla 60: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días:.....	194
Tabla 61: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días .....	194
Tabla 62: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días: .....	195
Tabla 63: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días: .....	196
Tabla 64: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días: .....	196
Tabla 65: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % (f'c diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días: .....	197

Tabla 66: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f^c$ diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días .....	197
Tabla 67: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f^c$ diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días: .....	198
Tabla 68: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f^c$ diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días: .....	199
Tabla 69: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f^c$ diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días: .....	199
Tabla 70: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f^c$ diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días:.....	200
Tabla 71: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f^c$ diseño = 210 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días .....	200
Tabla 72: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días: .....	201
Tabla 73: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días:.....	202
Tabla 74: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días:.....	202
Tabla 75: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días:.....	203
Tabla 76: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 3 días .....	203
Tabla 77: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días: .....	204
Tabla 78: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días:.....	205
Tabla 79: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días:.....	205

Tabla 80: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días:.....	206
Tabla 81: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 7 días .....	206
Tabla 82: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días: .....	207
Tabla 83: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días: .....	208
Tabla 84: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días:.....	208
Tabla 85: Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días:.....	209
Tabla 86: Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f^c$ diseño = 280 kg/cm <sup>2</sup> ) edad 28 días .....	209
Tabla 87: Resultados de ensayo de permeabilidad (norma EN 12390-8) para concretos $f^c$ =210 kg/cm <sup>2</sup> .....	210
Tabla 88: Resultados de ensayo de permeabilidad (norma EN 12390-8) para concretos $f^c$ =280 kg/cm <sup>2</sup> : .....	211

Figura 1: Humo de sílice .....	40
--------------------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2: Diagrama de proceso de producción de microsílíce .....	41
Figura 3: Propiedades físicas del humo de Sílice: .....	43
Figura 4: Esquema del experimento de Darcy .....	50
Figura 5: Posibles rutas de las moléculas de agua en terreno granular .....	52
Figura 6: Diagrama de observación:.....	59
Figura 7: Procedimiento del desarrollo de la tesis: .....	63
Figura 8: Resistencia a carga axial $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días.....	77
Figura 9: Resistencia a carga axial $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días.....	78
Figura 10: Resistencia a la carga axial $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días .....	79
Figura 11: Resumen de resultados de resistencia a la carga axial de concreto $f'c$ de diseño $210 \text{ kg/cm}^2$ .....	80
Figura 12: Resistencia a la carga axial $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días .....	81
Figura 13: Resistencia a la carga axial $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días.....	83
Figura 14: Resistencia a la carga axial $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días .....	84
Figura 15: Resumen de resultados de resistencia a compresión de concreto $f'c$ de diseño $280 \text{ kg/cm}^2$ ..	85
Figura 16: Resultados de prueba de permeabilidad por penetración de agua para resistencia a la carga axial de diseño de $210 \text{ kg/cm}^2$ .....	86
Figura 17: Resultados de prueba de permeabilidad por penetración de agua para resistencia a la carga axial de diseño de $280 \text{ kg/cm}^2$ .....	87
Figura 18: Matriz para evaluación de experto del instrumento de recolección de datos: .....	132
Figura 19: Guía de observación:.....	133
Figura 20: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-3d-0 %-1 .....	134
Figura 21: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-3d-5 %-1 .....	135
Figura 22: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-3d-10 %-1 .....	136
Figura 23: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-3d-15 %-1 .....	137
Figura 24: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-7d-0 %-1 .....	138

Figura 25: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-7d-5 %-1 .....	139
Figura 26: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-7d-10 %-1 .....	140
Figura 27: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-7d-15 %-1 .....	141
Figura 28: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-28d-0 %-1 .....	142
Figura 29: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-28d-5 %-1 .....	143
Figura 30: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-28d-10 %-1 .....	144
Figura 31: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-28d-15 %-1 .....	145
Figura 32: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-3d-0 %-1 .....	146
Figura 33: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-3d-5 %-1 .....	147
Figura 34: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-3d-10 %-1 .....	148
Figura 35: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-3d-15 %-1 .....	149
Figura 36: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-7d-0 %-1 .....	150
Figura 37: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-7d-5 %-1 .....	151
Figura 38: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-7d-10 %-1 .....	152
Figura 39: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-7d-15 %-1 .....	153
Figura 40: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-28d-0 %-1 .....	154
Figura 41: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-28d-5 %-1 .....	155
Figura 42: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-28d-10 %-1 .....	156
Figura 43: Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-28d-15 %-1 .....	157
Figura 44: Curva granulométrica del agregado grueso: .....	160
Figura 45: Curva granulométrica del agregado fino: .....	162
Figura 46: Certificado de ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto .....	212
Figura 47: Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , edad 3 días .....	213
Figura 48: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsílíce $f'c=210$ kg/cm <sup>2</sup> , edad 3 días .....	214

Figura 49: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsíllice $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días .....	215
Figura 50: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsíllice $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días .....	216
Figura 51: Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días.....	217
Figura 52: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsíllice $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días .....	218
Figura 53: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsíllice $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días .....	219
Figura 54: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsíllice $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días .....	220
Figura 55: Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días.....	221
Figura 56: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsíllice $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días .....	222
Figura 57: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsíllice $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días .....	223
Figura 58: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsíllice $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días .....	224
Figura 59: Certificado de ensayos de resistencia a compresión de concreto patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días.....	225
Figura 60: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsíllice $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días .....	226
Figura 61: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsíllice $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días .....	227
Figura 62: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsíllice $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días .....	228

Figura 63: Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días.....	229
Figura 64: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsíllice $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días.....	230
Figura 65: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsíllice $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días.....	231
Figura 66: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsíllice $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días.....	232
Figura 67: Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días.....	233
Figura 68: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsíllice $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días.....	234
Figura 69:.....	235
Figura 70: Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsíllice $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días.....	236
Figura 71: Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para concreto patrón, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	237
Figura 72: Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 5 %, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	238
Figura 73: Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 10 %, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	239
Figura 74: Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 15 %, $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	240
Figura 75: Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para concreto patrón, $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	241
Figura 76: Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 5 %, $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	242
Figura 77: Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 10 %, $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	243

Figura 78: Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 15 %, $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	244
Figura 79: Determinación de la masa de agregado grueso .....	245
Figura 80: Secado en horno de muestras .....	245
Figura 81: Determinación de peso unitario suelto de agregado grueso.....	246
Figura 82: Determinación de peso unitario compactado de agregado fino .....	246
Figura 83: Determinación de peso retenido en tamices .....	247
Figura 84: Tamizado de agregado grueso.....	247
Figura 85: Tamizado de agregados.....	248
Figura 86: Determinación de masa de agregado fino seco a tamizar .....	248
Figura 87: Pesaje de muestras saturadas para ensayo .....	249
Figura 88: Secado con corriente de aire de muestras saturadas de agregado grueso.....	249
Figura 89: Cálculo del peso sumergido de agregado grueso.....	250
Figura 90: Saturación de muestra de agregado fino para ensayo .....	250
Figura 91: Secado de agregado fino saturado empleando corriente de aire .....	251
Figura 92: Prueba del cono para determinar condición saturada seca en la superficie.....	251
Figura 93: Determinación de masa de picnómetro .....	252
Figura 94: Medición de temperatura de picnómetro con agregado fino y agua .....	252
Figura 95: Determinación de masa de picnómetro+arena+agua.....	253
Figura 96: Mezcla de concreto por tandas .....	253
Figura 97: Aditivo microsíllice empleado en la mezcla.....	254
Figura 98: Ensayo de asentamiento (slump).....	254
Figura 99: Ensayo de peso específico de concreto .....	255
Figura 100: Medición de diámetro de probetas .....	256
Figura 101: Colocación de probetas en prensa para ensayos de resistencia a compresión.....	256
Figura 102: Probeta fracturada .....	257

Figura 103: Probeta fracturada .....	258
Figura 104: Probetas de $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ sometidas a presión de agua .....	258
Figura 105: Probetas de $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ humedecidas .....	259
Figura 106: Probeta $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cortada a la mitad y marcada para medición de penetración de agua (dosificación: 10 % la menor penetración) .....	259
Figura 107: Probeta $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cortada a la mitad y marcada para medición de penetración de agua (dosificación: 15 % la mayor penetración) .....	260
Figura 108: Probetas de $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ sometidas a presión de agua .....	260
Figura 109: Probetas de $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ cortadas para medición de profundidad de penetración de agua .....	261
Figura 110: Probeta $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ cortada a la mitad y marcada para medición de penetración de agua (dosificación: 10 % la menor penetración) .....	261
Figura 111: Probeta $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ cortada a la mitad y marcada para medición de penetración de agua (dosificación: 15 % la mayor penetración) .....	262

## RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo, determinar como influye la adición de microsíllice en la resistencia a compresión y permeabilidad (EN-12390-8) en concreto de cemento MS. La investigación es de tipo aplicada, con diseño cuasiexperimental, el muestreo es no probabilístico por juicio de un experto y el instrumento de recolección de datos fueron guías de observación. Para analizar los datos se usó estadística descriptiva e inferencia estadística con una confiabilidad del 95 %.

Primero, se caracterizaron los agregados provenientes de la cantera Quebrada el León – El Milagro, se realizaron los diseño de mezcla (ACI 211.1) para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ . A cada diseño se le aplicaron cuatro dosificaciones de microsíllice como aditivo en reemplazo del cemento. Se realizaron ensayos de concreto en estado fresco y los testigos se curaron por 3, 7 y 28 días. Posteriormente, se realizaron los ensayos de resistencia a compresión y permeabilidad (EN 12390-8).

Se concluyó que la dosis de microsíllice de 5 % produce mayores resistencias a compresión en todas las edades para todas las resistencias de diseño. También, el 10 % de microsíllice produce la menor permeabilidad, en todas las edades y para ambas resistencias de diseño.

**PALABRAS CLAVES:** Resistencia a compresión, permeabilidad, humo de sílice, aditivos para concreto.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La construcción se ha convertido en uno de los pilares del PBI del Perú. De acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), existe un déficit habitacional de 1.1 millones de viviendas (tanto cuantitativa como cualitativamente). Y en infraestructura vial (puentes y carreteras) que facilita la comunicación, el turismo y el comercio entre ciudades y zonas rurales, el déficit es de unos 159,549 millones de dólares, según un estudio de la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional (AFIN) realizado en el 2015. El sector construcción en Perú creció 1.9 % en el 2019, retrocedió 13.9 % en el 2020 (debido a la coyuntura del covid-19), según el Banco Central de Reserva (BCR) (s.f.). El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó un crecimiento del sector construcción del 14.32 % en febrero (2021) y por consiguiente, un aumento del 15.97 % del uso de cemento(El Peruano, 2021).

Y es también el concreto uno de los materiales más usados en la industria de la construcción a nivel mundial, por su fácil trabajabilidad y elevadas resistencias. Por otro lado, la industria de la construcción es también una de las muchas industrias aquejadas por diferentes problemas. Por ejemplo, los sulfatos son un cáncer para el concreto, y estos pueden estar presentes en forma de iones de sulfato solubles en el agua del subsuelo, la cual entra en contacto con los cimientos de la estructura, obligando a los ingenieros a tratar de buscar alternativas de solución para lidiar con este problema constructivo, de la manera más efectiva y menos costosa posible. Por otra parte los cloruros son perjudiciales para el acero en el concreto armado y puede ingresar a la estructura a través de los poros del concreto, iniciando o acelerando la corrosión. De manera similar, puede ingresar agua por capilaridad hasta saturar la red de poros, para luego

congelarse y ejercer presiones que provocan microfisuras, las cuales continuarían extendiéndose en cada ciclo de hielo-deshielo (este problema es propio de estructuras en climas gélidos). Todos estos problemas, y otros más tienen como denominador común la permeabilidad, la cual es una cualidad de los materiales porosos como el concreto o el mortero, que propicia el ingreso de sustancias a los diversos elementos estructurales.

### **1.1. Realidad Problemática**

En Estados Unidos se realizan ensayos para medir la resistencia a esfuerzos de carga axial de testigos de hormigón, la Sociedad Americana para Pruebas de Materiales (ASTM) formula las normas ASTM C39: Método de ensayo estándar para esfuerzo de compresión en especímenes cilíndricos de concreto y el Instituto Americano del Concreto (ACI) formula la normativa estandarizada ACI 214: Práctica recomendada para la Evaluación de resultados de ensayos de compresión de concreto en campo. Sin embargo, en la práctica, existen pocas especificaciones referentes a la permeabilidad al agua del concreto: Por ejemplo ACI 350 - Diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos y comentarios (2007), y ACI 318 - Requerimientos para hormigón estructural (2008) (en su capítulo 4: Requerimientos de durabilidad), solo especifica requerimientos para resistencia a la compresión, relación a/c y algunas características de composición; dejando a libre criterio del proyectista la resistencia a la ingreso del fluidos, tampoco especifica el número de Darcy del material (ACI 318, 2008; ACI 350, 2007 en Hermida, s.f.). Además del ensayo C1585 de ASTM (ingreso del agua en hormigones), el cual está más relacionado con la capilaridad que con su habilidad para reducir la penetración de agua, no hay ninguna norma ASTM sobre la permeabilidad que el concreto presenta ante la penetración del agua, es por ello que Estados Unidos emplea las normas del cuerpo de ingenieros CRD 163 y CRD 48 (Hermida, 2013).

En países europeos, como España por ejemplo, se rigen por la norma UNE EN 12390-8: "Profundidad de penetración de agua bajo presión", la cual mide bajo 50 m de columna de agua la profundidad de penetración. La norma alemana es similar a esta en protocolo y condiciones. Por ejemplo, al respecto Hermida (s.f.) afirma que:

Esta norma [UNE-EN 12390-8] no determina el coeficiente de permeabilidad, como tampoco tiene lugar flujo alguno luego de las 72 horas que dura el ensayo. Al terminar el tiempo de exposición del concreto a dicha presión la probeta es fallada bajo tensión indirecta (método brasilero) y se mide visualmente la profundidad máxima de la mancha de agua penetrada. (pág. 16).

En México, por la concentración su sulfatos en las zonas cercanas a su litoral, se requiere el empleo de cementos especiales o de aditivos para mejorar la durabilidad a la estructura (pavimentos, cimentaciones, estructuras de contención de agua, tuberías de concreto, etc.). Las normas mexicanas que sirven como guía a los constructores, son las NMX. Por ejemplo, para medir la resistencia de los testigos sometidos a compresión y su capilaridad, existen las normas NMX-C-083-ONNCCE-2016, un ensayo para la determinación de esfuerzos de compresión de testigos de hormigón y la norma NMX-C-504-ONNCCE-2015 "Absorción capilar en concreto hidráulico". Con respecto a la permeabilidad también se apoyan de las normas europeas.

En el Perú, para proteger su infraestructura es necesario lidiar con problemas inherentes a la permeabilidad como: El ingreso de la napa freática propia suelo costero, a estructuras en contacto con el suelo y que traerá problemas como el ataque de los sulfatos ingreso de iones de cloruro (corrosivos para la armadura de acero, en estructuras marinas), entre otros. Adicionalmente, los problemas relacionados a ciclos de hielo y deshielo de agua

que ingresa por capilaridad, problema propio de climas gélidos como el de la sierra. En la Selva, debido a las constantes lluvias, es muy común buscar soluciones para el problema de la permeabilidad en techos. En general, existe la necesidad de estructuras para transporte y almacenamiento de agua que requiera soluciones impermeabilizantes. Por otra parte, cabe mencionar que Perú maneja su propia normatividad, las Normas Técnicas Peruanas (NTP) que sirven de guía para los constructores; sin embargo, son copias de las normas estadounidenses ASTM. Por ejemplo, las normas NTP 339.034 y NTP 339.232, han sido basadas en las normas estadounidenses ASTM C39 y ASTM C 1585 respectivamente. En Trujillo, por ejemplo en las playas de Buenos Aires, Huanchaco, Las Delicias o Salaverry, el problema del ingreso de sulfatos e iones cloruro a las estructuras de considerable permeabilidad es igual a la descrita línea arriba en el norte del país. Para resolver este problema, en Trujillo se comercializan cemento MS y tipo V, al igual que diferentes tipos de aditivos para concreto (por ejemplo, aditivos reductores de permeabilidad, reductores de agua en el concreto, plastificantes, etc.), morteros impermeabilizantes y sustancias que funcionan como recubrimiento impermeabilizante; aquí destacan las empresas de soluciones constructivas como Chema, Sika o Química Suiza.

Se ha analizado la realidad problemática en tres países extranjeros y en Perú. Por una parte, el empleo de aditivos puede ser una salvación cuando no hay acceso en el lugar de la obra a cementos adicionales; pero su adquisición puede ser costosa y sacrificar otras propiedades del concreto (por ejemplo, la microsíllice puede afectar la trabajabilidad de la mezcla en concentraciones superiores a 12 % de peso de material cementante). Además, se desconoce en qué medida un cierto aditivo puede mejorar la permeabilidad de una mezcla, o cuál solución es la mejor o la más óptima en términos de beneficio/costo. Conocer esta

información podría ser útil en casos en los que alguna de las opciones mencionadas líneas arriba deje de ser viable y el administrador de la obra desee evaluar todas sus opciones a nivel de eficiencia y ahorro.

### ***Antecedentes internacionales:***

Alshammari (2018), en su estudio experimental aplicado, tiene como objetivo investigar los efectos de la nanosílice (nano-SiO<sub>2</sub>) en la resistencia al esfuerzo de carga axial de testigos de concreto y su porosidad, empleando cemento tipo III. Se obtuvo que: Con respecto a la resistencia a la carga en dirección axial, el mayor valor obtenido fue  $f'_c = 8418$  psi con la mezcla 4 % SF+ 2 % SiO<sub>2</sub>, que equivale a 17.7 % más que la muestra patrón; con respecto a la porosidad, la menor porosidad fue obtenida con la mezcla nano-SiO<sub>2</sub> 1 % SF 4 % con un valor de 0.91 %, mientras que la muestra patrón tiene una porosidad de 1.65 % (la porosidad se redujo en 44.85 %); en cuanto a capacidad para resistir esfuerzo a flectores, solo se ensayaron las probetas con mezclas patrón (7111 lbf), 4 % SF+ 0 % SiO<sub>2</sub> (6202 lbf) y 4 % SF+ 1 % SiO<sub>2</sub> (7557 lbf), esta última obtuvo el mayor incremento de resistencia (+6.27 %); también se realizó un análisis costo-beneficio.

Se concluyó que la capacidad para soportar cargas axiales se incrementa con el incremento de nano-SiO<sub>2</sub>, pero, esto no fue rentable, pues materiales como el humo de sílice y las cenizas volantes pueden lograr la misma mejora con menor costo, además, se dedujo que la nanosílice aumenta la resistencia al esfuerzo de carga axial porque permite llenar los vacíos de la mezcla hasta una cantidad óptima, alcanzada con la adición de 2 %, pasado ese punto óptimo, la ventaja de llenar los vacíos se compensa con la incapacidad de dispersar uniformemente sus nanopartículas; en cuanto a la porosidad, esta disminuyó con la adición de nano-SiO<sub>2</sub>, sin embargo, esta mejora es rentable (a nivel costo-beneficio) solo hasta una adición de 0.5 % (logra

reducción de porosidad en un 40 %), pero con adiciones mayores el beneficio es muy pequeño para justificar el aumento de costo, por lo que dejaría de ser rentable; con respecto a la resistencia a la flexión, esta aumentó de manera directamente proporcional con la dosificación de nanosílice, pero este aumento no fue rentable, pues la adición del 1 % de nano-SiO<sub>2</sub> aumentó la resistencia a la flexión solo en un 21,9 %, mientras que la fibra de acero puede aumentar dicha característica en un 74,42 % según Petrus, C. et al. (2014) citado en Alshammari (2018).

Campos et al. (2020) en su estudio de tipo experimental aplicado, tienen como objetivo comparar la cantidad contenida de humo de sílica (SF) para la producción de hormigón de alta resistencia mediante análisis químico de la reacción puzolánica y el comportamiento físico mediante técnicas de empaquetamiento de partículas. Los resultados mostraron que el contenido de SF teórico consumir el CH es del 15,6 %, reemplazando al PC. Según los modelos analíticos de densidad de empaquetamiento, el contenido ideal de SF es el 15 % del total de materiales finos. Sin embargo, los resultados experimentales indicaron el uso de un menor contenido de SF (10 %). Esta diferencia entre resultados teóricos y experimentales es probablemente debido a la alta superficie específica del SF, que resulta en importantes fuerzas superficiales entre los granos, la aglomeración de partículas y la dificultad de densificación del SF con agua. Se concluyó que, la densidad de empaque más alta para los modelos analíticos fue para el contenido del 15 % de SF. Por otro lado, los resultados experimentales mostraron que la mezcla con el menor contenido de SF presentó la mayor densidad de empaquetamiento. Esta diferencia se observó debido al fenómeno resultante de la superficie específica relativamente alta del SF, ya que las fuerzas de atracción entre moléculas son dominantes para las partículas más finas, favoreciendo la formación de aglomerados. Estas fuerzas entre partículas que ocurren entre los finos no fueron consideradas por los modelos analíticos. En promedio, los resultados del modelo

analítico fueron 4.6 % y 7.8 % más altos que los resultados experimentales. También se descubrió que las resistencias a esfuerzos mecánicos de compresión disminuyeron con un aumento en el contenido de SF a los 28 días, al igual que la densidad de empaquetamiento experimental. Las pastas con mayor contenido de SF tienen más huecos para ser rellenados con productos de hidratación de cemento y reacción puzolánica. Además, la hidratación de PC ocurre más rápidamente que la reacción puzolánica. A los 91 días, la pérdida de resistencia a la compresión fue menos pronunciada, lo que puede ser el resultado de la reacción puzolánica del SF, que tuvo más tiempo para desarrollarse. En ambas edades, la resistencia a los esfuerzos de carga axial más alta fue obtenida con un contenido de SF del 10 %.

Kashyap (2019), en su estudio transversal descriptivo, busca principalmente determinar las consecuencias de distintas proporciones de humo de sílice, cenizas volantes, metacaolín en diferentes períodos de curados. Se encontró que al disminuir la relación agua-cemento, la permeabilidad disminuye y la resistencia aumenta. La permeabilidad y la resistencia del hormigón poroso pueden cambiar con varios reemplazos como ceniza volante o humo de sílice. Se concluyó que el concreto permeable fabricado sin finos y con cemento Portland ordinario (CPO) grado 53 ( $53 \text{ MPa} \approx 540 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días) tiene la mayor resistencia a la carga axial. La resistencia a la carga axial media desarrollada a los 7 días y a los 28 días al sustituir cemento Portland (CP) por puzolana aumenta en un 10 % en comparación con el cemento sin adición de la puzolana. La resistencia a la compresión del concreto permeable depende del tamaño y la cantidad de agregado hecho a base de concreto reciclado (RCA) utilizado. Se logró la obtención de concreto ecológico y permeable con óptimas resistencias.

### *Antecedentes nacionales*

Mendoza (2018), tiene como objetivo descubrir de qué manera influyen el tipo, dosificación del aditivo microsíllice Sika Fume (fabricado por la empresa Sika) y Silica Fume QS (fabricado por Química Suiza), sobre la resistencia al esfuerzo por carga axial (compresión) y capilaridad en morteros. Dichos especímenes fueron fabricados con cemento tipo V. El estudio fue de tipo aplicado y el diseño del mismo fue cuasiexperimental y bifactorial. Los resultados fueron que la mayor  $f^c$  a 28 días con Sika Fume se obtuvo con dosificación c:a de 1:3, con 401 kg/cm<sup>2</sup> con 8 % de aditivo (aumentando 54.2 % de resistencia en base a la resistencia patrón, que fue 259 kg/cm<sup>2</sup>), mientras que con la marca Sílica Fume QS, se obtuvo la mayor resistencia de 385 kg/cm<sup>2</sup> a una dosificación del 8 % con relación cemento:arena de 1:3; en cuanto a la capilaridad, la de menor absorbencia está ente el 6 % y 9 % de adición, con adiciones de microsíllice Sika Fume + Accelguard 80, se obtuvieron mezclas de mortero de baja absorbencia, mientras que con el aditivo Sílica Fume QS se obtuvieron morteros de mediana absorbencia. La conclusión a partir de estos resultados es que el aditivo de humo de sílice de mayor desempeño en cuanto a resistencia a la compresión y capilaridad, es el de la marca Sika. También se concluyó que un 8 % de microsíllice, logrando resistencias de 401 kg/cm<sup>2</sup> (15 % más que el mortero sin aditivos) y 432 kg/cm<sup>2</sup> (30 % más que el mortero sin aditivo) a las edades de 28 y 56 días respectivamente, con relación c:a de 1:3 y agua-material cementante de 0.65; y con 8 % de dosificación de microsíllice se obtiene la menor permeabilidad en morteros con relación c:a de 1:3 y w:c de 0.65 y 9 % para relaciones c:a de 1:4 y w:c de 0.65, en ambos casos usaron aditivos acelerantes y cemento tipo V.

Para Zuñiga & Condori (2019), el objetivo fue cuantificar el efecto del reemplazo por microsíllice en la capacidad para resistir la carga axial, de la mezcla de concreto de cemento tipo

I para evaluar si se produce una mejora. La investigación es de tipo explicativa con un diseño experimental. Los resultados tras los ensayos de resistencia a la compresión fueron: A los 7 días, con las muestras patrón la mayor resistencia lograda fue de 208.57 kg/cm<sup>2</sup>; con 4 % de SF, la mayor f'c lograda fue de 214.94 kg/cm<sup>2</sup> y con 8 % de SF, 261. Con las muestras modelo, a una edad de 14 días, la mayor resistencia fue de 238.20 kg/cm<sup>2</sup>; la mayor resistencia con la adición de 4 % de humo de sílice fue de 265.96 kg/cm<sup>2</sup> y con 8 % SF, se obtuvieron 317.59 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, con las muestras patrón a los 28 días, la mayor capacidad para resistir cargas axiales fue de 312 kg/cm<sup>2</sup>; con la adición de 4 % de humo de sílice, la mayor f'c fue de 334.89 kg/cm<sup>2</sup> y se obtuvieron 396.69 kg/cm<sup>2</sup> con 8 % de adición. La conclusión de dicha investigación fue que la adición de 4 % de humo de sílice aumenta la resistencia a la carga axial en un 7.3 %, y encareciendo el costo por m<sup>3</sup> en s/.92.97 (18.67 % más costoso). Y en las probetas con 8 % de microsíllice, aumentaron sus resistencia a compresión en un 27.14 %, y encareciendo el costo por m<sup>3</sup> en s/.84.70 (17.01 % más costoso).

Vega (2019) en su tesis, tiene como objetivo evaluar experimentalmente el efecto de adicionar la microsíllice en determinadas dosificaciones (10 %, 15 % y 20 %) para lograr producir un hormigón de elevada resistencia a esfuerzo de carga axial (también llamado concreto de alta resistencia) con cemento Portland MS. La investigación fue de tipo experimental pura. Los resultados fueron que con adiciones de microsíllice del 10, 15 y 20 %: Se redujo la temperatura respectivamente a 27.9°C, 24.1°C y 20.8°C respectivamente (siendo 29.8°C la temperatura patrón); se produjo un aumento del peso específico hasta 2382 kg/m<sup>3</sup> (con el 10 % de SF), 2403 (con el 15 % de SF) kg/m<sup>3</sup> y 2425 (con el 20 % de SF, 4.80 % más con respecto a la mezcla patrón) kg/m<sup>3</sup> respectivamente (siendo 2314 kg/m<sup>3</sup> el peso unitario patrón); sobre la trabajabilidad, la muestra modelo tuvo un slump de 10cm, con la adición de 10

% se obtuvieron slumps de 3.5 cm y 10 cm (la primera tanda de mezcla el superplastificante no se mezcló durante el tiempo adecuado, pero en la segunda tanda el superplastificante se mezcló durante 3 minutos), posteriormente este slump se mantuvo a 10 cm con las demás adiciones; y con respecto a la resistencia a la compresión, se obtuvieron  $f'c$  de 502 kg/cm<sup>2</sup>, 475 kg/cm<sup>2</sup> y 442 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, en comparación con el mayor  $f'c$  de la muestra patrón obtenido fue 395 kg/cm<sup>2</sup> (obtenida con SP1.5-25: superplastificante 1.5 % y a/c= 0.25); según NTP 339.0.34 los tipos de fractura fueron el tipo 2, 3 y 4.

Se concluyó que la microsíllice adicionada reduce proporcionalmente la temperatura, aumenta el peso específico (en poca magnitud); con respecto al slump, en teoría lo reduce, pero gracias al superplastificante, no se pierde la trabajabilidad, sin embargo, se descubrió que para evitar segregación el superplastificante debe añadirse a la mezcla de forma directa y no diluirse en agua de mezcla previamente (añadirse en este orden: agregado grueso, agua, agregado fino, cemento, agua, superplastificante, microsíllice y agua); también se dedujo que la razón por la cual se obtuvo una fluidez constante de 10 cm (4 pulg) fue porque al aumentar la dosificación de microsíllice, gracias a su menor gravedad específica respecto al cemento (superando la mayor cantidad de área superficial presente y favoreciendo el recubrimiento de todos los componentes de la mezcla), creció la cantidad de pasta presente en la mezcla, esta característica hace que la microsíllice sea ideal para brindar alta resistencia + fluidez; adicionalmente se dedujo que la razón por la cual se obtuvieron slumps diferentes (3.5 cm y 10 cm) con la misma adición (10 %) fue por el tiempo de mezclado, ya que en la primera tanda de mezcla el superplastificante no se mezcló durante el tiempo adecuado, pero en la segunda tanda el superplastificante se mezcló durante 3 minutos; con respecto a la resistencia a compresión, se comprobó que buscar incrementarla reduciendo la relación a/c (agua-material cementante) e incrementando la dosis

de superplastificante está lejos de ser lo más óptimo, para eso sirve el aditivo microsílíce, además la resistencia a la carga axial aumenta proporcionalmente (hasta en un 40.22 %) con el porcentaje adicionado de microsílíce (lo cual reduce la variación en los resultados al homogeneizar la mezcla), sin embargo, después del 10 % adicionado la resistencia a la compresión disminuye, esto es debido a la reducción de la cantidad de cemento mientras se mantiene la relación  $a/c = 0.36$ .

Loayza (2017) en su tesis, tiene como objetivo estudiar la influencia del nanosilíce (AQUA 840) en concretos con cemento tipo I con agregado de forma angular y agregados de forma redondeada, en sus propiedades en estado fresco y en estado endurecido. La investigación fue cuantitativa de tipo experimental pura. Los resultados son a los 28 días, con respecto a la resistencia a la compresión, la adición del 1 % fue la que obtuvo el mayor aumento: 825.54 kg/cm<sup>2</sup> (84.50 % más con respecto a la muestra patrón) para el agregado angular y 810.14 kg/cm<sup>2</sup> (91.87 % más con respecto a la muestra patrón); con respecto a la resistencia a la tracción, la adición del 1 % fue la que obtuvo el mayor aumento: 49.11 kg/cm<sup>2</sup> (24.17 % más con respecto a la muestra patrón) para el agregado angular y 45.68 kg/cm<sup>2</sup> (11.50 % más con respecto a la muestra patrón); con respecto a la penetración, la adición del 1 % fue la que obtuvo el valor más óptimo: 7.8 mm (69.53 % menos con respecto a la muestra patrón) para el agregado angular y 6.60 mm (71.67 % menos con respecto a la muestra patrón). Se puede concluir de dicha investigación, que el aditivo nanosílíce aumenta la resistencia a la carga axial y a la tracción y disminuye la penetración, pero que su punto óptimo de adición es de 1 % (también para propiedades en concreto en estado fresco), además a mayores dosificaciones se produce mucha segregación, lo cual genera pérdida de cohesión y por tanto, mayor permeabilidad (en esta dosis, se logra la transformación eficiente de Hidróxido de calcio a CSH y existe el espacio

adecuado para la formación de cristales que son muy delineados con forma geométrica); y que el agregado angular por sí solo, produce una mezcla más resistente a la compresión, tracción y penetración, que el agregado redondeado, sin embargo, el agregado redondeado tiene mejor fluidez.

Se sabe por experiencia que el hormigón, por estar en contacto con aguas subterráneas y determinados suelos, está sometidos a ataques de sulfatos. Estos elementos de concreto pueden ser cimentaciones (de todo tipo), machones (pilar de mampostería que se coloca a trechos para arriostrar muros), muros de contención, pilastras (columna cuadrada adosada a muro), losas de superficie, tuberías, alcantarillas, etc. En muros de contención, por ejemplo; se produce el ataque el tipo más severo, el cual sucede en elementos donde en un lado se producen evaporaciones y sólo el otro lado está expuesto a ataques por soluciones de sulfato. (Departamento Técnico de Productos CAVE S.A., 2007).

Otro problema frecuente es la corrosión del acero de refuerzo existente en el concreto, por causa de iones cloruro libres en el agua de mar. Generalmente, el rango de concentración de la sal disuelta en el mar es amplio. Por su alto contenido en cloruros, el agua de mar es un elemento molesto para el acero del concreto armado, ya que promueve y acelera (una vez iniciada) la corrosión (la corrosión suele iniciar naturalmente por culpa de la humedad y el oxígeno, al formarse óxido férrico); y por extensión también la brisa marina es un agente corrosivo, por llevar mucha agua, que naturalmente contiene cloruros, a estructuras que no están en contacto directo con el agua de mar. Según su concentración en agua de mar se definirá su agresividad, por lo que es necesario esperar que determinadas zonas tengan mayores peligros potenciales que otras (Girón, s.f.).

Estos problemas inherentes a la excesiva permeabilidad de concreto, obligan a los propietarios y constructores a considerar a tomar medidas preventivas (como un adecuado diseño de mezcla por durabilidad) durante la ejecución de la obra, para evitar elaborar costosos planes de mantenimiento preventivo y correctivo. En nuestro país, sin embargo, debido a la autoconstrucción, otro problema que aqueja al sector, los usuarios edifican con desconocimiento de la problemática mencionada líneas arriba, que puede sufrir su estructura, y muchas veces no toman las medidas necesarias. Algunas otras veces por motivos presupuestales – u otras veces por ignorancia – en nuestro país, al formular y ejecutar una obra, el proyecto no contempla una fase de mantenimiento a lo largo del tiempo; esto genera que el concreto en la obra se deteriore rápidamente y el capital invertido en la obra se pierda. Esto último aqueja a obras tanto públicas como privadas (incluyendo viviendas autoconstruidas).

Todo lo anterior, ha motivado a muchas empresas a intentar comercializar diversas soluciones constructivas efectivas que prevengan, que reparen o que mitiguen los problemas inherentes a permeabilidad en el concreto. Dichas soluciones van desde diseños de mezclas más durables, cementos adicionados, hasta aditivos y morteros protectores; cada solución se rige a una respectiva normativa.

Mientras que todo lo anterior, ha motivado a muchas empresas a fabricar soluciones constructivas que prevengan o que reparen estos inconvenientes, aún no se ha realizado un estudio que compare una solución con otra, a nivel de resultados y costos. Existen en el mercado diversos fabricantes con diversas opciones de solución para el problema, dichas soluciones incluyen aditivos impermeabilizantes, aditivos incorporadores de aire, aditivos plastificantes, morteros impermeabilizantes, empleo de cementos adicionados, barreras protectoras, etc. Aun así cada solución puede subdividirse en más alternativas para cada tipo de obra (por ejemplo, si

la obra será usada para procesos industriales o si será solo para vivienda), para cada zona (por ejemplo, si la obra está ubicada cerca al mar o en terreno rico en sulfatos o con napas freática, o cercano a zonas industriales con alta emisión de residuos líquidos corrosivos que contaminan el suelo e ingresan al concreto por contacto, etc.), para cada necesidad particular (por ejemplo, si el aditivo se puede adicionar a la mezcla durante la obra o si sólo se recubrirán los elementos estructurales con algún mortero especial para impermeabilizarlos, o si dicha mezcla protectora se aplicará a llana o si se proyectará) y para cada bolsillo (de diversos precios). Sin embargo, no se ha realizado aún una comparación a nivel experimental.

Este desconcierto es lo que ha motivado la presente investigación. El presente informe pretende estudiar el efecto de la adición del aditivo de microsíllice al intentar mitigar los diferentes problemas relacionados a la permeabilidad (para lo cual se empleará una mezcla compuesta por cemento MS + agregados + agua + aditivo de microsíllice) para descubrir que tan efectiva es y qué ventajas trae dicha alternativa en comparación con muestras patrón: concreto de cemento MS (para esta alternativa se va a emplear una mezcla compuesta por cemento MS + agregados + agua). Después de comparar la efectividad, se determinará si dicha alternativa es conveniente. Conocer esto podría ayudar a constructores a tomar decisiones al momento de decidir qué tan conveniente es emplear aditivos y en qué dosificaciones en la mezcla de cemento tipo MS.

## 1.2. Marco Teórico

### *Aditivo*

El ACI, en su norma ACI CT-18 (2018): Concrete Terminology, define al aditivo como: “Una sustancia agregada a otra en cantidades relativamente pequeñas para impartir o mejorar las propiedades deseables o suprimir las propiedades indeseables”.

De acuerdo con la norma C494 de ASTM, citada en Concreto Sólido de México (2021), los aditivos se dividen en los siguientes tipos:

- Tipo A. Reductores de agua.
- Tipo B. Retardador de fraguado.
- Tipo C: Acelerador de fraguado. También acelera la ganancia de resistencia a edad temprana del hormigón.
- Tipo D: Reductor de agua y retardador de fraguado.
- Tipo E: Reductor de agua y acelerador de fraguado y resistencia a edad temprana.
- Tipo F: Reductor de agua de alto rango (plastificantes)
- Tipo G: Reductor de agua de alto rango y retardador
- Tipo S: Aditivos con características especiales.

### *Concreto*

“Mezcla de cemento Portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos” (Norma E.060, 2019, pág. 13).

### ***Resistencia a la carga axial o resistencia a la compresión ( $f_c$ )***

- Es la capacidad de la estructura de soportar esfuerzos de compresión. Está influenciada por la hidratación del cemento y esta a su vez determina las propiedades físicas del mortero endurecido, por lo que es posible que mediante los resultados de resistencia inferir otras propiedades (Osorio, 2018).
- Adicionalmente, la norma E 0.60 del Reglamento Nacional de Edificaciones, define los siguientes términos relacionados:
  - “Resistencia de diseño: Resistencia nominal multiplicada por el factor de reducción de resistencia  $\phi$  que corresponda”.
  - “Resistencia Nominal: Resistencia de un elemento o una sección transversal calculada con las disposiciones e hipótesis del método de diseño por resistencia de esta norma, antes de aplicar el factor de reducción de resistencia” (Norma E.060, 2019, pág. 15).

### ***Cemento hidráulico***

De acuerdo con el American Concrete Institute (s.f.), es cemento que fragua en presencia del agua (reacción de hidratación) y lo puede realizar bajo el agua (ACI 225R). Una masa sólida y dura se forma gracias a dichas reacciones de hidratación. Algunos tipos de cemento hidráulico incluyen:

- El cemento Portland, cemento hidráulico más utilizado.
- Cementos adicionados.
- Escoria de alto horno granulada molida (ACI 233R).

Las puzolanas de procedencia natural (ACI 232.1R) y también las artificiales (cenizas volantes (ACI 232.2R) y humo de sílice (ACI 234R)) se utilizan a menudo como ingrediente cementoso del hormigón.

La norma técnica peruana: NTP 334.082 (2008): CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de la performance (basada en ASTM C1157: Especificación estándar de performance para cementos hidráulicos) agrupa a los cementos hidráulicos en 6 (seis) tipos principales según su performance, más una opción adicional –R (se agrega la R después de la respectiva letra de designación, por ejemplo tipo MS(R)), que consiste en cementos hidráulicos que al contacto con agregados reactivos álcali-sílice, presentan reactividad baja. En esta norma no existen restricciones en cuanto a composición química, solo evalúa el desempeño:

Tabla 1:

*Tipos de cemento hidráulico según su performance de acuerdo a NTP 334.082*

Tipo <sup>a</sup>	Descripción <sup>a</sup>	Ejemplos <sup>b</sup>
<b>GU</b>	<b>General Use:</b> Uso general, cuando no se requieran propiedades especiales	Los CP tipo I y adicionados tipo IP (adición de puzolana), IS (<70) (adición de escoria < 70 % del peso del cemento), IT (P<S<70) (adición ternaria, porcentaje de escoria < 70 %, y a su vez mayor al porcentaje de puzolana adicionada), IT(P>S) (adición ternaria, porcentaje de escoria menor al porcentaje de puzolana adicionada) encajan aquí.  <b>Usos:</b> Pavimentos, pisos, edificios, puentes, etc. sin ningún requerimiento
<b>HE</b>	<b>High Early strength:</b> Resistencia	Los cementos tipo III encajan aquí.  <b>Usos:</b> Cuando se requiera alcanzar resistencia inicial elevada en una semana o menos.

inicial

elevada

**MS Moderate Sulfate resistance:** Usos: Estructuras de drenaje, cimentaciones, etc. donde habrá contacto con suelo o agua de moderada concentración de sulfatos. Se deben usar conjuntamente con baja relación agua/cemento y baja permeabilidad.

Resistencia a los sulfatos moderada.

Se usan indistintamente con los cementos Portland tipo II y II(MH), y cementos adicionados IP(MS), IS(<70)(MS), IT(P<S<70)(MS), IT(P>S)(MS).

Se precisa ensayar especímenes que deben ser resistentes a la expansión por elevada concentración de sulfatos (ensayar según norma ASTM C1012).

**HS High Sulfate resistance:** Usos: Estructuras de drenaje, cimentaciones, etc. donde habrá contacto con suelo o agua de elevada concentración de sulfatos. Se deben usar conjuntamente con baja relación agua/cemento y baja resistencia a permeabilidad.

los sulfatos.

Se usan indistintamente con el cemento Portland tipo V y los cementos adicionados IP (HS), IS(<70)(HS), IT(P<S<70)(HS), IT(P>S)(HS).

Se precisa ensayar especímenes que deben ser resistentes a la expansión por elevada concentración de sulfatos (ensayar según norma ASTM C1012).

**MH Moderarte Heat of hydration:** Usos: Cuando se requiera moderado calor de hidratación y aumento controlado de temperatura.

Moderado calor de hidratación.

Tienen aplicaciones iguales a las del CP tipo II (MH) y cementos adicionados tipo IP (MH), IS(<70)(MH), IT(P<S<70)(MH), IT(P>S)(MH).

<b>LH</b>	<b>Low Heat of hydration:</b>	<b>Usos:</b> Cuando se requiera minimizar la tasa y el aumento de calor de hidratación. El desarrollo de fuerza es más lento.
	Bajo calor de hidratación.	Se usa como alternativa al cemento tipo IV, y de la misma manera que los cementos adicionados tipo IP (LH) o IT (P>=S) (LH).

---

Nota: <sup>a</sup>NTP 334.082 (2008); <sup>b</sup>Kosmatka & Wilson (2011).

### ***Humo de sílice (SF):***

Según The Euclid Chemical Company (s.f.) y Federal Highway Administration (2019): El humo de sílice, también conocida como microsíllice, sílica volatilizada o humo de sílica condensado; es un subproducto no cristalino y ultrafino que se obtiene a partir de cuarzo de pureza alta sometido a reducción, utilizando carbón en hornos de arco eléctrico, durante el proceso de fabricación de sílice elemental o aleaciones que contienen silicio. Su uso está definido en la norma ASTM C1240. El humo de sílice también se puede proporcionar en forma líquida. La imagen de la figura 1 fue tomada de la web del Centro de Estudios y Experimentación de obras públicas (CEDEX), una institución española de investigación en temas de ingeniería civil y medio ambiente.

### **Historia:**

El primer uso documentado de microsíllice en la mezcla de concreto fue en 1946 en una patente estadounidense, pero su uso no se popularizó hasta alrededor de 1980.

Figura 1:

*Humo de sílice*



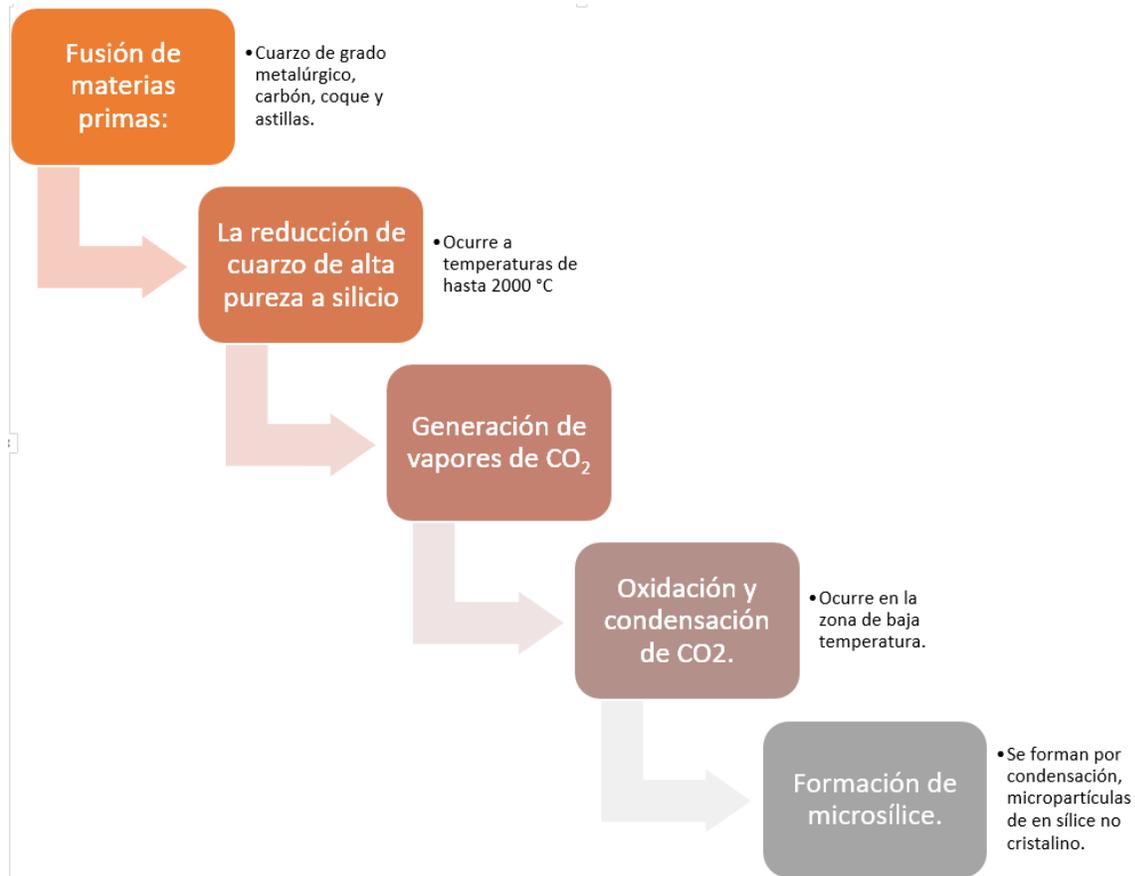
Nota: Tomado de “Mechanical Characteristics and Water Absorption Properties of Blast-Furnace Slag Concretes with Fly Ashes or Microsilica Additions”, por D. Foti, M. Lerna, M.F. Sabba, V. Vacca, 2019 (<https://www.mdpi.com/2076-3417/9/7/1279>) CC-BY-NC-ND.

***Obtención:***

Para la producción de humo de sílice, las materias primas que van a fundirse son: cuarzo de grado metalúrgico, carbón, coque y astillas. Cuando el cuarzo (pureza alta) se reduce a silicio al someterse hasta a 2000 °C, se produce CO<sub>2</sub> en forma de vapor que se condensa y oxida hasta llegar a pequeñas partículas de sílice no cristalino en la zona de temperatura baja (Wuhan Newreach Materials Co. Ltd, 2018, 1m31s).

Figura 2:

*Diagrama de proceso de producción de microsílíce*



Nota: Elaboración propia a partir de información adaptada de Wuhan Newreach

Materials Co. Ltd (2018, 1m31s)

**Propiedades:**

Propiedades químicas: Dependen del producto de cuya fabricación fueron derivadas:

Tabla 2:

*Propiedades químicas del humo de sílice según su procedencia:*

<b>Procedentes de fabricación de Silicio</b>	<b>Procedentes de la fabricación de ferro-silicio:</b>	<b>Procedentes de la de aleaciones calcio-silicio:</b>
<u>Composición:</u> Contenido en humo del SiO <sub>2</sub> : Aprox. 92 % o menor  <u>Características:</u> - Los hornos producen gases durante la producción de silicio metal, que son atrapados, condensados y forman humo de sílice. - Aplicaciones: El silicio metal, es usado en fabricación de aleaciones: Siliconas, silicio para placas solares, aluminio-silicio.	<u>Composición:</u> Menor contenido de Si y de SiC (Carburo de Silicio).  <u>Características:</u> - Mayor cantidad de impurezas minerales por el uso de cuarzo y reductores de calidad más baja. - Hasta 6 ó 7 % de impurezas oxidadas.	Proviene de procesos con altas proporciones de óxidos alcalino-térreos.  - Por la diversidad de silico-aleaciones de las cuales deriva, las composiciones son muy heterogéneas. - El contenido de CaO puede variar del 3 al 20 %.

Nota: CEDEX (2007)

Tabla 3:

*Contenido de SiO<sub>2</sub> (humo de sílice) procedente de aleaciones de ferrosilicio*

<b>Tipo de aleación</b>	<b>Rango contenido en SiO<sub>2</sub></b>
50 % ferro – silicio	74 - 84
75 % ferro – silicio	84 - 91
Metal de silicio (98 %)	87 - 98

Nota: CEDEX (s.f., Tabla 2)

Propiedades físicas: Algunas de las características físicas del humo de sílice se presentan a continuación:

Figura 3:

*Propiedades físicas del humo de Sílice:*

COLOR:

- En estado puro: Varía de gris claro a gris oscuro.
- Mezclado con agua: Pasta de color negro.

PESO ESPECÍFICO:

- Aproximadamente  $2,2 \text{ g/cm}^3$ . Depende del tipo de aleación de donde derive.
- Inferior al del cemento Portland (aprox. 3,1)

DENSIDAD APARENTE:

- Polvo sin densificar: Entre  $130$  y  $430 \text{ kg/m}^3$
- Humo de sílice en suspensión:  $700 \text{ kg}$  de humo de sílice por  $\text{m}^3$  de suspensión.
- Humo de sílice densificado:  $480$  a  $640 \text{ kg/m}^3$ .

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS:

- Sus partículas son esféricas, muy finas, de superficie específica de unos  $20.000 \text{ m}^2/\text{kg}$ .
- Tamaño de las partículas: Usualmente  $< 1 \mu\text{m}$ .
- Diámetro promedio = Casi  $0,1 \mu\text{m}$  (casi cien veces menor al cemento).

Nota: CEDEX (2007)

Tabla 4:

*Propiedades con impacto en el concreto:*

<b>PROPIEDAD</b>	<b>HUMO DE SÍLICE</b>
<b>Gravedad específica</b>	2.2 -2.5
<b>Dosificaciones típicas (% del total de material cementante)</b>	5 % - 10 %
<b>Impacto en tiempos de fraguado</b>	Generalmente retarda.
<b>Impacto en bombeabilidad y terminabilidad.</b>	Más difícil de dar acabado, pero puede mejorar la bombeabilidad de la mezcla.
<b>Consideraciones en el curado</b>	Reduce el sangrado de agua, requiere curado inmediato.
<b>Efecto en ganancia de resistencia</b>	Aumento de resistencia a edades temprana y tardía.
<b>Efecto en resistencia al impacto y abrasión</b>	Mejoras regulares, influenciadas por la resist. a la carga axial y el tipo de agregados
<b>Efecto en la resistencia a la capilaridad</b>	Poco efecto– susceptible de mejorarse – influenciada por la relación agua/cementante y el sistema de incorporación de aire.
<b>Efecto en resistencia a permeabilidad y corrosión</b>	Significativamente mejorado.
<b>Efecto en reactividad álcali-agregado</b>	Mejorada – se requieren ensayos para verificarla con los materiales disponibles localmente.

Nota: The Euclid Chemical Company (s.f.)

### **Procesamiento:**

De acuerdo con CEDEX (2007), el tipo de microsíllice utilizado podría afectar las características del concreto final al que se le adiciona. El tipo de microsíllice a utilizar dependerá de las condiciones de vaciado, del volumen de concreto a vaciar, otras características como disponibilidad de amasadoras, silos, etc., propias de las instalaciones de la planta de concreto; y otras especificaciones del proyecto.

#### ***Polvo sin densificar:***

- Es su forma original.
- Por su extrema finura, genera gran cantidad de polvo, dificulta enormemente las actividades de manipulación y encarece su movilización.

#### ***Polvo densificado:***

- Mediante un proceso de densificación, que se puede realizar mediante aire a presión o de forma mecánica, se le da la suficiente densidad para reducir costos de transporte.
- Puede ser más fácilmente trabajado en plantas de concreto.
- Menor emisión de polvo.

#### ***Humo de sílice en suspensión:***

- Se mezcla con agua en proporción de 50/50 en masa.
- Se eliminan las dificultades de transporte y manipulación.
- Menor costo de transporte y manipulación que para el POLVO SIN DENSIFICAR,

aun considerando el volumen de agua.

### ***Humo de sílice granulado:***

- En estado de polvo sin densificar, se mezcla con una pequeña cantidad de agua para formar gránulos de diferentes tamaños.
- Dichos gránulos no se descomponen con facilidad durante su adición al concreto.
- La granulación es difícilmente reversible.
- Por eso, esta forma no se utiliza como adición al concreto.

### **Efecto sobre el concreto:**

El humo de sílice, en los compuestos cementantes, funciona como una reacción química llamada reacción "puzolánica" (reacciona con el agua, fijando la portlandita).

Además; de acuerdo con Waqas, Ahmad, & Akram (2012), la hidratación (reacción con agua) del cemento Portland produce muchos compuestos, entre los cuales los silicato de calcio hidratados (CSH) y los hidróxidos de calcio (CH). El gel CSH es conocido por ser la principal fuente de resistencia en el concreto. Cuando se agrega humo de sílice a la mezcla en estado fresco, esta reacciona con el CH para producir CSH adicional.

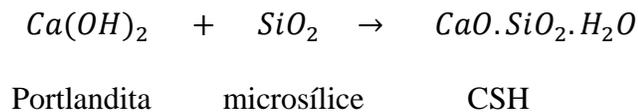
El beneficio de esta reacción es aumentar la capacidad para resistir esfuerzos axiales, reducción de la permeabilidad y mejora de resistencia química. El límite entre la pasta de concreto y el agregado grueso, la zona de interacción interfacial (ITZ), se incrementa considerablemente, resultando en resistencias a la compresión que pueden exceder los 15,000 psi (aproximadamente 1055 kg/cm<sup>2</sup>) y la permeabilidad puede ser significativamente reducida. El CSH adicional

producido por el humo de sílice es más resistente al ataque de productos químicos agresivos que el CH más débil. También, gracias al aumento en la formación de CSH, reduce el sangrado, mejora el módulo de rotura (mejora no significativa), mejora el módulo de elasticidad y la trabajabilidad (Waqas, Ahmad, & Akram, 2012).

### **Aplicación:**

- El humo de sílice es empleado como **aditivo puzolánico** en **concreto de alto desempeño** ( $f'c$ = por encima de  $420 \text{ kg/cm}^2$ ) y ultra-alto desempeño ( $f'c$ = hasta  $1500 \text{ kg/cm}^2$ ); por ejemplo, en puentes de losa y vigas pretensadas de alta resistencia.
- Estructuras expuestas a severos ataques químicos o ambientales: Estacionamientos, garajes, losas de puentes, estructuras marinas, cimentaciones, techos, pavimentos de concreto, etc.
- Ventajas en concreto prefabricado: Elevadas resistencias tempranas y finales, elimina la necesidad de curado al vapor (si fuese el caso), ahorro en costos de encofrado y desencofrado (Waqas, Ahmad, & Akram, 2012).
- Ventajas como aditivo en shotcrete: Menos desperdicio, más eficiencia en el vaciado, mayor resistividad eléctrica, mayor impermeabilidad, significativamente menor pérdida por rebote, menor corrosión del acero, mayor cohesión, etc (Waqas et al., 2012).
- Las **dosis típicas** de microsíllice en el hormigón pueden ir de 3 a 5 %, y llegar hasta 10-12 %. Dosis más altas de humo de sílice pueden reducir la trabajabilidad y elevar los costos de las mezclas. Por lo expuesto, su uso es restringido a mezclas de concreto que requiera gran resistencia y baja permeabilidad.
- Debido a la gran finura de sus partículas ocupando la superficie de la mezcla y requiriendo más agua, se puede **perder mucha trabajabilidad**; este reto se puede

superar añadiendo aditivos químicos a la pasta de cemento + humo de sílice o ajustando la relación agua/material cementante (a/c). Pero el costo de añadir humo sílice, trae el gran beneficio de la reacción puzolánica (necesita adicionar agua al hidróxido de calcio para endurecerse), en la cual se convierte más hidróxido de calcio (también denominado portlandita, su simbología es  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) en más silicato cálcico hidratado (CSH); y en consecuencia se está desarrollando una microestructura con superioridad intrínseca.



- En un estudio llevado a cabo por Ozyldrim (1993) citado por Federal Highway Administration (2019); se llegó a la conclusión de que al sustituir pequeñas cantidades de cemento Portland por humo de sílice, ya sea por sí misma como una mezcla binaria, o combinada con escoria en una mezcla ternaria, puede sustancialmente reducir la permeabilidad a los iones de cloro. Estos ensayos fueron realizados empleando la norma formulada por la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO), AASHTO T277 (Federal Highway Administration, 2019).

### ***Permeabilidad:***

Según Hermida (s.f.), la penetración de fluidos o gases en el concreto determina la durabilidad del material. Con respecto a la permeabilidad, es una variable muy útil a considerar para el diseño de estructuras sumergidas (por ejemplo, sótanos o túneles subterráneos) o de contención de líquidos (presas, reservorios, etc.), ya que están sometidas al movimiento del fluido en su interior. La velocidad de penetración de los fluidos que contienen depende de

la permeabilidad (K) del material (o el paso de un cierto caudal de líquido a través de él) está definida por la relación de Darcy:

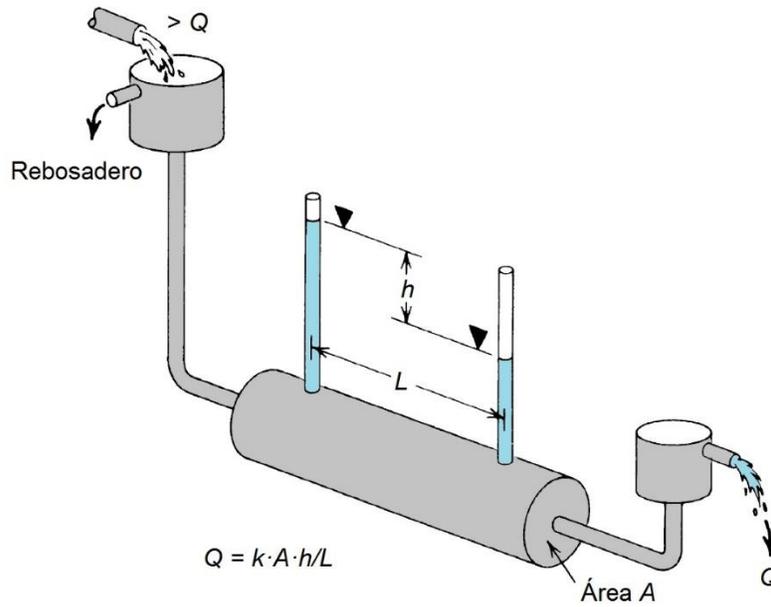
### **Ley de Darcy: Ecuación de flujo del agua subterránea**

**Experimento de Darcy:** El ingeniero Henry Darcy, quien trabajó por mucho tiempo en los procesos de abastecimiento de agua de la ciudad de Dijon (Francia), en 1856 presentó la Ley de Darcy, fruto de sus estudios y experimentos sobre el flujo de agua a través de filtros de arena empleados en la depuración de agua (medios porosos) (Sánchez, s.f.).

Según lo explicado por la Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS) (s.f.a), el experimento de Darcy consiste en usar un cilindro de material poroso con una sección transversal de "S" y una longitud de "L" en un tubo que conecta un depósito de agua de nivel constante con otro de diferente nivel (también constante), como muestra la figura 4. La diferencia de niveles se representa con  $\Delta h$ , debido a la cual se produce un flujo de agua desde el tanque de mayor nivel hacia el de nivel menor. Dicho flujo de agua ocurre con un cierto caudal Q. El caudal Q es proporcional a tres parámetros: Sección de canal: S; la diferencia de altura del agua entre los dos tanques de agua:  $\Delta h$ ; la longitud (relación inversamente proporcional).

Figura 4:

*Esquema del experimento de Darcy*



Nota: Tomado de “¿Siempre es válida la ley de Darcy?”, por V. Yepes, 2020, (<https://victoryepes.blogs.upv.es/2020/09/16/siempre-es-valida-la-ley-de-darcy/>). CC-BY-NC-ND.

En otras palabras, el caudal  $Q$  responde matemáticamente a la siguiente expresión:

$$Q = k * S * \frac{\Delta h}{L} \dots \dots (1)$$

Donde:

$Q$  = Caudal (flujo de un determinado volumen de agua en un determinado tiempo).

$S$  = Sección transversal.

$\frac{\Delta h}{L}$  = Gradiente hidráulico o pendiente: Representa cuanto varía la diferencia de niveles por cada unidad de longitud.

$k$  = Conductividad hidráulica: Es una constante proporcional específica para el fluido al intentar atravesar un material poroso de sección  $S$ , que depende por lo tanto del fluido y del material.

### **Velocidad de Darcy y velocidad de flujo:**

FCIHS (s.f.a) afirma que, como el caudal ( $Q$ ) se puede expresar también como el producto de la velocidad de flujo del fluido ( $v$ ) y el área de sección transversal ( $S$ ):

$$Q = v * S \dots \dots (2)$$

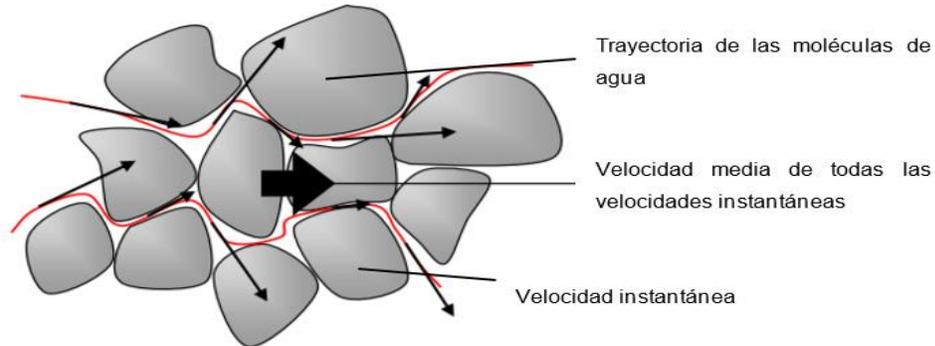
Al igualar las ecuaciones (1) y (2) obtenemos la **ecuación de la velocidad de Darcy**:

$$v = k * \frac{\Delta h}{L} \dots \dots (3)$$

Adicionalmente, FCIHS (s.f.b) enuncia que no se debe confundir la **velocidad de Darcy** ( $v$ ) con la **velocidad real de flujo** ( $v_r$ ). La velocidad de Darcy es la velocidad que al multiplicar por el área ( $S$ ) de la superficie porosa que atraviesa el fluido nos da el caudal ( $Q$ ), esta velocidad tiene un sentido conceptual. La velocidad real de flujo es equivalente a una media vectorial de las velocidades con las que se mueven cada una de las infinitas moléculas de fluido a través de los poros, como se ve en la siguiente imagen, que toma como ejemplo el recorrido del agua en un terreno granular:

Figura 5:

*Posibles rutas de las moléculas de agua en terreno granular*



Nota: Tomado de *Conceptos básicos* [Imagen], por FCIHS, s.f.b, Figura 2.1.9, Figura 2.1.10

Dado que la velocidad de Darcy es equivalente a la velocidad a la que el fluido circula a través de los poros del medio, y dado que el fluido pierde velocidad al atravesar dichos poros, la velocidad de Darcy ( $v$ ) será mucho menor a la velocidad real de flujo ( $v_r$ ); en otras palabras, la **velocidad de Darcy ( $v$ )** es igual a la **velocidad real de flujo ( $v_r$ )** multiplicada por la **porosidad eficaz ( $m_e$ )** como lo expresa la siguiente ecuación:

$$v = v_r * m_e \dots\dots(4)$$

**Conductividad hidráulica y permeabilidad intrínseca:** En la fórmula (1) se mencionaba un parámetro  $k$ , que es la conductividad hidráulica. La conductividad hidráulica es una constante que representa la facilidad con la que el medio deja pasar el fluido a través de él, y depende del fluido (densidad y viscosidad) y del medio poroso (porosidad eficaz del terreno, interconexión de poros, tamaño de poros). Se expresa en unidades de velocidad ( $L \cdot T^{-1}$ )

(FCIHS, s.f.a).

FCIHS (s.f.a) también enuncia que la **conductividad hidráulica  $k$** , a su vez, puede expresarse en términos de la **permeabilidad intrínseca ( $K_0$ )**, el **peso específico del fluido ( $\gamma$ )** y su **viscosidad dinámica ( $\mu$ )**:

$$k = K_0 * \frac{\gamma}{\mu} \dots (5)$$

Donde

**$K_0$  = Permeabilidad intrínseca:** La permeabilidad intrínseca, también llamada permeabilidad absoluta o coeficiente de permeabilidad, la cual es la facilidad con la que el medio poroso puede ser penetrado, y depende solo de dicho medio poroso. Se expresa en unidades de  $L^2$ .

**$\gamma$  = Peso específico del fluido,** que es el peso del fluido por unidad de volumen del mismo, o el peso de una unidad de volumen. Se expresa en unidades de  $F \cdot L^{-3}$ .

**$\mu$  = Viscosidad dinámica del fluido,** que es la resistencia del fluido al movimiento al aplicar una fuerza tangencial, y equivale al producto de la viscosidad cinemática por la densidad del fluido. Se expresa en unidades de Poise, que equivale a 1 Pascal x segundo.

Según la ecuación (1),  $Q = k * S * \frac{\Delta h}{L}$ , si reemplazamos la ecuación (5) en (1):

$$Q = K_0 * \frac{\gamma}{\mu} * S * \frac{\Delta h}{L}$$

Recordemos que:

$$\gamma * \Delta h = \Delta P$$

Así que la ecuación (1), se puede reescribir como:

$$Q = \frac{K_0}{\mu} * S * \frac{\Delta P}{L}$$

### Otros principios físicos de penetración de fluidos:

Además de la permeabilidad, Hermida (s.f.) explica que un fluido puede penetrar a través de principios físicos como:

- **Difusión.** Que es el movimiento de un fluido, ión, compuesto, etc., a través de un medio continuo (en este caso, agua, motivo por el cual tiene lugar en concretos saturados), provocado por el movimiento debido a la energía cinética propia de las partículas, que a su vez puede ser causada por la temperatura o por la gradiente de concentración (de mayor concentración a menor concentración). La difusión depende, en el caso del concreto, de las interconexiones de la red porosa del material.
- **Capilaridad.** Que es la propiedad de un líquido que le permite ascender o descender a través de un cuerpo de forma tubular (llamado tubo capilar) de diámetro pequeño (en este caso, los poros del concreto); que depende de:
  - La tensión superficial, que a su vez depende de las fuerzas de cohesión (fuerza de atracción entre moléculas del mismo cuerpo, en este caso el fluido), y que éstas a su vez son inversamente proporcionales a la temperatura.
  - El ángulo de contacto entre fluido y capilar, que depende de la resultante entre las fuerzas de cohesión y fuerzas de adhesión (fuerzas de atracción entre moléculas de sustancias diferentes, en este caso, el líquido y el concreto).

- **Convección.** “o flujo por convección de una sustancia se debe a que una sustancia es arrastrada por el movimiento de otra que la contiene” (Hermida, 2013, pág. 7).
- **Electromigración.** Se refiere a la transferencia de partículas (que pueden ser iones Cl, S, Na, K, etc.) a través de un medio electrolítico continuo (en este caso, el agua, por tener iones libres disueltos), causadas por una gradiente (diferencia) de potencial eléctrico. La diferencia de carga eléctrica entre iones disueltos en el agua y los iones propicia su desplazamiento.

Siendo los más frecuentes, la permeabilidad, difusión y capilaridad.

### 1.3. Problema

¿De qué manera influye la adición de microsilíce en la resistencia a la compresión y permeabilidad del concreto de cemento MS, según norma en 12390-8?

### 1.4. Objetivos

#### *Objetivo general*

Determinar la influencia de la adición de microsilíce a la resistencia a la compresión y permeabilidad de concretos con cemento MS según la norma EN 12390-8.

#### *Objetivos específicos*

- Caracterizar los agregados extraídos de la cantera de nombre Quebrada el León – El Milagro mediante los respectivos ensayos según lo estipulado en las normativas correspondientes.

- Realizar los ensayos de esfuerzo de compresión de concreto a 3 días, 7 días y 28 días, de las muestras patrón, y de las muestras con adiciones en diferentes porcentajes (5 %, 10 % y 15 %) de microsíllice.
- Realizar los ensayos de permeabilidad de las muestras ensayadas con la norma EN 12390-8 con adiciones de microsíllice de 5 %, 10 % y 15 %.
- Realizar la prueba de hipótesis y comprobar que el aditivo tiene un efecto importante en las variables de estudio.

### **1.5. Hipótesis**

A medida que aumenta la dosificación de humo de sílice, proporcionará un incremento en la resistencia a la compresión y una disminución de su permeabilidad (según la norma EN-12390) en el concreto de cemento MS, Trujillo 2022.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Materiales y Métodos

#### *Tipo de investigación*

La investigación es **aplicada**, también llamada activa o dinámica, porque busca confrontar la teoría con la realidad; mediante el estudio y aplicación inmediata de la investigación para resolución de problemas concretos, en circunstancias y características concretas; en vez de buscar el desarrollo de teorías. (Tamayo, 2003, pág. 43).

#### *Nivel de investigación*

**Explicativa:** Porque está dirigido a averiguar las causas de la relación entre las variables; es decir, se centra en explicar el motivo por el que ocurre un fenómeno y en qué condiciones (Hernández, Fernández, & Baptista, 1991).

#### *Diseño de Investigación*

**Diseño experimental:** Porque busca provocar un resultado a partir de la manipulación intencional de variables independientes de quien se supone tiene una relación de causa con las variables dependientes. **Tipo Cuasi Experimental:** Debido a que la elección de los sujetos de estudio no se realizó siguiendo las leyes del azar; es decir, se realizó de manera no aleatoria (Bono, s.f.).

## *Variables*

### **Definición de variables:**

#### Variable dependiente:

Concreto de cemento MS: Mezcla de cemento MS, agregados pétreos, aditivos y agua, que al entrar en contacto con esta última, empieza a fraguar. La variable dependiente es el concreto de cemento MS, pues al agregar una cierta dosis de microsíllice, se evaluará como se alteran sus propiedades.

#### Variable independiente:

Dosificación de microsíllice: Cantidad de aditivo microsíllice que se agrega de manera controlada a la pasta de concreto durante su mezcla, se expresa en porcentaje del total.

### **Operacionalización de variables:**

Para la operacionalización de variables, ver el anexo 1.

## *Población y muestra*

### **Población**

Constituida por todos los concretos producido con cemento MS en la ciudad de Trujillo.

### **Muestra**

El muestreo es no probabilística, mediante juicio por un especialista, a cargo del asesor de este estudio. Se determinó realizar ochenta y ocho (88) probetas de hormigón fabricadas con cemento MS y aditivos de microsíllice.

Para ensayo de esfuerzo de carga axial, se tomaron 3 probetas para promediar para cada una de las 4 dosificaciones de microsílice (0 %, 5 %, 10 %, 15 % del peso del material cementante) para cada una de las 2 (dos) resistencias a carga axial de diseño de los testigos y para cada una de las 3 (tres) edades de ensayo: 3 días, 7 días y 28 días. Dando un total de setenta y dos (72) muestras de 100 x 200 mm.

Para ensayo de permeabilidad se ensayarán 2 probetas bajo la norma EN 12390-8 para cada una de las 2 resistencias de diseño, cada una con las 4 dosificaciones antes mencionadas de aditivo microsílice; dando un total de 16 (dieciséis) muestras de ensayo de dimensiones de 6x6 pulgadas.

## **2.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos**

### ***Técnicas de recolección de datos:***

En el presente proyecto se emplea la observación, la cual es una técnica de investigación que consiste en registro válido, sistemático, y confiable de los resultados de los ensayos con las probetas de concreto objeto de estudio, que refleja el comportamiento de la variable dependiente (Hernández, Fernández, & Baptista, 1991).

Figura 6:

*Diagrama de observación:*



Nota: Elaboraci3n propia

### ***Instrumentos de recolecci3n de datos:***

Los instrumentos empleados fueron las guías de observaci3n. En ellas se guardaron los datos de las respectivas muestras de concreto con sus diferentes observaciones (Ver Anexo 2).

El instrumento empleado en la recolecci3n de datos procederá a ser validado por el asesor del presente estudio, el Ing. Vásquez Díaz Alberto Rubén, CIP: 166228, mediante su firma, previa revisi3n y análisis de dicho instrumento de recolecci3n de datos (Ver Anexo 2).

### ***Métodos e instrumentos empleados en el análisis de datos:***

#### **Método de análisis de datos:**

Estadística descriptiva, porque para una mejor representaci3n visual e interpretaci3n se utilizarán gráficos estadísticos. Estos gráficos estadísticos también facilitan la comparaci3n de los resultados de los ensayos.

Inferencia estadística, ya que se pretende deducir cuál es el comportamiento de la poblaci3n objetivo (concreto con cemento MS), en base a la informaci3n empírica obtenida con experimentos realizados con las muestras, a las cuales se les ha adicionado determinadas dosis

de aditivo de microsíllice para estudiar como su resistencia mecánica a las cargas axiales y su capacidad para resistir el paso de fluidos son afectadas por dicho aditivo.

### ***Análisis de distribución normal***

Debido a que la muestra “n” es inferior a cincuenta (50), se hará uso del método Shapiro-Wilk para analizar la normalidad de los datos (es decir, si los datos presentan o no una distribución normal), con un nivel de confianza del 95 % y una significancia del 5 %.

### **Definición de hipótesis nula y alternativa.**

$H_0$  : La distribución es normal

$H_a$  : La distribución NO es normal

Si la significancia calculada es superior al 5 % o 0.05, la hipótesis nula no se rechaza; es decir, que la data hallada experimentalmente presenta una distribución normal; caso contrario, aceptaremos la hipótesis alternativa.

### ***Análisis de varianza***

El test de ANOVA se basa en determinar el promedio estadístico de cada grupo analizado (grupos de muestras de concreto) para someter posteriormente a comparación, la varianza de dichas medias con la varianza promedio dentro de los grupos. El ANOVA de dos vías permite estudiar cómo influyen por si solos cada uno de los factores ( $f^c$  de diseño y dosificación de aditivo) sobre las variables dependientes (por separado) así como la influencia de las combinaciones que se pueden dar entre ellas (Joaquín, 2016).

La misma significancia del 5 % deberá ser considerada para realizar la prueba ANOVA; de no ser así, se optaría por T de Student o Kruskal Wallis por ser pruebas no paramétricas.

### **Definición de hipótesis nula y alternativa.**

H<sub>0</sub>: No existe diferencia estadísticamente significativa en las medias en ningún grupo de muestras independientemente del número de grupos.

H<sub>a</sub>: Existe diferencia estadísticamente significativa en las medias en al menos un grupo de muestras.

### ***Análisis posprueba***

Si tras obtener los resultados de la prueba paramétrica ANOVA BIFACTORIAL, decidimos aceptar la hipótesis alternativa ( $\text{sig} < 0.05$ ); en consecuencia, el siguiente paso es determinar en cuales medias existe diferencia empleando la prueba Tukey mediante procedimientos post hoc (las pruebas post hoc son análisis post prueba que muestran las diferencias en las medias para cada par de niveles de factor).

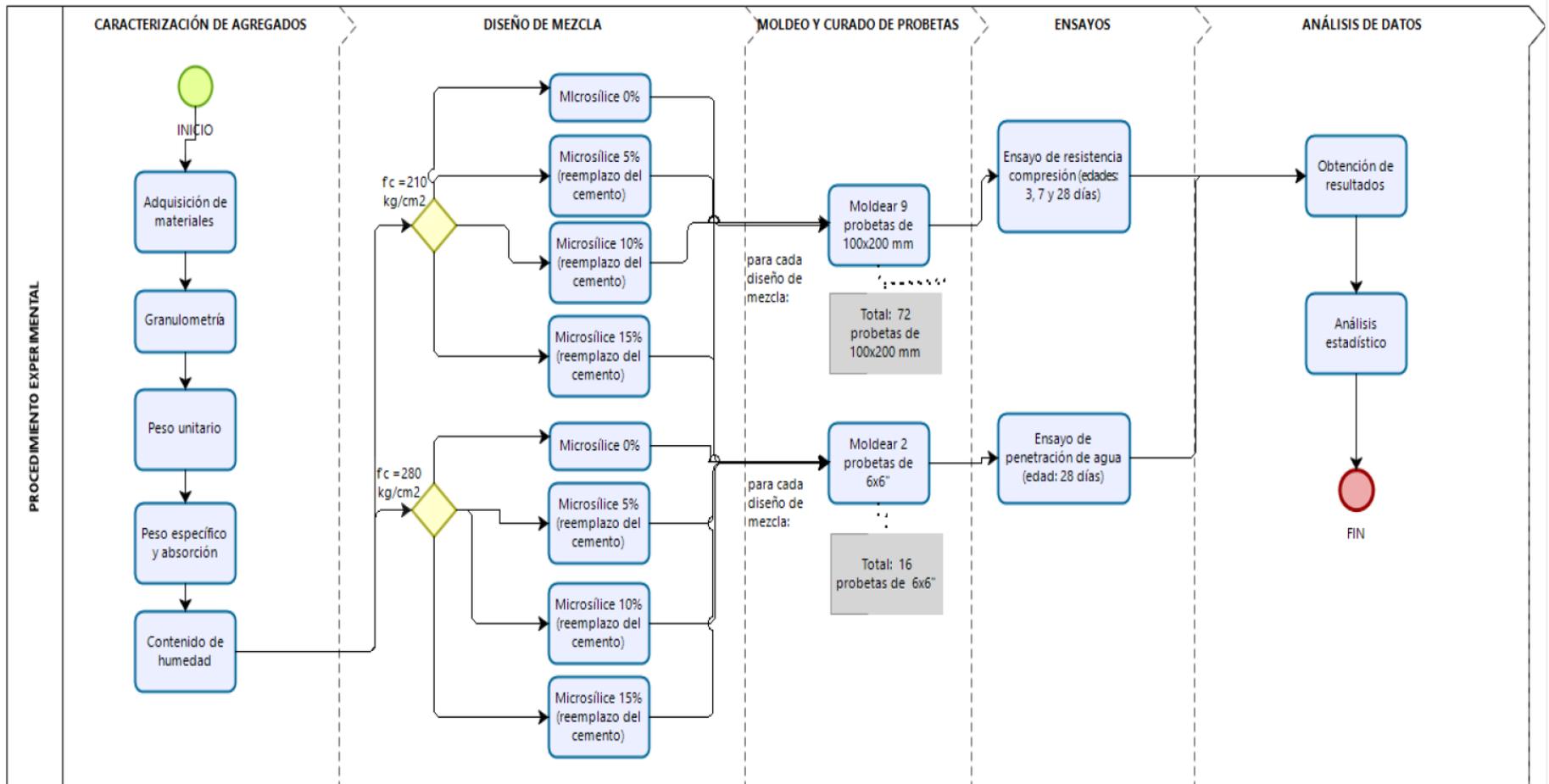
### **Instrumentos de análisis de datos:**

Para realizar dichas pruebas, mencionadas anteriormente se empleará el programa Ms. Excel; posteriormente se procederá a analizar la data obtenida de dicho programa con el fin de dar validez a la hipótesis planteada en el presente estudio.

### 2.3. Procedimientos

Figura 7:

*Procedimiento del desarrollo de la tesis:*



Para el proyecto, los agregados grueso y fino serán caracterizados mediante ensayos normalizados; seguidamente se realiza el diseño de mezcla y el moldeo de probetas tanto patrones como con las dosificadas con el aditivo microsílíce (5 %, 10 % y 15 %). Posteriormente se ejecutan los ensayos de esfuerzo de compresión (con el propósito de desencofrar y probar a los 3, 7 y 28 días) y de permeabilidad basados en las normas NTP 339.034 y EN 12390-8 respectivamente.

Para llevar a cabo la técnica de investigación de observación experimental, se procede a analizar la data resultante de las pruebas con los testigos de hormigón objeto de estudio. Finalmente se llenan los datos en una ficha de datos para su registro y se procede a comparar los respectivos resultados de las probetas dosificadas con microsílíce y las muestras patrón. Todo lo mencionado líneas arriba se puede apreciar en la figura 7.

### ***Caracterización de agregados:***

A continuación se detallan los ensayos respectivos y su respectiva norma técnica de ensayo:

- Granulometría de agregados (NTP 400.012).
- Contenido de humedad evaporable de agregados (NTP 339.185).
- Peso unitario (suelto y compactado) de los agregados grueso y fino (NTP 400.017).
- Densidad, densidad relativa y absorción del agregado grueso (NTP 400.021).
- Densidad, densidad relativa y absorción del agregado fino (NTP 400.022).

### ***Diseño de mezclas***

Para diseño de mezclas de concreto simple, para resistencias a la compresión de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, se ha optado el método ACI 211.1. Revisar la sección Anexo 5 para consultar el procedimiento seguido (según norma mencionada líneas arriba).

### ***Ensayos de concreto en estado fresco.***

Se realizaron los ensayos de caracterización de agregados en el laboratorio Tecnología y Ensayo de Materiales (TEM), dichos ensayos están nombrados a continuación con sus respectivas normas de ensayo:

- Asentamiento del concreto (slump) (NTP 339.035)
- Temperatura del concreto (NTP 339.184).
- Peso unitario del concreto (NTP 339.046).

### ***Elaboración y curado de muestras de concreto (NTP 339.183).***

Se elaboraron los de especímenes en máquina, se procedió a mezclar durante 3 minutos aproximadamente y se vaciaron elaboraron ochenta y ocho (88) probetas de diferentes dosificaciones y resistencias. El curado se realizó durante 3, 14 y 28 días. Todo este procedimiento se llevó a cabo siguiendo la norma NTP 339.183.

### ***Ensayo de esfuerzo de compresión (NTP 339.034).***

Este procedimiento se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio TEM, siguiendo la norma NTP 339.034 una vez cumplido el tiempo de curado.

### *Ensayo de permeabilidad (EN 12390-8).*

Este procedimiento se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de la empresa Sika en Lima, siguiendo la norma europea EN 1230-8, una vez cumplidos 28 días de curado.

#### **2.4. Aspectos Éticos**

En el desarrollo de la presente investigación se desarrollaron los siguientes aspectos éticos:

- Procesamiento de datos obtenidos con veracidad, es decir sin alteraciones adrede de la información.
- Respeto a las normas y política de la de la universidad donde realicé mi formación académica y a la cual presentaré el siguiente trabajo de investigación, en cuanto a solicitud de permiso de ingreso a sus instalaciones y en cuanto al correcto empleo de implementos de seguridad al momento de utilizar su laboratorio de materiales.
- Utilización de citas bibliográficas y referencias para evitar el plagio, respetando las ideas de los diversos autores consultados.
- La información presentada en la presente investigación será de libre utilización y acceso para todos los investigadores interesados y para quienes trabajan en el sector construcción o quienes utilizan aditivos en sus proyectos; al mismo tiempo, este estudio servirá de antecedente para estudios más a fondo en la misma materia o similares.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Caracterización de Agregados

A continuación se muestran los resultados de los ensayos de caracterización de agregados. Para ver procedimientos detallados de cada ensayo, ver Anexo 4:

Tabla 5:

*Resultado de la caracterización de agregado fino*

Ensayo	Agregado fino	Norma
Hum (%)	1.2	NTP 339.185
P.U.S. (kg/m <sup>3</sup> )	1690	NTP 400.017
P.U.C. (kg/m <sup>3</sup> )	1900	NTP 400.017
Abs. (%)	2.2	NTP 400.022
P.E. (g/cm <sup>3</sup> )	2.46	NTP 400.022
M.F.	2.76	NTP 400.012

Nota: Resultados de caracterización de agregado fino según las normas correspondientes. Vemos que el módulo de finura de agregado fino es de 2.76, lo cual está dentro del rango establecido en la norma NTP 400.037 de 2.3 a 3.1. También la misma norma establece sus criterios de aceptación. La granulometría del agregado fino empleado no está completamente dentro de dichos rangos de aceptación, por lo que se procederá a ensayar y verificar si se pueden alcanzar las resistencias de diseño.

Tabla 6:

*Resultado de la caracterización de agregado grueso*

Ensayo	Agregado grueso	Norma
Hum (%)	0.5	NTP 339.185
P.U.S. (kg/m <sup>3</sup> )	1360	NTP 400.017
P.U.C. (kg/m <sup>3</sup> )	1560	NTP 400.017
Abs. (%)	1.9	NTP 400.021
P.E. (g/cm <sup>3</sup> )	2.46	NTP 400.021
M.F.	6.53	NTP 400.012
T.M.N.	$\frac{3}{4}$	NTP 400.012

Nota: Resultados de caracterización de agregado grueso según las normas correspondientes. Vemos que el módulo de fineza es de 6.53, el TMN de  $\frac{3}{4}$ ". Por su granulometría, se ubica en el huso granulométrico 57 según la norma NTP 400.037, del cual cumple con todos los criterios de aceptación.

### 3.2. Ensayos del Hormigón en Estado Fresco

Esta sección muestra los resultados de los ensayos de temperatura, peso unitario compactado y slump del concreto en estado fresco para las dos resistencias a esfuerzos de carga axial, con adiciones de microsilíce: 0, 5, 10 y 15 % de reemplazo del cemento; los cuales se presentan en la tabla 7.

Tabla 7:

*Resultados de los ensayos en estado fresco del hormigón:*

<b>Nombre</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Asentamiento (in)</b>	<b>P.U.C. (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Concreto Patrón (210 kg/cm <sup>2</sup> )	23	4.5	2,433
Concreto con 5 % de microsílíce (f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> )	24.5	3.5	2,420
Concreto con 10 % de microsílíce (f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> )	23	3.5	2,415
Concreto con 15 % de microsílíce (f'c = 210 kg/cm <sup>2</sup> )	24.5	3	2,402
Concreto Patrón (f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> )	25	4	2,435
Concreto con 5 % de microsílíce (f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> )	23.5	4	2,420
Concreto con 10 % de microsílíce (f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> )	26	3.75	2,411
Concreto con 15 % de microsílíce (f'c = 280 kg/cm <sup>2</sup> )	23.5	3.75	2,411

Nota: Las normas empleadas para los ensayos de temperatura, peso unitario compactado y slump del concreto fresco fueron las NTP 339.184, NTP 339.046 y NTP 339.035 respectivamente. Los certificados del laboratorio donde se efectuaron dichos ensayos, se han adjuntado en el Anexo 8.

### 3.3. Diseño de Mezcla

Se han realizado los diseños de mezcla siguiendo el método especificado en ACI 211.1. El procedimiento de cálculo para determinar dichos resultados está explicado en el Anexo 5.

Tabla 8:

*Diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> para la muestra patrón:*

<b>Material</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg/tanda (0.040 m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	367	14.68 kg
Microsílice	0	0
Agua	225	9.00 kg
Agregado fino	637	25.50 kg
Agregado grueso	980	39.18 kg
Aire	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2209</b>	<b>88.36 kg</b>

Nota: Se ha realizó el diseño de un concreto patrón con resistencia a esfuerzos de carga axial: 210 kg/cm<sup>2</sup>, empleando tandas de 40 litros (0.040 m<sup>3</sup>). El procedimiento de cálculo para determinar dichos resultados está explicado en el Anexo 5.

Tabla 9:

*Diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> para dosificación de 5 % de microsíllice:*

<b>Materiales</b>	<b>Peso húmedo (kg/m3)</b>	<b>Kg/tanda (0.040 m3)</b>
Cemento	349	13.95 kg
Microsíllice	18	0.73 kg
Agua	225	9.00 kg
Agregado fino	637	25.50 kg
Agregado grueso	980	39.18 kg
Aire	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2209</b>	<b>88.36</b>

Nota: Diseño de un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con adiciones de microsíllice: 5 % de reemplazo del cemento, empleando tandas de 40 litros (0.040 m<sup>3</sup>). Ver anexo 5

Tabla 10:

*Diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> para dosificación de 10 % de microsíllice:*

<b>Materiales</b>	<b>Peso húmedo (kg/m3)</b>	<b>Kg/tanda (0.040 m3)</b>
Cemento	330	13.21 kg
Microsíllice	37	1.47 kg
Agua	225	9.00 kg
Agregado fino	637	25.50 kg
Agregado grueso	980	39.18 kg
<b>TOTAL</b>	<b>2209</b>	<b>88.36 kg</b>

Nota: Se ha realizado el diseño de un concreto con resistencia a esfuerzos de carga axial: 210 kg/cm<sup>2</sup>, con adiciones de microsíllice: 10 % de reemplazo del cemento, empleando tandas de 40 litros (0.040 m<sup>3</sup>). Para tal propósito, se ha seguido el método especificado en ACI 211.1. El procedimiento de cálculo para determinar dichos resultados está explicado en el Anexo 5.

Tabla 11:

*Diseño de mezcla de 210 kg/cm<sup>2</sup> para dosificación de 15 % de microsíllice:*

<b>Materiales</b>	<b>Peso húmedo (kg/m3)</b>	<b>Kg/tanda (0.040 m3)</b>
Cemento	312	12.48 kg
Microsíllice	55	2.20 kg
Agua	225	9.00 kg
Agregado fino	637	25.50 kg
Agregado grueso	980	39.18 kg
Aire	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2209</b>	<b>88.36 kg</b>

Nota: Se ha realizado el diseño de un concreto con resistencia a esfuerzos de carga axial: 210 kg/cm<sup>2</sup>, con adiciones de microsíllice: 15 % de reemplazo del cemento, empleando tandas de 40 litros (0.040 m<sup>3</sup>). Para tal propósito, se ha seguido el método especificado en ACI 211.1. El procedimiento de cálculo para determinar dichos resultados está explicado en el Anexo 5.

Tabla 12:

*Diseño de mezcla de 280 kg/cm<sup>2</sup> para la muestra patrón:*

<b>Materiales</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg/tanda (0.040 m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	440	17.60 kg
Agua	224	8.97 kg
Agregado fino	577	23.07 kg
Agregado grueso	980	39.18 kg
<b>TOTAL</b>	<b>2221</b>	<b>88.82 kg</b>

Nota: Se realizó el diseño de un concreto patrón con resistencia a esfuerzos de carga axial: 280 kg/cm<sup>2</sup>, empleando tandas de 40 litros (0.040 m<sup>3</sup>). Para tal propósito, se ha seguido el método especificado en ACI 211.1. El procedimiento de cálculo está explicado en el Anexo 5.

Tabla 13:

*Diseño de mezcla de 280 kg/cm<sup>2</sup> para dosificación de 5 % de microsíllice:*

<b>Materiales</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg/tanda (0.040 m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	418	16.72 kg
Microsíllice	22	0.88 kg
Agua	224	8.97 kg
Agregado fino	577	23.07 kg
Agregado grueso	980	39.18 kg
<b>TOTAL</b>	<b>2221</b>	<b>88.82 kg</b>

Nota: Se realizó el diseño de un concreto con dosificación del 5 % de microsíllice, con resistencia a esfuerzos de carga axial: 280 kg/cm<sup>2</sup>, empleando tandas de 40 litros (0.040 m<sup>3</sup>), con el método

especificado en ACI 211.1. El procedimiento de cálculo para determinar dichos resultados está explicado en el Anexo 5.

Tabla 14:

*Diseño de mezcla de 280 kg/cm<sup>2</sup> para dosificación de 10 % de microsilíce:*

<b>Materiales</b>	<b>Peso húmedo (kg/m3)</b>	<b>Kg/tanda (0.040 m3)</b>
Cemento	396	15.84 kg
Microsilíce	44	1.76 kg
Agua	224	8.97 kg
Agregado fino	577	23.07 kg
Agregado grueso	980	39.18 kg
Aire	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2221</b>	<b>88.82 kg</b>

Nota: Se realizó el diseño de un concreto con dosificación del 10 % de microsilíce, con resistencia a esfuerzos de carga axial: 280 kg/cm<sup>2</sup>, empleando tandas de 40 litros (0.040 m<sup>3</sup>), con el método especificado en ACI 211.1. El procedimiento de cálculo para determinar dichos resultados está explicado en el Anexo 5.

Tabla 15:

*Diseño de mezcla de 280 kg/cm<sup>2</sup> para dosificación de 15 % de microsíllice:*

<b>Materiales</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Kg/tanda (0.040 m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	374	14.96 kg
Microsíllice	66	2.64 kg
Agua	224	8.97 kg
Agregado fino	577	23.07 kg
Agregado grueso	980	39.18 kg
Aire	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>2221</b>	<b>88.82 kg</b>

Nota: Se realizó el diseño de un concreto con dosificación del 15 % de microsíllice, con resistencia a esfuerzos de carga axial: 280 kg/cm<sup>2</sup>, empleando tandas de 40 litros (0.040 m<sup>3</sup>), con el método especificado en ACI 211.1. El procedimiento de cálculo para determinar dichos resultados está explicado en el Anexo 5.

### **3.4. Ensayos de Resistencia a la Compresión del Concreto**

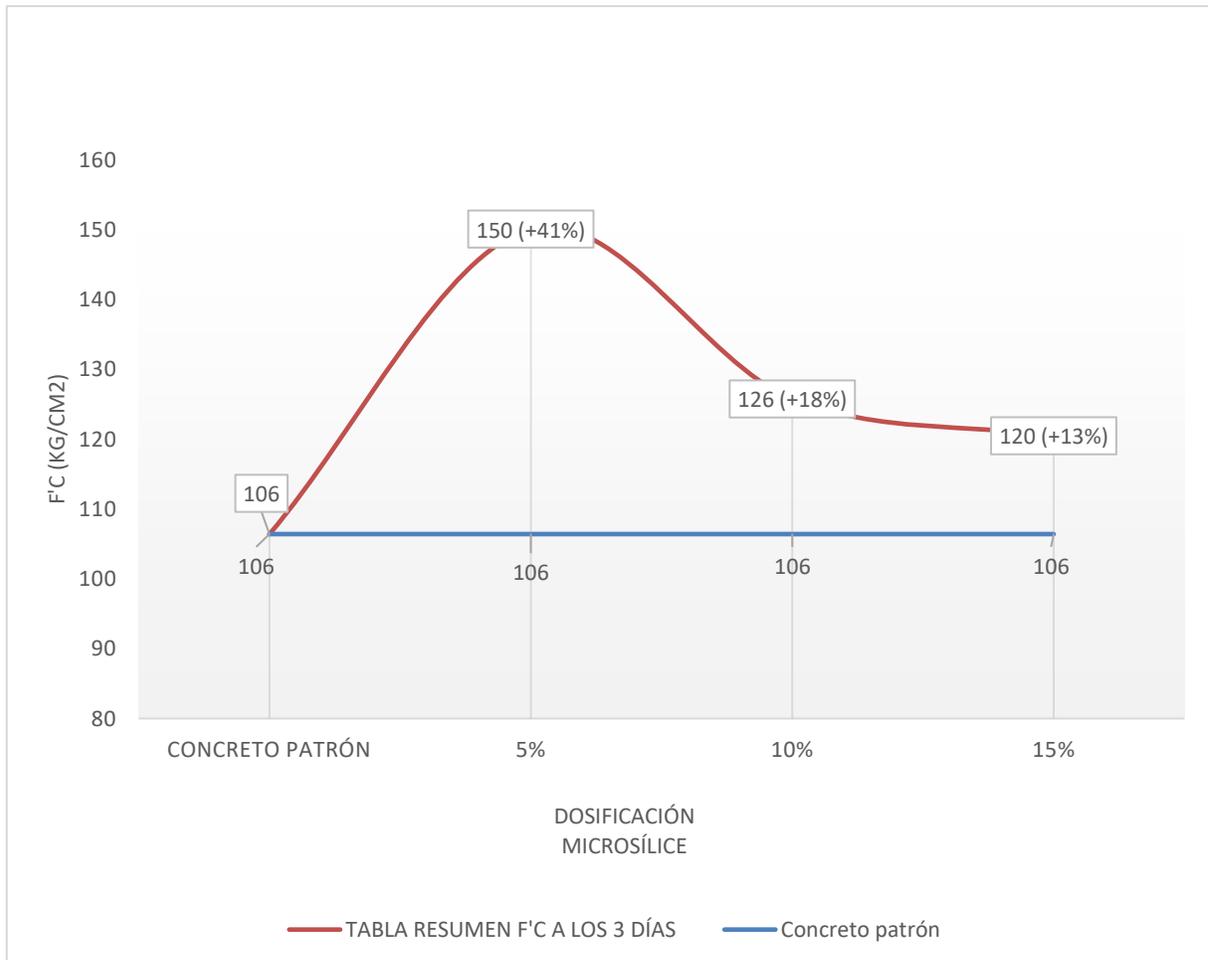
Para los ensayos de resistencia a la compresión se han tomado en cuenta los siguientes criterios:

- Las pruebas se realizaron en conformidad con NTP 339.034 (esta norma está basada en ASTM C39).
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M.
- Los ensayos se realizaron con 4 dosificaciones diferentes (0 % (concreto patrón), 5 %, 10 % y 15 %) del aditivo microsíllice. Además se utilizó un aditivo plastificante a criterio del investigador.
- Se consideraron 3 edades de curado: 3, 7 y 28 días, para las pruebas de esfuerzo a la compresión.

#### **3.4.1. Resistencia a la compresión de diseño $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ :**

Figura 8:

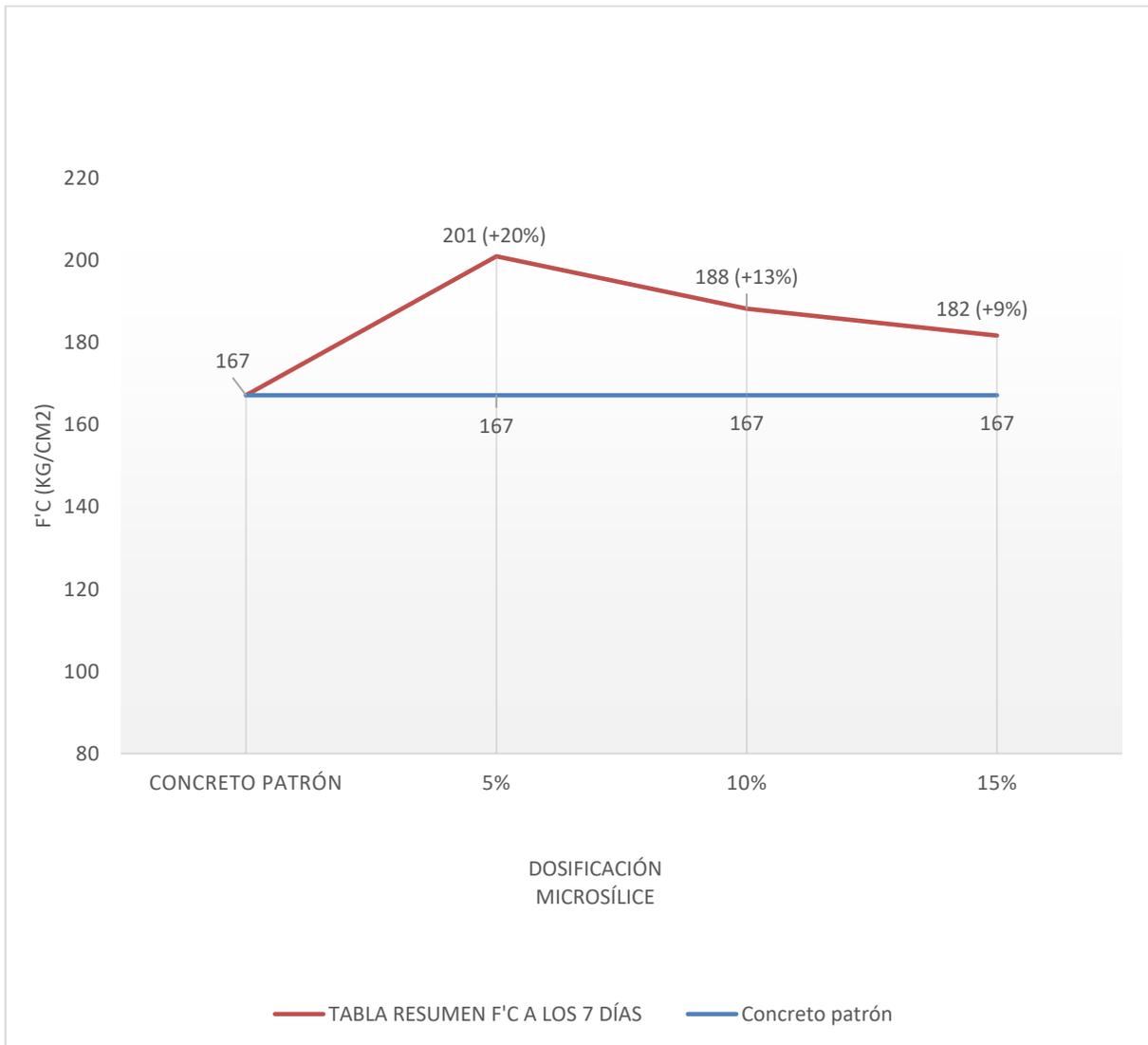
*Resistencia a carga axial  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días*



Nota: Resultados de las pruebas de resistencia a la compresión para las dosificaciones de aditivo microsíllice al 0 %, 5 %, 10 % y 15 %; para una mezcla de concreto con una  $f'_c$  de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  para las edad de curado de 3 días. Entre paréntesis se muestra la mejora en la resistencia con respecto a la muestra patrón. Para revisar la memoria de cálculo respectiva a dichos resultados, dirigirse al anexo 6.

Figura 9:

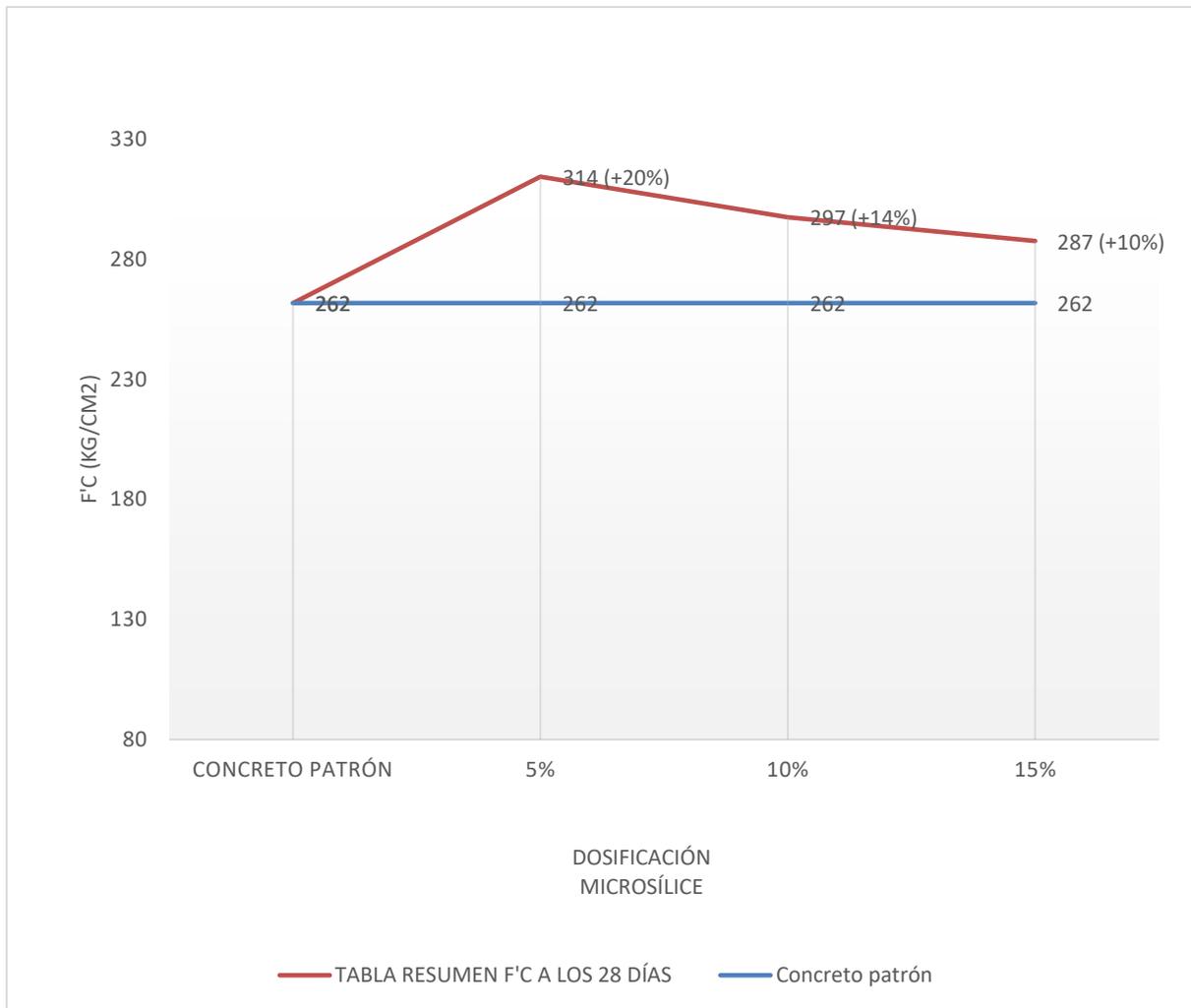
*Resistencia a carga axial  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días*



Nota: Se muestran los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión para las dosificaciones de aditivo microsíllice al 0 % (concreto patrón), 5 %, 10 % y 15 %; para una mezcla de concreto con una  $f'_c$  de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  para 7 días de curado. Entre paréntesis se muestra la mejora en la resistencia con respecto a la muestra patrón. Para revisar la memoria de cálculo respectiva a dichos resultados, dirigirse al anexo 6.

Figura 10:

*Resistencia a la carga axial  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días*

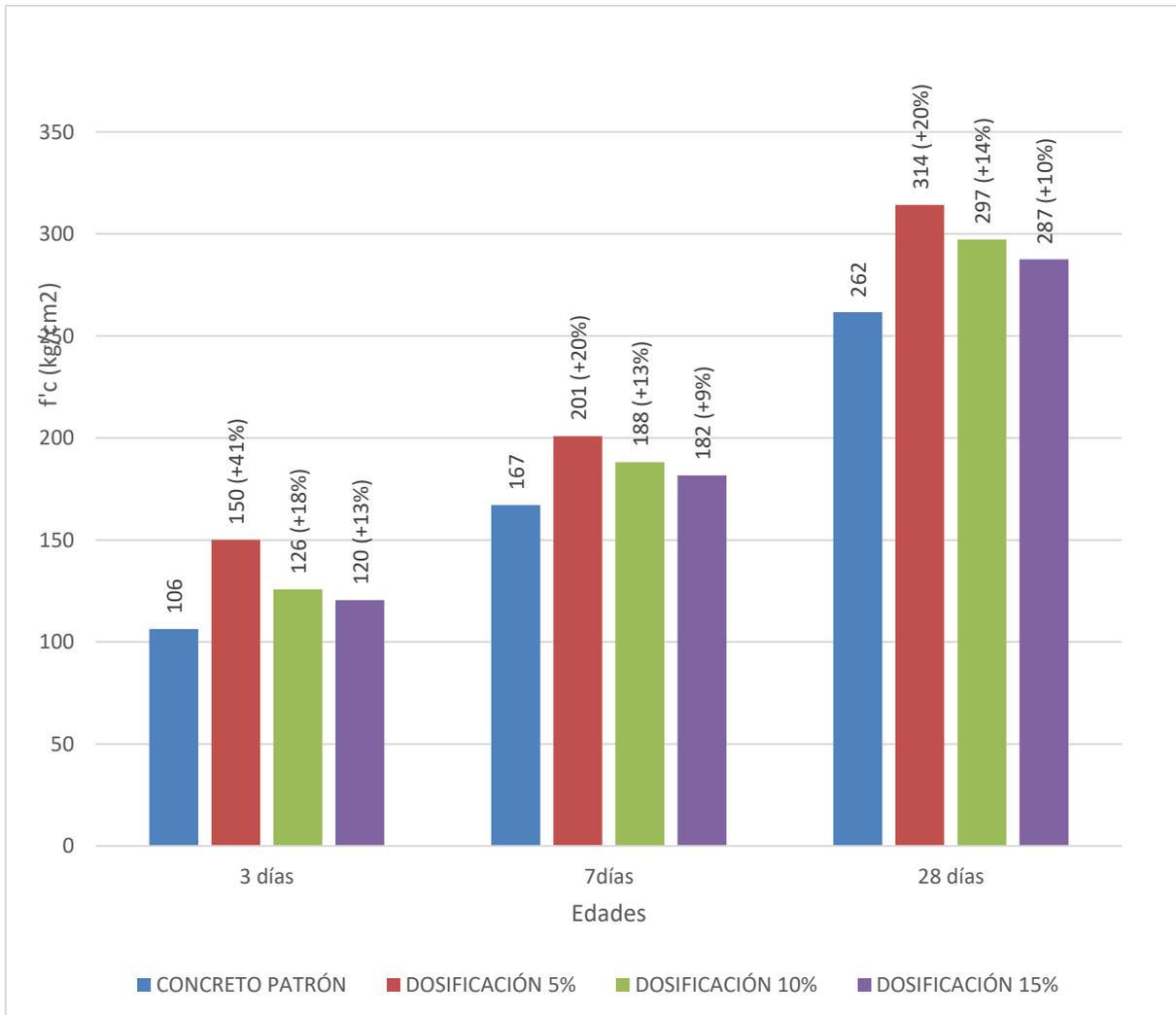


Nota: Se presentan los resultados de los ensayos de resistencia al esfuerzo de carga axial para las dosificaciones de aditivo microsilíce al 0 % (concreto patrón), 5 %, 10 % y 15 % en reemplazo de la masa del cemento; para una mezcla de concreto con un  $f'_c$  de diseño de 210

kg/cm<sup>2</sup>. Entre paréntesis se muestra la mejora en la resistencia. Para revisar la memoria de cálculo respectiva a dichos resultados, dirigirse al anexo 6.

Figura 11:

*Resumen de resultados de resistencia a la carga axial de concreto f'c de diseño 210 kg/cm<sup>2</sup>*

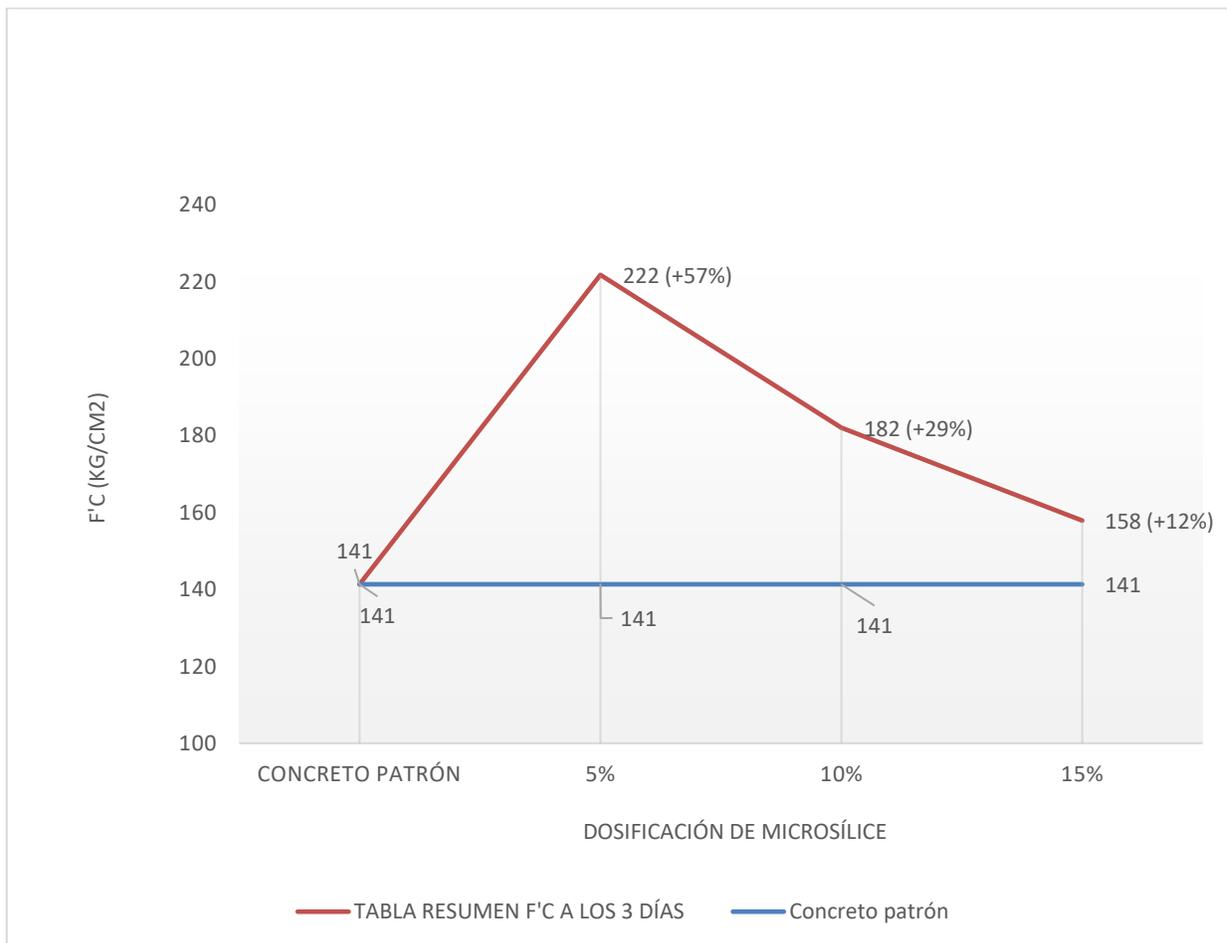


Nota: Se presenta el resumen de los resultados de la resistencia al esfuerzo de carga axial a los 28 días, mostrando las 3 edades de estudio (3 días, 7 días y 28 días) y las 4 dosificaciones de diseño (0 %, 5 %, 10 % 15 %) para una f'c de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

### 3.4.2. Resistencia a la compresión de diseño $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ :

Figura 12:

Resistencia a la carga axial  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días

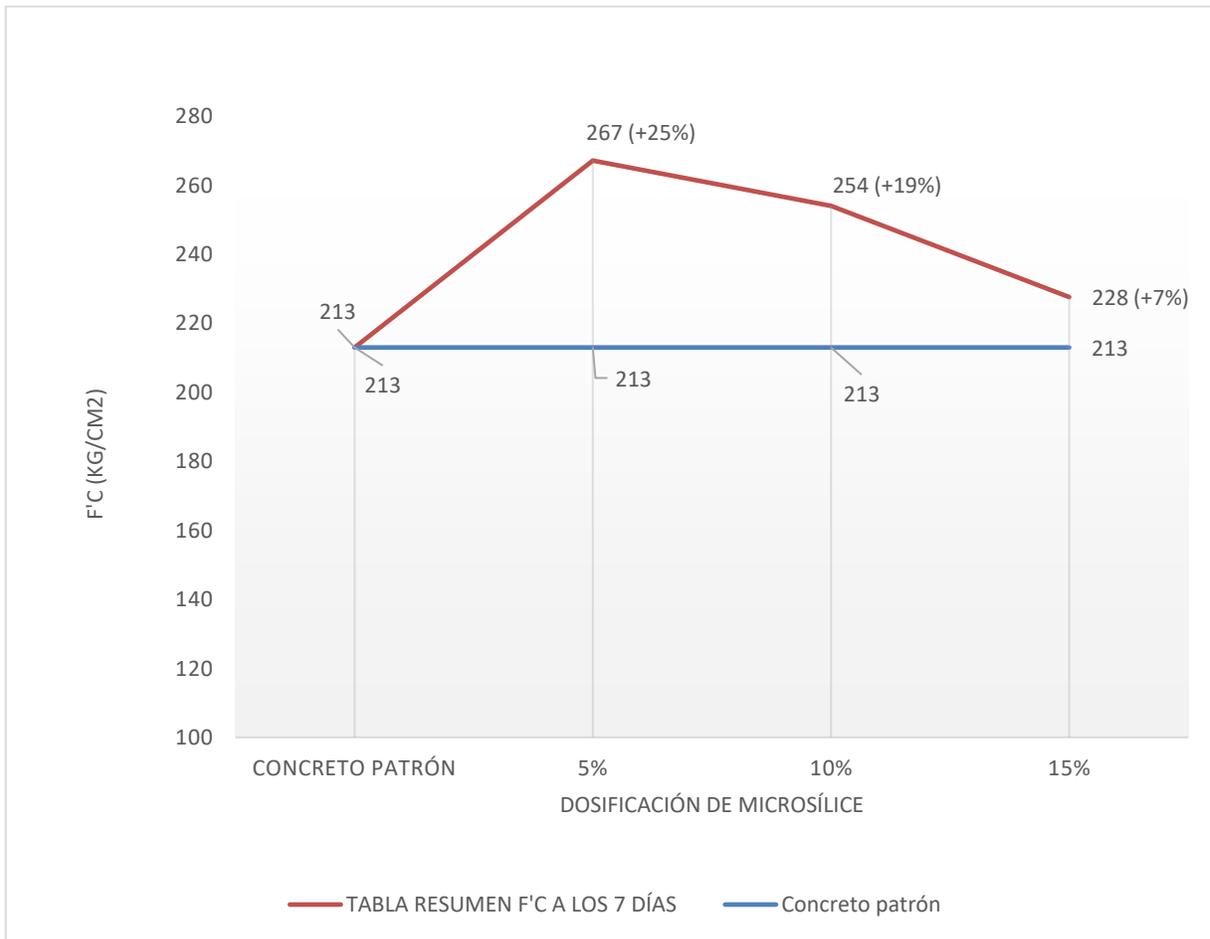


Nota: Se presentan los resultados de los ensayos de resistencia al esfuerzo de carga axial para las dosificaciones de aditivo microsílice al 0 % (concreto patrón), 5 %, 10 % y 15 en reemplazo de la masa del cemento; para una mezcla de concreto con un  $f'c$  de diseño de  $280 \text{ kg/cm}^2$  a los

3 días de curado. Entre paréntesis, la mejora en la resistencia sobre la muestra de concreto patrón. Para revisar la memoria de cálculo respectiva a dichos resultados, dirigirse al anexo 6.

Figura 13:

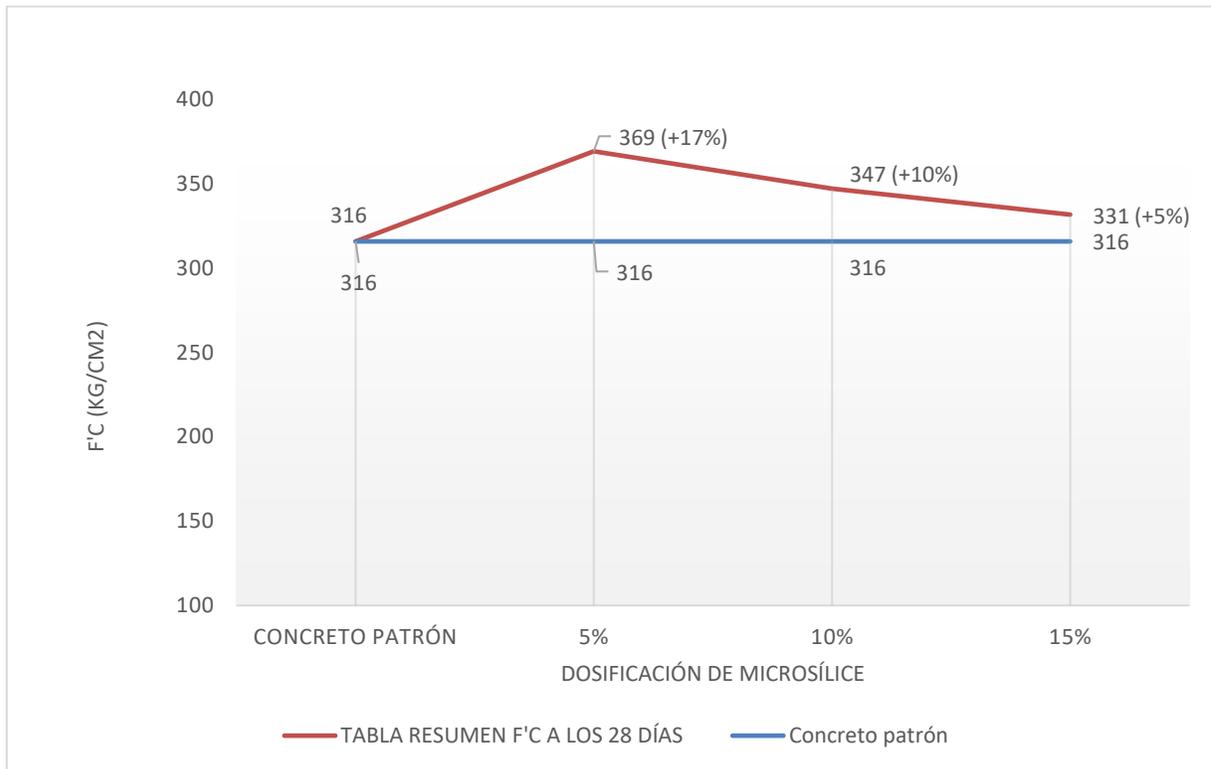
*Resistencia a la carga axial  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días*



Nota: Se presentan los resultados de los ensayos de resistencia al esfuerzo de carga axial para las dosificaciones de aditivo microsilíce al 0 % (concreto patrón), 5 %, 10 % y 15 en reemplazo de la masa del cemento; para una mezcla de concreto con un  $f'_c$  de diseño de  $280 \text{ kg/cm}^2$  a 7 días. Entre paréntesis, la mejora en la resistencia con respecto a la muestra de concreto patrón. Para revisar la memoria de cálculo respectiva a dichos resultados, dirigirse al anexo 6.

Figura 14:

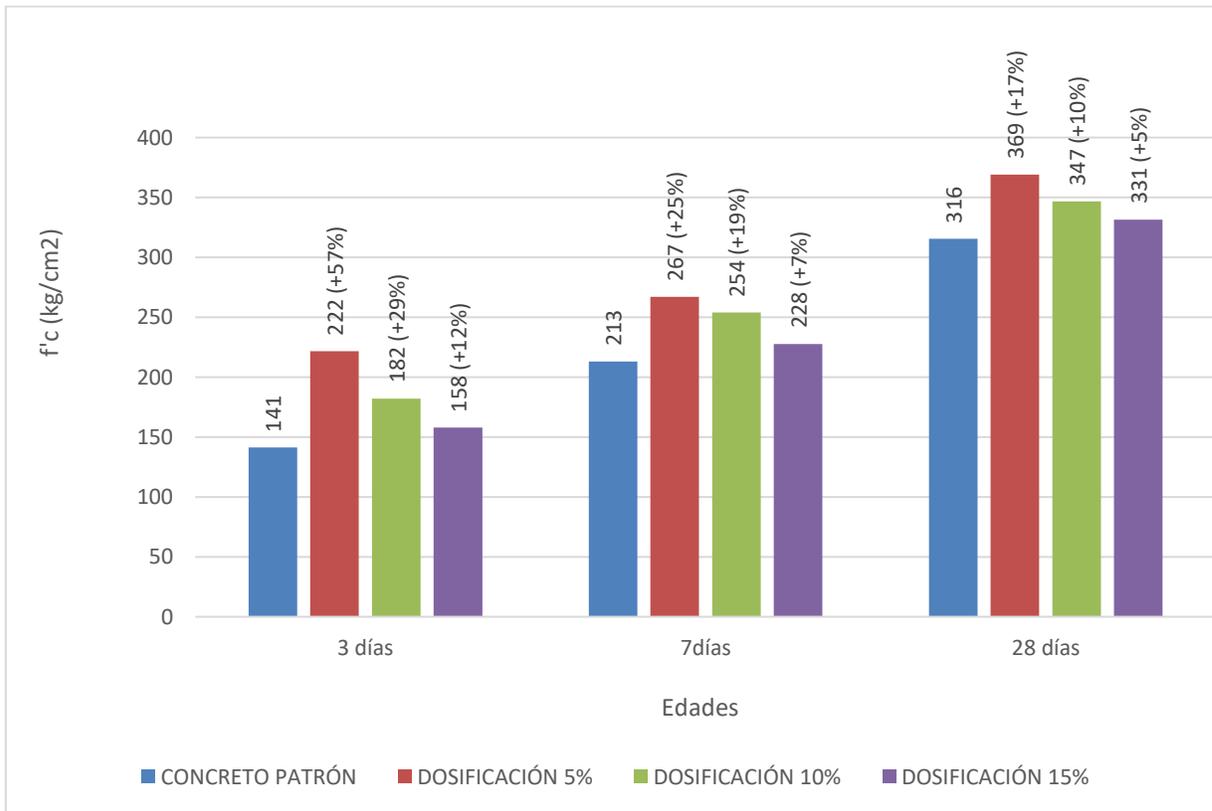
*Resistencia a la carga axial  $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días*



Nota: Se presentan los resultados de los ensayos de resistencia al esfuerzo de carga axial para las dosificaciones de aditivo microsíllice al 0 % (concreto patrón), 5 %, 10 % y 15 en reemplazo de la masa del cemento; para una mezcla de concreto con un  $f^c$  de diseño de  $280 \text{ kg/cm}^2$  a 28 días. Entre paréntesis la mejora en la resistencia sobre la muestra de concreto patrón. Para revisar la memoria de cálculo respectiva a dichos resultados, dirigirse al anexo 6.

Figura 15:

*Resumen de resultados de resistencia a compresión de concreto  $f_c$  de diseño  $280 \text{ kg/cm}^2$*



Nota: Se presenta el resumen de los resultados de la resistencia a la compresión, mostrando las 3 edades de estudio (3 días, 7 días y 28 días) y las 4 dosificaciones de diseño (0 %, 5 %, 10 % 15 %) para una resistencia de diseño a esfuerzos de carga axial de  $280 \text{ kg/cm}^2$ .

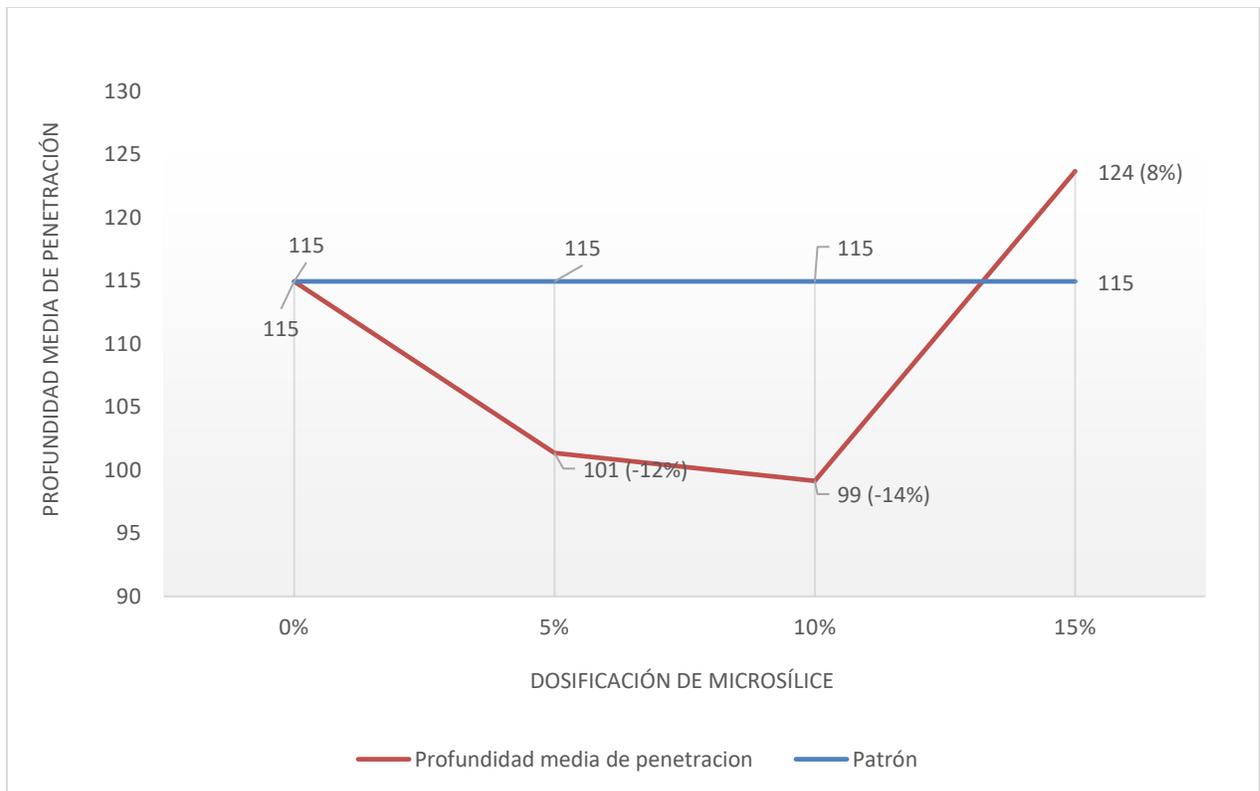
### 3.5. Ensayos de Permeabilidad del Hormigón Según la Norma en 12390-8

Los ensayos de permeabilidad fueron realizados respetando los parámetros establecidos en la norma europea EN 12390-8. Las pruebas se realizaron en un laboratorio tercerizado, por contar en sus instalaciones con un equipo que permita la aplicación de una presión constante de agua a las probetas de concreto; dicha máquina cumple con lo establecido por la norma mencionada líneas arriba.

#### 3.5.1. Permeabilidad por penetración de agua del hormigón con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ según la norma EN 12390-8

Figura 16:

*Resultados de prueba de permeabilidad por penetración de agua para resistencia a la carga axial de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$*

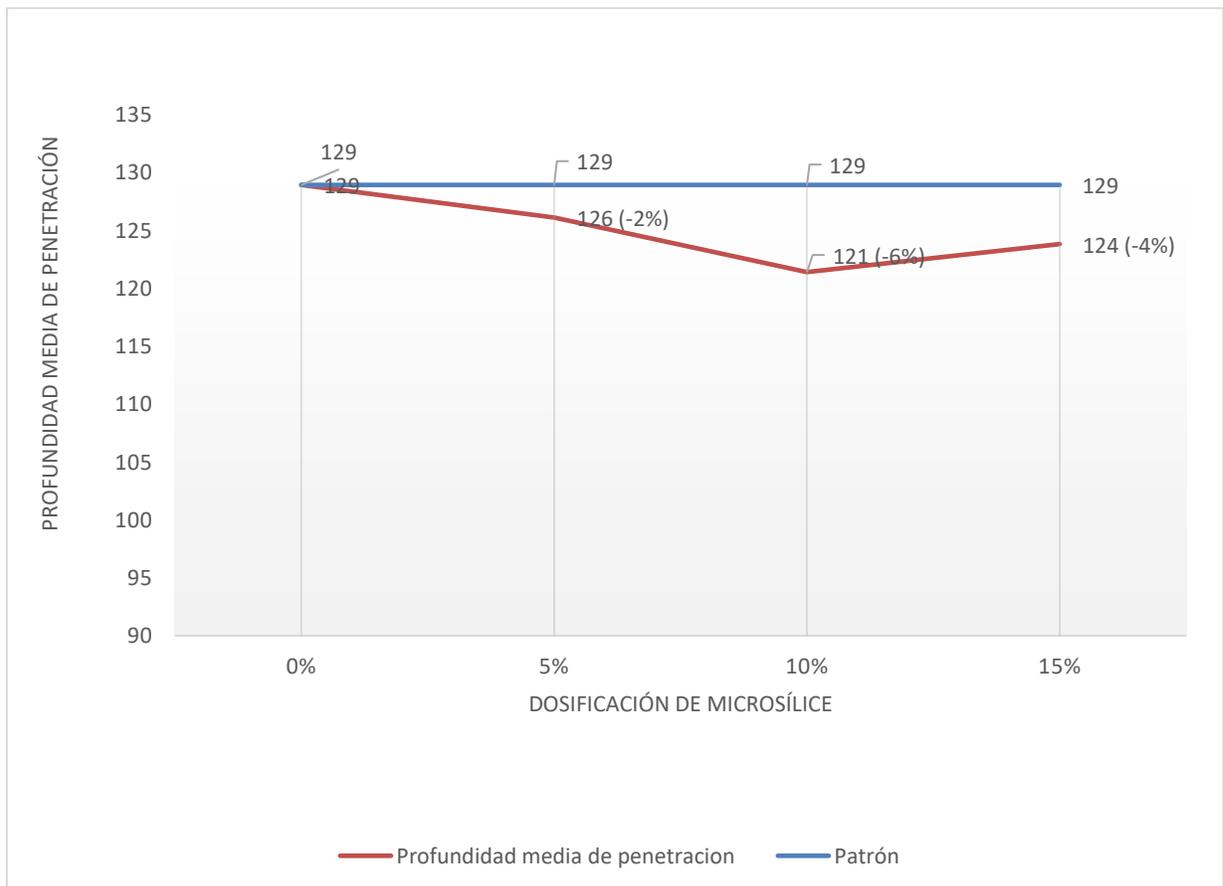


Nota: Se nos muestran los resultados de ensayos de penetración de agua para cada dosificación de mezcla de resistencia al esfuerzo de carga axial  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . En el eje Y se aprecia el valor de la profundidad de penetración, y entre paréntesis se aprecia que variación representa aquel resultado con respecto al concreto patrón.

### 3.5.2. Permeabilidad por penetración de agua del hormigón con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ según la norma EN 12390-8

Figura 17:

Resultados de prueba de permeabilidad por penetración de agua para resistencia a la carga axial de diseño de  $280 \text{ kg/cm}^2$



Nota: Se nos muestran los resultados de ensayos de penetración de agua para cada dosificación de mezcla de resistencia al esfuerzo de carga axial  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ . En la etiqueta de datos se aprecia el valor de la profundidad de penetración, y entre paréntesis se aprecia que variación representa aquel resultado con respecto al concreto patrón.

### 3.6. Prueba de Hipótesis

#### 3.6.1. Resistencia a la compresión

##### 3.6.1.1. Análisis de distribución normal

En las tablas 16, 17, 18, 19, 20 y 21, se visualizan a continuación los resultados de las prueba de Shapiro-Wilk, para todas las resistencias de diseño, todas las edades y todas las dosificaciones del aditivo.

Tabla 16:

*Prueba de normalidad de Shapiro Wilk para esfuerzo de compresión a los 3 días de curado,  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

Muestra	Estadístico	gl	Sig.
Concreto patrón	0.928	3	0.427
Concreto con adición 5% microsíllice	0.998	3	0.9
Concreto con adición 10% microsíllice	0.921	3	0.411
Concreto con adición 15% microsíllice	0.893	3	0.345

Nota: Test de Shapiro Wilk, para analizar la normalidad que siguen los valores de resistencia mecánica a la carga axial de los especímenes de hormigón para  $f'c$  de diseño  $210 \text{ kg/cm}^2$  y 3

días de curado. Se tomó un nivel de significancia mayor al 5 % (0.05), por lo que se admite la hipótesis nula. Esta hipótesis nula implica que las muestras se distribuyen de forma normal.

Tabla 17:

*Prueba de Shapiro Wilk para esfuerzo de compresión a los 7 días de curado,  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

<b>Nombre</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Concreto patrón	0.99	3	0.818
Concreto con adición 5 % microsíllice	0.949	3	0.476
Concreto con adición 10 % microsíllice	0.981	3	0.726
Concreto con adición 15 % microsíllice	0.869	3	0.288

Nota: Test de Shapiro Wilk, para analizar la normalidad que siguen los valores de resistencia mecánica a la carga axial de los especímenes de hormigón para  $f'c$  de diseño  $210 \text{ kg/cm}^2$  y 7 días de curado. Se tomó un nivel de significancia mayor al 5 % (0.05), por lo que se admite la hipótesis nula. Esta hipótesis nula implica que las muestras se distribuyen de manera normal.

Tabla 18:

*Prueba ShapiroWilk para esfuerzo de compresión a edad de 28 días de curado,  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

Nombre	Estadístico	gl	Sig.
Concreto patrón	0.919	3	0.406
Concreto con adición 5% microsíllice	0.86	3	0.267
Concreto con adición 10% microsíllice	0.909	3	0.382
Concreto con adición 15% microsíllice	0.996	3	0.879

Nota: Test de Shapiro Wilk, para analizar la normalidad que siguen los valores de resistencia mecánica a la carga axial de los especímenes de hormigón para  $f'c$  de diseño  $210 \text{ kg/cm}^2$  y 28 días de curado. Se tomó un nivel de significancia mayor al 5 % (0.05), por lo que se admite la hipótesis nula. Esta hipótesis nula implica que las muestras se distribuyen de manera normal.

Tabla 19:

*Shapiro Wilk para esfuerzo de compresión a edad de 3 días de curado,  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$*

Tipo	Estadístico	gl	Sig.
Concreto patrón	0.961	3	0.521
Concreto con adición 5% microsíllice	0.937	3	0.448
Concreto con adición 10% microsíllice	0.778	3	0.079
Concreto con adición 15% microsíllice	0.981	3	0.726

Nota: Test de Shapiro Wilk, para analizar la normalidad que siguen los valores de resistencia mecánica a la carga axial de los especímenes de hormigón para  $f'c$  de diseño  $280 \text{ kg/cm}^2$  y 3 días de curado. Se tomó un nivel de significancia mayor al 5 % (0.05), por lo que se admite la hipótesis nula. Esta hipótesis nula implica que las muestras se distribuyen de manera normal.

Tabla 20:

*Shapiro Wilk para esfuerzo de compresión a los 7 días,  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$*

<b>Nombre</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Concreto patrón	0.999	3	0.95
Concreto con adición 5% microsíllice	0.977	3	0.685
Concreto con adición 10% microsíllice	0.895	3	0.349
Concreto con adición 15% microsíllice	0.829	3	0.194

Nota: Test de Shapiro Wilk, para analizar la normalidad que siguen los valores de resistencia mecánica a la carga axial de los especímenes de hormigón para  $f'c$  de diseño  $280 \text{ kg/cm}^2$  y 7 días de curado. Se tomó un nivel de significancia mayor al 5 % (0.05), por lo que se admite la hipótesis nula. Esta hipótesis nula implica que las muestras se distribuyen de manera normal.

Tabla 21:

*Shapiro Wilk para esfuerzo de carga axial a los 28 días,  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$*

<b>Nombre</b>	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
Concreto patrón	0.977	3	0.685
Concreto con adición 5% microsíllice	0.892	3	0.342
Concreto con adición 10% microsíllice	0.997	3	0.89
Concreto con adición 15% microsíllice	0.796	3	0.116

Nota: Test de Shapiro Wilk, para analizar la normalidad que siguen los valores de resistencia mecánica a la carga axial de los especímenes de hormigón para  $f'c$  de diseño  $280 \text{ kg/cm}^2$  y 28

días de curado. Se tomó un nivel de significancia mayor al 5 % (0.05), por lo que se admite la hipótesis nula. Esta hipótesis nula implica que las muestras se distribuyen de manera normal.

### **3.6.1.2. Análisis de varianza**

Se presenta la prueba de análisis de varianza, o ANOVA de dos factores. Esta prueba tiene como objetivo determinar la aceptación o rechazo de la hipótesis nula. Dicha hipótesis nula establece que todas las medias de grupos de muestras carecen de diferencia significativa.

- $H_0$  = La dosificación de aditivo microsíllice no tiene influencia significativa en la resistencia a la compresión del hormigón.
- $H_a$  = La dosificación de aditivo microsíllice influyen significativamente en al menos algún valor de resistencia a la compresión del concreto.

Tabla 22:

*Análisis de varianza para datos de resistencia a compresión a la edad de 3 días*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Resistencia de diseño	15026.38	1	15026.38	972.32	9.33311E-16	4.49
Dosificación de aditivo	12614.76	3	4204.92	272.09	6.17519E-14	3.24
Interacción	1340.68	3	446.89	28.92	1.07104E-06	3.24
Dentro del grupo	247.27	16	15.45			
<b>Total</b>	<b>29229.09</b>	<b>23</b>				

Nota: Análisis de varianza para ambas resistencias a compresión a 3 días. Observamos que, el valor del factor F (razón entre las medias de la respectiva suma de cuadrados y la media del error experimental) es mayor que el valor crítico para F. Además el valor de la probabilidad p (el valor p es la probabilidad de observar un valor mayor que la razón F de la distribución F cuando en realidad la hipótesis nula es verdadera) es muy bajo. Esto implica que la hipótesis nula se rechaza y por ende, se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 23:

*Análisis de varianza para datos de resistencia a la carga axial a la edad de 7 días*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Resistencia de diseño	18793.66	1	18793.66	258.78	2.66555E-11	4.49
Dosificación de aditivo	6618.74	3	2206.25	30.38	7.69313E-07	3.24
Interacción	607.59	3	202.53	2.79	0.074250884	3.24
Dentro del grupo	1162.01	16	72.63			
<b>Total</b>	<b>27182.00</b>	<b>23</b>				

Nota: Se muestra el análisis de varianza datos de esfuerzo de compresión a los 7 días. Observamos que, en los factores de resistencia de diseño y dosificación de aditivo, el valor del factor F (razón entre las medias de la respectiva suma de cuadrados y la media del error experimental) es mayor que el valor crítico para F. Además el valor de la probabilidad  $p$  (el valor  $p$  es la probabilidad de observar un valor mayor que la razón F de la distribución F cuando en realidad la hipótesis nula es verdadera) es muy bajo. Esto implica que la hipótesis nula se rechaza y por ende, se acepta la hipótesis alternativa.

Tabla 24:

*Análisis de varianza para datos de resistencia a la carga axial a la edad de 28 días*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Resistencia de diseño	15325.09	1	15325.09	346.67	2.87534E-12	4.49
Dosificación de aditivo	8903.35	3	2967.78	67.13	2.77789E-09	3.24
Interacción	112.39	3	37.46	0.85	0.488001169	3.24
Dentro del grupo	707.31	16	44.21			
<b>Total</b>	<b>25048.13</b>	<b>23</b>				

Nota: Se muestra el análisis de varianza para datos de esfuerzo de compresión a la edad de 28 días. Observamos que, para los factores de resistencia de diseño y dosificación de aditivo, el valor del factor F (razón entre las medias de la respectiva suma de cuadrados y la media del error experimental) es mayor que el valor crítico para F. Además el valor de la probabilidad  $p$  (el valor  $p$  es la probabilidad de observar un valor mayor que la razón F de la distribución F cuando en realidad la hipótesis nula es verdadera) es muy bajo. Esto implica que la hipótesis nula se rechaza y por ende, se acepta la hipótesis alternativa.

### 3.6.1.3. Análisis post prueba

A continuación; se realiza la post prueba con el método de análisis Tukey (edad de curado de 3, 7 y 28 días), para determinar cuál dosis de aditivo es la que tiene positivamente de forma significativa en la resistencia a compresión.

La tabla 25 compara resultados de resistencia a la carga axial a los 3 días para el  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para determinar mediante comparaciones de grupos, cuál dosis de aditivo es la que tiene influencia positiva significativa en la resistencia a compresión. Cuando el valor p (*p-value*) es menor que  $\alpha = 0.05$ , se considera que existe una diferencia significativa. Por ejemplo, en la primera fila se concluye que existe *diferencia significativa*, esto quiere decir que el aditivo alteró la resistencia de las muestras, generando una diferencia significativa entre las muestras patrón y las muestras con 5 % de dosificación de microsílíce.

La tabla 26 compara resultados de resistencia a la carga axial a la edad de 3 días para el  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para determinar mediante comparaciones de grupos, cuál dosis de aditivo es la que tiene influencia positiva significativa en la resistencia a compresión. Cuando el valor p (*p-value*) es menor que  $\alpha = 0.05$ , se considera que existe una diferencia significativa.

La tabla 27 compara resultados de resistencia a la carga axial para el  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 7 días, para determinar mediante comparaciones de grupos, cuál dosis de aditivo es la que tiene influencia positiva significativa en la resistencia a compresión. Cuando el valor p (*p-value*) es menor que  $\alpha = 0.05$ , se considera que existe una diferencia significativa.

La tabla 28 compara resultados de resistencia a la carga axial para el  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a la edad de 7 días, para determinar mediante comparaciones de grupos, cuál dosis de aditivo es

la que tiene influencia positiva significativa en la resistencia a compresión. Cuando el valor  $p$  ( $p$ -value) es menor que  $\alpha = 0.05$ , se considera que existe una diferencia significativa.

La tabla 29 compara resultados de resistencia a la carga axial a la edad de 28 días para el  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para determinar mediante comparaciones de grupos, cuál dosis de aditivo es la que tiene influencia positiva significativa en la resistencia a compresión. Cuando el valor  $p$  ( $p$ -value) es menor que  $\alpha = 0.05$ , se considera que existe una diferencia significativa.

La tabla 30 compara resultados de resistencia a la carga axial a la edad de 28 días para el  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para determinar mediante comparaciones de grupos, cuál dosis de aditivo es la que tiene influencia positiva significativa en la resistencia a compresión. Cuando el valor  $p$  ( $p$ -value) es menor que  $\alpha = 0.05$ , se considera que existe una diferencia significativa.

Tabla 25:

*Resultados de prueba Tukey para  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a 3 días*

<b>GROUP 1</b>	<b>GROUP 2</b>	<b>MEAN</b>	<b>STD ERR</b>	<b>Q- STAT</b>	<b>LOWER</b>	<b>UPPER</b>	<b>P-VALUE</b>	<b>MEAN- CRIT</b>	<b>COHEN D</b>	<b>CONCLUSIÓN</b>
<b>Patrón</b>	<b>5 % Microsílice</b>	43.68	1.93	22.64	34.94	52.42	0.000001105	8.74	13.07	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>10 % Microsílice</b>	19.35	1.93	10.03	10.61	28.09	0.000469484	8.74	5.79	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>15 % Microsílice</b>	14.08	1.93	7.30	5.34	22.82	0.003809066	8.74	4.21	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>10 % Microsílice</b>	24.33	1.93	12.61	15.59	33.07	0.000092101	8.74	7.28	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	29.60	1.93	15.34	20.86	38.34	0.000021560	8.74	8.86	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>10 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	5.27	1.93	2.73	-3.47	14.01	0.288181588	8.74	1.58	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA

Tabla 26:

*Resultados de prueba Tukey para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a 3 días*

GROUP 1	GROUP 2	MEAN	STD ERR	Q- STAT	LOWER	UPPER	P-VALUE	MEAN- CRIT	COHEN D	CONCLUSIÓN
<b>Patrón</b>	<b>5 % Microsílice</b>	80.41	2.57	31.35	68.79	92.03	0.000000084	11.62	18.10	<b>DIFERENCIA SIGNIFICATIVA</b>
<b>Patrón</b>	<b>10 % Microsílice</b>	40.70	2.57	15.87	29.08	52.32	0.000016725	11.62	9.16	<b>DIFERENCIA SIGNIFICATIVA</b>
<b>Patrón</b>	<b>15 % Microsílice</b>	16.57	2.57	6.46	4.96	28.19	0.007917367	11.62	3.73	<b>DIFERENCIA SIGNIFICATIVA</b>
<b>5 % Microsílice</b>	<b>10 % Microsílice</b>	39.71	2.57	15.48	28.09	51.33	0.000020133	11.62	8.94	<b>DIFERENCIA SIGNIFICATIVA</b>
<b>5 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	63.84	2.57	24.89	52.22	75.45	0.000000535	11.62	14.37	<b>DIFERENCIA SIGNIFICATIVA</b>
<b>10 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	24.13	2.57	9.41	12.51	35.74	0.000729863	11.62	5.43	<b>DIFERENCIA SIGNIFICATIVA</b>

Tabla 27:

*Resultados de prueba Tukey para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a 7 días*

GROUP 1	GROUP 2	MEAN	STD ERR	Q-STAT	LOWER	UPPER	P-VALUE	MEAN-CRIT	COHEN D	CONCLUSIÓN
<b>Patrón</b>	<b>5 % Microsílice</b>	33.79	5.62	6.01	8.34	59.25	0.011935	25.46	3.47	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>10 % Microsílice</b>	21.03	5.62	3.74	-4.42	46.49	0.109577	25.46	2.16	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>15 % Microsílice</b>	14.50	5.62	2.58	-10.95	39.96	0.329537	25.46	1.49	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>10 % Microsílice</b>	12.76	5.62	2.27	-12.70	38.21	0.427514	25.46	1.31	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	19.29	5.62	3.43	-6.17	44.74	0.148870	25.46	1.98	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>10 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	6.53	5.62	1.16	-18.93	31.98	0.842962	25.46	0.67	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA

Tabla 28:

*Resultados de prueba Tukey para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a 7 días*

GROUP 1	GROUP 2	MEAN	STD ERR	Q-STAT	LOWER	UPPER	P-VALUE	MEAN-CRIT	COHEN D	CONCLUSIÓN
<b>Patrón</b>	<b>5 % Microsílice</b>	54.16	4.10	13.20	35.58	72.73	0.000066	18.58	7.62	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>10 % Microsílice</b>	41.02	4.10	10.00	22.45	59.60	0.000479	18.58	5.77	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>15 % Microsílice</b>	14.61	4.10	3.56	-3.96	33.19	0.130887	18.58	2.06	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>10 % Microsílice</b>	13.13	4.10	3.20	-5.45	31.71	0.186054	18.58	1.85	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	39.54	4.10	9.64	20.97	58.12	0.000617	18.58	5.57	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>10 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	26.41	4.10	6.44	7.83	44.99	0.008079	18.58	3.72	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

Tabla 29:

*Resultados de prueba Tukey para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a 28 días*

GROUP 1	GROUP 2	MEAN	STD ERR	Q- STAT	LOWER	UPPER	P- VALUE	MEAN- CRIT	COHEN D	CONCLUSIÓN
<b>Patrón</b>	<b>5 % Microsílice</b>	52.58	2.22	23.64	42.51	62.66	0.0000008	10.08	13.65	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>10 % Microsílice</b>	35.72	2.22	16.06	25.65	45.80	0.0000153	10.08	9.27	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>15 % Microsílice</b>	25.89	2.22	11.64	15.81	35.96	0.0001644	10.08	6.72	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>10 % Microsílice</b>	16.86	2.22	7.58	6.79	26.94	0.0030090	10.08	4.38	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	26.69	2.22	12.00	16.62	36.77	0.0001319	10.08	6.93	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>10 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	9.83	2.22	4.42	-0.24	19.91	0.0557251	10.08	2.55	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA

Tabla 30:

*Resultados de prueba Tukey para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  a 28 días*

GROUP 1	GROUP 2	MEAN	STD ERR	Q- STAT	LOWER	UPPER	P- VALUE	MEAN- CRIT	COHEN D	CONCLUSIÓN
<b>Patrón</b>	<b>5 % Microsílice</b>	53.39	4.95	10.78	30.97	75.82	0.0002831	22.43	6.23	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>10 % Microsílice</b>	31.23	4.95	6.31	8.80	53.65	0.0091132	22.43	3.64	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>15 % Microsílice</b>	15.82	4.95	3.20	-6.60	38.25	0.1871317	22.43	1.84	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>10 % Microsílice</b>	22.17	4.95	4.48	-0.26	44.60	0.0526638	22.43	2.58	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	37.57	4.95	7.59	15.14	60.00	0.0029897	22.43	4.38	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>10 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	15.40	4.95	3.11	-7.03	37.83	0.2029964	22.43	1.80	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA

### 3.6.2. Permeabilidad (según norma EN 12390-8):

#### 3.6.2.1. Análisis de distribución normal

En esta sección, se visualiza a continuación los resultados de las prueba de Shapiro-Wilk, para todas las resistencias de diseño, a la edad de 28 días y para todas las dosificaciones del aditivo.

Tabla 31:

*Prueba de Shapiro Wilk para permeabilidad,  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

Nombre	Estadístico	gl	Sig.
Concreto patrón	1	3	0.999998948
Concreto con adición 5 % microsíllice	1	3	0.999998937
Concreto con adición 10 % microsíllice	1	3	0.999998948
Concreto con adición 15 % microsíllice	1	3	1.000000000

Nota: Test de Shapiro Wilk fue utilizada para analizar la normalidad de los valores de la permeabilidad (según norma EN 12390-8) de los testigos de concreto para  $f'c$  de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Se tomó un nivel de significancia mayor al 5 % (0.05), por lo que se admite la hipótesis nula, la cual implica que los datos de las muestras se distribuyen normalmente.

Tabla 32:

*Prueba de Shapiro Wilk para permeabilidad,  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$*

Nombre	Estadístico	gl	Sig.
Concreto patrón	1	3	1.0000000
Concreto con adición 5% microsíllice	1	3	1.0000000
Concreto con adición 10% microsíllice	1	3	1.0000000
Concreto con adición 15% microsíllice	1	3	0.9999989

Nota: Test de Shapiro Wilk fue utilizada para analizar la normalidad de los valores de la permeabilidad (según norma EN 12390-8) de los testigos de concreto para  $f'c$  de diseño de  $280 \text{ kg/cm}^2$ . Se tomó un nivel de significancia mayor al 5 % (0.05), por lo que se admite la hipótesis nula, la cual implica que los datos de las muestras se distribuyen normalmente.

### 3.6.2.2. Análisis de varianza

Se presenta la prueba de análisis de varianza, o ANOVA de dos factores. Esta prueba tiene como objetivo determinar la aceptación o rechazo de la hipótesis nula. Dicha hipótesis nula establece que todas las medias de grupos de muestras carecen de diferencia significativa. Esto se traduce de la siguiente forma:

- $H_0$  = La dosificación de aditivo microsíllice no afecta significativamente la resistencia a la carga axial del hormigón.
- $H_a$  = La dosificación de aditivo microsíllice afecta de forma significativa a al menos algún valor de resistencia a la carga axial del hormigón.

Tabla 33:

*Análisis de varianza para permeabilidad a la edad de 28 días*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad P</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Resistencia de diseño	1,406.32	1	1,406.32	76.93	0.0000001647251	4.49
Dosificación de aditivo	749.09	3	249.70	13.66	0.0001117616101	3.24
Interacción	552.82	3	184.27	10.08	0.0005704379109	3.24
Dentro del grupo	292.47	16	18.28			
<b>Total</b>	<b>3,000.70</b>	<b>23</b>				

Nota: Se muestra la prueba ANOVA para los datos de permeabilidad a la edad de 28 días. Observamos que, el valor del factor F (razón entre las medias de la respectiva suma de cuadrados y la media del error experimental) es mayor que el valor crítico para F. Además el valor de la probabilidad p (el valor p es la probabilidad de observar un valor mayor que la razón F de la distribución F cuando en realidad la hipótesis nula es verdadera) es muy bajo. Esto implica que la hipótesis nula se rechaza y por ende, se acepta la hipótesis alternativa.

### 3.6.2.3. Análisis post prueba

Con el análisis ANOVA BIFACTORIAL, se aceptó la hipótesis alternativa, la cual indica que las adiciones de microsíllice afectan significativamente la permeabilidad del hormigón. A continuación, se realiza la post prueba con el método de análisis Tukey (edad de curado de 28 días) para ambos  $f^c$  de diseño, para determinar cuál dosis de aditivo es la que tiene influencia positiva significativa en la permeabilidad.

La tabla 34 compara resultados de permeabilidad a la edad de 28 días para el  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para determinar mediante comparaciones de grupos, cuál dosis de aditivo es la que tiene influencia positiva significativa en la permeabilidad. Cuando el valor  $p$  ( $p$ -value) es menor que  $\alpha = 0.05$ , se considera que existe una diferencia significativa. Por ejemplo, en la primera fila se concluye que existe *diferencia significativa*, esto quiere decir que el aditivo alteró la permeabilidad de las muestras, generando una diferencia significativa entre las muestras patrón y las muestras con 5 % de dosificación de microsíllice.

La tabla 35 compara resultados de permeabilidad a la edad de 28 días para el  $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , para determinar mediante comparaciones de grupos, cuál dosis de aditivo es la que tiene influencia positiva significativa en la permeabilidad. Cuando el valor  $p$  ( $p$ -value) es menor que  $\alpha = 0.05$ , se considera que existe una diferencia significativa.

Tabla 34:

Resultados de prueba Tukey para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

GROUP 1	GROUP 2	MEAN	STD ERR	Q-STAT	LOWER	UPPER	P-VALUE	MEAN- CRIT	COHEN D	CONCLUSIÓN
<b>Patrón</b>	<b>5 % Microsílice</b>	13.57	2.95	4.60	0.20	26.95	0.046766094	13.38	2.65	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>10 % Microsílice</b>	15.79	2.95	5.35	2.41	29.16	0.022413297	13.38	3.09	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>15 % Microsílice</b>	8.72	2.95	2.95	-4.66	22.09	0.235640390	13.38	1.70	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>10 % Microsílice</b>	2.22	2.95	0.75	-11.16	15.59	0.949202615	13.38	0.43	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	22.29	2.95	7.55	8.92	35.67	0.003088174	13.38	4.36	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA
<b>10 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	24.51	2.95	8.30	11.13	37.88	0.001683205	13.38	4.79	DIFERENCIA SIGNIFICATIVA

Tabla 35:

Resultados de prueba Tukey para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

GROUP 1	GROUP 2	MEAN	STD ERR	Q- STAT	LOWER	UPPER	P-VALUE	MEAN- CRIT	COHEN D	CONCLUSIÓN
<b>Patrón</b>	<b>5 % Microsílice</b>	2.82	1.86	1.52	-5.61	11.25	0.715013383	8.43	0.88	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>10 % Microsílice</b>	7.53	1.86	4.04	-0.90	15.96	0.081131706	8.43	2.33	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>Patrón</b>	<b>15 % Microsílice</b>	5.12	1.86	2.75	-3.31	13.55	0.283805245	8.43	1.59	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>10 % Microsílice</b>	4.71	1.86	2.53	-3.72	13.14	0.344848669	8.43	1.46	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>5 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	2.30	1.86	1.23	-6.13	10.73	0.819079084	8.43	0.71	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA
<b>10 % Microsílice</b>	<b>15 % Microsílice</b>	2.41	1.86	1.29	-6.02	10.84	0.797607512	8.43	0.75	DIFERENCIA NO SIGNIFICATIVA

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión de Resultados

#### *Caracterización de agregados:*

Con respecto a la caracterización de agregados, se realizó el ensayo de granulometría en conformidad con las normas técnicas correspondientes. El tamaño máximo del agregado grueso es de  $\frac{3}{4}$ " (igual que las especificaciones del distribuidor), un módulo de finura de 6.53 y las cantidades de material pasante de los tamices estaban dentro de los límites mínimos y máximos indicados en el huso granulométrico nro. 57, lo que significa que cumple con el criterio de aceptación del agregado grueso estipulado en la norma NTP 400.037; inclusive más del 96 % del material es retenido antes de la malla nro. 4; esto nos da a entender que el agregado grueso es de tamaño adecuado para garantizar trabajabilidad y resistencia, tiene buena gradación y está libre de materiales finos indeseables. También el agregado grueso tiene un humedad relativamente baja de 0.50 %,  $1359 \text{ kg/m}^3$  es el valor del peso unitario suelto y compactado de  $1562 \text{ kg/m}^3$ . El peso específico de masa (PeM) del agregado grueso resultante es de  $2.46 \text{ gr/cm}^3$  y su absorción de 1.90 %.

El agregado fino, se caracterizó de la misma forma. Su módulo de finura es de 2.76, el cual está dentro de los límites de aceptación del agregado estipulados en la norma NTP 400.037, que son entre 2.3 y 3.1. Las cantidades de material pasante de los tamices no estaba del todo dentro de los límites mínimos y máximos indicados en el criterio de aceptación de la norma NTP 400.037, pero esto no es suficiente para rechazar el agregado, debido a que al ensayar las probetas a compresión se alcanzaron las resistencias de diseño, por lo que se decidió darle la conformidad al mismo. También el agregado fino tiene un humedad evaporable de 1.20 %, el peso unitario tiene un valor de  $1690 \text{ kg/m}^3$  suelto y

1899 kg/m<sup>3</sup> compactado. El peso específico de masa (PeM) del agregado grueso resultante es de 2.45 gr/cm<sup>3</sup> y su absorción de 2.20 %.

#### ***Diseño de mezcla:***

Se realizó el diseño de mezcla según ACI 211.1 con los datos resultantes de la caracterización de agregados y posteriormente el mezclado y vaciado en tandas de 40 litros.

#### ***Ensayos de hormigón en estado fresco:***

En cuanto a los resultados de los ensayos de concreto en estado fresco, tal y como lo dicta la bibliografía revisada y los antecedentes, **el empleo de microsílíce reduce la trabajabilidad del concreto en estado fresco, motivo por el cual fue necesario usar un aditivo plastificante, el cual se vació en dosis bajas en el concreto; para que no afecte otras propiedades en él y así puede prevenirse la pérdida de trabajabilidad.** Esta misma situación se encontró en la tesis de Vega (2019), quien además de experimentar lo mencionado líneas arriba descubrió que el tiempo de mezclado del plastificante y la manera en que se aplica, influyen en la conservación del valor del slump. Vega mantuvo un slump constante de 10 cm (4 pulg) para dosificaciones de microsílíce de 10 %, 15 % y 20 % en reemplazo del cemento MS, y lo hizo añadiendo el plastificante directo a la mezcla (en lugar de diluirlo en agua para la mezcla) y mezclándolo por unos 3 minutos adicionales. Vega empleó el producto EUCO 537 (superplastificante, reductor de agua, ahorrador de cemento, proporciona un ligero efecto retardante) a una dosis de 1.5 %, con un ratio agua/cementante de 0.36.

### ***Resistencia a la compresión:***

En cuanto a las pruebas de resistencia a la carga axial: **Todas las dosificaciones del aditivo de microsilíce, demostraron mejoras en la resistencia a la carga axial del hormigón.** Este resultado coincide con lo que dice la teoría encontrada en Hermida (2013) y Waqas et al. (2012) quienes explican **que esta mejora se debe a que la microsilíce reacciona químicamente con el CH (hidróxido de calcio) del cemento convirtiéndolo en CSH (silicato de calcio hidratado), este último es responsable de la capacidad para soportar esfuerzos compresivos del concreto fraguado. Además, al tener más finura que el cemento y los agregados, la microsilíce llena los espacios vacíos en la mezcla (relleno), lo cual le brinda a esta mayor densidad y compacidad.**

Los mayores incrementos de esta cualidad encontrados, se obtuvieron con la dosificación de 5 % de microsilíce (dosificación óptima) en reemplazo del cemento. A partir de allí, la mejora en la resistencia empieza a disminuir conforme aumentamos la dosificación del aditivo, siendo los incrementos de resistencia más bajos los que se obtuvieron con una dosificación del 15 %. **Esto se debe a que altas concentraciones de microsilíce en reemplazo del cemento implican menor cantidad de este último, el cual es el material aglomerante, principal responsable de dar resistencia a la compresión a la mezcla. Además, emplear menos cemento manteniendo la misma masa de agua, aumenta la relación a/c, lo cual perjudica la resistencia (y también la permeabilidad y densidad) de la mezcla.** Esto coincide con los hallazgos de Alshammari (2018), según los cuales, **las partículas de sílice tienen un punto de equilibrio donde el efecto de su capacidad de rellenar vacíos en el concreto tiene un efecto máximo sobre la resistencia a compresión y disminución de la porosidad. Pasado ese punto de equilibrio, su eficiencia en el esfuerzo de compresión y en su capacidad para mitigar la penetración del agua, disminuyen al perder**

**trabajabilidad y plasticidad; es decir, que la ventaja de llenar los vacíos se compensa con la incapacidad de dispersar uniformemente sus nanopartículas.** En la presente investigación, esta pérdida de plasticidad logró mitigarse un poco al añadirse aditivo plastificante según se necesitaba.

La mejora más notoria registrada en la presente tesis, se dió a la edad de 3 días, donde:

- El incremento en resistencia mecánica axial fue del 41 % (para hormigón con  $f^c$  210 kg/cm<sup>2</sup>) y del 57 % (en el concreto con  $f^c$  de diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>) con relación a los concretos patrón. Esto demuestra que la microsílíce tiene la propiedad de mejorar la resistencia inicial del concreto.
- Con la dosificación del 10 % de microsílíce, se obtuvieron incrementos del 18 % y 29 % de resistencia a los esfuerzos axiales con relación a la muestra patrón para los concretos con resistencia de diseño de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.
- Con la dosificación del 15 % de microsílíce se obtuvieron los aumentos de resistencia más bajos, que son 13 % (para concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>) y 12 % (para concreto 280 kg/cm<sup>2</sup>) con relación a los concretos patrón.

A la edad de 7 días:

- Se obtuvo la mayor mejora de la resistencia a la compresión con la dosificación de 5 % de microsílíce, con un aumento del 20 % para el hormigón con  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> y de 25 % para  $f^c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>.
- Con la dosificación del 10 %, el incremento en la resistencia fue de 13 % para hormigón con  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> y 19 % para  $f^c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>.
- El menor incremento se obtuvo con la dosificación de 15 % de microsílíce, con un aumento del 9 % para el hormigón con  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> a los y de 7 % para el  $f^c = 280$  kg/cm<sup>2</sup>.

A la edad de 28 días, se obtuvieron las mayores resistencias alcanzadas, pero esto fue debido a la avanzada edad de curado.

- El concreto aumentó su resistencia a la carga axial en mayor medida con 5 % de microsílíce, con un aumento del 20 % para el hormigón con  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y de 17 % para  $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Con la dosificación del 10 %, el incremento en la resistencia fue de 14 % para hormigón con  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y 10 % para  $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Al mismo tiempo, el menor incremento se obtuvo con la dosificación de 15 % de microsílíce, con un aumento del 10 % para  $f^c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y de 5 % para  $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

La óptima proporción de aditivo para lograr el mayor esfuerzo a compresión encontrado en esta investigación fue de 5 % en reemplazo del cemento. Dichos datos sobre resistencia a esfuerzos axiales (que indican un aumento) no distan mucho de los hallazgos de Mendoza (2018), quien concluyó que la dosificación óptima para aumentar la resistencia a la carga axial en morteros con cemento tipo V es de 8 % de microsílíce (de la marca Sika, mismo producto utilizado para la presente tesis), logrando resistencias de  $401 \text{ kg/cm}^2$  (15 % más que el patrón) y  $432 \text{ kg/cm}^2$  (30 % más que el patrón) a las edades de 28 y 56 días respectivamente, con relación c:a de 1:3 y agua-material cementante de 0.65 (la relación agua- cementante usada en la presente tesis es de 0.558).

Por su parte, Zúñiga & Condori (2019) llegaron a la conclusión de que para un concreto con resistencia de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$  un 8 % de microsílíce logra los aumento más significativo de resistencia a compresión: 23 %, 25 % y 27 % más que la muestra patrón a edades de 3, 7 y 28 días respectivamente. Sin embargo, con una dosis de solo 4 % de microsílíce, el aumento es significativamente menor (tan solo aumento 4 %, 3 % y 7 % más que la muestra patrón a edades de 3, 7 y 28 días respectivamente). El punto de

máxima resistencia a compresión en el estudio de Zúñiga & Condori (2019) es similar a los demás antecedentes y al encontrado en la presente tesis, estas sutiles diferencias se pueden deber a otras variables ajenas a nuestro estudio como uso de cemento I en vez del tipo MS y la procedencia y características de los agregados.

Por otra parte, Vega (2019) encontró que para hormigón de alta resistencia de diseño ( $f'c = 500 \text{ kg/cm}^2$ ) con cemento tipo MS, 0.36 de ratio agua/cementante, edad de curado de 28 días y microsílíce en dosis de 10 %, 15 % y 20 % como aditivo, se llegó a la conclusión que las mayores resistencias al esfuerzo a carga axial se lograron con la dosis de 10 %, que representa 40 % más con relación a la muestra sin aditivo (con el 15 % de microsílíce se incrementó la resistencia en 33 % y con 20 % se aumentó en 25 %). Este resultado puede deberse a que el estudio no contempla las dosificaciones de 5 % y 8 %, pues muy posiblemente se obtendrían mayores resistencias entre esas dos dosificaciones.

### ***Permeabilidad***

Con respecto a los ensayos de permeabilidad según la norma EN 12390-8, se realizaron a los 28 días tal y como lo indica la mencionada norma y en casi todos los casos hubieron disminuciones en la penetración de agua. Esto se debe, según lo que indican los antecedentes y también lo que indica la teoría, a que **la microsílíce rellena los vacíos entre partículas de la mezcla (microrelleno) y reducen el diámetro de los capilares, lo cual se traduce en menor permeabilidad y mejor cohesión del hormigón.**

En los testigos de hormigón de  $f'c$  de diseño de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , la permeabilidad se reduce significativamente para las probetas con dosificación de 5 % y 10 % de microsílíce; obteniendo pérdidas de permeabilidad del 12 % y 14 % respectivamente para

las dosificaciones antes mencionadas. Para la dosificación del 15 % de microsílíce, hay un aumento poco significativo de permeabilidad (8 %) con respecto a la probeta patrón. **Dicho aumento de permeabilidad puede deberse a que al reemplazar una mayor cantidad de microsílíce por cemento manteniendo la masa de agua por tanda, aumentaría la relación a/c, lo cual aumenta la permeabilidad de la mezcla (también habría menor cantidad de cemento que funcione como ligante principal de todas las demás partículas);** lo que no ocurre con el concreto de resistencia a esfuerzos de carga axial (de diseño) de 280 kg/cm<sup>2</sup>, ya que aquí la proporción de cemento por tanda es mayor que con el f'c de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Adicionalmente, según los hallazgos de Alshammari (2018), existe un punto de equilibrio de dosificación, con la cuál la permeabilidad es mínima, pasado ese punto de equilibrio, la ventaja de llenar los vacíos se compensa con la incapacidad de dispersar uniformemente las micropartículas de sílice (es decir, se pierde plasticidad y trabajabilidad, motivo por el cual la distribución y mezclado de partículas ya no es óptima y los efectos del aditivo sobre la permeabilidad, disminuyen). Por último, pero no menos importante, los hallazgos de Loayza (2017) confirman que al usar mayor dosificación de microsílíce por encima de dicho punto de equilibrio, se produce mucha segregación, lo que genera pérdida de cohesión y por tanto mayor permeabilidad.

Lo escrito en el párrafo anterior, deja en evidencia que con 210 kg/cm<sup>2</sup> el punto óptimo con menor permeabilidad se alcanza con 10 % de microsílíce en reemplazo del peso del cemento.

Por otra parte, los hallazgos del presente estudio contrastan de cierta forma con los encontrados por Waqas, Ahmad, & Akram (2012), quienes obtuvieron que para una relación agua/ligante = 0.3 y una dosificación de microsílíce de 7.5 %, la permeabilidad se redujo drásticamente en 39 %, 52 % y 42 % para edades de 14, 28 y 56 días respectivamente; esta reducción fue mayor con dicho diseño de mezcla que con escoria

granulada de alto horno (GGBS) pura o combinaciones ternarias de GGBS y microsílíce. También, Mendoza (2018) concluyó que un 8 % de dosificación de microsílíce (empleando la marca Sika) es con la que se obtiene la menor permeabilidad para morteros con cemento tipo V, con 1:3 de relación cemento:arena y w:c de 0.65 y 9 % para relaciones c:a de 1:4 y w:c de 0.65, en ambos casos usaron aditivos acelerantes; concluyeron en su investigación que esto se debe a que mayor cantidad de arena (por ser un material fino) puede rellenar espacios vacíos de la mezcla.

Para los testigos de resistencia de diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup> sometidos a este ensayo, no se aprecia una reducción significativa de la permeabilidad en ninguna de las dosificaciones; siendo la dosificación del 10 % de microsílíce, la que logra la mayor pérdida de permeabilidad (-6 % con respecto al concreto patrón) y la dosificación de 5 % de microsílíce la que logra la menor disminución de permeabilidad (-2 % con respecto al concreto patrón).

#### ***Limitaciones:***

La poca disponibilidad del laboratorio de tecnologías del concreto de la Universidad Privada del Norte; motivo por el cual se tuvo que recurrir a laboratorios terceros.

#### ***Implicancias:***

Los resultados de esta investigación tienen una aplicación práctica porque permite determinar los porcentajes de adición de microsílíce en reemplazo del cemento que optimizan la mejora de la resistencia a carga axial y permeabilidad en el hormigón de cemento MS. Además los resultados de esta investigación en su mayoría coinciden con los resultados encontrados por los estudios tomados como antecedentes.

Por otra parte, estos resultados tienen una aplicación teórica porque aportan nueva información a la ingeniería del concreto, información que puede ser utilizada y profundizada por investigadores o por tesisistas.

#### 4.2. Conclusiones

- Se realizaron pruebas para caracterizaciones tanto del agregado fino como del agregado grueso y se emplearon dichos resultados para la elaboración de los diseños de mezcla con resistencias a compresión de diseño de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  según el código ACI 211.1. Para la  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , el diseño se basa en los siguientes porcentajes de materiales (en volumen): 12.27 % de cementante (cemento tipo MS + microsílce), 20.50 % de agua, 25.60 % de agregado fino, 39.62 % de agregado grueso y 2 % de aire. Para la  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , el diseño se basa en los siguientes porcentajes de materiales: 14.72 % de cementante (cemento tipo MS + microsílce), 20.50 % de agua, 23.16 % de agregado fino, 39.62 % de agregado grueso y 2 % de aire.
- Se realizaron los respectivos ensayos de concreto en estado fresco, y se concluyó que a mayor dosificación de aditivo microsílce, menor trabajabilidad y peso específico.
- De acuerdo con NTP 339.034, se realizaron los test de resistencia a la carga axial y se concluyó que la microsílce aumenta la capacidad de soportar esfuerzos mecánicos de compresión del hormigón de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$  en todas las edades, en comparación con las respectivas muestras patrón y que el mejor incremento en la resistencia mecánica a compresión se dio con la dosificación de 5 % en sustitución del cemento para todas las edades de curado. Las mayores resistencias a compresión observadas fueron de  $314 \text{ kg/cm}^2$  (20.10 % más que el hormigón sin aditivo) y  $369 \text{ kg/cm}^2$  (16.92 % más en relación al hormigón patrón) para las mezclas de  $210 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente y se lograron con una dosificación del 5 % de

microsílice en reemplazo del peso del cemento a los 28 días. Adicionalmente, se observó que a la edad de 3 días de curado la microsíllice aumentó la resistencia temprana de las muestras, siendo los mayores aumentos de resistencia a la carga axial de 41 % para concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> y de 57 % para el concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Análogamente, a la edad de 7 días las mayores resistencias obtenidas fueron de 201 kg/cm<sup>2</sup> (20 % más que el hormigón modelo) para la resistencia de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> y de 267 kg/cm<sup>2</sup> (25 % más que el patrón) para  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> con la dosis del 5 %.

- Se compararon los cambios en la permeabilidad de las muestras ensayadas con la norma EN 12390-8 con adiciones de microsíllice a los 28 días de curado y se concluyó que para ambas resistencias de diseño la menor permeabilidad se obtiene con la dosis de 10 % de microsíllice. Para el hormigón de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> la menor profundidad de penetración obtenida fue 99 mm (-14 % del concreto patrón) y la peor fue obtenida con la dosis de 15 % de microsíllice. Para el concreto de resistencia a la carga axial  $f'c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> (de diseño) la menor profundidad de penetración obtenida fue 121 mm (-6 % del concreto patrón) y la peor fue obtenida con la dosis de 15 % de microsíllice.
- Se realizaron las respectivas pruebas de hipótesis: Test de Shapiro Wilk (normalidad), también el análisis de varianza (para lo cual se empleó la prueba ANOVA bifactorial) y postprueba (Tukey); determinando que la añadidura de microsíllice tiene efecto en la resistencia a la carga axial del concreto y en su permeabilidad, alcanzándose la mayor resistencia significativa con 5 % de microsíllice y la mayor disminución significativa de permeabilidad con la dosis de 10 %.

### 4.3. Recomendaciones

- Se recomienda a ingenieros, empresas constructoras y demás profesionales del sector construcción civil, emplear el aditivo microsílíce en la construcción de elementos que estén expuestos a ataques químicos, corrosión o a penetración de fluidos indeseables; por ejemplo, estacionamientos, cimentaciones, techos, pavimentos de concreto, estructuras marinas, etc. También en elementos de concreto donde se requiera elevada resistencia a edad temprana y última; y en el vaciado por proyección neumática o shotcrete. Se recomienda realizar primero una evaluación beneficio-costo para determinar su conveniencia.
- Se recomienda a futuros tesisistas investigar la efectividad de otros compuestos puzolánicos como escoria granulada de alto horno o ceniza volante en la impermeabilización de concretos o morteros, a comparar su efectividad y ratio beneficio costo con la microsílíce o a usarlos de forma combinada como mezclas ternarias de cemento Portland. Se recomienda también investigar otras propiedades de la microsílíce que no han sido tratadas en la presente investigación; como resistencia a ataque de sulfatos, mayor resistencia a ciclos de hielo y deshielo, resistencia a abrasión, disminución de calor de hidratación, disminución del sangrado, mayor cohesión y disminución del rebote al momento de bombeo o para el shotcrete, etc.
- Se recomienda a los usuarios del producto en general, seguir las indicaciones de las fichas técnicas en cuanto a dosificaciones. También seguir las instrucciones referentes al modo de mezclado y almacenamiento, para no estropear al producto ni la mezcla resultante, pues la calidad de un concreto no solo depende de sus componentes sino del modo de mezclado (cantidad, orden, tiempo de mezclado, calidad de materiales, etc.). Una dosificación excesiva de aditivo puede generar

mejoras no óptimas en la resistencia a la compresión del concreto o su permeabilidad.

Esto se evidencia en la presente tesis y en los antecedentes.

- Se recomienda continuar con la investigación de la microsílíce sobre concreto o morteros con diferentes tipos de cemento o diferentes tipos de agregados o diferentes dosificaciones del aditivo, para evaluar el desempeño de la mezcla de cemento y microsílíce frente a diferentes variables.

## REFERENCIAS

- ACI 211.1. (2002). Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight and mass concrete. (A. C. Institute, Ed.) Estados Unidos. Retrieved Febrero 7, 2023
- ACI 318. (2008). Requisitos de reglamento para concreto estructural. Estados Unidos: American Concrete Institute. Retrieved Junio 18, 2021
- ACI 350. (2007, Abril). "Diseno simico de estructuras contenedoras de liquidos y comentario". (A. Vera, & S. Luco, Trans.) Estados Unidos: American Concrete Institute. Retrieved Junio 18, 2021, from <https://www.udocz.com/pe/read/63945/aci-350-06-requisitos-del-codigo-para-ingenieria-ambiental-estructuras-y-comentarios-de-hormigon>
- ACI CT. (2018, Marzo). Concrete Terminology. *Ira Edición*. Estados Unidos: American Concrete Institute. Retrieved Junio 14, 2021, from [https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=CT18&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US\\_Units](https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=CT18&Format=DOWNLOAD&Language=English&Units=US_Units)
- ACI CT-21. (2021). *Concrete Terminology - Cementitious Material in Concrete*. (American Concrete Institute) Retrieved Junio 6, 2021, from <https://www.concrete.org/>:  
<https://www.concrete.org/topicsinconcrete/topicdetail/Cementitious%20Material%20in%20Concrete?search=Cementitious%20Material%20in%20Concrete>
- Alshammari, S. (2018). *THE EFFECT OF NANO SILICA ON POROSITY AND STRENGTH*. Tesis de maestría, UNIVERSITY OF DAYTON, The School of Engineering, Dayton, Ohio. Retrieved Junio 21, 2021, from

[https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws\\_olink/r/1501/10?clear=10&p10\\_accession\\_num=dayton1544644895468858#abstract-files](https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_olink/r/1501/10?clear=10&p10_accession_num=dayton1544644895468858#abstract-files)

American Concrete Institute. (s.f.). *Definition of concrete, hydraulic cement, mortar, and grout*. (ACI, Producer) Retrieved Junio 14, 2021, from <https://www.concrete.org>:  
<https://www.concrete.org/tools/frequentlyaskedquestions.aspx?faqid=640>

Campos, H., Klein, N., & Marques, J. (2020). *COMPARISON OF THE SILICA FUME CONTENT FOR HIGH-STRENGTH CONCRETE PRODUCTION: CHEMICAL ANALYSIS OF THE POZZOLANIC REACTION AND PHYSICAL BEHAVIOR BY PARTICLE PACKING*. Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil, Curitiba, Paraná, Brasil. Retrieved Julio 2, 2021, from <https://www.scielo.br/j/mr/a/8rB85TQ7kTTX5w7Lhyc63nr/?lang=en#>

CEDEX. (2007, Diciembre). <http://www.cedex.es/>. Retrieved Junio 15, 2021, from <http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/08063BEF-1B3B-4B7E-92A5-668337F52FD6/119859/HUMODESILICE.pdf>

CEDEX. (s.f.). <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos>. Retrieved Junio 15, 2021, from Humo de sílice: <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/29/humo-de-silice/valorizacion/114/propiedades-.html>

Cementos Pacasmayo. (2014, Enero 29). *Proceso de Fabricación del Cemento*. Perú. Retrieved Junio 13, 2021, from <https://www.youtube.com/watch?v=JE9mxBCaSSY>

Cementos Pacasmayo. (s.f.). <https://www.cementospacasmayo.com.pe>. Retrieved Julio 2, 2021, from <https://www.cementospacasmayo.com.pe/productos/cementos-adicionados/maxima-durabilidad>

- Concreto Sólido de México. (2021, Junio 21). <https://www.concretosolido.mx>. Retrieved Julio 28, 2022, from Clasificación de aditivos para concreto según la ASTM C494/C494M-11: <https://www.concretosolido.mx/clasificacion-de-aditivos-para-concreto-segun-la-astm-c494-c494m-11/>
- Departamento Técnico de Productos CAVE S.A. (2007, Setiembre). Hormigón en ambiente de sulfatos. *EMB CONSTRUCCIÓN*. Retrieved Agosto 22, 2019, from Hormigón en ambiente de sulfatos: <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=1161&edi=54&xit=hormigon-en-ambiente-de-sulfatos>
- El Peruano. (2021, Junio 18). (E. Perú, Ed.) Lima, Perú. Retrieved 18 Junio, 2021, from <https://elperuano.pe/noticia/119555-peru-puede-tener-un-boom-en-la-construccion>
- FCIHS. (s.f.b). Conceptos básicos. España. Retrieved Agosto 2021, 14, from <http://fcihs.espintime.com/tema2/docs/2.1.pdf>
- FCIHS, F. C. (s.f.a). ECUACIÓN DE FLUJO DEL AGUA SUBTERRÁNEA. España. doi:<http://fcihs.espintime.com/tema2/docs/2.1.pdf>
- Federal Highway Administration. (2019, Enero 2). Concrete Clips: Supplementary Cementitious Materials. Estados Unidos. Retrieved Junio 11, 2021, from <https://www.youtube.com/watch?v=ZEiJ9gZPH4M>
- Girón, H. (n.d.). *Ataque por cloruros en el concreto*. (I. -I. Concreto, Producer) Retrieved Julio 5, 2021, from <http://www.imcyc.com/revista/1998/oct/ataque.htm>
- Hermida, G. (s.f.). *Concreto Impermeable - Una mirada reciente*. Brochure, Sika. Retrieved Junio 18, 2021, from <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/2a4c9422-120b-358c-9436->

9672bf915150/BROCHURE%20CONCRETO%20IMPERMEABLE%20LATA  
M.pdf

Hermida, G. (s.f.). *Concreto Impermeable - Una mirada reciente*. Brochure, Sika.

Retrieved Junio 18, 2021, from

<https://per.sika.com/dms/getdocument.get/2a4c9422-120b-358c-9436->

9672bf915150/BROCHURE%20CONCRETO%20IMPERMEABLE%20LATA  
M.pdf

INDECOPI. (2008). *NTP 334.082 - CEMENTOS. Cementos Portland. Especificación de*

*la performance*. Norma Técnica Peruana, INDECOPI, Comisión de

Normalización y de Fiscalización de barreras comerciales no arancelarias, Lima.

Retrieved Julio 29, 2022

Joaquín, R. (2016, Enero). <https://www.cienciadedatos.net/>. Retrieved Marzo 19, 2023,

from ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias:

[https://www.cienciadedatos.net/documentos/19\\_anova#ANOVA\\_de\\_dos\\_v%C3](https://www.cienciadedatos.net/documentos/19_anova#ANOVA_de_dos_v%C3)

%ADas\_para\_datos\_independientes

Kashyap, H. (2019). *"STUDYING THE EFFECT OF SILICA FUMES ON*

*MECHANICAL PROPERTIES OF PERVIOUS CONCRETE"*. Paper, Chandigarh

University, Department of Civil Engineering, Mohali, Punjab, India. Retrieved

Junio 23, 2021, from

[https://www.researchgate.net/publication/342116002\\_Studying\\_the\\_Effect\\_of\\_S](https://www.researchgate.net/publication/342116002_Studying_the_Effect_of_S)

[ilica\\_Fumes\\_on\\_Mechanical\\_Properties\\_of\\_Pervious\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/342116002_Studying_the_Effect_of_S)

Kosmatka, S. H., & Wilson, M. L. (2011). *Design and Control of Concrete Mixtures -*

*Portland Cement Association* (15 ed.). Skokie, Illinois, Estados Unidos: Portland

Cement Association. Retrieved Junio 12, 2021, from <https://secement.org/wp-content/uploads/2019/01/eb001.15.pdf>

Loayza, K. (2017). *“INFLUENCIA DEL NANOSILICE EN EL CONCRETO CON AGREGADO ANGULAR Y AGREGADO REDONDEADO”*. Tesis de bachillerato, UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN, FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL - ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL, Arequipa. Retrieved Junio 22, 2021, from <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2382>

Mendoza, J. (2018). *INFLUENCIA DEL PORCENTAJE, TIPO Y DOSIFICACIÓN DE MICROSÍLICE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y CAPILARIDAD EN MORTEROS ELABORADOS CON CEMENTO TIPO V, TRUJILLO 2017*. Tesis bachillerato, Universidad Privada del Norte, FACULTAD DE INGENIERIA - CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, Trujillo. Retrieved Junio 20, 2021

Norma E.060. (2019). CONCRETO ARMADO. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Retrieved Noviembre 11, 2022, from <https://www.cip.org.pe/publicaciones/2021/enero/portal/e.060-concreto-armado-sencico.pdf>

NTP 339.034. (2015). CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima, Perú: INDECOPI. Retrieved Marzo 24, 2023

NTP 339.046. (2008). HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto). Lima, Perú: INDECOPI. Retrieved Marzo 24, 2023, from <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-san-ignacio->

de-loyola/tecnologia-del-concreto/377143373-ntp-339-046-peso-unitario-y-rendimiento-1-pdf/36330989/download/377143373-ntp-339-046-peso-unitario-y-rendimiento-1-pdf.pdf

NTP 339.183. (2013, Enero 16). CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Lima: INDECOPI. Retrieved Marzo 25, 2023

NTP 339.185. (2013, Agosto 07). Método contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. *2da Edición*. Lima, Perú: INDECOPI. Retrieved Marzo 20, 2023

NTP 400.012. (2018, Junio 27). Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. *3ra Edición*. Lima, Perú: INDECOPI. Retrieved Marzo 20, 2023

NTP 400.017. (2011, Febrero 02). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. *3ra Edición*. Lima, Perú: INDECOPI. Retrieved Marzo 21, 2023

NTP 400.021. (2018, Junio 27). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. *3ra Edición*. Lima, Perú: INDECOPI. Retrieved Marzo 21, 2023

NTP 400.037. (2018, Enero 30). AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. *4ta Edición*. Lima, Perú: INDECOPI. Retrieved Marzo 21, 2023

Osorio, J. D. (2018). Mortero en obra vs. Mortero seco. *RCC 2018 XVII Reunión del concreto - El evento del cemento, el concreto y los prefabricados*. Colombia. Retrieved Junio 6, 2021, from <https://asocretovirtual.com/presentaciones-rc2018/MORTERO-SECO/2->

MORTERO\_DE\_OBRA\_VS\_MORTERO\_SECO-  
JESUS\_DAVID\_OSORIO.pdf

Sánchez, F. J. (s.f.). *Ley de Darcy. Conductividad hidráulica*. Universidad de Salamanca, Departamento de Geología, España. Retrieved Agosto 4, 2021, from [https://hidrologia.usal.es/temas/Ley\\_Darcy.pdf](https://hidrologia.usal.es/temas/Ley_Darcy.pdf)

The Euclid Chemical Company. (s.f.). *SUPPLEMENTARY CEMENTITIOUS MATERIALS*. Boletín técnico, Euclid Chemical. Retrieved Junio 13, 2021, from [https://www.euclidchemical.com/fileshare/Literature/Technical\\_Bulletins/AD-01-Supplementary\\_Cementitious\\_Materials.pdf](https://www.euclidchemical.com/fileshare/Literature/Technical_Bulletins/AD-01-Supplementary_Cementitious_Materials.pdf)

Vega, E. (2019). *Evaluación experimental del uso de microsílíce para la elaboración de concreto de alta resistencia*. Tesis de bachillerato, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Piura. Retrieved Junio 23, 2021, from [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4334/ICI\\_293.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4334/ICI_293.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Waqas, H., Ahmad, N., & Akram, R. (2012). *DEVELOPING OF IMPERVIOUS CONCRETE USING SILICA FUME AND GGBS AS CEMENT REPLACEMENT MATERIALS*. Tesis de bachillerato, Universidad de ingeniería y tecnología de Taxila, Departamento de ingeniería civil, Taxila, Pakistan. Retrieved Marzo 27, 2023, from [https://www.researchgate.net/publication/318447314\\_DEVELOPING\\_OF\\_IMP](https://www.researchgate.net/publication/318447314_DEVELOPING_OF_IMPERVIOUS_CONCRETE_USING_SILICA_FUME_AND_GGBS_AS_CEMENT_REPLACEMENT_MATERIALS)  
[ERVIOUS\\_CONCRETE\\_USING\\_SILICA\\_FUME\\_AND\\_GGBS\\_AS\\_CEMEN](https://www.researchgate.net/publication/318447314_DEVELOPING_OF_IMP)  
[T\\_REPLACEMENT\\_MATERIALS](https://www.researchgate.net/publication/318447314_DEVELOPING_OF_IMP)

Wuhan Newreach Materials Co.,Ltd. (2018, Mayo 17). What is silica fume? Wuhan, China. Retrieved Agosto 26, 2019, from <https://www.youtube.com/watch?v=ERifxzjyEtc>

Zúñiga, M., & Condori, Y. (2019). *“INFLUENCIA DE ADICIONES DE MICROSÍLICE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PRODUCIDO CON AGREGADOS DE LA CANTERA DE ARUNTA DE LA CIUDAD DE TACNA”*. Tesis de bachillerato, Universidad Privada de Tacna, FACULTAD DE INGENIERÍA - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL, Tacna. Retrieved Junio 21, 2021, from <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/918/1/Z%C3%BA%C3%B1iga-Quenta-Condori-Chata.pdf>



Tabla 37:

*Matriz de operacionalización de variable independiente: Dosificación de microsílíce*

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>
<b>VI: DOSIFICACIÓN DE ADITIVO MICROSÍLICE</b>	Cantidad de aditivo microsílíce que se agrega de manera controlada a la pasta de concreto durante su mezcla, se expresa en porcentaje del total.	Porcentaje del peso de cemento Portland MS que es reemplazado por su equivalente en peso del aditivo microsílíce. Se tomarán las dosis 0 %, 5 %, 10 % y 15 %.	Porcentaje de adición de microsílíce	Porcentaje de peso de cemento Portland (0 %, 5 %, 10 % y 15 %) que es reemplazado por peso de microsílíce

## ANEXO 2: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Figura 18:

*Matriz para evaluación de experto del instrumento de recolección de datos:*

<b>MATRIZ PARA EVALUACIÓN DE EXPERTOS</b>				
<b>Título de investigación:</b>	"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO MS, SEGÚN NORMA EN 12390-8, TRUJILLO 2022".			
<b>Línea de investigación:</b>	Tecnologías emergentes			
<b>Apellidos y nombre del experto:</b>	Ing. Vásquez Díaz Rubén Alberto			
<b>El instrumento de medición pertenece a las variables:</b>	Resistencia a la compresión, permeabilidad			
Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ y NO. Asimismo le exhortamos una corrección a los items, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.				
Items	Preguntas	Apreciación		Observaciones
		SI	NO	
<b>1</b>	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?			
<b>2</b>	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?			
<b>3</b>	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?			
<b>4</b>	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?			
<b>5</b>	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?			
<b>6</b>	¿Cada uno de los items del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los indicadores?			
<b>7</b>	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?			
<b>8</b>	¿El instrumento de medición será accesible a la población sujeto de estudio?			
<b>9</b>	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se puedan obtener los datos requeridos?			
<b>Sugerencias:</b>				
<b>Firma del experto:</b>				
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/> Ing. Vásquez Díaz, Alberto Rubén				

Nota: Elaboración propia





Figura 21:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-3d-5 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora observación	26/11/2022                      11:00 a. m.
1.4. Nro. De guía	7
1.5. Nro molde	MS 210-3d-5%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input checked="" type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
<b>2.2. Datos de probeta:</b>	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 210</b>
	Diámetro: <u>10.25 cm</u>
	Área de contacto: <u>82.5 cm<sup>2</sup></u>
	Carga de rotura <u>121.6 KN</u>
	Esfuerzo: <u>150.27 kg/cm<sup>2</sup></u>
<b>2.3. Dosificación de aditivo</b>	<input type="checkbox"/> 0% <input checked="" type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

Figura 22:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-3d-10 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora observación	29/11/2022                      11:10 a. m.
1.4. Nro. De guía	10
1.5. Nro molde	MS 210-3d-10%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input checked="" type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 210</b>
	Diámetro:                      10.25 cm
	Área de contacto:            82.5 cm <sup>2</sup>
	Carga de rotura              101.3 KN
	Esfuerzo:                      125.19 kg/cm <sup>2</sup>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input checked="" type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia





Figura 25:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-7d-5 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine
1.2. Ubicación	Montenegro Mori Mauricio
1.3. Fecha/hora de observación	Trujillo, La Libertad
1.4. Nro. De guía	30/11/2022                      10:00 a. m.
1.5. Nro molde	13
	MS 210-7d-5%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input checked="" type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 210</b>  Diámetro: <u>10.31 cm</u> Área de contacto: <u>83.5 cm<sup>2</sup></u> Carga de rotura <u>163.5 KN</u> Esfuerzo: <u>199.71 kg/cm<sup>2</sup></u>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input checked="" type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia





Figura 28:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-28d-0 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	16/12/2022                      10:30 a. m.
1.4. Nro. De guía	49
1.5. Nro molde	MS 210-28d-0%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input checked="" type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>):</b> 210
	Diámetro: <u>10.21 cm</u>
	Área de contacto: <u>81.8 cm<sup>2</sup></u>
	Carga de rotura <u>211.2 KN</u>
	Esfuerzo: <u>263.3 kg/cm<sup>2</sup></u>
2.3. Dosificación de aditivo	<input checked="" type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

Figura 29:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-28d-5 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine
1.2. Ubicación	Montenegro Mori Mauricio
1.3. Fecha/hora de observación	Trujillo, La Libertad
1.4. Nro. De guía	21/12/2022                      10:00 a. m.
1.5. Nro molde	52
	MS 210-28d-5%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input checked="" type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 210</b>  Diámetro: <u>10.3 cm</u> Área de contacto: <u>83.3 cm<sup>2</sup></u> Carga de rotura <u>257.1 KN</u> Esfuerzo: <u>314.64 kg/cm<sup>2</sup></u>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input checked="" type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia



Figura 31:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 210-28d-15 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	26/12/2022                      10:00 a. m.
1.4. Nro. De guía	58
1.5. Nro molde	MS 210-28d-15%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input checked="" type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 210</b>  Diámetro: <u>10.31 cm</u> Área de contacto: <u>83.4 cm<sup>2</sup></u> Carga de rotura <u>229.2 KN</u> Esfuerzo: <u>280.23 kg/cm<sup>2</sup></u>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input checked="" type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

*Guías de observación para concreto  $f'c$  de diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>*

Figura 32:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-3d-0 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	03/12/2022
1.4. Nro. De guía	22
1.5. Nro molde	MS 280-3d-0%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input checked="" type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b><math>f'c</math> de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 280</b>  Diámetro: 10.31 cm Área de contacto: 83.4 cm <sup>2</sup> Carga de rotura 116.7 KN Esfuerzo: 142.68 kg/cm <sup>2</sup>
2.3. Dosificación de aditivo	<input checked="" type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia



Figura 34:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-3d-10 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	05/12/2022                      11:10 a. m.
1.4. Nro. De guía	31
1.5. Nro molde	MS 280-3d-10%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input checked="" type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 280</b>  Diámetro:                      10.33 cm Área de contacto:            83.7 cm <sup>2</sup> Carga de rotura                151.6 KN Esfuerzo:                        184.63 kg/cm <sup>2</sup>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input checked="" type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

Figura 35:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-3d-15 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	06/12/2022                      11:00 a. m.
1.4. Nro. De guía	34
1.5. Nro molde	MS 280-3d-15%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input checked="" type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 280</b>  Diámetro: <u>10.27 cm</u> Área de contacto: <u>82.8 cm<sup>2</sup></u> Carga de rotura <u>126.3 KN</u> Esfuerzo: <u>155.47 kg/cm<sup>2</sup></u>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input checked="" type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

Figura 36:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-7d-0 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	07/12/2022                      10:00 a. m.
1.4. Nro. De guía	37
1.5. Nro molde	MS 280-7d-0%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input checked="" type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 280</b>  Diámetro: <u>10.25 cm</u> Área de contacto: <u>82.4 cm<sup>2</sup></u> Carga de rotura <u>181.5 KN</u> Esfuerzo: <u>224.51 kg/cm<sup>2</sup></u>
2.3. Dosificación de aditivo	<input checked="" type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

Figura 37:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-7d-5 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	08/12/2022                      10:00 a. m.
1.4. Nro. De guía	40
1.5. Nro molde	MS 280-7d-5%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input checked="" type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>):</b> 280
	Diámetro: <u>10.29 cm</u>
	Área de contacto: <u>83.1 cm<sup>2</sup></u>
	Carga de rotura <u>215.9 KN</u>
	Esfuerzo: <u>264.99 kg/cm<sup>2</sup></u>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input checked="" type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

Figura 38:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-7d-10 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine
1.2. Ubicación	Montenegro Mori Mauricio
1.3. Fecha/hora de observación	Trujillo, La Libertad
1.4. Nro. De guía	09/12/2022                      11:00 a. m.
1.5. Nro molde	43
	MS 280-7d-10%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input checked="" type="checkbox"/> 7 días <input type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 280</b>  Diámetro:                      10.28 cm <hr/> Área de contacto:            83 cm <sup>2</sup> <hr/> Carga de rotura                202.9 KN <hr/> Esfuerzo:                        249.28 kg/cm <sup>2</sup>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input checked="" type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia



Figura 40:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-28d-0 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine
1.2. Ubicación	Montenegro Mori Mauricio
1.3. Fecha/hora de observación	Trujillo, La Libertad
1.4. Nro. De guía	28/12/2022 10:30 a. m.
1.5. Nro molde	61
	MS 280-28d-0%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input checked="" type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm2): 280</b>  Diámetro: 10.21 cm Área de contacto: 81.9 cm <sup>2</sup> Carga de rotura 244.3 KN Esfuerzo: 304.29 kg/cm <sup>2</sup>
2.3. Dosificación de aditivo	<input checked="" type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia



Figura 42:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-28d-10 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	30/12/2022                      10:45 a. m.
1.4. Nro. De guía	67
1.5. Nro molde	MS 280-28d-10%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input checked="" type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 280</b>  Diámetro:                      10.27 cm Área de contacto:            82.8 cm <sup>2</sup> Carga de rotura                286 KN Esfuerzo:                        352.4 kg/cm <sup>2</sup>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input checked="" type="checkbox"/> 10% <input type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

Figura 43:

*Guía de observación resistencia a compresión muestra MS 280-28d-15 %-1*

<b>GUÍA DE OBSERVACIÓN</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
1.1. Nombre y apellidos de los investigadores	Merino Flores Sussy Catherine Montenegro Mori Mauricio
1.2. Ubicación	Trujillo, La Libertad
1.3. Fecha/hora de observación	31/12/2022                      10:00 a. m.
1.4. Nro. De guía	70
1.5. Nro molde	MS 280-28d-15%-1
<b>2. DATOS DEL ENSAYO: RESISTENCIA A COMPRESIÓN</b>	
2.1. Edad de curado:	<input type="checkbox"/> 3 días <input type="checkbox"/> 7 días <input checked="" type="checkbox"/> 28 días
2.2. Datos de probeta:	<b>f'c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>): 280</b>  Diámetro:                      10.2 cm Área de contacto:            81.7 cm <sup>2</sup> Carga de rotura                269.7 KN Esfuerzo:                        336.57 kg/cm <sup>2</sup>
2.3. Dosificación de aditivo	<input type="checkbox"/> 0% <input type="checkbox"/> 5% <input type="checkbox"/> 10% <input checked="" type="checkbox"/> 15%
Firma de especialista validando la guía de observación	
<hr style="width: 30%; margin: 0 auto;"/>	

Nota: Elaboración propia

## ANEXO 4: ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS

### *Contenido de humedad Agregado grueso*

Tabla 38:

#### *Contenido de humedad del agregado grueso*

DESCRIPCIÓN	U.M.	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PROMEDIO
Peso recipiente	gr	100	100	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	3,246.50	3,291.50	
Peso recipiente + muestra seca	gr	3,230.10	3,276.40	
Peso de muestra húmeda	gr	3,146.50	3,191.50	
Peso de muestra seca	gr	3,130.10	3,176.40	
Peso de agua	gr	16.4	15.1	
Contenido de humedad	%	0.5	0.5	<b>0.5</b>

Nota: Elaboración propia

### *Contenido de humedad agregado fino:*

Tabla 39:

#### *Contenido de humedad del agregado fino*

DESCRIPCIÓN	U.M.	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PROMEDIO
Peso recipiente	gr	107	107	
Peso recipiente + muestra húmeda	gr	1,666.20	1,704.50	
Peso recipiente + muestra seca	gr	1,649.70	1,686.30	
Peso de muestra húmeda	gr	1,559.20	1,597.50	
Peso de muestra seca	gr	1,542.70	1,579.30	
Peso de agua	gr	16.5	18.2	
Contenido de humedad	%	1.1	1.2	<b>1.2</b>

Nota: Elaboración propia

**Granulometría del agregado grueso**

Tabla 40:

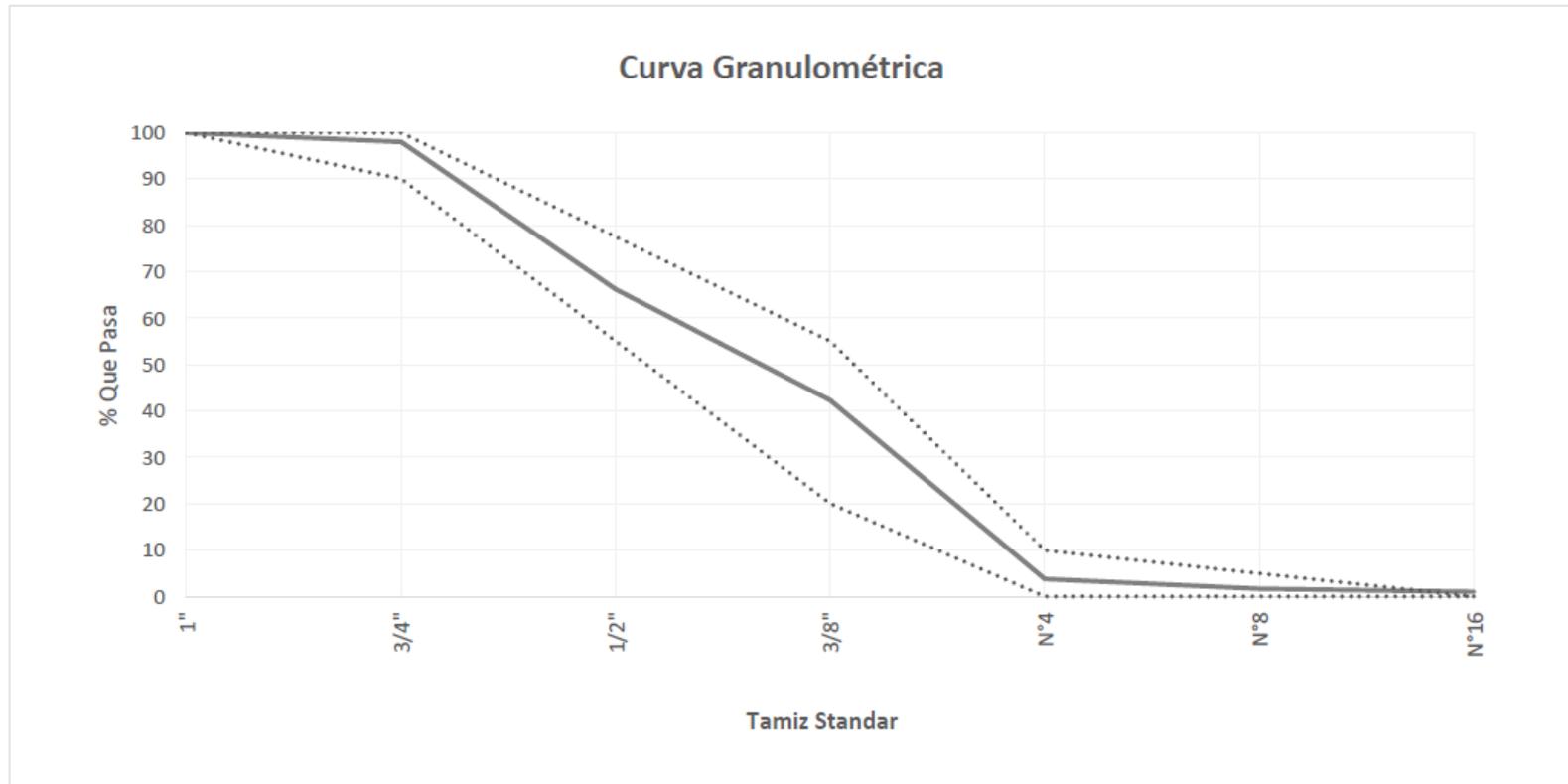
*Granulometría del agregado grueso:*

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	%Reten. Parcial	%Reten. Acum.	%Que Pasa	Límites Huso 57 (NTP 400.037)		Datos de la muestra	
						Minimo	Maximo		
1½"	37.5	0	0	0	100			<b>Características físicas:</b> Tamaño Max. Nom.: 3/4" Cont. de Humedad: 0.50 % Modulo de Finura: 6.53	
1"	25	0	0	0	100	100	100		
¾"	19	101.9	2	2	98	90	100		
½"	12.5	1586.4	31.7	33.8	66.2				
3/8"	9.5	1196.7	23.9	57.7	42.3	20	55		
Nº4	4.75	1927.7	38.6	96.3	3.7	0	10		
Nº8	2.36	102.2	2	98.3	1.7	0	5		
Nº16	1.18	34.9	0.7	99	1				
Fondo	-	50.2	1	100	0				
		5000	100						

Nota: Elaboración propia

Figura 44:

*Curva granulométrica del agregado grueso:*



Nota: Elaboración propia

*Granulometría del agregado fino*

Tabla 41:

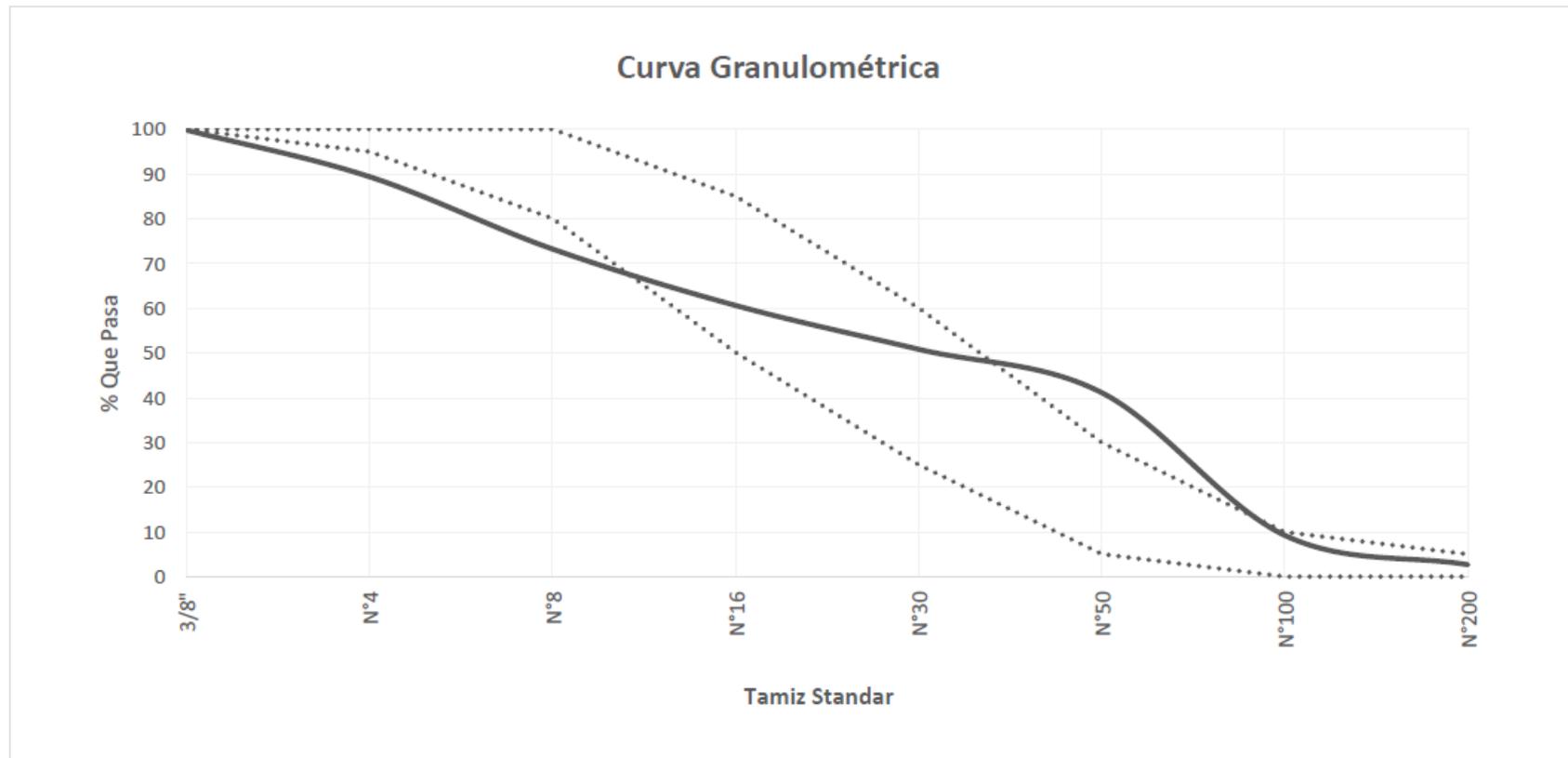
*Granulometría del agregado fino*

Tamiz Estándar	Abert. (mm)	Peso Reten. (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acum.	%Que Pasa	Límites Huso 57 (NTP 400.037)		Datos de la muestra	
						Mínimo	Máximo		
3/8"	9.5	2.2	0.2	0.2	99.8	100	100		
								<b>Características físicas:</b>	
N°4	4.75	104.4	10.4	10.6	89.4	95	100	Tamaño Max. Nom.:	
N°8	2.36	161.7	16.2	26.8	73.2	80	100	Cont. de Humedad: 1.20 %	
N°16	1.18	126	12.6	39.4	60.6	50	85	Modulo de Finura: <b>2.76</b>	
N°30	0.6	98	9.8	49.2	50.8	25	60		
N°50	0.3	97	9.7	58.9	41.1	5	30		
N°100	0.15	318.9	31.9	90.8	9.2	0	10		
N°200	0.075	65.4	6.5	97.3	2.7	0	5		
Fondo	-	26.5	2.6	100	0				
		<b>1000</b>	<b>100</b>						

Nota: Elaboración propia

Figura 45:

*Curva granulométrica del agregado fino:*



Nota: Elaboración propia

***Peso específico y absorción del agregado grueso***

Tabla 42:

*Peso específico y absorción del agregado grueso:*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Promedio</b>
Peso muestra secada en horno al aire	gr	2,002	2,002	
Peso de la muestra en estado SSS al aire	gr	2,040	2,040	
Peso de la muestra saturada en agua	gr	1,231	1,222	
Peso específico base seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.47	2.45	<b>2.46</b>
Peso específico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.52	2.49	2.51
Densidad relativa aparente (PeA)	gr/cm <sup>3</sup>	2.6	2.57	2.59
Absorción	%	1.9	1.9	<b>1.9</b>

Nota: Elaboración propia

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

Tabla 43:

*Peso específico y absorción del agregado fino:*

<b>Descripción</b>	<b>U.M.</b>	<b>Prueba 1</b>	<b>Prueba 2</b>	<b>Promedio</b>
Peso muestra secada en horno al aire	gr	448.2	450	
Peso del picnómetro lleno de agua	gr	1,443.70	1,443.70	
Peso del picnómetro lleno de muestra y agua	gr	1,718.40	1,720.40	
Peso de la muestra en estado SSS	gr	457.50	459.80	
Peso específico base seca	gr/cm <sup>3</sup>	2.45	2.46	<b>2.46</b>
Peso específico base SSS	gr/cm <sup>3</sup>	2.50	2.51	2.51
Densidad relativa aparente (PeA)	gr/cm <sup>3</sup>	2.58	2.60	2.59
Absorción	%	2.1	2.2	<b>2.2</b>

Nota: Elaboración propia

***Peso unitario del agregado grueso***

Tabla 44:

*Peso unitario del agregado grueso:*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	18.72	18.72	18.8	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	20.54	20.6	20.64	
Peso de recipiente	kg	6.38	6.38	6.38	
Peso de muestra en estado suelto	kg	12.34	12.34	12.42	
Peso de muestra en estado compactado	kg	14.16	14.22	14.26	
Volumen del recipiente	m3	0.0091	0.0091	0.0091	
Peso unitario suelto	kg/m3	1,356	1,356	1,365	<b>1,359</b>
Peso unitario compactado	kg/m3	1,556	1,563	1,567	<b>1,562</b>

Nota: Elaboración propia

***Peso unitario del agregado fino***

Tabla 45:

*Peso unitario del agregado fino*

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Promedio
Peso recipiente + muestra suelta	kg	21.72	21.74	21.8	
Peso recipiente + muestra apisonada	kg	23.66	23.66	23.66	
Peso de recipiente	kg	6.38	6.38	6.38	
Peso de muestra en estado suelto	kg	15.34	15.36	15.42	
Peso de muestra en estado compactado	kg	17.28	17.28	17.28	
Volumen del recipiente	m3	0.0091	0.0091	0.0091	
Peso unitario suelto	kg/m3	1,686	1,688	1,695	<b>1,690</b>
Peso unitario compactado	kg/m3	1,899	1,899	1,899	<b>1,899</b>

Nota: Elaboración propia

## ANEXO 5: DISEÑO DE MEZCLA

### Datos del cemento y agua:

- Tipo= MS
- Peso específico = 2990 kg/m<sup>3</sup> (obtenido de la ficha técnica del producto)
- Peso específico agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

### Datos de los agregados:

Tabla 46:

*Datos de los agregados grueso y fino*

<b>Características</b>	<b>A Grueso</b>	<b>A Fino</b>
PUSS (kg/m <sup>3</sup> ) =	1359.00	1690.00
PUSC (kg/m <sup>3</sup> ) =	1562.00	1899.00
P esp (kg/m <sup>3</sup> ) =	2460.00	2460.00
Módulo fineza =	6.53	2.76
TMN =	3/4	
% Absorción (%)=	1.90	2.20
% Humedad (%)=	0.5	1.2

Nota: Tablas 5 y 6

***Diseño de mezcla para una resistencia de diseño  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> para un concreto patrón:***

#### 1. Elección del Asentamiento:

Se escogió un slump de 75mm = 3” (elegido a criterio del asesor)

#### 2. Tamaño máximo nominal (TMN)

Según los ensayos de caracterización de agregados, el TMN del agregado grueso corresponde a  $\frac{3}{4}$ ".

### 3. Cálculo de agua de mezcla y contenido de aire:

La tabla 47 a continuación es extraída del método ACI 211.1 y muestra los requisitos aproximados de agua en la mezcla para un determinado asentamiento y un determinado tamaño máximo de agregado.

Tabla 47:

*Requisitos aproximados para agua de mezcla y aire para diferentes revenimientos y TMN de agregado:*

<b>Concreto sin aire incl.</b>	<b>Agua (kg/m<sup>3</sup> de concreto) para tamaños de agregado indicados</b>							
	<b>3/8</b>	<b>1/2</b>	<b>3/4</b>	<b>1</b>	<b>1 1/2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>Asentamiento:</b>								
(1" a 2")	207	199	190	179	166	154	130	113
(3" a 4")	228	216	205	193	181	169	145	124
(6" a 7")	243	228	216	202	190	178	160	-
Aire atrapado	3.00 %	2.50	2.00	1.50	1.00	0.50	0.30	0.20
(%)		%	%	%	%	%	%	%

Nota: ACI 211.1 (2002), Tabla 6.3.3

Se tomaron los siguientes datos:

- Agua = 205 L
- Contenido de aire = 2.00 %

### 4. Determinación del contenido de agua

*Determinación de la resistencia mecánica requerida ( $f'_{cr}$ ):*

Como no existe data histórica existente, es decir; no se conoce una desviación estándar, el método de cálculo de la resistencia se explica en la tabla 48 (la cual se ha adaptado de ACI 318):

Tabla 48:

*Cálculo de resistencia a compresión requerida cuando no hay data histórica*

<b>F’c de diseño (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>F’c requerida (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
<210	F’c +70
210 a 350	F’c + 84
>350	1.1 f’c + 50

Nota: ACI 318 (2008), tabla 5.3.2.2

$$F'_{cr} = f'c + 84 = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

*Determinación de la relación agua/material cementante (a/c)*

Las relaciones a/c se determinan interpolando valores de la siguiente tabla, adaptada del código ACI 211.1:

Tabla 49:

*Relación agua/cemento en masa*

<b>f'c a los 28 días (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Concreto sin aire incl.</b>
450	0.38
400	0.43
350	0.48
300	0.55
250	0.62
200	0.7
150	0.8

Nota: ACI 211.1 (2002), Tabla 6.3.4 (a)

Para un  $f'_{cr} = 294 \text{ kg/cm}^2$ , se realiza una interpolación con los datos de la tabla 49:

<b><u>f'cr</u></b>	<b><u>A/C</u></b>
<b>300</b>	<b>→ 0.55</b>
294	→ a/c
<b>250</b>	<b>→ 0.62</b>

$$a/c = 0.55 - \frac{(300 - 294) * (0.55 - 0.62)}{300 - 250}$$

$$a/c = 0.558$$

##### 5. Cálculo del contenido de cemento (cemento de diseño):

Cemento de diseño = C

$$C = \frac{\text{Contenido de agua}}{\frac{a}{c}} = \frac{205}{0.558} = 367.38 \approx 367 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C = \frac{367 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg/bolsa}} = 8.6353 \approx 8.6 \text{ bol}$$

##### 6. Estimación del agregado grueso:

*Cálculo del ratio  $b/b_0$ :*

Para calcular el volumen de agregado grueso, se hace uso de un ratio  $b/b_0$  que significa el ratio de volumen de agregado grueso compactado por volumen de concreto. Para calcular dicho ratio  $b/b_0$ , se emplea la siguiente tabla, la cual ha sido adaptada de ACI 211.1. Considerando como datos de entrada, que el módulo de finura del (mf) del agregado fino es 2.76 y el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso es 3/4”:

Tabla 50:

*Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto ( $b/b_0$ ):*

TMN (pulg)	MF AGREGADO FINO			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4	0.66	0.64	0.62	0.6
1	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.78	0.76	0.74	0.72
3	0.82	0.8	0.78	0.76
6	0.87	0.85	0.83	0.81

Nota: ACI 211.1 (2002), Tabla 6.3.6

Para un TMN = 3/4” y un mf = 2.76; interpolamos valores con la tabla 50 y hallamos el ratio  $b/b_0$

<u>Mf AF</u>		<u>B/B<sub>0</sub></u>
2.8	→	0.62
2.76	→	$b/b_0$
2.6	→	0.64

$$b/b_0 = 0.62 - \frac{2.80 - 2.76}{2.80 - 2.60} * (0.62 - 0.64)$$

$$b/b_0 = 0.624 \cong 0.62$$

*Cálculo de proporciones de agregado grueso:*

Sabemos por los ensayos de caracterización, los valores del peso unitario seco compactado del agregado grueso (PUSC AG) y de su peso específico de masa (PeM). Procedemos a calcular el peso seco y el volumen de agregado grueso por metro cúbico de concreto:

$$PUSC\ AG = 1562\ kg/m^3$$

$$PeM\ AG = 2460\ kg/m^3$$

$$Peso\ seco\ AG = PUSC * \frac{b}{b_0} = 1562 * 0.62 = 974.69\ kg/m^3$$

$$Volumen\ AG = \frac{PeM}{Peso\ seco} = 0.3962\ m^3\ de\ AG/m^3\ de\ concreto$$

#### 7. Estimación de agregado fino:

*Cálculo de volúmenes absolutos de materiales*

Cemento MS:

$$Peso\ seco = 367 \frac{kg}{m^3\ de\ concreto}$$

$$Volumen = \frac{Peso\ seco}{PeM} = \frac{367\ kg}{2990\ kg/m^3} = 0.1227\ m^3$$

Agua:

$$Peso = 205 \frac{kg}{m^3\ de\ concreto}$$

$$Volumen = \frac{205\ kg}{1000\ kg/m^3} = 0.2050\ m^3$$

Aire:

$$\text{Contenido de aire} = 2.0 \% = \frac{2.0}{100} = 0.0200 \text{ m}^3$$

Saldo de volumen por completar con agregados:

$$\text{Volumen de agregados} = 1 - 0.1227 - 0.2050 - 0.0200$$

$$\text{Volumen de agregados} = 0.6523 \text{ m}^3$$

Agregado fino:

$$\begin{aligned} \text{Volumen AF} &= \text{Volumen de agregados} - \text{Volumen AG} \\ &= 0.6523 - 0.3962 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de AF} = 0.2560 \text{ m}^3$$

Sabemos (por los ensayos de caracterización de agregados) que el peso específico (PeM) del agregado fino es  $2460 \text{ kg/m}^3$ . Con estos datos calculamos el peso seco del mismo:

$$\text{Peso seco AF} = \text{PeM AF} * \text{Volumen AF} = 2460 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.2560 \text{ m}^3 =$$

$$\text{Peso seco AF} = 629.87 \text{ kg/m}^3$$

#### 8. Corrección por absorción de agregados:

Conocemos por los ensayos de caracterización, los porcentajes de absorción (% abs) de los agregados; y por cálculos anteriores se ha determinado su respectivo peso seco. Con estos datos realizamos la corrección por absorción y determinamos el peso saturado seco en la superficie (PeSSS):

*Agregado fino:*

- % Abs AF = 2.20 %
- Peso seco AF = 629.87 kg/m<sup>3</sup>

$$PeSSS AF = \text{Peso seco} * \left(1 + \frac{\% Abs}{100}\right) = 629.87 * \left(1 + \frac{2.2}{100}\right)$$

$$PeSSS AF = 643.72 \cong 644 \text{ kg/m}^3$$

*Agregado grueso:*

- % Abs AG = 1.90 %
- Peso seco AF = 974.79 kg/m<sup>3</sup>

$$PeSSS AG = \text{Peso seco} * \left(1 + \frac{\% Abs}{100}\right) = 974.79 * \left(1 + \frac{1.9}{100}\right)$$

$$PeSSS AG = 993.21 \cong 993 \text{ kg/m}^3$$

Los cálculos de correcciones por absorción se pueden resumir en la siguiente tabla:

Tabla 51:

*Corrección por absorción*

<b>MATERIALES</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>% Abs</b>	<b>Corrección por % Abs</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento MS	367.00	0.1227			367.00
Agua	205.00	0.2050			205.00
Arena	629.87	0.2560	2.2000	643.7225	644
Piedra	974.69	0.3962	1.9000	993.2071	993
Aire	0.00	0.02			
<b>TOTAL</b>	<b>2176.5535</b>	<b>1.0000</b>			<b>2209.0000</b>

Nota: Elaboración propia

## 9. Corrección por humedad

Conocemos por los ensayos de caracterización, los porcentajes de humedad evaporable (% hum) y de absorción (% abs) de los agregados; y por cálculos anteriores se ha determinado su respectivo peso saturado seco en la superficie (PeSSS) y peso seco. Con estos datos realizamos la corrección por humedad y determinamos el peso húmedo:

*Agregado fino:*

- % hum AF = 1.20 %
- % Abs AF = 2.20 %
- Peso seco = 629.87 kg/m<sup>3</sup>
- Peso SSS AF = 644 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Aporte de humedad AF} = \text{Peso seco} * \left( \frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ Abs}}{100} \right) = 629.87 * \frac{1.2 - 2.2}{100}$$

$$\text{Aporte de humedad AF} = -6.30 \text{ kg} = -6.30 \text{ L (por m}^3 \text{ de concreto)}$$

Procedemos a calcular el peso húmedo (kg/m<sup>3</sup> de concreto) del agregado fino:

$$\text{Peso húmedo AF} = \text{Peso seco} * \left( 1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100} \right) = 629.87 * \left( 1 + \frac{1.2}{100} \right)$$

$$\text{Peso húmedo AF} = 637.42 \cong 637 \text{ kg/m}^3$$

*Agregado grueso:*

- % hum AG = 0.50 %
- % Abs AG = 1.90 %
- Peso seco = 974.69 kg/m<sup>3</sup>
- Peso SSS AG = 993 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Aporte de humedad AG} = \text{Peso seco} * \left( \frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ Abs}}{100} \right) = 974.69 * \frac{0.50 - 1.90}{100}$$

$$\text{Aporte de humedad AG} = -13.65 \text{ kg} = -13.65 \text{ L (por m}^3 \text{ de concreto)}$$

Procedemos a calcular el peso húmedo (kg/m<sup>3</sup> de concreto) del agregado grueso:

$$\text{Peso húmedo AG} = \text{Peso seco} * \left( 1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100} \right) = 974.69 * \left( 1 + \frac{0.50}{100} \right)$$

$$\text{Peso húmedo AG} = 979.56 \cong 980 \text{ kg/m}^3$$

Agua:

Procedemos a corregir el peso del agua que obtuvimos de la Tabla 47, según los aportes de humedad de los agregados:

*Corrección Peso agua*

$$= \text{Peso agua} - (\text{Aporte humedad AG} + \text{Aporte humedad AF})$$

$$\text{Corrección Peso agua} = 205 - (-13.65 - 6.30)$$

$$\text{Corrección Peso agua} = 224.95 \text{ kg} \cong 225 \text{ L}$$

Los cálculos de correcciones por humedad se pueden resumir en la tabla 52:

Tabla 52:

*Corrección por humedad*

<b>MATERIALES</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>% Hum</b>	<b>Agua de Humedad (L)</b>	<b>Corrección peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento MS	367.00	367.00			367
Agua	205.00	205.00			225
Arena	629.87	644.00	1.2	-6.30	637
Piedra	974.69	993.00	0.5	-13.65	980
<b>TOTAL</b>	<b>2176.55</b>	<b>2209.00</b>			<b>2209</b>

Nota: Elaboración propia

Se resumen los cálculos del diseño de mezcla de concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la tabla 53:

Tabla 53:

*Resumen diseño de mezcla patrón  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

<b>MATERIALES</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> Concreto)</b>
Cemento MS	367.00	367	367	0.1227
Agua	205.00	205	225	0.2050
Arena	629.87	644	637	0.2560
Piedra	974.69	993	980	0.3962
Aire				0.0200
	<b>2176.55</b>	<b>2209</b>	<b>2209</b>	<b>1.0000</b>

Nota: Tablas 51 y 52

A continuación, se aprecia el diseño de mezcla por tandas de 40 L (0.040 m<sup>3</sup>), para un concreto patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup> donde cada proporción de peso seco de material se multiplica 0.040:

Cemento:

$$367 \frac{kg}{m^3} * 0.040 m^3 = 14.68 kg$$

Agua:

$$225 \frac{kg}{m^3} * 0.040 m^3 = 9.00 kg$$

Agregado fino:

$$637 \frac{kg}{m^3} * 0.040 m^3 = 25.50 kg$$

Agregado grueso:

$$980 \frac{kg}{m^3} * 0.040 m^3 = 39.18 kg$$

Peso total de una tanda (0.040 m<sup>3</sup>):

$$14.68 + 9.00 + 25.50 + 39.18 = 88.36 kg$$

***Diseño de mezcla para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para una dosificación de 5 % de microsíllice:***

En la Tabla nro. 9 se aprecia el diseño de mezcla por tandas de 40 L (0.040 m<sup>3</sup>), para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con una dosificación de microsíllice del 5 %, donde cada proporción de peso seco de material se multiplica 0.040. Del peso húmedo del cemento se extraerá un 5 % del mismo y se reemplazará por su equivalente en peso de microsíllice:

Dato inicial:

*Peso cemento por tanda (patrón) = 14.68 kg*

Microsílice:

*Peso por tanda (0.040 m<sup>3</sup>)*

$$\begin{aligned} \text{Peso cemento} * \text{Dosificación} &= 14.68 * 0.05 = 0.734 \text{ kg} \\ &= 734 \text{ g microsíllice/tanda} \end{aligned}$$

*Peso de por metro cúbico de concreto:*

$$0.734 \text{ kg}/0.040 \text{ m}^3 = 18.35 \cong 18 \text{ kg/m}^3$$

Reajuste peso de cemento:

$$\text{Peso cemento por tanda} = 14.68 - 0.734 = 13.946 \text{ kg/tanda}$$

$$\text{Peso cemento por m}^3 = \frac{13.946}{0.04} = 348.65 \cong 349 \text{ kg/m}^3$$

Agua:

$$225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 9.00 \text{ kg}$$

Agregado fino:

$$637 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 25.50 \text{ kg}$$

Agregado grueso:

$$980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 39.18 \text{ kg}$$

Peso total de una tanda (0.040 m<sup>3</sup>):

$$13.95 + 0.73 + 9.00 + 25.50 + 39.18 = 88.36 \text{ kg}$$

***Diseño de mezcla para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para una dosificación de 10 % de microsíllice:***

En la Tabla nro. 10 se aprecia el diseño de mezcla por tandas de 40 L (0.040 m<sup>3</sup>), para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con una dosificación de microsíllice 10 %, donde cada proporción

de peso seco de material se multiplica 0.040. Del peso húmedo del cemento se extraerá un 10 % del mismo y se reemplazará por su equivalente en peso de microsíllice:

Dato inicial:

$$\text{Peso cemento por tanda (patrón)} = 14.68 \text{ kg}$$

Microsíllice:

$$\text{Peso por tanda (0.040 m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso cemento} * \text{Dosificación} &= 14.68 * 0.10 = 1.468 \text{ kg} \\ &= 1468 \text{ g microsíllice/tanda} \end{aligned}$$

Peso de por metro cúbico de concreto:

$$1.468 \text{ kg}/0.040 \text{ m}^3 = 36.70 \cong 37 \text{ kg/m}^3$$

Reajuste peso de cemento:

$$\text{Peso cemento por tanda} = 14.68 - 1.468 = 13.21 \text{ kg/tanda}$$

$$\text{Peso cemento por m}^3 = \frac{13.21}{0.04} = 330.30 \cong 330 \text{ kg/m}^3$$

Agua:

$$225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 9.00 \text{ kg}$$

Agregado fino:

$$637 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 25.50 \text{ kg}$$

Agregado grueso:

$$980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 39.18 \text{ kg}$$

Peso total de una tanda (0.040 m<sup>3</sup>):

$$13.21 + 1.47 + 9.00 + 25.50 + 39.18 = 88.36 \text{ kg}$$

**Diseño de mezcla para  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para una dosificación de 15 % de microsíllice:**

En la Tabla nro. 11 se aprecia el diseño de mezcla por tandas de 40 L (0.040 m<sup>3</sup>), para un concreto de 210 kg/cm<sup>2</sup> con una dosificación de microsíllice 15 %, donde cada proporción de peso seco de material se multiplica 0.040. Del peso húmedo del cemento se extraerá un 15 % del mismo y se reemplazará por su equivalente en peso de microsíllice:

Dato inicial:

$$\text{Peso cemento por tanda (patrón)} = 14.68 \text{ kg}$$

Microsíllice:

$$\text{Peso por tanda (0.040 m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso cemento} * \text{Dosificación} &= 14.68 * 0.15 = 2.202 \text{ kg} \\ &= 2202 \text{ g microsíllice/tanda} \end{aligned}$$

Peso de por metro cúbico de concreto:

$$2.202 \text{ kg}/0.040 \text{ m}^3 = 55.05 \cong 55 \text{ kg/m}^3$$

Reajuste peso de cemento:

$$\text{Peso cemento por tanda} = 14.68 - 2.202 = 12.48 \text{ kg/tanda}$$

$$\text{Peso cemento por m}^3 = \frac{12.48}{0.04} = 311.95 \cong 312 \text{ kg/m}^3$$

Agua:

$$225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 9.00 \text{ kg}$$

Agregado fino:

$$637 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 25.50 \text{ kg}$$

Agregado grueso:

$$980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 39.18 \text{ kg}$$

Peso total de una tanda (0.040 m<sup>3</sup>):

$$12.48 + 2.20 + 9.00 + 25.50 + 39.18 = 88.36 \text{ kg}$$

***Diseño de mezcla para una resistencia de diseño  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para un concreto patrón:***

1. Elección del Asentamiento:

Se escogió un slump de  $75\text{mm} = 3''$  (elegido a criterio del asesor)

2. Tamaño máximo nominal (TMN)

Según los ensayos de caracterización de agregados, el TMN del agregado grueso corresponde a  $3/4''$

3. Cálculo de agua de mezcla y contenido de aire:

La tabla 47, extraída del código ACI 211.1, muestra los requisitos aproximados de agua en la mezcla para un determinado asentamiento y un determinado tamaño máximo de agregado. De ella se tomaron los siguientes datos:

- Agua = 205 L
- Contenido de aire = 2.00 %

4. Determinación del contenido de agua

*Determinación de la resistencia mecánica requerida ( $f'cr$ ):*

Como no existe data histórica existente; es decir, no se conoce una desviación estándar, el método de cálculo de la resistencia se explica en la tabla 48 (la cual se ha adaptado de ACI 318). De dicha tabla se obtiene la siguiente fórmula de cálculo:

$$F'cr = f'c + 84 = 280 + 84 = 364 \text{ kg/cm}^2$$

*Determinación de la relación agua/material cementante (a/c)*

Las relaciones a/c se determinan interpolando valores de la tabla 49, adaptada del código ACI 211.1. De la tabla 49 se obtienen los siguientes valores de a/c para interpolar:

Para un  $f'_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$ , se realiza una interpolación con los datos de la tabla 49:

<u><math>f'_{cr}</math></u>		<u>A/C</u>
400	→	0.43
364	→	a/c
350	→	0.48

$$a/c = 0.43 - \frac{(400 - 364) * (0.43 - 0.48)}{400 - 350}$$

$$a/c = 0.466$$

5. Cálculo del contenido de cemento (cemento de diseño):

Cemento de diseño = C

$$C = \frac{\text{Contenido de agua}}{\frac{a}{c}} = \frac{205}{0.466} = 439.91 \approx 440 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C = \frac{440 \text{ kg/m}^3}{42.5 \text{ kg/bolsa}} = 10.35 \approx 10.4 \text{ bol}$$

6. Estimación del agregado grueso:

*Cálculo del ratio b/b<sub>0</sub>:*

Para calcular el volumen de agregado grueso, se hace uso de un ratio b/b<sub>0</sub> que significa el ratio de volumen de agregado grueso compactado por volumen de concreto. Para calcular dicho ratio b/b<sub>0</sub>, se emplea la siguiente Tabla 50, la cual ha sido adaptada de ACI 211.1.

De acuerdo con la Tabla 50 y considerando como datos de entrada, que el módulo de finura del (mf) del agregado fino es 2.76 y el tamaño máximo nominal (TMN) del agregado grueso es 3/4”; interpolamos valores y hallamos el ratio  $b/b_0$

Para un  $TMN = 3/4$ ” y un  $mf = 2.76$

<u>Mf AF</u>		<u>B/B<sub>0</sub></u>
2.6	→	0.64
2.76	→	$b/b_0$
2.8	→	0.62

$$b/b_0 = 0.62 - \frac{2.80 - 2.76}{2.80 - 2.60} * (0.62 - 0.64)$$

$$b/b_0 = 0.624 \cong 0.62$$

*Cálculo de proporciones de agregado grueso:*

Sabemos por los ensayos de caracterización, los valores del peso unitario seco compactado del agregado grueso (PUSC AG) y de su peso específico de masa (PeM). Procedemos a calcular el peso seco y el volumen de agregado grueso por metro cúbico de concreto:

$$PUSC\ AG = 1562\ kg/m^3$$

$$PeM\ AG = 2460\ kg/m^3$$

$$Peso\ seco\ AG = PUSC * \frac{b}{b_0} = 1562 * 0.62 = 974.69\ kg/m^3$$

$$Volumen\ AG = \frac{PeM}{Peso\ seco} = 0.3962\ m^3\ de\ AG/m^3\ de\ concreto$$

## 7. Estimación de agregado fino:

*Cálculo de volúmenes absolutos de materiales*

Cemento MS:

$$\text{Peso seco} = 440 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ de concreto}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{PeM}} = \frac{440 \text{ kg}}{2990 \text{ kg/m}^3} = 0.1472 \text{ m}^3$$

Agua:

$$\text{Peso} = 205 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3 \text{ de concreto}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{205 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.2050 \text{ m}^3$$

Aire:

$$\text{Contenido de aire} = 2.0 \% = \frac{2.0}{100} = 0.0200 \text{ m}^3$$

Saldo de volumen por completar con agregados:

$$\text{Volumen de agregados} = 1 - 0.1472 - 0.2050 - 0.0200$$

$$\text{Volumen de agregados} = 0.6278 \text{ m}^3$$

Agregado fino:

$$\begin{aligned} \text{Volumen AF} &= \text{Volumen de agregados} - \text{Volumen AG} \\ &= 0.6278 - 0.3962 \end{aligned}$$

$$\text{Volumen de AF} = 0.2316 \text{ m}^3$$

Sabemos (por los ensayos de caracterización de agregados) que el peso específico (PeM) del agregado fino es  $2460 \text{ kg/m}^3$ . Con estos datos calculamos el peso seco del mismo:

$$\text{Peso seco AF} = \text{PeM AF} * \text{Volumen AF} = 2460 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.2316 \text{ m}^3 =$$

$$\text{Peso seco AF} = 569.81 \text{ kg/m}^3$$

#### 8. Corrección por absorción de agregados:

Conocemos por los ensayos de caracterización, los porcentajes de absorción (% abs) de los agregados; y por cálculos anteriores se ha determinado su respectivo peso seco. Con estos datos realizamos la corrección por absorción y determinamos el peso saturado seco en la superficie (PeSSS):

*Agregado fino:*

- % Abs AF = 2.20 %
- Peso seco AF = 569.81 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{PeSSS AF} = \text{Peso seco} * \left(1 + \frac{\% \text{ Abs}}{100}\right) = 569.81 * \left(1 + \frac{2.2}{100}\right)$$

$$\text{PeSSS AF} = 582.34 \cong 582 \text{ kg/m}^3$$

*Agregado grueso:*

- % Abs AG = 1.90 %
- Peso seco AF = 974.79 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{PeSSS AG} = \text{Peso seco} * \left(1 + \frac{\% \text{ Abs}}{100}\right) = 974.79 * \left(1 + \frac{1.9}{100}\right)$$

$$\text{PeSSS AG} = 993.21 \cong 993 \text{ kg/m}^3$$

Los cálculos de correcciones por absorción se pueden resumir en la siguiente tabla:

Tabla 54:

*Corrección por absorción para diseño de mezcla 280 kg/cm<sup>2</sup>*

<b>MATERIALES</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	<b>% Abs</b>	<b>Corrección por % Abs</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento MS	440.00	0.1472			440
Agua	205.00	0.2050			205
Arena	569.81	0.2316	2.2000	582.3410	582
Piedra	974.69	0.3962	1.9000	993.2071	993
Aire	0.00	0.02			
<b>TOTAL</b>	<b>2189.49</b>	<b>1.0000</b>			<b>2220</b>

Nota: Elaboración propia

### 9. Corrección por humedad

Conocemos por los ensayos de caracterización, los porcentajes de humedad evaporable (% hum) y de absorción (% abs) de los agregados; y por cálculos anteriores se ha determinado su respectivo peso saturado seco en la superficie (PeSSS) y peso seco. Con estos datos realizamos la corrección por humedad y determinamos el peso húmedo:

*Agregado fino:*

- % hum AF = 1.20 %
- % Abs AF = 2.20 %
- Peso seco = 569.81 kg/m<sup>3</sup>
- Peso SSS AF = 582 kg/m<sup>3</sup>

$$Aporte\ de\ humedad\ AF = Peso\ seco * \left( \frac{\% Hum - \% Abs}{100} \right) = 569.81 * \frac{1.2 - 2.2}{100}$$

$$Aporte\ de\ humedad\ AF = -5.70\ kg = -5.70\ L\ (por\ m^3\ de\ concreto)$$

Procedemos a calcular el peso húmedo (kg/m<sup>3</sup> de concreto) del agregado fino:

$$\text{Peso húmedo AF} = \text{Peso seco} * \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right) = 569.81 * \left(1 + \frac{1.2}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo AF} = 576.64 \cong 577 \text{ kg/m}^3$$

*Agregado grueso:*

- % hum AG = 0.50 %
- % Abs AG = 1.90 %
- Peso seco = 974.69 kg/m<sup>3</sup>
- Peso SSS AG = 993 kg/m<sup>3</sup>

$$\text{Aporte de humedad AG} = \text{Peso seco} * \left(\frac{\% \text{ Hum} - \% \text{ Abs}}{100}\right) = 974.69 * \frac{0.50 - 1.90}{100}$$

$$\text{Aporte de humedad AG} = -13.65 \text{ kg} = -13.65 \text{ L (por m}^3 \text{ de concreto)}$$

Procedemos a calcular el peso húmedo (kg/m<sup>3</sup> de concreto) del agregado grueso:

$$\text{Peso húmedo AG} = \text{Peso seco} * \left(1 + \frac{\% \text{ Hum}}{100}\right) = 974.69 * \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)$$

$$\text{Peso húmedo AG} = 979.56 \cong 980 \text{ kg/m}^3$$

*Agua:*

Procedemos a corregir el peso del agua que obtuvimos de la Tabla 47, según los aportes de humedad de los agregados:

*Corrección Peso agua*

$$= \text{Peso agua} - (\text{Aporte humedad AG} + \text{Aporte humedad AF})$$

$$\text{Corrección Peso agua} = 205 - (-13.65 - 5.70)$$

$$\text{Corrección Peso agua} = 224.35 \cong 224 \text{ L}$$

Los cálculos de correcciones por humedad se pueden resumir en la siguiente tabla:

Tabla 55:

*Corrección por humedad para diseño de 280 kg/m<sup>3</sup>:*

<b>MATERIALES</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>% Hum</b>	<b>Agua de Humedad (L)</b>	<b>Corrección peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento MS	440.00	440			440
Agua	205.00	205			224
Arena	569.81	582	1.2	-5.70	577
Piedra	974.69	993	0.5	-13.65	980
<b>TOTAL</b>	<b>2189.49</b>	<b>2220</b>			<b>2221</b>

Nota: Elaboración propia

Se resumen los cálculos del diseño de mezcla de concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  en la siguiente tabla:

Tabla 56:

*Resumen diseño de mezcla patrón  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$*

<b>MATERIALES</b>	<b>Peso seco (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso SSS (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> Concreto)</b>
Cemento MS	440.00	440	440	0.1472
Agua	205.00	205	224	0.2050
Arena	569.81	582	577	0.2316
Piedra	974.69	993	980	0.3962
Aire				0.0200
	2189.49	2221	2221	1.0000

Nota: Tablas 55 y 54

En la Tabla nro. 12 se aprecia el diseño de mezcla por tandas de 40 L (0.040 m<sup>3</sup>), para un concreto patrón de 280 kg/cm<sup>2</sup> donde cada proporción de peso seco de material se multiplica 0.040:

Cemento:

$$440 \frac{kg}{m^3} * 0.040 m^3 = 17.60 kg$$

Agua:

$$224 \frac{kg}{m^3} * 0.040 m^3 = 8.97 kg$$

Agregado fino:

$$577 \frac{kg}{m^3} * 0.040 m^3 = 23.07 kg$$

Agregado grueso:

$$980 \frac{kg}{m^3} * 0.040 m^3 = 39.18 kg$$

Peso total de una tanda (0.040 m<sup>3</sup>):

$$17.60 + 8.97 + 23.07 + 39.18 = 88.82 kg$$

***Diseño de mezcla para  $f'c = 280 kg/cm^2$  para una dosificación de 5 % de microsíllice:***

En la Tabla nro. 13 se aprecia el diseño de mezcla por tandas de 40 L (0.040 m<sup>3</sup>), para un concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> con una dosificación de microsíllice del 5 %, donde cada proporción de peso seco de material se multiplica 0.040. Del peso húmedo del cemento se extraerá un 5 % del mismo y se reemplazará por su equivalente en peso de microsíllice:

Dato inicial:

$$Peso\ cemento\ por\ tanda\ (patrón) = 17.60\ kg$$

Microsíllice:

$$Peso\ por\ tanda\ (0.040\ m^3)$$

$$\begin{aligned} \text{Peso cemento} * \text{Dosificación} &= 17.60 * 0.05 = 0.880 \text{ kg} \\ &= 880 \text{ g microsíllice/tanda} \end{aligned}$$

*Peso de por metro cúbico de concreto:*

$$0.880 \text{ kg}/0.040 \text{ m}^3 = 22.00 \text{ kg/m}^3$$

Reajuste peso de cemento:

$$\text{Peso cemento por tanda} = 17.60 - 0.88 = 16.72 \text{ kg/tanda}$$

$$\text{Peso cemento por m}^3 = \frac{16.72}{0.04} = 418.00 \text{ kg/m}^3$$

Agua:

$$224 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 8.97 \text{ kg}$$

Agregado fino:

$$577 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 23.07 \text{ kg}$$

Agregado grueso:

$$980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 39.18 \text{ kg}$$

Peso total de una tanda (0.040 m<sup>3</sup>):

$$16.72 + 0.88 + 8.97 + 23.07 + 39.18 = 88.82 \text{ kg}$$

***Diseño de mezcla para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para una dosificación de 10 % de microsíllice:***

En la Tabla nro. 14 se aprecia el diseño de mezcla por tandas de 40 L (0.040 m<sup>3</sup>), para un concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> con una dosificación de microsíllice del 10 %, donde cada proporción de peso seco de material se multiplica 0.040. Del peso húmedo del cemento se extraerá un 10 % del mismo y se reemplazará por su equivalente en peso de microsíllice:

Dato inicial:

$$\text{Peso cemento por tanda (patrón)} = 17.60 \text{ kg}$$

Microsílice:

*Peso por tanda (0.040 m<sup>3</sup>)*

$$\begin{aligned} \text{Peso cemento} * \text{Dosificación} &= 17.60 * 0.10 = 1.760 \text{ kg} \\ &= 1760 \text{ g microsíllice/tanda} \end{aligned}$$

*Peso de por metro cúbico de concreto:*

$$1.760 \text{ kg}/0.040 \text{ m}^3 = 44.00 \text{ kg/m}^3$$

Reajuste peso de cemento:

$$\text{Peso cemento por tanda} = 17.60 - 1.76 = 15.84 \text{ kg/tanda}$$

$$\text{Peso cemento por m}^3 = \frac{15.84}{0.04} = 396.00 \text{ kg/m}^3$$

Agua:

$$224 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 8.97 \text{ kg}$$

Agregado fino:

$$577 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 23.07 \text{ kg}$$

Agregado grueso:

$$980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 39.18 \text{ kg}$$

Peso total de una tanda (0.040 m<sup>3</sup>):

$$16.72 + 0.88 + 8.97 + 23.07 + 39.18 = 88.82 \text{ kg}$$

***Diseño de mezcla para  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para una dosificación de 15 % de microsíllice:***

En la Tabla nro. 15 se aprecia el diseño de mezcla por tandas de 40 L (0.040 m<sup>3</sup>), para un concreto de 280 kg/cm<sup>2</sup> con una dosificación de microsíllice del 15 %, donde cada proporción de peso seco de material se multiplica 0.040. Del peso húmedo del cemento se extraerá un 15 % del mismo y se reemplazará por su equivalente en peso de microsíllice:

Dato inicial:

$$\text{Peso cemento por tanda (patrón)} = 17.60 \text{ kg}$$

Microsílice:

$$\text{Peso por tanda (0.040 m}^3\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{Peso cemento} * \text{Dosificación} &= 17.60 * 0.15 = 2.64 \text{ kg} \\ &= 2640 \text{ g microsíllice/tanda} \end{aligned}$$

Peso de por metro cúbico de concreto:

$$2.64 \text{ kg}/0.040 \text{ m}^3 = 66.00 \text{ kg/m}^3$$

Reajuste peso de cemento:

$$\text{Peso cemento por tanda} = 17.60 - 2.64 = 14.96 \text{ kg/tanda}$$

$$\text{Peso cemento por m}^3 = \frac{14.96}{0.04} = 374.00 \text{ kg/m}^3$$

Agua:

$$224 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 8.97 \text{ kg}$$

Agregado fino:

$$577 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 23.07 \text{ kg}$$

Agregado grueso:

$$980 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.040 \text{ m}^3 = 39.18 \text{ kg}$$

Peso total de una tanda (0.040 m<sup>3</sup>):

$$16.72 + 0.88 + 8.97 + 23.07 + 39.18 = 88.82 \text{ kg}$$

## ANEXO 6: ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

*Resistencia a la compresión para concreto ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días de curado:*

Se sigue el siguiente proceso de cálculo:

- $Area\ de\ sección = \frac{\pi D^2}{4}$
- $Resistencia\ a\ compresión = \frac{Carga\ máxima}{Area\ de\ sección}$

Tabla 57:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días:*

Edad ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura
3	10.22	82.0	85.0	10.4	106	2
3	10.17	81.2	83.2	10.2	104	2
3	10.29	83.2	89.0	10.7	109	2
<b>Promedio</b>				<b>10.4</b>	<b>106</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 58:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días:*

Edad Ensayo (días)	Diámetro promedio (cm)	Área sección (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (KN)	Resistencia a Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
3	10.25	82.5	121.6	14.7	150	2
3	10.20	81.7	117.5	14.4	147	5
3	10.20	81.7	122.9	15.0	153	2
<b>Promedio</b>				<b>14.7</b>	<b>150</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 59:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días:*

Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
3	10.25	82.5	101.3	12.3	125	5
3	10.30	83.3	104.4	12.5	128	2
3	10.30	83.3	101.6	12.2	124	2
Promedio				12.3	126	

Nota: Elaboración propia

Tabla 60:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días:*

Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
3	10.30	83.3	93.9	11.3	115	5
3	10.29	83.2	101.3	12.2	124	2
3	10.26	82.6	99.1	12.0	122	2
<b>Promedio</b>				<b>11.8</b>	<b>120</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 61:

*Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días*

DOSIFICACIÓN	$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
Concreto patrón	106
5 %	150
10 %	126
15 %	120

Nota: Elaboración propia

Resistencia a la compresión para concreto ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días de curado:

Se sigue el siguiente proceso de cálculo:

- $Area\ de\ sección = \frac{\pi D^2}{4}$
- $Resistencia\ a\ compresión = \frac{Carga\ máxima}{Area\ de\ sección}$

Tabla 62:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días:*

Edad ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura
7	10.34	83.9	136.4	16.3	166	2
7	10.24	82.3	126.3	15.4	157	2
7	10.29	83.2	146.0	17.6	179	2
			<b>Promedio</b>	<b>16.4</b>	<b>167</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 63:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días:*

Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
7	10.31	83.5	163.5	19.6	200	5
7	10.30	83.3	164.4	19.7	201	5
7	10.29	83.2	164.6	19.8	202	2
<b>Promedio</b>				<b>19.7</b>	<b>201</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 64:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días:*

Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
7	10.30	83.3	161.8	19.4	198	2
7	10.33	83.7	147.6	17.6	180	2
7	10.29	83.1	152.1	18.3	187	2
<b>Promedio</b>				<b>18.5</b>	<b>188</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 65:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días:*

<b>Edad Ensayo (días)</b>	<b>Diámetro Promedio (cm)</b>	<b>Área Sección (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Máxima (KN)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (MPa)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de Fractura*</b>
7	10.25	82.5	135.1	16.4	167	2
7	10.29	83.2	152.5	18.3	187	2
7	10.27	82.8	155.1	18.7	191	2
<b>Promedio</b>				<b>17.8</b>	<b>182</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 66:

*Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días*

<b>DOSIFICACIÓN</b>	<b><math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Concreto patrón	167
5 %	201
10 %	188
15 %	182

Nota: Elaboración propia

**Resistencia a la compresión para concreto ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días de curado:**

Se sigue el siguiente proceso de cálculo:

- $Area\ de\ sección = \frac{\pi D^2}{4}$
- $Resistencia\ a\ compresión = \frac{Carga\ máxima}{Area\ de\ sección}$

Tabla 67:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días:*

Edad ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura
28	10.21	81.8	211.2	25.8	263	2
28	10.21	81.9	210.6	25.7	262	2
28	10.22	82.0	208.5	25.4	259	5
<b>Promedio</b>				<b>25.7</b>	<b>262</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 68:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días:*

Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
28	10.30	83.3	257.1	30.9	315	2
28	10.31	83.5	256.2	30.7	313	2
28	10.29	83.1	256.6	30.9	315	2
<b>Promedio</b>				<b>30.8</b>	<b>314</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 69:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días:*

Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
28	10.18	81.4	239.2	29.4	300	5
28	10.27	82.8	240.7	29.1	297	2
28	10.27	82.8	240.2	29.0	296	5
<b>Promedio</b>				<b>29.2</b>	<b>297</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 70:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días:*

<b>Edad Ensayo (días)</b>	<b>Diámetro Promedio (cm)</b>	<b>Área Sección (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Máxima (KN)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (MPa)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de Fractura*</b>
28	10.31	83.4	229.2	27.5	280	2
28	10.21	81.8	236.0	28.9	294	5
28	10.18	81.3	229.7	28.2	288	2
<b>Promedio</b>				<b>28.2</b>	<b>287</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 71:

*Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f'c$  diseño = 210 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días*

<b>DOSIFICACIÓN</b>	<b><math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Concreto patrón	262
5 %	314
10 %	297
15 %	287

Nota: Elaboración propia

**Resistencia a la compresión para concreto ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días de curado:**

Se sigue el siguiente proceso de cálculo:

- $Area\ de\ sección = \frac{\pi D^2}{4}$
- $Resistencia\ a\ compresión = \frac{Carga\ máxima}{Area\ de\ sección}$

Tabla 72:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días:*

Edad ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura
3	10.31	83.4	116.7	14.0	143	2
3	10.32	83.6	110.5	13.2	135	2
3	10.29	83.1	119.4	14.4	147	2
			Promedio	13.9	141	

Nota: Elaboración propia

Tabla 73:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días:*

Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
3	10.19	81.5	182.2	22.4	228	2
3	10.29	83.1	179.3	21.6	220	2
3	10.21	81.8	174.1	21.3	217	5
<b>Promedio</b>				<b>21.7</b>	<b>222</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 74:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días:*

Edad ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
3	10.33	83.7	151.6	18.1	185	5
3	10.28	82.9	147.0	17.7	181	2
3	10.20	81.6	144.6	17.7	181	5
<b>Promedio</b>				<b>17.8</b>	<b>182</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 75:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días:*

<b>Edad Ensayo (días)</b>	<b>Diámetro Promedio (cm)</b>	<b>Área Sección (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Máxima (KN)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (MPa)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de Fractura*</b>
3	10.27	82.8	126.3	15.2	155	2
3	10.26	82.7	128.3	15.5	158	2
3	10.25	82.4	129.3	15.7	160	2
<b>Promedio</b>				<b>15.5</b>	<b>158</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 76:

*Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 3 días*

<b>DOSIFICACIÓN</b>	<b><math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Concreto patrón	141
5 %	222
10 %	182
15 %	158

Nota: Elaboración propia

**Resistencia a la compresión para concreto ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días de curado:**

Se sigue el siguiente proceso de cálculo:

- $Area\ de\ sección = \frac{\pi D^2}{4}$
- $Resistencia\ a\ compresión = \frac{Carga\ máxima}{Area\ de\ sección}$

Tabla 77:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días:*

Edad ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura
7	10.25	82.4	181.5	22.0	225	2
7	10.27	82.8	172.7	20.9	213	5
7	10.30	83.2	164.7	19.8	202	5
<b>Promedio</b>				<b>20.9</b>	<b>213</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 78:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días:*

<b>Edad (días)</b>	<b>Diámetro Promedio (cm)</b>	<b>Área Sección (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Máxima (KN)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (MPa)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de Fractura*</b>
7	10.29	83.1	215.9	26.0	265	2
7	10.28	82.9	217.5	26.2	267	2
7	10.33	83.7	220.8	26.4	269	2
<b>Promedio</b>				<b>26.2</b>	<b>267</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 79:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días:*

<b>Edad (días)</b>	<b>Diámetro Promedio (cm)</b>	<b>Área Sección (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Máxima (KN)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (MPa)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de Fractura*</b>
7	10.28	83.0	202.9	24.4	249	5
7	10.30	83.2	205.4	24.7	252	2
7	10.22	82.0	210.0	25.6	261	2
<b>Promedio</b>				<b>24.9</b>	<b>254</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 80:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días:*

<b>Edad Ensayo (días)</b>	<b>Diámetro Promedio (cm)</b>	<b>Área Sección (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Máxima (KN)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (MPa)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de Fractura*</b>
7	10.27	82.8	181.9	22.0	224	2
7	10.29	83.1	183.3	22.1	225	2
7	10.23	82.2	188.5	22.9	234	2
<b>Promedio</b>				<b>22.3</b>	<b>228</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 81:

*Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 7 días*

<b>DOSIFICACIÓN</b>	<b><math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Concreto patrón	213
5 %	267
10 %	254
15 %	228

Nota: Elaboración propia

**Resistencia a la compresión para concreto ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días de curado:**

Se sigue el siguiente proceso de cálculo:

- $Area\ de\ sección = \frac{\pi D^2}{4}$
- $Resistencia\ a\ compresión = \frac{Carga\ máxima}{Area\ de\ sección}$

Tabla 82:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto patrón ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días:*

Edad ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura
28	10.21	81.9	244.3	29.8	304	2
28	10.24	82.4	253.1	30.7	313	2
28	10.19	81.5	262.9	32.3	329	2
			<b>Promedio</b>	<b>30.9</b>	<b>316</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 83:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 5 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días:*

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
28	10.19	81.5	295.5	36.3	370	2
28	10.26	82.7	297.0	35.9	366	2
28	10.19	81.5	296.2	36.4	371	2
<b>Promedio</b>				<b>36.2</b>	<b>369</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 84:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 10 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días:*

Edad (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
28	10.27	82.8	286.0	34.6	352	5
28	10.29	83.1	277.7	33.4	341	5
28	10.29	83.2	283.1	34.0	347	5
<b>Promedio</b>				<b>34.0</b>	<b>347</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 85:

*Resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto con dosificación 15 % ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días:*

<b>Edad Ensayo (días)</b>	<b>Diámetro Promedio (cm)</b>	<b>Área Sección (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Carga Máxima (KN)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (MPa)</b>	<b>Resistencia a la Compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tipo de Fractura*</b>
28	10.2	81.7	269.7	33.0	337	5
28	10.2	81.9	271.1	33.1	338	2
28	10.2	82.0	257.4	31.4	320	5
<b>Promedio</b>				<b>32.5</b>	<b>331</b>	

Nota: Elaboración propia

Tabla 86:

*Resumen de resultados de ensayo de resistencia a compresión de concreto ( $f'c$  diseño = 280 kg/cm<sup>2</sup>) edad 28 días*

<b>DOSIFICACIÓN</b>	<b><math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Concreto patrón	316
5 %	369
10 %	347
15 %	331

Nota: Elaboración propia

## ANEXO 7: ENSAYOS DE PERMEABILIDAD (NORMA EN 12390-8)

Tabla 87:

*Resultados de ensayo de permeabilidad (norma EN 12390-8) para concretos  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$*

Diseño	Diámetro de probeta	Área de papel	Masa de papel	Masa de papel cortado	Área de papel cortado	Penetración	Promedio
	D (mm)	Ap (mm <sup>2</sup> )	Mp (g)	Mpf (g)	Apf (mm <sup>2</sup> )	Pm (mm)	(mm)
210 - 0 %	152.4	62,370	4.8004	1.2499	16,240	107	115
MS	152.4	62,370	4.9144	1.4806	18,791	123	
210 - 5 %	152.4	62,370	4.8532	1.1943	15,348	101	101
MS	152.4	62,370	4.8954	1.2201	15,545	102	
210 - 10 %	152.4	62,370	4.7980	1.1157	14,503	95	99
MS	152.4	62,370	4.8925	1.2327	15,715	103	
210 - 15 %	152.4	62,370	4.8150	1.5052	19,497	128	124
MS	152.4	62,370	4.8137	1.4039	18,190	119	

Nota: Elaboración propia

Tabla 88:

*Resultados de ensayo de permeabilidad (norma EN 12390-8) para concretos  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ :*

Diseño	Diámetro de probeta	Área de papel	Masa de papel	Masa de papel cortado	Área de papel cortado	Penetración	Promedio
	D (mm)	Ap (mm <sup>2</sup> )	Mp (g)	Mpf (g)	Apf (mm <sup>2</sup> )	Pm (mm)	(mm)
280 - 0 %	152.4	62370	5.2009	1.5828	18981	125	129
MS	152.4	62370	5.2006	1.6944	20321	133	
280 - 5 %	152.4	62370	5.1614	1.5782	19071	125	126
MS	152.4	62370	5.1928	1.6128	19371	127	
280 - 10 %	152.4	62370	5.2328	1.6057	19138	126	121
MS	152.4	62370	5.0774	1.4547	17869	117	
280 - 15 %	152.4	62370	5.1658	1.5881	19174	126	124
MS	152.4	62370	5.3008	1.5781	18568	122	

Nota: Elaboración propia

## ANEXO 8: CERTIFICADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO

### Concreto en estado fresco

Figura 46:

Certificado de ensayos de temperatura, asentamiento y peso unitario del concreto



RUC: 20608132016  
Contacto: 936194709-989712719  
Email: ventas@tem-concrete.com

#### REGISTRO DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO

##### 1. INFORMACION GENERAL

**SOLICITANTES** : MAURICIO MONTENEGRO MORI  
**PROYECTO** : INFLUENCIA DE LA MICROSIÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO M5, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022

##### 2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

Descripción	Fecha	Temperatura (°C)	Asentamiento (in)	P.U.C. (kg/m <sup>3</sup> )	-
Concreto Patrón (210kg/cm <sup>3</sup> )	18/11/2022	23.0	4.50	2,433	-
Concreto con 5% de microsilíce (210kg/cm <sup>3</sup> )	18/11/2022	24.5	3.50	2,420	-
Concreto con 10% de microsilíce (210kg/cm <sup>3</sup> )	18/11/2022	23.0	3.50	2,415	-
Concreto con 15% de microsilíce (210kg/cm <sup>3</sup> )	18/11/2022	24.5	3.00	2,402	-
Concreto Patrón (280kg/cm <sup>3</sup> )	21/11/2022	25.0	4.00	2,435	-
Concreto con 5% de microsilíce (280kg/cm <sup>3</sup> )	21/11/2022	23.5	4.00	2,420	-
Concreto con 10% de microsilíce (280kg/cm <sup>3</sup> )	21/11/2022	26.0	3.75	2,411	-
Concreto con 15% de microsilíce (280kg/cm <sup>3</sup> )	21/11/2022	23.5	3.75	2,411	-

  
MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
Gerente General  
CIP N° 248191

  
Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
Jefe de laboratorio  
CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimu - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

**Ensayo de resistencia a la compresión para  $f'c$  diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup>**

Figura 47:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, edad 3 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1159-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	18-11-22
Muestra :	Concreto patrón	Fecha de Ensayo:	21-11-22
$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) :	210		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P01	3	10.22	82.0	85.0	10.4	106	2
073-TEM-P02	3	10.17	81.2	83.2	10.2	104	2
073-TEM-P03	3	10.29	83.1	89.0	10.7	109	2
Promedio					10.4	106	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

  
 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191

  
 Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herccelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 48:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsilice  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1162-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	18-11-22
Muestra :	Concreto con 5% de microsilice	Fecha de Ensayo:	21-11-22
$f^c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	210		

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P10	3	10.25	82.5	121.6	14.7	150	2
073-TEM-P11	3	10.20	81.7	117.5	14.4	147	5
073-TEM-P12	3	10.20	81.7	122.9	15.0	153	2
Promedio					14.7	150	

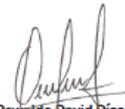
**NOTAS:**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 49:

Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsíllice  
 $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1165-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	18-11-22
Muestra :	Concreto con 10% de microsíllice	Fecha de Ensayo:	21-11-22
$f_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	210		

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P19	3	10.25	82.5	101.3	12.3	125	5
073-TEM-P20	3	10.30	83.3	104.4	12.5	128	2
073-TEM-P21	3	10.30	83.3	101.6	12.2	124	2
Promedio					12.3	126	

NOTAS:

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

  
 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191

  
 Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herceles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 50:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsilice  $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días*



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1168-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

<b>Cliente :</b>	Mauricio Montenegro Mori	<b>Fecha de Emisión:</b>	07-01-23
<b>Proyecto :</b>	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	<b>Fecha de Moldeado:</b>	18-11-22
<b>Muestra :</b>	Concreto con 15% de microsilice	<b>Fecha de Ensayo:</b>	21-11-22
<b><math>f^c</math> (kg/cm<sup>2</sup>) :</b>	210		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P28	3	10.30	83.3	93.9	11.3	115	5
073-TEM-P29	3	10.29	83.2	101.3	12.2	124	2
073-TEM-P30	3	10.26	82.6	99.1	12.0	122	2
<b>Promedio</b>					<b>11.8</b>	<b>120</b>	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STVE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av. Oswaldo Herceles 390 Urb. Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 51:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, edad 7 días*



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1160-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

<b>Cliente :</b>	Mauricio Montenegro Mori	<b>Fecha de Emisión:</b>	07-01-23
<b>Proyecto :</b>	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	<b>Fecha de Moldeado:</b>	18-11-22
<b>Muestra :</b>	Concreto patrón	<b>Fecha de Ensayo:</b>	25-11-22
<b><math>f_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>) :</b>	210		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P04	7	10.34	83.9	136.4	16.3	166	2
073-TEM-P05	7	10.24	82.3	126.3	15.4	157	2
073-TEM-P06	7	10.29	83.2	146.0	17.6	179	2
				<b>Promedio</b>	<b>16.4</b>	<b>167</b>	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



Msc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 52:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsilice  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1163-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente:	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto:	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	18-11-22
Muestra:	Concreto con 5% de microsilice	Fecha de Ensayo:	25-11-22
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ :	210		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P13	7	10.31	83.5	163.5	19.6	200	5
073-TEM-P14	7	10.30	83.3	164.4	19.7	201	5
073-TEM-P15	7	10.29	83.2	164.6	19.8	202	2
Promedio					19.7	201	

**NOTAS:**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herccelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 53:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsilíce  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1166-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsilíce sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	10-11-22
Muestra :	Concreto con 10% de microsilíce	Fecha de Ensayo:	25-11-22
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ :	210		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P22	7	10.30	83.3	161.8	19.4	198	2
073-TEM-P23	7	10.33	83.7	147.6	17.6	180	2
073-TEM-P24	7	10.29	83.1	152.1	18.3	187	2
<b>Promedio</b>					<b>18.5</b>	<b>188</b>	

**NOTAS:**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimu - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 54:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsíllice  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, edad 7 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1169-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori
Proyecto :	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022
Muestra :	Concreto con 15% de microsíllice
$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) :	210

Fecha de Emisión:	07-01-23
Fecha de Moldeado:	18-11-22
Fecha de Ensayo:	25-11-22

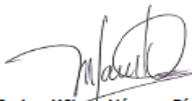
RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P31	7	10.25	82.5	135.1	16.4	167	2
073-TEM-P32	7	10.29	83.2	152.5	18.3	187	2
073-TEM-P33	7	10.27	82.8	155.1	18.7	191	2
<b>Promedio</b>					<b>17.8</b>	<b>182</b>	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

  
 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191

  
 Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 55:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, edad 28 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1161-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori
Proyecto :	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022
Muestra :	Concreto patrón
$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) :	210

Fecha de Emisión:	07-01-23
Fecha de Moldeado:	18-11-22
Fecha de Ensayo:	16-12-22

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P07	28	10.21	81.8	211.2	25.8	263	2
073-TEM-P08	28	10.21	81.9	210.6	25.7	262	2
073-TEM-P09	28	10.22	82.0	208.5	25.4	259	5
<b>Promedio</b>					<b>25.7</b>	<b>262</b>	

**NOTAS:**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
  - El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
  - Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
  - Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
  - Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
  - El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados
- \* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

  
 MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191

  
 Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 56:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsilice  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1164-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022
Muestra :	Concreto con 5% de microsilice
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	210

Fecha de Emisión:	07-01-23
Fecha de Moldeado:	18-11-22
Fecha de Ensayo:	16-12-22

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P16	28	10.30	83.2	257.1	30.9	315	2
073-TEM-P17	28	10.31	83.5	256.2	30.7	313	2
073-TEM-P18	28	10.29	83.1	256.6	30.9	315	2
Promedio					30.8	314	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av. Oswaldo Herceles 390 Urb. Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 57:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsilice  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1167-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022
Muestra :	Concreto con 10% de microsilice
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	210

Fecha de Emisión:	07-01-23
Fecha de Moldeado:	18-11-22
Fecha de Ensayo:	16-12-22

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P25	28	10.18	81.4	239.2	29.4	300	5
073-TEM-P26	28	10.27	82.8	240.7	29.1	297	2
073-TEM-P27	28	10.27	82.8	240.2	29.0	296	5
				Promedio	29.2	297	

**NOTAS:**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STVE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
Laboratorio: Av Oswaldo Herccelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 58:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsilice  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1170-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022
Muestra :	Concreto con 15% de microsilice
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	210

Fecha de Emisión:	07-01-23
Fecha de Moldeado:	18-11-22
Fecha de Ensayo:	16-12-22

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P34	28	10.31	83.4	229.2	27.5	280	2
073-TEM-P35	28	10.21	81.8	236.0	28.9	294	5
073-TEM-P36	28	10.18	81.3	229.7	28.2	288	2
<b>Promedio</b>					<b>28.2</b>	<b>287</b>	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

**Ensayo de resistencia a la compresión para  $f'c$  diseño de 280 kg/cm<sup>2</sup>**

Figura 59:

Certificado de ensayos de resistencia a compresión de concreto patrón  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, edad 3 días



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1171-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	21-11-22
Muestra :	Concreto patrón	Fecha de Ensayo:	24-11-22
$f'c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) :	280		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P37	3	10.31	83.4	116.7	14.0	143	2
073-TEM-P38	3	10.32	83.6	110.5	13.2	135	2
073-TEM-P39	3	10.29	83.1	119.4	14.4	147	2
Promedio					13.9	141	

**NOTAS:**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
  - El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
  - Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
  - Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
  - Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
  - El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados
- \* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

  
**MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz**  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191

  
**Ing. Oswaldo David Díaz Pino**  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 60:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsilice  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días*



RUC: 20608132016  
Contacto: 936194709-989712719  
Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1174-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022
Muestra :	Concreto con 5% de microsilice
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	280

Fecha de Emisión:	07-01-23
Fecha de Moldeado:	21-11-22
Fecha de Ensayo:	24-11-22

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P46	3	10.19	81.5	182.2	22.4	228	2
073-TEM-P47	3	10.29	83.1	179.3	21.6	220	2
073-TEM-P48	3	10.21	81.8	174.1	21.3	217	5
Promedio					21.7	222	

**NOTAS:**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
Gerente General  
CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
Jefe de Laboratorio  
CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 61:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsilice  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1177-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

<b>Cliente:</b>	Mauricio Montenegro Mori	<b>Fecha de Emisión:</b>	07-01-23
<b>Proyecto:</b>	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	<b>Fecha de Moldeado:</b>	21-11-22
<b>Muestra:</b>	Concreto con 10% de microsilice	<b>Fecha de Ensayo:</b>	24-11-22
<b><math>f'c</math> (kg/cm<sup>2</sup>):</b>	280		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P55	3	10.33	83.7	151.6	18.1	185	5
073-TEM-P56	3	10.28	82.9	147.0	17.7	181	2
073-TEM-P57	3	10.20	81.6	144.6	17.7	181	5
<b>Promedio</b>					<b>17.8</b>	<b>182</b>	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STVE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herceles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 62:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsilice  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 3 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1180-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de identificación del Cliente y Muestra**

Cliente	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	21-11-22
Muestra	Concreto con 15% de microsilice	Fecha de Ensayo:	24-11-22
$f_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$	280		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P64	3	10.27	82.8	126.3	15.2	155	2
073-TEM-P65	3	10.26	82.7	128.3	15.5	158	2
073-TEM-P66	3	10.25	82.4	129.3	15.7	160	2
<b>Promedio</b>					<b>15.5</b>	<b>158</b>	

**NOTAS:**

- El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
- El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
- Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
- Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
- Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
- El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



Msc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herceles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 63:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, edad 7 días*



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1172-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Cliente :</td> <td>Mauricio Montenegro Mori</td> </tr> <tr> <td>Proyecto :</td> <td>Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022</td> </tr> <tr> <td>Muestra :</td> <td>Concreto patrón</td> </tr> <tr> <td><math>f_c</math> (kg/cm<sup>2</sup>) :</td> <td>280</td> </tr> </table>	Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Proyecto :	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Muestra :	Concreto patrón	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) :	280	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">Fecha de Emisión:</td> <td>07-01-23</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Moldeado:</td> <td>21-11-22</td> </tr> <tr> <td>Fecha de Ensayo:</td> <td>28-11-22</td> </tr> </table>	Fecha de Emisión:	07-01-23	Fecha de Moldeado:	21-11-22	Fecha de Ensayo:	28-11-22
Cliente :	Mauricio Montenegro Mori														
Proyecto :	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022														
Muestra :	Concreto patrón														
$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> ) :	280														
Fecha de Emisión:	07-01-23														
Fecha de Moldeado:	21-11-22														
Fecha de Ensayo:	28-11-22														

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P40	7	10.25	82.4	181.5	22.0	225	2
073-TEM-P41	7	10.27	82.8	172.7	20.9	213	5
073-TEM-P42	7	10.30	83.2	164.7	19.8	202	5
<b>Promedio</b>					<b>20.9</b>	<b>213</b>	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



**MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz**  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



**Ing. Oswaldo David Díaz Pino**  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 64:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsíllice  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días*



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1175-22-TEM**  
 Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori
Proyecto :	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022
Muestra :	Concreto con 5% de microsíllice
$f'_c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	280

Fecha de Emisión:	07-01-23
Fecha de Moldeado:	21-11-22
Fecha de Ensayo:	28-11-22

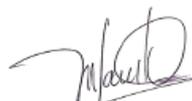
**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P49	7	10.29	83.1	215.9	26.0	265	2
073-TEM-P50	7	10.28	82.9	217.5	26.2	267	2
073-TEM-P51	7	10.33	83.7	220.8	26.4	269	2
<b>Promedio</b>					26.2	267	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STVE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

*\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual*



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 65:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsilice  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días*



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1178-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori		Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022		Fecha de Moldeado:	21-11-22
Muestra :	Concreto con 10% de microsilice		Fecha de Ensayo:	28-11-22
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ :	280			

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P58	7	10.28	83.0	202.9	24.4	249	5
073-TEM-P59	7	10.30	83.2	205.4	24.7	252	2
073-TEM-P60	7	10.22	82.0	210.0	25.6	261	2
Promedio					24.9	254	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STVE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 66:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsilice  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 7 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1181-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	21-11-22
Muestra :	Concreto con 15% de microsilice	Fecha de Ensayo:	28-11-22
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	280		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P67	7	10.27	82.8	181.9	22.0	224	2
073-TEM-P68	7	10.29	83.1	183.3	22.1	225	2
073-TEM-P69	7	10.23	82.2	188.5	22.9	234	2
				Promedio	22.3	228	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 67:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión en concreto patrón  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, edad 28 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1173-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

<b>Cliente:</b>	Mauricio Montenegro Mori
<b>Proyecto:</b>	Influencia de la microsíllice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022
<b>Muestra:</b>	Concreto patrón
<b>F<sub>c</sub> (kg/cm<sup>2</sup>):</b>	280

<b>Fecha de Emisión:</b>	07-01-23
<b>Fecha de Moldeado:</b>	21-11-22
<b>Fecha de Ensayo:</b>	19-12-22

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P43	28	10.21	81.9	244.3	29.8	304	2
073-TEM-P44	28	10.24	82.4	253.1	30.7	313	2
073-TEM-P45	28	10.19	81.5	262.9	32.3	329	2
<b>Promedio</b>					<b>30.9</b>	<b>316</b>	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C311 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STVE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 68:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 5 % de microsilice  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días*



TECNOLOGÍA EN ENSAYO DE MATERIALES

RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1176-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori		Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022		Fecha de Moldeado:	21-11-22
Muestra :	Concreto con 5% de microsilice		Fecha de Ensayo:	19-12-22
$f_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ :	280			

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P52	28	10.19	81.5	295.5	36.3	370	2
073-TEM-P53	28	10.26	82.7	297.0	35.9	366	2
073-TEM-P54	28	10.19	81.5	296.2	36.4	371	2
<b>Promedio</b>					<b>36.2</b>	<b>369</b>	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STVE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de Laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 69:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 10 % de microsilice  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1179-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

**Datos de Identificación del Cliente y Muestra**

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	21-11-22
Muestra :	Concreto con 10% de microsilice	Fecha de Ensayo:	19-12-22
$f'c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$ :	280		

**RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION**

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P61	28	10.27	82.8	286.0	34.6	352	5
073-TEM-P62	28	10.29	83.1	277.7	33.4	341	5
073-TEM-P63	28	10.29	83.2	283.1	34.0	347	5
Promedio					34.0	347	

**NOTAS:**

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STVE-2000 con N° Serie 210406 de 2,000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual

  
**MSc. Ing. Wilmér Vásquez Díaz**  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191

  
**Ing. Oswaldo David Díaz Pino**  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 70:

*Certificado de ensayos de resistencia a compresión con dosificación 15 % de microsilice  $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ , edad 28 días*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**INFORME DE ENSAYO N° 1182-22-TEM**

Ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas  
 ASTM C39/C39M - NTP 339.034

Datos de Identificación del Cliente y Muestra

Cliente :	Mauricio Montenegro Mori	Fecha de Emisión:	07-01-23
Proyecto :	Influencia de la microsilice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022	Fecha de Moldeado:	21-11-22
Muestra :	Concreto con 15% de microsilice	Fecha de Ensayo:	19-12-22
$f^c \text{ (kg/cm}^2\text{)} :$	280		

RESULTADOS DE ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE RESISTENCIAS A LA COMPRESION

Código Identificación	Edad Ensayo (días)	Diámetro Promedio (cm)	Área Sección (cm <sup>2</sup> )	Carga Máxima (KN)	Resistencia a la Compresión (MPa)	Resistencia a la Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de Fractura*
073-TEM-P70	28	10.20	81.7	269.7	33.0	337	5
073-TEM-P71	28	10.21	81.9	271.1	33.1	338	2
073-TEM-P72	28	10.22	82.0	257.4	31.4	320	5
				Promedio	32.5	331	

NOTAS:

1. El muestreo, moldeo y custodia in-situ de los testigos hasta el recojo, ha sido efectuado bajo responsabilidad del cliente, según las normas ASTM C172/C172M y ASTM C31/C31M.
2. El curado de los testigos se realizó en conformidad con las normas ASTM C511 y ASTM C31/C31M
3. Los ensayos se realizaron en una prensa de concreto digital marca A&A INSTRUMENTS Modelo STYE-2000 con N° Serie 210406 de 2.000 KN de capacidad con certificado de calibración N° LFP-026-2022, cumpliendo la norma ASTM C39/C39M.
4. Como elementos de distribución de carga se emplearon pads de neopreno, según norma ASTM C1231/C1231M
5. Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para las muestras ensayadas, en las condiciones en que fueron recibidas.
6. El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, con respecto a los testigos ensayados, que pueda afectar la validez de los resultados

\* Según ASTM C39, Se debe reportar el tipo de fractura si es diferente al cono usual



Msc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
 Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

**Ensayos de permeabilidad**

Figura 71:

*Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para concreto patrón,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**  
 NORMA DE ENSAYO UNE-EN 12390-8

**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTE** : MONTENEGRO MORI, MAURICIO  
**PROCEDENCIA** : INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO MS, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022  
**MUESTRA** : CONCRETO PATRÓN (210KG/CM2)  
**FECHA DE ENSAYO** : 19/12/2022

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Diámetro del espécimen	mm	152.4	152.4	
Área de papel en la superficie encerrada	mm <sup>2</sup>	62,370	62,370	
Masa de papel empleado en el ensayo	gr	4.8004	4.9144	
Masa de papel del frente de penetración	gr	1.2499	1.4806	
Área del frente de penetración	mm <sup>2</sup>	16,240	18,791	
Profundidad de penetración	mm	106.6	123.3	<b>115</b>



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Nota: Laboratorios TEM

Figura 72:

*Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 5 %,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**  
 NORMA DE ENSAYO UNE-EN 12390-8

**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTE** : MONTENEGRO MORI, MAURICIO  
**PROCEDENCIA** : INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO MS, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022  
**MUESTRA** : CONCRETO CON 5% DE MICROSILICE (210KG/CM2)  
**FECHA DE ENSAYO** : 19/12/2022

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Diámetro del espécimen	mm	152.4	152.4	
Área de papel en la superficie encerrada	mm <sup>2</sup>	62,370	62,370	
Masa de papel empleado en el ensayo	gr	4.8532	4.8954	
Masa de papel del frente de penetración	gr	1.1943	1.2201	
Área del frente de penetración	mm <sup>2</sup>	15,348	15,545	
<b>Profundidad de penetración</b>	mm	<b>100.7</b>	<b>102.0</b>	<b>101</b>



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 73:

*Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 10 %,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**  
 NORMA DE ENSAYO UNE-EN 12390-8

**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTE** : MONTENEGRO MORI, MAURICIO  
**PROCEDENCIA** : INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO MS, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022  
**MUESTRA** : CONCRETO CON 10% DE MICROSILICE (210KG/CM2)  
**FECHA DE ENSAYO** : 19/12/2022

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Diámetro del espécimen	mm	152.4	152.4	
Área de papel en la superficie encerrada	mm <sup>2</sup>	62,370	62,370	
Masa de papel empleado en el ensayo	gr	4.7980	4.8925	
Masa de papel del frente de penetración	gr	1.1157	1.2327	
Área del frente de penetración	mm <sup>2</sup>	14,503	15,715	
Profundidad de penetración	mm	95.2	103.1	99



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 74:

*Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 15 %,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**  
 NORMA DE ENSAYO UNE-EN 12390-8

**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTE** : MONTENEGRO MORI, MAURICIO  
**PROCEDENCIA** : INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO M5, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022  
**MUESTRA** : CONCRETO CON 15% DE MICROSILICE (210KG/CM2)  
**FECHA DE ENSAYO** : 19/12/2022

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Diámetro del espécimen	mm	152.4	152.4	
Área de papel en la superficie encerrada	mm <sup>2</sup>	62,370	62,370	
Masa de papel empleado en el ensayo	gr	4.8150	4.8137	
Masa de papel del frente de penetración	gr	1.5052	1.4039	
Área del frente de penetración	mm <sup>2</sup>	19,497	18,190	
Profundidad de penetración	mm	127.9	119.4	124



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 75:

*Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para concreto patrón,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**  
 NORMA DE ENSAYO UNE-EN 12390-8

**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTE** : MONTENEGRO MORI, MAURICIO  
**PROCEDENCIA** : INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO MS, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022  
**MUESTRA** : CONCRETO PATRÓN (280KG/CM2)  
**FECHA DE ENSAYO** : 21/12/2022

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Diámetro del espécimen	mm	152.4	152.4	
Área de papel en la superficie encerrada	mm <sup>2</sup>	62,370	62,370	
Masa de papel empleado en el ensayo	gr	5.2009	5.2006	
Masa de papel del frente de penetración	gr	1.5828	1.6944	
Área del frente de penetración	mm <sup>2</sup>	18,981	20,321	
Profundidad de penetración	mm	124.5	133.3	129



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 76:

*Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 5 %,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**  
 NORMA DE ENSAYO UNE-EN 12390-8

**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTE** : MONTENEGRO MORI, MAURICIO  
**PROCEDENCIA** : INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO MS, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022  
**MUESTRA** : CONCRETO CON 5% DE MICROSIlice (280KG/CM2)  
**FECHA DE ENSAYO** : 21/12/2022

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Diámetro del espécimen	mm	152.4	152.4	
Área de papel en la superficie encerrada	mm <sup>2</sup>	62,370	62,370	
Masa de papel empleado en el ensayo	gr	5.1614	5.1928	
Masa de papel del frente de penetración	gr	1.5782	1.6128	
Área del frente de penetración	mm <sup>2</sup>	19,071	19,371	
Profundidad de penetración	mm	125.1	127.1	126



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
Laboratorio: Av Oswaldo Hercelles 390 Urb Chimu - Trujillo

website: www.tem-concrete.com

Nota: Laboratorios TEM

Figura 77:

*Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 10 %,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

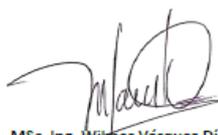
**ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**  
 NORMA DE ENSAYO UNE-EN 12390-8

**1. INFORMACION GENERAL**

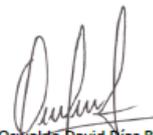
**SOLICITANTE** : MONTENEGRO MORI, MAURICIO  
**PROCEDENCIA** : INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO MS, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022  
**MUESTRA** : CONCRETO CON 10% DE MICROSILICE (280KG/CM2)  
**FECHA DE ENSAYO** : 21/12/2022

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Diámetro del espécimen	mm	152.4	152.4	
Área de papel en la superficie encerrada	mm <sup>2</sup>	62,370	62,370	
Masa de papel empleado en el ensayo	gr	5.2328	5.0774	
Masa de papel del frente de penetración	gr	1.6057	1.4547	
Área del frente de penetración	mm <sup>2</sup>	19,138	17,869	
Profundidad de penetración	mm	125.6	117.3	121



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

Oficina: Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
Laboratorio: Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

Figura 78:

*Certificado de ensayos de permeabilidad (norma EN 12390-8) para dosificación 15 %,  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*



RUC: 20608132016  
 Contacto: 936194709-989712719  
 Email: ventas@tem-concrete.com

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD DEL CONCRETO**  
 NORMA DE ENSAYO UNE-EN 12390-8

**1. INFORMACION GENERAL**

**SOLICITANTE** : MONTENEGRO MORI, MAURICIO  
**PROCEDENCIA** : INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE SOBRE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y PERMEABILIDAD EN CONCRETO DE CEMENTO MS, SEGÚN NORMA EN12390-8, TRUJILLO 2022  
**MUESTRA** : CONCRETO CON 15% DE MICROSILICE (280KG/CM2)  
**FECHA DE ENSAYO** : 21/12/2022

**2. RESULTADOS DEL ENSAYO**

Descripción	U.M.	Prueba 1	Prueba 2	Promedio
Diámetro del espécimen	mm	152.4	152.4	
Área de papel en la superficie encerrada	mm <sup>2</sup>	62,370	62,370	
Masa de papel empleado en el ensayo	gr	5.1658	5.3008	
Masa de papel del frente de penetración	gr	1.5881	1.5781	
Área del frente de penetración	mm <sup>2</sup>	19,174	18,568	
Profundidad de penetración	mm	125.8	121.8	124



MSc. Ing. Wilmer Vásquez Díaz  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Gerente General  
 CIP N° 248191



Ing. Oswaldo David Díaz Pino  
 Tecnología en Ensayo de Materiales S.A.C.  
 Jefe de laboratorio  
 CIP N° 275591

**Oficina:** Enrique Barrón 1231 Of. 104 - Urb. Santa Beatriz - Lima.  
**Laboratorio:** Av Oswaldo Herculles 390 Urb Chimú - Trujillo

website: [www.tem-concrete.com](http://www.tem-concrete.com)

Nota: Laboratorios TEM

## ANEXO 9: PANEL FOTOGRÁFICO:

### *Caracterización de agregados*

#### *Ensayo de porcentaje de humedad superficial*

Figura 79:

*Determinación de la masa de agregado grueso*



Figura 80:

*Secado en horno de muestras*



*Ensayo de peso unitario*

Figura 81:

*Determinación de peso unitario suelto de agregado grueso*



Figura 82:

*Determinación de peso unitario compactado de agregado fino*



*Análisis granulométrico*

Figura 83:

*Determinación de peso retenido en tamices*



Figura 84:

*Tamizado de agregado grueso*



Figura 85:

*Tamizado de agregados*



Figura 86:

*Determinación de masa de agregado fino seco a tamizar*



*Ensayo de peso específico y absorción de agregado grueso*

Figura 87:

*Pesaje de muestras saturadas para ensayo*



Figura 88:

*Secado con corriente de aire de muestras saturadas de agregado grueso*



Figura 89:

*Cálculo del peso sumergido de agregado grueso*



*Ensayo de peso específico y absorción de agregado fino*

Figura 90:

*Saturación de muestra de agregado fino para ensayo*



Figura 91:

*Secado de agregado fino saturado empleando corriente de aire*



Figura 92:

*Prueba del cono para determinar condición saturada seca en la superficie*



Figura 93:

*Determinación de masa de picnómetro*

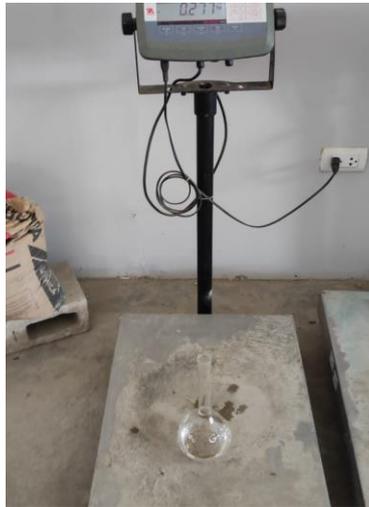


Figura 94:

*Medición de temperatura de picnómetro con agregado fino y agua*



Figura 95:

*Determinación de masa de picnómetro+arena+agua*



*Vaciado de probetas*

Figura 96:

*Mezcla de concreto por tandas*



Figura 97:

*Aditivo microsíllice empleado en la mezcla*



*Ensayos de concreto en estado fresco*

Figura 98:

*Ensayo de asentamiento (slump)*



Figura 99:

*Ensayo de peso específico de concreto*



(a)



(b)



(c)

Nota: a) y b) Compactación por capas con varilla de metal. c) Enrasado de proctor con varilla.

*Ensayo de resistencia a la compresión*

Figura 100:

*Medición de diámetro de probetas*



Figura 101:

*Colocación de probetas en prensa para ensayos de resistencia a compresión*



(a)



(b)

Nota: a) Ensayo de resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . b) Ensayo de resistencia a la compresión  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Figura 102:

*Probeta fracturada*



Figura 103:

*Probeta fracturada*



***Ensayos de permeabilidad:***

Figura 104:

*Probetas de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sometidas a presión de agua*



Figura 105:

*Probetas de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  humedecidas*



Figura 106:

*Probeta  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  cortada a la mitad y marcada para medición de penetración de agua (dosificación: 10 % la menor penetración)*



Figura 107:

*Probeta  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  cortada a la mitad y marcada para medición de penetración de agua (dosificación: 15 % la mayor penetración)*



Figura 108:

*Probetas de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  sometidas a presión de agua*



Figura 109:

*Probetas de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  cortadas para medición de profundidad de penetración de agua*



Figura 110:

*Probeta  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  cortada a la mitad y marcada para medición de penetración de agua (dosificación: 10 % la menor penetración)*



Figura 111:

*Probeta  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  cortada a la mitad y marcada para medición de penetración de agua (dosificación: 15 % la mayor penetración)*

