

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO  
SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE  
CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO - 2024**

**PRESENTADO POR:**

Br. JHONATAN RAMOS VALDERRAMA

Br. JOSE GUILLERMO UMIYAURI CHILE

**PARA OPTAR AL TÍTULO  
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**ASESORA:**

Ing. LUZ MARLENE NIETO PALOMINO

**CUSCO - PERÚ**

**2025**



# Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

## INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor Ing. Luz Marlene Nieto Palomino.....  
..... quien aplica el software de detección de similitud al  
trabajo de investigación/tesis titulada: Influencia de la micro sílice y aditivo  
superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos  
para estructuras hidráulicas, Cusco -2024.....

Presentado por: Jhonatan Ramos Valderrama..... DNI N° 75537884...;  
presentado por: Jose Guillermo Umigawani Chile..... DNI N°: 73947646..  
Para optar el título Profesional/Grado Académico de Ingeniero Civil.....

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el  
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**  
**Similitud en la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 01.....%.

### Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	<u>X</u>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**  
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 24 de diciembre..... de 2025.....

Firma

Post firma Ing. Luz Marlene Nieto Palomino

Nro. de DNI 23 84 9232

ORCID del Asesor 0000-0001-6820-2758

### Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259:543051736

# JHONATAN JOSE RAMOS UMIYAURI

## INFLUENCIA DE MICROSILICE Y SUPER PLASTIFICANTE EN ESTRUCTURAS HIDRAULICAS.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:543051736

Fecha de entrega

24 dic 2025, 11:02 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

24 dic 2025, 11:08 a.m. GMT-5

Nombre del archivo

INFLUENCIA DE MICROSILICE Y SUPER PLASTIFICANTE EN ESTRUCTURAS HIDRAULICAS.pdf

Tamaño del archivo

24.7 MB

375 páginas

78.702 palabras

391.314 caracteres




# 1% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe


- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)
- Trabajos entregados
- Fuentes de Internet

## Fuentes principales

- 0%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Caracteres reemplazados**  
94 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



## Tabla De Contenido

Tabla De Contenido .....	ii
Índice De Tablas.....	vii
Índice De Figuras .....	xvii
Índice De Gráficos .....	xx
Índice De Fotografías.....	xxi
Índice De Anexos.....	xxiii
Presentación.....	xxxix
Dedicatoria.....	xxxiii
Agradecimiento .....	xxxiv
Introducción.....	xxxv
Resumen.....	xxxvii
Abstract.....	xxxviii
Capítulo I .....	1
1. Planteamiento Del Problema.....	1
1.1. Descripción del problema de investigación.....	1
1.2. Formulación Del Problema .....	5
1.3. Justificación De La Investigación .....	5
1.4. Delimitación .....	7
1.5. Objetivos de la investigación.....	7
Capítulo II.....	9
2. Marco teórico.....	9
2.1. Antecedentes.....	9
2.2. Bases teóricas .....	16
Capítulo III.....	45

3. Metodología De la Tesis .....	45
3.1. Hipótesis .....	45
3.2. Matriz De Consistencia.....	46
3.3. Identificaciones Variables.....	48
3.4. Operacionalización De Variables.....	48
3.5. Metodología De Investigación .....	50
3.6. Desarrollo De Tesis .....	58
Capítulo IV .....	112
4. Resultados De La Caracterización De Agregados Pétreos .....	112
4.1. Resultados De La Caracterización De Agregados Pétreos .....	112
4.2. Diseño De Mezcla Del Concreto.....	123
4.3. Ensayos En El Concreto Fresco .....	137
4.4. Ensayos En El Concreto Endurecido .....	150
4.5. Resistencia A La Flexión Del Concreto En Vigas Simplemente Apoyadas Con Cargas En Los Tercios Del Tramo (ASTM C78/NTP 3339.183).....	157
4.6. Ensayos Para Determinar La Porosidad Del Concreto (ASTM-C642). .....	161
4.7. Ensayo Para Determinar La Permeabilidad Del Concreto Al Agua (NTC-4483). .....	164
Capítulo V.....	168
5. Análisis Y Discusión De Resultados .....	168
5.1. Análisis Y Discusión Sobre La Caracterización De Los Agregados. ....	168
5.2. Análisis Y Discusión Sobre El Diseño De Mezclas.....	169
5.3. Analisis Y Discusion Temperatura Sobre El Ensayo De Temperatura. ....	174
5.4. Análisis Y Discusión Sobre El Ensayo De Esgurrimento. ....	176
5.5. Análisis y Discusión Sobre El Ensayo De La Capacidad De Paso. ....	179
5.6. Análisis Y Discusión Sobre El Ensayo De Viscosidad. ....	181

5.7. Análisis Y Discusión Sobre El Ensayo De Perdida De Finos. ....	183
5.8. Análisis Y Discusión Sobre La Resistencia A Compresión. ....	186
5.9. Análisis Y Discusión Sobre El Módulo De Rotura. ....	188
5.10. Análisis Y Discusión Sobre La Permeabilidad. ....	191
5.11. Análisis Y Discusión Sobre El Costo. ....	194
5.12. Análisis Y Discusión Sobre La Aplicación En Campo. ....	196
Capítulo VI .....	200
6. Conclusiones Y Recomendaciones .....	200
6.1. Conclusiones.....	200
6.2. Recomendaciones.....	204
Bibliografía .....	206
Anexos .....	215
Anexo A: Caracterización De Agregados.....	215
Anexo A.2: Agregado fino.....	222
Anexo B: Diseño De Mezclas .....	227
Anexo B.1: Diseño de mezcla de resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	227
Anexo B.2: Diseño de mezcla de resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	231
Anexo C: Ensayos De Consistencia.....	235
Anexo C.1: Ensayos de consistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	235
Anexo C.2: Ensayos de consistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	238
Anexo D: Ensayos De Resistencia A La Perdida De Finos.....	241
Anexo D.1: Ensayos de la resistencia a la perdida de finos de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	241
Anexo D.2: Ensayos de la resistencia a la perdida de finos de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	242
Anexo E: Ensayos De Temperatura .....	243
Anexo E.1: Ensayo de temperatura de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	243

Anexo E.2: Ensayo de temperatura de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	244
Anexo F: Ensayos de Resistencia a la Compresión. ....	245
Anexo F.1: Ensayo de resistencia a la compresión de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	245
Anexo F.2: Ensayo de resistencia a la compresión de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ . ....	254
Anexo G: Ensayos De Resistencia A La Flexión.....	263
Anexo G.1: Ensayo de resistencia a la flexión de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	263
Anexo G.2: Ensayo de resistencia a la flexión de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ . ....	268
Anexo H: Ensayos De Permeabilidad.....	273
Anexo H.1: Ensayo de permeabilidad de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	273
Anexo H.2: Ensayo de permeabilidad de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	277
Anexo I: Matriz De Consistencia. ....	281
Anexo J: Matriz De Operacionalización.....	283
Anexo K: Matriz De Análisis De Costos Unitarios. ....	284
Anexo L: Costo Hora – Hombre Del Gobierno Regional Del Cusco .....	288
Anexo M: Fichas Técnicas De Los Componentes .....	289
Anexo M.1: Fichas técnica de la Microsilice.....	289
Anexo M.2: Fichas técnica del aditivo Superplastificante.....	291
Anexo M.3: Fichas técnica del Cemento tipo HS .....	292
Anexo N: Certificado de laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la facultad de Ingeniería Civil .....	294
Anexo Ñ: Panel fotográfico .....	295
Anexo Ñ.1: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia de la resistencia $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .....	295
Anexo Ñ.2: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia de la resistencia $f'c=350\text{kg/cm}^2$ . ....	302

Anexo Ñ.3: Panel fotográfico de los ensayos de la resistencia a compresión de $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ .....	308
Anexo Ñ.4: Panel fotográfico de los ensayos de la resistencia a compresión de $f'_c=350\text{kg/cm}^2$ .....	320
Anexo Ñ.5: Panel fotográfico de los ensayos de permeabilidad de $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ . .....	332
Anexo Ñ.6: Panel fotográfico de los ensayos de permeabilidad de $f'_c=350\text{kg/cm}^2$ . .....	333
Anexo Ñ.7: Panel fotográfico de los ensayos de densidad, absorcion y vacios en el concreto endurecido.....	334
Anexo Ñ.8: Panel fotográfico de la aplicación en campo.....	335



## Índice De Tablas

Tabla N°1 Matriz de antecedentes internacionales.....	14
Tabla N°2 Matriz de antecedentes nacionales.....	15
Tabla N°3 Componentes químicos del cemento.....	17
Tabla N°4 Propiedades físicas de los agregados.....	18
Tabla N°5 Características físicas de la microsilíce.....	20
Tabla N°6 Composición química del cemento Portland.....	21
Tabla N°7 Propiedades físicas del superplastificante.....	27
Tabla N°8 Propiedades en estado fresco .....	30
Tabla N°9 Clases de escurrimiento .....	30
Tabla N°10 Clases de capacidad de paso (Ensayo de la Caja en L) .....	31
Tabla N°11 Clases de viscosidad.....	32
Tabla N°12 Criterios de autocompactabilidad .....	34
Tabla N°13 Matriz de consistencia .....	46
Tabla N°14 Operacionalización de variables .....	48
Tabla N°15 Mapeo de la investigación.....	49
Tabla N°16 Numero de ensayos del concreto endurecido de $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ .....	54
Tabla N°17 Numero de ensayos del concreto endurecido de $f_c=350\text{ kg/cm}^2$ .....	55
Tabla N°18 Numero de ensayos del concreto fresco de $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ .....	56
Tabla N°19 Numero de ensayos del concreto fresco de $f_c=350\text{ kg/cm}^2$ .....	56
Tabla N°20 Ensayos de caracterización del agregado grueso .....	59
Tabla N°21 Cantidad de muestra para el ensayo de humedad del agregado grueso.....	60
Tabla N°22 Cantidad de muestra para el ensayo de cantidad de finos del agregado grueso .....	62
Tabla N°23 Cantidad de material para el análisis granulométrico del agregado grueso ...	65
Tabla N°24 Cantidad de muestra para el análisis granulométrico del agregado grueso ..	65
Tabla N°25 Cantidad de muestra para el ensayo de peso específico y absorción para el agregado grueso .....	68
Tabla N°26 Gradación de la muestra del agregado grueso .....	76
Tabla N°27 Ensayos de caracterización del agregado fino .....	78
Tabla N°28 Cantidad de muestra para el ensayo de humedad del agregado fino .....	79

Tabla N°29 Cantidad de muestra para el ensayo de cantidad de finos del agregado fino .	81
Tabla N°30 Cantidad de material para el análisis granulométrico del agregado grueso ...	84
Tabla N°31 Cantidad de material para el análisis granulométrico del agregado fino .....	84
Tabla N°32 Finalidad del flujo del asentamiento .....	92
Tabla N°33 Parámetros de proporción del diseño de mezcla .....	93
Tabla N°34 Sugerencia de rangos de contenido de material cementicio .....	94
Tabla N°35 Contenido del aire atrapado .....	95
Tabla N°36 Edades de ensayo y tolerancias de tiempo .....	105
Tabla N°37 Resultados de la caracterización del agregado grueso .....	112
Tabla N°38 Registro de datos y resultados del contenido de humedad del agregado grueso .....	113
Tabla N°39 Registro de datos y resultados de la cantidad de finos del agregado grueso	113
Tabla N°40 Registro de datos y resultados del análisis granulométrico del agregado grueso .....	114
Tabla N°41 Registro de las fracciones de grava, arena y finos .....	115
Tabla N°42 Registro de datos y resultados del peso específico y absorción del agregado grueso .....	116
Tabla N°43 Registro de datos y resultados del peso unitario y vacíos suelto del agregado grueso .....	117
Tabla N°44 Registro de datos y resultados del peso unitario y vacíos compactado del agregado grueso .....	117
Tabla N°45 Registro de datos y resultados de la degradación del agregado grueso .....	118
Tabla N°46 Resultados de la caracterización del agregado fino .....	118
Tabla N°47 Registro de datos y resultados del contenido de humedad del agregado fino .....	119
Tabla N°48 Registro de datos y resultados de la cantidad de finos del agregado fino ....	120
Tabla N°49 Registro de datos y resultados del análisis granulométrico del agregado fino .....	120
Tabla N°50 Registro de las fracciones de grava, arena y finos .....	121
Tabla N°51 Registro de datos y resultados de la gravedad específica y absorción del agregado fino .....	122

Tabla N°52 Registro de datos y resultados del peso unitario y vacíos del agregado fino .....	123
Tabla N°53 Condiciones del diseño de mezcla de $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> .....	124
Tabla N°54 Características físico-mecánicas de los componentes del diseño de mezcla .....	124
Tabla N°55 Proceso del diseño de mezcla de resistencia $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> .....	125
Tabla N°56 Dosificación del concreto patrón de resistencia $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> .....	126
Tabla N°57 Condiciones del diseño de mezcla de $f'_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> .....	126
Tabla N°58 Características físico-mecánicas de los componentes del diseño de mezcla	126
Tabla N°59 Proceso del diseño de mezcla de resistencia $f'_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> .....	127
Tabla N°60 Dosificación del concreto patrón de resistencia $f'_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> .....	128
Tabla N°61 Condiciones del diseño de mezcla de $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> según el ACI 237R-07 .....	128
Tabla N°62 Dosificación del concreto patrón de resistencia $f'_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> según el ACI 237R-07 .....	129
Tabla N°63 Condiciones del diseño de mezcla de $f'_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> según el ACI 237R-07 .....	129
Tabla N°64 Dosificación del concreto patrón de resistencia $f'_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> según el ACI 237R-07 .....	130
Tabla N°65 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> (6% Micro. + 0.7% Super.) .....	131
Tabla N°66 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> (6% Micro. + 0.8% Super.) .....	131
Tabla N°67 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> (7% Micro. + 0.7% Super.) .....	132
Tabla N°68 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> (7% Micro. + 0.8% Super.) .....	132
Tabla N°69 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> (8% Micro. + 0.7% Super.) .....	133
Tabla N°70 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> (8% Micro. + 0.8% Super.) .....	133

Tabla N°71 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ (6% Micro. + 0.6% Super.).....	134
Tabla N°72 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'c= 350\text{kg/cm}^2$ (6% Micro. + 0.7% Super.).....	134
Tabla N°73 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ (7% Micro. + 0.6% Super.).....	135
Tabla N°74 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ (7% Micro. + 0.7% Super.).....	135
Tabla N°75 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ (8% Micro. + 0.6% Super.).....	136
Tabla N°76 Diseño de mezcla ajustado de resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ (8% Micro. + 0.7% Super.).....	136
Tabla N°77 Registro de datos y resultados del ensayo de temperatura para $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	137
Tabla N°78 Registro de datos y resultados del ensayo de temperatura para $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	138
Tabla N°79 Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	139
Tabla N°80 Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	139
Tabla N°81 Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	139
Tabla N°82 Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	140
Tabla N°83 Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	140
Tabla N°84 Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	141
Tabla N°85 Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	142

Tabla N°86 Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	142
Tabla N°87 Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	142
Tabla N°88 Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	143
Tabla N°89 Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	143
Tabla N°90 Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	144
Tabla N°91 Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	144
Tabla N°92 Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	145
Tabla N°93 Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	145
Tabla N°94 Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	146
Tabla N°95 Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	146
Tabla N°96 Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	146
Tabla N°97 Registro de datos y resultados del ensayo de la perdida de finos (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	147
Tabla N°98 Registro de datos y resultados del ensayo de la perdida de finos (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	148
Tabla N°99 Registro de datos y resultados del ensayo de la perdida de finos (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	148
Tabla N°100 Registro de datos y resultados del ensayo de la perdida de finos (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.) .....	148



Tabla N°101 Registro de datos y resultados del ensayo de la perdida de finos (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.) .....	149
Tabla N°102 Registro de datos y resultados del ensayo de la perdida de finos (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.) .....	149
Tabla N°103 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (6% Micro. + 0.7% Super.) .....	150
Tabla N°104 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (6% Micro. + 0.8% Super.) .....	151
Tabla N°105 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (7% Micro. + 0.7% Super.) .....	151
Tabla N°106 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (7% Micro. + 0.8% Super.) .....	152
Tabla N°107 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (8% Micro. + 0.7% Super.) .....	152
Tabla N°108 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (8% Micro. + 0.8% Super.) .....	153
Tabla N°109 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (6% Micro. + 0.6% Super.) .....	154
Tabla N°110 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (6% Micro. + 0.7% Super.) .....	154
Tabla N°111 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (7% Micro. + 0.6% Super.) .....	155
Tabla N°112 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (7% Micro. + 0.7% Super.) .....	156
Tabla N°113 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (8% Micro. + 0.6% Super.) .....	156
Tabla N°114 Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (8% Micro. + 0.7% Super.) .....	157
Tabla N°115 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (6% Micro. + 0.7% Super.).....	158

Tabla N°116 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (6% Micro. + 0.8% Super.).....	158
Tabla N°117 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (7% Micro. + 0.7% Super.).....	158
Tabla N°118 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (7% Micro. + 0.8% Super.).....	159
Tabla N°119 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (8% Micro. + 0.7% Super.).....	159
Tabla N°120 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (8% Micro. + 0.8% Super.).....	159
Tabla N°121 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (6% Micro. + 0.6% Super.).....	160
Tabla N°122 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (6% Micro. + 0.7% Super.).....	160
Tabla N°123 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (7% Micro. + 0.6% Super.).....	160
Tabla N°124 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (7% Micro. + 0.6% Super.).....	161
Tabla N°125 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (8% Micro. + 0.6% Super.).....	161
Tabla N°126 Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (8% Micro. + 0.7% Super.).....	161
Tabla N°127 Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	162
Tabla N°128 Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	162
Tabla N°129 Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	162
Tabla N°130 Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (0.0% Micro. + 0.0% Super.).....	163

Tabla N°131 Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	163
Tabla N°132 Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	163
Tabla N°133 Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	164
Tabla N°134 Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (0.0% Micro. + 0.0% Super.).....	164
Tabla N°135 Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	165
Tabla N°136 Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	165
Tabla N°137 Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.).....	165
Tabla N°138 Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (0.0% Micro. + 0.0 % Super.).....	166
Tabla N°139 Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	166
Tabla N°140 Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	167
Tabla N°141 Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.).....	167
Tabla N°142 Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (0.0% Micro. + 0.0 % Super.).....	167
Tabla N°143 Porcentaje de los componentes de los diseños de mezcla para la resistencia de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	171
Tabla N°144 Porcentaje de los componentes de los diseños de mezcla para la resistencia de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	172
Tabla N°145 Comparación de las proporciones brindadas por el método ACI 237R-07173	
Tabla N°146 Ajuste de la humedad en el diseño de mezcla de la resistencia $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	198

Tabla N°147 Ajuste de la humedad en el diseño de mezcla de la resistencia $f_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> .....	198
Tabla N°148 Cuadro comparativo de la resistencia $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> en laboratorio y campo .....	199
Tabla N°149 Cuadro comparativo de la resistencia $f_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> en laboratorio y campo .....	199
Tabla N°150. Desarrollo de matriz de consistencia.....	281
Tabla N°151 <i>Desarrollo de matriz de operacionalización.</i> .....	283
Tabla N°152 Análisis de costos unitarios del concreto patrón de $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	284
Tabla N°153 Análisis de costos unitarios del concreto de $f_c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con 8% de microsilíce y 0.7% de superplastificante.....	285
Tabla N°154 Análisis de costos unitarios del concreto patrón de $f_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	286
Tabla N°155 Análisis de costos unitarios del concreto de $f_c=350$ kg/cm <sup>2</sup> con 8% de microsilíce y 0.7% de superplastificante.....	287
Tabla N°156 Rotura de código de identificación: R-280-6.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días .....	308
Tabla N°157 Rotura de código de identificación: R-280-6.0-0.8-VA a los 7, 14 y 28 días .....	310
Tabla N°158 Rotura de código de identificación: R-280-7.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días .....	312
Tabla N°159 Rotura de código de identificación: R-280-7.0-0.8-VA a los 7, 14 y 28 días .....	314
Tabla N°160 Rotura de código de identificación: R-280-8.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días .....	316
Tabla N°161 Rotura de código de identificación: R-280-8.0-0.8-VA a los 7, 14 y 28 días .....	318
Tabla N°162 Rotura de código de identificación: R-350-6.0-0.6-VA a los 7, 14 y 28 días .....	320
Tabla N°163 Rotura de código de identificación: R-350-6.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días .....	322

Tabla N°164 Rotura de código de identificación: R-350-7.0-0.6-VA a los 7, 14 y 28 días	324
Tabla N°165 Rotura de código de identificación: R-350-7.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días	326
Tabla N°166 Rotura de código de identificación: R-350-8.0-0.6-VA a los 7, 14 y 28 días	328
Tabla N°167 Rotura de código de identificación: R-350-8.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días	330



## Índice De Figuras

Figura. N°1. Zonas de saturación en la ciudad del Cusco .....	4
Figura. N° 2. Proporción de materiales en el concreto .....	16
Figura. N°3. Horno de arco eléctrico. ....	20
Figura. N°4. Imagen de la Microsílice y sus componentes. ....	21
Figura. N°5. Floculación del cemento. ....	25
Figura. N°6. Repulsión estérica.....	26
Figura. N°7. Esquema de dimensiones de la caja en L .....	32
Figura. N°8. Esquema y dimensiones del embudo en V .....	33
Figura. N°9. Esquema de las diferentes zonas de saturación .....	35
Figura. N°10. Esquema de nivel freático contribuyente a un río o lago .....	35
Figura. N°11. Esquema de un río o lago contribuyente a la napa freática .....	35
Figura. N°12. Esquema de una unidad Tremie. ....	37
Figura. N°13. Esquema de la unidad Tremie .....	38
Figura. N°14. Esquema general de la adaptación del método Tremie. ....	41
Figura. N°15. Presa de Poechos. ....	42
Figura. N°16. Diques en el Perú.....	43
Figura. N°17. Bocatoma de Chavimochic. ....	44
Figura. N°18. Central Hidroeléctrica de Macchu Picchu. ....	44
Figura. N°19. Variables de las combinaciones y sus dosificaciones. ....	52
Figura. N°20. Combinaciones optimas. ....	53
Figura. N°21. Ajuste de los parámetros y dosificaciones.....	53
Figura. N°22. Ajuste de las combinaciones optimas. ....	53
Figura. N°23. Tipos de rotura en los especímenes de concreto cilíndricas .....	106
Figura. 24. Nomenclatura de identificación de testigos.....	111
Figura. N°25. Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	295
Figura. N°26. Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	295
Figura. N°27. Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 305g, Final: 2 055g). ....	296
Figura. N°28. Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	296

Figura. N°29.Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	297
Figura. N°30.Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 150g, Final: 1 885g). ....	297
Figura. N°31.Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	298
Figura. N°32.Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	298
Figura. N°33.Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 315g, Final: 2 155g). ....	298
Figura. N°34.Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	299
Figura. N°35.Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	299
Figura. N°36.Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 495g, Final: 2 245g). ....	299
Figura. N°37. Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	300
Figura. N°38.Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	300
Figura. N°39. Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 165g, Final: 2 015g). ....	300
Figura. N°40.Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	301
Figura. N°41.Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	301
Figura. N°42.Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 280g, Final: 2 110g). ....	301
Figura. N°43.Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	302
Figura. N°44. Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	302
Figura. N°45. Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 425g, Final: 2 285g). ....	302
Figura. N°46.Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	303
Figura. N°47.Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	303
Figura. N°48.Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 125g, Final: 1 995g). ....	303
Figura. N°49. Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	304
Figura. N°50. Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	304
Figura. N°51. Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 875g, Final: 2 735g). ....	304

Figura. N°52. Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	305
Figura. N°53. Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	305
Figura. N°54. Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 100g, Final: 1 970g). ....	305
Figura. N°55. Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	306
Figura. N°56. Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	306
Figura. N°57. Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 070g, Final: 1 980g). ....	306
Figura. N°58. Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.....	307
Figura. N°59. Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.....	307
Figura. N°60. Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 145g, Final: 2 015g). ....	307
Figura. N°61. Presión del agua a 0.5 MPa al diseño de mezclas de $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> . ....	332
Figura. N°62. Muestras rotas producto de la penetración del agua $f'c$ 280 kg/cm <sup>2</sup> . ....	332
Figura. N°63. Presión del agua a 0.5 MPa al diseño de mezclas de $f'c$ 350 kg/cm <sup>2</sup> . ....	333
Figura. N°64. Muestras rotas producto de la penetración del agua $f'c$ 350 kg/cm <sup>2</sup> . ....	333
Figura. N°65. Muestra en inmersión para porosidad y absorción.....	334
Figura. N°66. Muestra en inmersión para porosidad del concreto.....	334
Figura. N°67. Muestra en inmersión para peso sumergido del concreto.....	335
Figura. N°68. Inicio de la excavación de la zanja.....	335
Figura. N°69. Dosificación por volumen de componentes de la mezcla con posterior muestreo de mezcla de concreto. ....	336
Figura. N°70. Vertido de la mezcla mediante el sistema del tubo Tremie. ....	336
Figura. N°71. Inmersión directa de concreto bajo agua. ....	337

## Índice De Gráficos

Gráfico N°1. Curva granulométrica del agregado grueso .....	115
Gráfico N°2. Curva granulométrica del agregado fino .....	121
Gráfico N°3. Porcentaje de componentes de las dosificaciones de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	170
Gráfico N°4. Porcentaje de componentes de las dosificaciones de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	171
Gráfico N°5. Registro de la temperatura máxima y mínima de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ donde VS se refiere a vaciado sin presencia de agua y VA se refiere al vaciado con presencia de agua. ...	175
Gráfico N°6. Registro de la temperatura máxima y mínima de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ donde VS se refiere a vaciado sin presencia de agua y VA se refiere al vaciado con presencia de agua ....	175
Gráfico N°7. Registro del escurrimiento de la dispersión y T50 de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	178
Gráfico N°8. Registro del escurrimiento de la dispersión y T50 de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	178
Gráfico N°9. Registro de la capacidad de paso del coeficiente de bloqueo de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	180
Gráfico N°10. Registro de la capacidad de paso del coeficiente de bloqueo de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	181
Gráfico N°11. Registro de viscosidad del tiempo de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	182
Gráfico N°12. Registro de viscosidad del tiempo de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	183
Gráfico N°13. Registre de la perdida de finos de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	185
Gráfico N°14. Registre de la perdida de finos de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	185
Gráfico N°15. Registro de la resistencia a la compresión de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	187
Gráfico N°16. Registro de la resistencia a la compresión de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	188
Gráfico N°17. Registro del módulo de rotura de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	189
Gráfico N°18. Registro del módulo de rotura de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	190
Gráfico N°19. Registro de la permeabilidad, profundidad de penetración y la porosidad de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	192
Gráfico N°20. Registro de la permeabilidad, profundidad de penetración y la porosidad de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	193
Gráfico N°21. Costo por $\text{m}^3$ de concreto de $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	195
Gráfico N°22. Costo por $\text{m}^3$ de concreto de $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	196

## Índice De Fotografías

Fotografía N°1. Nivel freático en obra. ....	36
Fotografía N°2. Procedimiento del ensayo del contenido de humedad .....	61
Fotografía N°3. Procedimiento del lavado del agregado grueso a través de la malla N°200.....	63
Fotografía N°4. Procedimiento iterativo del lavado del agregado grueso.....	64
Fotografía N°5. Procedimiento del cuarteo de la muestra. ....	66
Fotografía N°6. Procedimiento de manera mecánica y manual.....	67
Fotografía N°7. Presentación del agregado de diferentes.....	67
Fotografía N°8. Procedimiento de inmersión y secado superficial del agregado grueso ..	70
Fotografía N°9. Registro de peso en estado SSS y la temperatura del agua de inmersión	70
Fotografía N°10. Registro del peso del agregado grueso sumergido.....	70
Fotografía N°11. Introducción del agregado en el molde y enrazado del material sobrante .....	73
Fotografía N°12. Registro del peso unitario suelto del agregado grueso .....	73
Fotografía N°13. Varillado del molde más el agregado grueso y el registro del peso .....	75
Fotografía N°14. Separación del material de acuerdo con la tabla de gradación.....	77
Fotografía N°15. Peso del material de acuerdo con la gradación .....	77
Fotografía N°16. Tamizado del material de degradado y peso de la muestra. ....	77
Fotografía N°17. Inserción del material dentro de la máquina de abrasión Los Ángeles .	78
Fotografía N°18. Procedimiento del ensayo del contenido de humedad .....	80
Fotografía N°19. Procedimiento del lavado del agregado fino a través de la malla N°200 .....	83
Fotografía N°20. Proceso iterativo del lavado en el agregado fino. ....	83
Fotografía N°21. Cantidad de material pesado para el cuarteo.....	86
Fotografía N°22. Tamizado mecánico y distribución de tamaño del agregado fino.....	86
Fotografía N°23. Cuarteo del agregado fino. ....	86
Fotografía N°24. Preparación de la muestra y verificación de la temperatura para el ensayo.....	89
Fotografía N°25. Peso de la fiola y la fiola más la muestra con la temperatura de agua indicada en la norma.....	89



Fotografía N°26. Peso de Proctor más el material en estado suelto. ....	91
Fotografía N°27. Llenado del molde con el agregado fino en estado suelto.....	92

## Índice De Anexos

Anexos .....	215
Anexo A: Caracterización De Agregados .....	215
Anexo A.1: Caracterización de agregado grueso. ....	215
Anexo A.1-2: Recolección de datos del ensayo del peso unitario suelto y porcentaje de vacíos suelto del agregado grueso. ....	216
Anexo A.1-3: Recolección de datos del ensayo del peso unitario varillado y porcentaje de vacíos varillado del agregado grueso. ....	217
Anexo A.1-4: Recolección de datos del ensayo del análisis granulométrico del agregado grueso. ....	218
Anexo A.1-5: Recolección de datos del ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso. ....	219
Anexo A.1-6: Recolección de datos del ensayo de abrasión los ángeles del agregado grueso. ....	220
Anexo A.1-7: Recolección de datos del ensayo de abrasión los ángeles del agregado grueso. ....	221
Anexo A.2: Agregado fino .....	222
Anexo A.2-1: Recolección de datos del ensayo de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 del agregado fino. ....	222
Anexo A.2-2: Recolección de datos del ensayo del peso unitario suelto y porcentaje de vacíos suelto del agregado fino. ....	223
Anexo A.2-3: Recolección de datos del ensayo de análisis granulométrico del agregado fino. ....	224
Anexo A.2-4: Recolección de datos del ensayo del peso específico y absorción del agregado fino. ....	225
Anexo A.2-5: Recolección de datos del ensayo del contenido humedad del agregado fino. ....	226

Anexo B: Diseño De Mezclas .....	227
Anexo B.1: Diseño de resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	227
Anexo B.1-1: Desarrollo del diseño de mezcla de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . .....	227
Anexo B.2: Diseño de resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	231
Anexo B.2-1: Desarrollo del diseño de mezcla de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ . .....	231
Anexo C: Ensayos De Consistencia.....	235
Anexo C.1: Ensayos de consistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	235
Anexo C.1-1: Ensayos de consistencia de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para la combinación de 6% de microsilíce y 0.7% - 0.8% de superplastificante.....	235
Anexo C.1-2: Ensayos de consistencia de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para la combinación de 7% de microsilíce y 0.7% - 0.8% de superplastificante.....	236
Anexo C.1-3: Ensayos de consistencia de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ para la combinación de 8% de microsilíce y 0.7% - 0.8% de superplastificante.....	237
Anexo C.2: Ensayos de consistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	238
Anexo C.2-1: Ensayos de consistencia de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ para la combinación de 6% de microsilíce y 0.6% - 0.7% de superplastificante.....	238
Anexo C.2-2: Ensayos de consistencia de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ para la combinación de 7% de microsilíce y 0.6% - 0.7% de superplastificante.....	239
Anexo C.2-2: Ensayos de consistencia de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ para la combinación de 8% de microsilíce y 0.6% - 0.7% de superplastificante.....	240
Anexo D: Ensayos De Resistencia A La Perdida De Finos.....	241
Anexo D.1: Ensayos de la resistencia a la perdida de finos de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . ....	241
Anexo D.1-1: Resistencia a la perdida de finos de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ . .....	241
Anexo D.2: Ensayos de la resistencia a la perdida de finos de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	242

Anexo D.2-1: Resistencia a la perdida de finos de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .	242
Anexo E: Ensayos De Temperatura	243
Anexo E.1: Ensayo de temperatura de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	243
Anexo E.1-1: Registro de datos de la temperatura de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	243
Anexo E.2: Ensayo de temperatura de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .	244
Anexo E.2-1: Registro de datos de la temperatura de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .	244
Anexo F: Ensayos de Resistencia a la Compresión.	245
Anexo F.1: Ensayo de resistencia a la compresión de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	245
Anexo F.1-1: Registro de resumen de datos de la resistencia a la compresión de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	245
Anexo F.1-2: Registro de datos de la resistencia a la compresión de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	246
Anexo F.1-3: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 6% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	247
Anexo F.1-4: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 6% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	248
Anexo F.1-5: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 7% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	249
Anexo F.1-6: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 7% de microsilíce y 0.8% de superplastificante de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	250
Anexo F.1-7: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	251
Anexo F.1-8: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsilíce y 0.8% de superplastificante de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .	252

Anexo F.1-9: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 0% de microsilíce y 0.0% de superplastificante de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	253
Anexo F.2: Ensayo de resistencia a la compresión de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	254
Anexo F.2-1: Registro de resumen de datos de la resistencia a la compresión de la resistencia de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	254
Anexo F.2-2: Registro de datos de la resistencia a la compresión de la resistencia de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	255
Anexo F.2-3: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 6% de microsilíce y 0.6% de superplastificante de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	256
Anexo F.2-4: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 6% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	257
Anexo F.2-5: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 7% de microsilíce y 0.6% de superplastificante de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	258
Anexo F.2-6: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 7% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	259
Anexo F.2-7: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsilíce y 0.6% de superplastificante de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	260
Anexo F.2-8: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	261
Anexo F.2-9: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . .....	262
Anexo G: Ensayos De Resistencia A La Flexión. ....	263
Anexo G.1: Ensayo de resistencia a la flexion de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> . ....	263
Anexo G.1-1: Registro de datos del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> . ....	263
Anexo G.1-2: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con 6% de microsilíce y 0.7%-0.8% de superplastificante. ....	264

Anexo G.1-3: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con 7% de microsilíce y 0.7%-0.8% de superplastificante. ....	265
Anexo G.1-4: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con 8% de microsilíce y 0.7%-0.8% de superplastificante. ....	266
Anexo G.1-5: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con 0% de microsilíce y 0.0% de superplastificante. ....	267
Anexo G.2: Ensayo de resistencia a la flexión de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . ....	268
Anexo G.2-1: Registro de datos del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> . ....	268
Anexo G.2-3: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> con 6% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante. ....	269
Anexo G.2-4: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> con 7% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante. ....	270
Anexo G.2-5: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> con 8% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante. ....	271
Anexo G.2-6: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=350$ kg/cm <sup>2</sup> con 0% de microsilíce y 0.0% de superplastificante. ....	272
Anexo H: Ensayos De Permeabilidad. ....	273
Anexo H.1: Ensayo de permeabilidad de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> . ....	273
Anexo H.1-1: Registro de datos del ensayo de permeabilidad de la resistencia de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> . ....	273
Anexo H.1-2: Formato del ensayo de permeabilidad de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con 6% de microsilíce y 0.7%-0.8% de superplastificante. ....	274
Anexo H.1-3: Formato del ensayo de permeabilidad de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con 7% de microsilíce y 0.7%-0.8% de superplastificante. ....	275
Anexo H.1-4: Formato del ensayo de permeabilidad de $f'c=280$ kg/cm <sup>2</sup> con 8% de microsilíce y 0.7%-0.8% de superplastificante. ....	276

Anexo H.2: Ensayo de permeabilidad de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .....	277
Anexo H.2-1: Registro de datos del ensayo de permeabilidad de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ . ....	277
Anexo H.2-2: Formato del ensayo de permeabilidad de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ con 6% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante. ....	278
Anexo H.2-3: Formato del ensayo de permeabilidad de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ con 7% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante. ....	279
Anexo H.2-4: Formato del ensayo de permeabilidad de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ con 8% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante. ....	280
Anexo I: Matriz De Consistencia. ....	281
Anexo J: Matriz De Operacionalización.....	283
Anexo K: Matriz De Análisis De Costos Unitarios. ....	284
Anexo L: Costo Hora – Hombre Del Gobierno Regional Del Cusco .....	288
Anexo M: Fichas Técnicas De Los Componentes .....	289
Anexo M.1: Fichas técnica de la Microsilíce.....	289
Anexo M.2: Fichas técnica del aditivo Superplastificante.....	291
Anexo M.3: Fichas técnica del Cemento tipo HS .....	292
Anexo N: Certificado de laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la facultad de Ingeniería Civil .....	294
Anexo Ñ: Panel fotográfico .....	295
Anexo Ñ.1: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia de la resistencia $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .....	295
Anexo Ñ.1-1: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 6% de microsilíce y 0.7% de superplastificante. ....	295
Anexo Ñ.1-2: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 6% de microsilíce y 0.8% de superplastificante. ....	296

Anexo Ñ.1-3: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 7% de microsilice y 0.7% de superplastificante. ....	298
Anexo Ñ.1-4: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 7% de microsilice y 0.8% de superplastificante. ....	299
Anexo Ñ.1-5: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 8% de microsilice y 0.7% de superplastificante. ....	300
Anexo Ñ.1-6: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 8% de microsilice y 0.8% de superplastificante. ....	301
Anexo Ñ.2: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia de la resistencia $f_c=350\text{kg/cm}^2$ . ....	302
Anexo Ñ.2-1: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 6% de microsilice y 0.6% de superplastificante. ....	302
Anexo Ñ.2-2: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 6% de microsilice y 0.7% de superplastificante. ....	303
Anexo Ñ.2-3: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 7% de microsilice y 0.6% de superplastificante. ....	304
Anexo Ñ.2-4: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 7% de microsilice y 0.7% de superplastificante. ....	305
Anexo Ñ.2-5: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 8% de microsilice y 0.6% de superplastificante. ....	306
Anexo Ñ.2-6: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 8% de microsilice y 0.7% de superplastificante. ....	307
Anexo Ñ.3: Panel fotográfico de los ensayos de la resistencia a compresión de $f_c=280\text{kg/cm}^2$ . ....	308
Anexo Ñ.4: Panel fotográfico de los ensayos de la resistencia a compresión de $f_c=350\text{kg/cm}^2$ . ....	320
Anexo Ñ.5: Panel fotográfico de los ensayos de permeabilidad de $f_c=280\text{kg/cm}^2$ . ....	332



Anexo Ñ.6: Panel fotográfico de los ensayos de permeabilidad de $f'c=350\text{kg/cm}^2$ . .....	333
Anexo Ñ.7: Panel fotográfico de los ensayos de densidad, absorcion y vacios en el concreto endurecido. ....	334
Anexo Ñ.8: Panel fotográfico de la aplicación en campo.....	335

## **Presentación**

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

Señores miembros del jurado:

Con el fin de solicitar la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil y conforme al reglamento de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, es grato dirigirnos a ustedes para presentar el trabajo de investigación titulado: “INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024”, surge de la necesidad de mejorar el desempeño del concreto en obras hidráulicas, donde la durabilidad, la resistencia a la penetración de agua y la trabajabilidad son factores críticos para garantizar la vida útil de las estructuras.

El propósito de la investigación es demostrar, a través de un diseño experimental, que la inclusión de microsilice y un aditivo superplastificante en proporciones óptimas mejora las propiedades del concreto. Específicamente, se busca demostrar una mejora en la consistencia del concreto fresco y aumentos significativos en la resistencia y la impermeabilidad del material ya endurecido.

Considerando que dichos materiales complementarios permiten obtener mezclas más densas, menos porosas y con mayor facilidad de colocación.

El desarrollo de esta investigación se organizó en seis capítulos.

Capítulo I: Este capítulo cubre los aspectos básicos de la investigación, como la situación problemática, cómo se identifica y plantea el problema, los objetivos, justificación de la investigación y la delimitación de esta.

Capítulo II: Aquí se presentan los fundamentos y teorías básicas, así como los antecedentes del tema, que apoyan la investigación.

Capítulo III: Aquí se presentan las hipótesis de la investigación, el tipo de investigación, su alcance y cómo está diseñada, la determinación de la población a estudiar, la muestra y el muestreo.

Capítulo IV: Este capítulo muestra los resultados. Aquí se presentan los resultados obtenidos en la investigación a través de las diferentes pruebas realizadas.

Capítulo V: Se enfoca en analizar y discutir los resultados, comparando y analizando estos con las diferentes investigaciones mencionadas en los antecedentes.

Capítulo VI: Incluye las conclusiones y sugerencias de la investigación, que se explican basándose en los capítulos anteriores.

Finalmente, se presentan las referencias que se utilizaron en el desarrollo de la investigación, así como los anexos correspondientes al estudio.

## **Dedicatoria**

A los mejores padres del mundo: Nazaria y Roberto. Les debo todo lo que soy. Les agradezco su dedicación y paciencia, por enseñarme el valor del esfuerzo y sacrificio, por confiar en mí y animarme a terminar mis estudios con éxito; por ser mi inspiración; y por sus consejos que me ayudaron a tomar buenas decisiones.

A mi hermana Sandra, a Marilyn, y a toda mi familia, que siempre me brindaron su inmenso amor y me dieron un apoyo extraordinario para afrontar mayores desafíos y lograr esta meta.

A quienes me apoyaron para mejorar a nivel profesional y personal. A todos los que hicieron mis experiencias y mi aprendizaje más enriquecedoras, y a los que aprendieron junto a mí, incluyendo a mis amigos que siempre están ahí para mí.

**Jhonatan Ramos Valderrama**

A mi madre Ubaldina que es la fuerza que me levanta todos los días para seguir adelante, le agradezco por todos los valores, la fuerza y amor que me brindo siempre. Mi madre es mi inspiración para luchar por mis sueños, por mi madre soy lo que soy y le estaré agradecido toda mi vida.

A mi papa Juan que fue mi principal inspiración para este trabajo y es mi compañía en esta etapa académica y lo largo de mi vida. Gracias por su confianza y cariño que deposita en mis todos los días. A mi mama Emperatriz por su cariño inmenso, apoyo y consejos que me brindo a lo largo de mi vida y que me enseñó que con fuerza y dedicación puedes alcanzar tus objetivos.

A mi enamorada Xiomara por creer en mí, por la motivación, inspiración y amor que me da todos los días, es y será la luz en la oscuridad. Gracias por escucharme y acompañarme en los momentos felices y difíciles.

A mis hermanos José, Jhon, Milagros, Roxana y a mis sobrinos por el soporte, inspiración y cariño que me dan día a día, que son mi inspiración.

A mis hermanos Nicole, Alejandro y Eduardo. A mi papa Felipe que me apoyo y me dio la tranquilidad para poder seguir con el proyecto. Gracias por sus consejos y cariño.

A mis seres queridos que son mi motivación para seguir adelante, gracias por tanto cariño y apoyo. A mis amigos que hicieron este camino mas divertido y lleno de experiencias.

**Jose Guillermo Umiyauri Chile**

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por su gran bondad y amor al permitirme vivir, por darme salud, entendimiento y la fuerza para continuar, y por ser la guía en mi vida cada día.

A toda mi familia, quienes siempre me brindaron su inmenso amor y me dieron un apoyo inagotable para lograr esta meta

A mi asesora de tesis, la Ing. Luz Marlene Nieto Palomino por su apoyo intelectual quien supo guiarnos con mucha sabiduría y a todos mis revisores por tomarse el tiempo de contribuir con esta investigación y de compartir sus aportes.

Mi más profundo agradecimiento a todos ustedes, sin sus ideas, tiempo y contribuciones esta investigación no habría podido ser.

**Jhonatan Ramos Valderrama**

A Dios, que nos brindó su fortaleza y su perseverancia para culminar esta etapa y a las personas que nos acompañaron y brindaron su apoyo y consejos a lo largo de esta etapa.

A nuestra alma mater, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, a nuestra amada facultad Ingeniería Civil, por formarnos como personas y profesionales. A los docentes por su conocimiento y su enseñanza nos formaron y prepararon para poder alcanzar esta meta.

A nuestros compañeros y amigos que hicieron que esta etapa se convierta en un espacio donde se compartió risas, tristezas y estudio.

A la Ingeniera Marlene Nieto Palomino, nuestra asesora de tesis, por la dedicación y por compartir su conocimiento y su apoyo para la culminación del presente trabajo de investigación.

Al Ingeniero William Américo Luna Rozas, por sus conocimientos y consejos en el desarrollo de nuestra investigación

**Jose Guillermo Umiyauri Chile**

## **Introducción**

En la Ingeniería Civil, la construcción es un área que constantemente se encuentra inmerso en desafíos cada vez mayores, donde en el caso particular de las estructuras hidráulicas tales como cimentaciones con nivel freático, pilotes de puentes, presas, canales, reservorios, plantas de tratamiento y conducciones de agua, las exigencias de durabilidad y estanqueidad adquieren una relevancia especial. Estas estructuras están expuestas a condiciones severas de humedad, ciclos de saturación y secado, presión hidrostática y, en muchos casos, agentes químicos presentes en el agua que pueden comprometer su integridad a lo largo del tiempo.

En este contexto, el control de la permeabilidad del concreto se convierte en un factor decisivo para asegurar la vida útil de las obras hidráulicas, ya que una menor permeabilidad implica una mejor resistencia a la filtración, a la erosión interna y a la penetración de sustancias agresivas. Al mismo tiempo, la consistencia o trabajabilidad de la mezcla es un aspecto crucial en la ejecución, puesto que permite un adecuado vaciado, compactación y acabado del concreto, garantizando la uniformidad y continuidad de las estructuras.

La incorporación de materiales cementicios y aditivos, como la micro sílice, y el uso de aditivos superplastificantes, han demostrado ser alternativas eficaces para mejorar simultáneamente la densidad de la matriz del concreto y su facilidad de colocación. La micro sílice, al ser un material fino, contribuye a reducir la porosidad del concreto y a incrementar su impermeabilidad, mientras que los aditivos superplastificantes permiten obtener mezclas altamente fluidas sin necesidad de aumentar la relación agua/cemento, lo cual evita pérdidas de resistencia y durabilidad.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar la influencia conjunta de la micro sílice y de los aditivos superplastificantes en la permeabilidad y consistencia del concreto, acompañado de una metodología de colocación denominada Tremie, destinado a estructuras hidráulicas. Para ello, se diseñarán mezclas con diferentes porcentajes de adición y se realizarán ensayos normalizados que permitan cuantificar los cambios en las propiedades mencionadas.

De esta manera, la investigación busca aportar criterios técnicos y prácticos que sirvan de base para el diseño de concretos hidráulicos más duraderos y sostenibles, fortaleciendo la capacidad de la Ingeniería Civil para responder a las demandas actuales de infraestructura.

## Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la influencia de la microsílice y aditivo superplastificante en concretos vaciados bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024. Para ello empleamos una investigación de tipo aplicada, diseño descriptivo y enfoque cuantitativo. Se hicieron diseños de mezclas de concreto siguiendo el método ACI 237R-07. Se hicieron dos diseños, para  $280 \text{ kg/cm}^2$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$ , para luego añadir dos aditivos en tres cantidades diferentes cada uno. Considerando que el vaciado bajo agua exige mezclas con alta fluidez y cohesión, se buscó un concreto autocompactante, Después, se midieron sus características en estado fresco, tales como capacidad de llenado y de paso, viscosidad y resistencia a la pérdida de finos; en estado endurecido, la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días y finalmente la permeabilidad del concreto. Los resultados muestran que, el diseño ideal es 8% de microsílice con 0.7% de aditivo superplastificante, dosificados en función del peso del cemento, para los diseños de  $280 \text{ kg/cm}^2$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$ , obteniendo una capacidad de llenado de 548.7 mm y 580.7 mm, capacidad de paso de 0.82 y 0.93 y resistencia al lavado de 6.55% y 4.57% respectivamente. Una resistencia a la compresión de  $338.2 \text{ kg/cm}^2$  para el diseño de  $280 \text{ kg/cm}^2$  y de  $394.9 \text{ kg/cm}^2$  para el diseño de  $350 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días; además, se redujo la permeabilidad, obteniendo 8.0 mm y 9.7 mm de penetración de agua para los diseños de  $280 \text{ kg/cm}^2$  y  $350 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente.

Palabras clave: Microsílice, Aditivo Superplastificante, Permeabilidad y Consistencia.



## **Abstract**

The objective of this research was to determine the influence of microsilica and superplasticizer additives in concrete poured underwater for hydraulic structures in the city of Cusco, 2024. To this end, we used applied research, descriptive design, and a quantitative approach. Concrete mix designs were made following the ACI 237R-07 method. Two designs were made, for 280 kg/cm<sup>2</sup> and 350 kg/cm<sup>2</sup>, and then two additives were added in three different quantities each. Considering that underwater pouring requires mixtures with high fluidity and cohesion, a self-compacting concrete was sought. Next, its characteristics were measured in the fresh state, such as filling and flow capacity, viscosity, and resistance to loss of fines; in the hardened state, compressive strength at 7, 14, and 28 days; and finally, the permeability of the concrete. The results show that the ideal design is 8% microsilica with 0.7% superplasticizer additive, dosed according to the weight of the cement, for designs of 280 kg/cm<sup>2</sup> and 350 kg/cm<sup>2</sup>, obtaining a filling capacity of 548.7 mm and 580.7 mm, a passage capacity of 0.82 and 0.93, and a washout resistance of 6.55% and 4.57%, respectively. A compressive strength of 338.2 kg/cm<sup>2</sup> for the 280 kg/cm<sup>2</sup> design and 394.9 kg/cm<sup>2</sup> for the 350 kg/cm<sup>2</sup> design at 28 days. In addition, permeability was reduced, obtaining 8.0 mm and 9.7 mm of water penetration for the 280 kg/cm<sup>2</sup> and 350 kg/cm<sup>2</sup> designs, respectively.

**Keywords:** Microsilica, Superplasticizer Additive, Permeability and Consistency

## Capítulo I

### 1. Planteamiento Del Problema

#### 1.1. Descripción del problema de investigación.

##### 1.1.1. *A nivel internacional.*

Alrededor del mundo, numerosas construcciones que se construyen hoy en día enfrentan retos al verter concreto en condiciones adversas, especialmente están en contacto directo y prolongado con el agua, ya sea de manera estática o en movimiento. Esta situación se vuelve cada vez más frecuente en la edificación de cimentaciones profundas como pilotes, bases de muelles, bocatomas y presas, así como en edificaciones y estructuras en tierra con presencia de acuíferos superficiales o subterráneos.

Desde hace muchos años, el concreto ha sido el material de construcción más utilizado en todo el mundo. Sin embargo, debido al progreso en la tecnología de nuevos materiales, el concreto tendrá que adaptarse cada vez más a condiciones especiales para situaciones específicas o solución de problemas sin antecedentes que requieran un mejor rendimiento o solicitudes.

En países desarrollados los grandes proyectos están a la vanguardia de la tecnología en la construcción, es por eso que en estructuras como el puente Akashi Kakyō (Japón), el puente que conecta la Ciudad del Carmen y Campeche (México) y las reformas de la presa Braddock (Estados Unidos) se ha usado tecnología del concreto antideslave o concreto vaciado bajo agua, ya que dichas estructuras están en contacto con el agua. (Zanelli y Fernández, 2014)

En Colombia, la empresa Concremack, utiliza tecnologías avanzadas en la producción industrial de concretos, ofreciendo soluciones innovadoras personalizadas para proyectos de

construcción. Entre los destacados productos que ofrece es el concreto antideslave, un concreto subacuático especialmente desarrollado para aplicaciones de concreto bajo el agua (Concremack, 2020).

En México, la empresa CEMEX, ha creado el concreto Ingenia Antideslave, una tecnología diseñada específicamente para elementos que deben ser instalados bajo el agua, como pilas de puentes y muelles, entre otros. Producto que, gracias a sus propiedades tixotrópicas, permite ser utilizado y colocado sin segregación ni pérdida de masa por lavado, logrando fraguar y alcanzar su resistencia como un concreto convencional (CEMEX, 2018).

### ***1.1.2. A nivel nacional.***

A nivel nacional, el concreto se destaca como uno de los materiales más empleados gracias a su bajo costo de construcción y mantenimiento. En la actualidad, el vaciado bajo agua es una tarea poco explorada y vista por los constructores, lo que resulta en la pérdida de numerosas oportunidades para disminuir los costos de producción. La incorporación de aditivos en conjunto con métodos de colocación apropiados, ofrecen una alternativa más favorable en cuanto a costos y mejora de las propiedades tanto en estado fresco como endurecido comparado con una colocación directa sin aditivos o el bombeo de agua.

Los nuevos aditivos diseñados para resolver los problemas de vaciado de concreto bajo el agua deben permitir que el concreto en estado fresco adquiera propiedades tixotrópicas, lo que evita una disgregación significativa de los materiales destacando la resistencia a la pérdida de finos al entrar en contacto con el agua.

Esta nueva característica es especialmente beneficiosa en proyectos hidráulicos donde es necesario verter grandes volúmenes de concreto en el agua, ya que los costos de encofrado y

aislamiento del agua para realizar el vaciado pueden representar un porcentaje considerable del presupuesto total del proyecto.

Esta nueva propiedad en el concreto es esencial para satisfacer una serie de necesidades y superar desafíos en el lugar de trabajo en estructuras expuestas a la presencia de agua, pero la gran pregunta es: ¿cuánto cambian las propiedades de permeabilidad y consistencia del concreto cuando se agregan microsilíce y aditivo superplastificante en estructuras hidráulicas? Ésta es la pregunta que este estudio intenta responder; Analizar estas propiedades del concreto a  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  añadiendo microsilíce y aditivo superplastificante para crear propiedades tixotrópicas del concreto fresco.

En la ciudad de Arequipa existen zonas que presentan dificultades de construcción debido a la presencia de nivel freático alto. Esta zona tiene altos niveles de agua subterránea que se producen en las zonas urbanas. La presencia de esta agua provoca dificultades en el proceso constructivo de cimentaciones y componentes construidos por debajo de este nivel como: cajones de cimentación, muros pantalla, zapatas, cimentaciones, etc. Por ello, se utiliza micro sílice con superplastificantes añadidos para reducir el impacto que se produce directamente. en contacto con el agua y para limitar la capacidad de descomposición de la mezcla se utilizó el método Tremie (Macedo y Miranda, 2016).

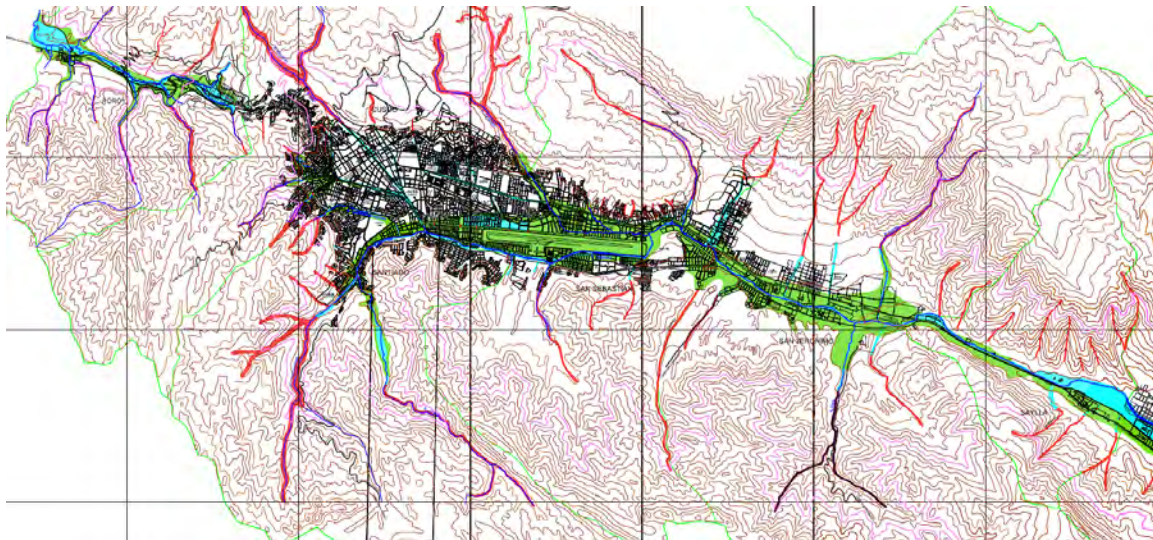
Según SIKA S.A. (2015) es una empresa global de la industria química que también intenta investigar el comportamiento del concreto en busca de nuevas propiedades químicas y compuestos que ayuden a mejorar el concreto. “Fluidez y estabilidad del concreto fresco vertido en obra, etapas de trabajo y visualización conjunta del diseño de la mezcla en laboratorio mediante prueba y error. Hasta que se logre el rango de flujo requerido especificado en las especificaciones, se deben usar

superplastificantes para reducir el contenido de agua y mejorar la maniobrabilidad, mayor durabilidad, economía y reducción de cómo reducir el agrietamiento”.

### **1.1.3. A nivel local.**

En la ciudad de Cusco se tiene dificultades en la construcción de estructuras hidráulicas que al estar presente una cantidad significativa de agua por el entorno que le rodea trae problemas en el concreto sobre todo en la pérdida finos y cementantes como consecuencia puede resultar una disminución en la permeabilidad, en la resistencia a la compresión y en la resistencia a la tracción.

**Figura. N°1.** Zonas de saturación en la ciudad del Cusco



*Nota:* Indica las zonas de alto nivel freático en la ciudad del Cusco. Fuente: SIGRID (2004).

Las malas prácticas en la construcción en obras hidráulicas donde se suele sobre diseñar mezclas; en consecuencia, aumentan los costos y la incertidumbre sobre el desempeño final del concreto en presencia de agua, no se consideran como alternativas los aditivos para realizar construcciones de concreto bajo el agua. No obstante, la colocación directa podría ser más ventajosa si se minimizan los efectos negativos del contacto del agua con el concreto

## **1.2. Formulación Del Problema**

### ***1.2.1. Problema general.***

- **PG:** ¿Cómo influye la microsilíce y el aditivo superplastificante en el concreto vaciado bajo agua en estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?

### ***1.2.2. Problemas específicos.***

- **PE1:** ¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?
- **PE2:** ¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?
- **PE3:** ¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?
- **PE4:** ¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?

## **1.3. Justificación De La Investigación**

### ***1.3.1. Justificación teórica.***

En la presente investigación nos centraremos en analizar propiedades del concreto como la consistencia, resistencia a la pérdida de finos, resistencia a la compresión y permeabilidad, que tienen la microsilíce y aditivo superplastificante en el concreto vaciado bajo agua en estructuras

hidráulicas en la ciudad del Cusco. Cuyos resultados obtenidos proporcionen información valiosa y práctica que podrán sustentar futuras investigaciones, adicionalmente se busca la inserción de este tipo de procedimientos en el sector de la construcción como un estándar de una buena práctica constructiva.

### ***1.3.2. Justificación ambiental.***

En la presente investigación se buscará reducir el impacto ambiental debido la emisión de partículas de concreto en el agua, donde se produce el vaciado, debido a que la pasta del concreto no se propaga en el agua, lo que evita la destrucción de cualquier ecosistema involucrado en un proyecto. Los procedimientos de drenaje se reducen con el equipo de bombeo de agua y, por lo tanto, el combustible se reduce en estos procedimientos.

### ***1.3.3. Justificación social.***

En la ciudad del Cusco, existen áreas que presentan desafíos en la construcción debido a la presencia de agua cerca de la superficie, la presencia de esta agua crea dificultades al realizar trabajos de construcción de cimentaciones y elementos contruidos por debajo del nivel de agua en las estructuras hidráulicas. Cuando se procede con el vaciado de concreto de estas estructuras tienen un contacto directo con el agua lo cual es una condición adversa por lo que trae problemas como el lavado de materiales cementantes y agregados finos, aumento de la segregación, disminución de la viscosidad y cohesión, aumento en la relación agua cemento (a/c) que tiene como resultados concretos de baja calidad. Por lo tanto, es necesario plantear una alternativa a los métodos tradicionales utilizados en la ciudad.

Este estudio se justifica por ser una innovación en las características de un tipo de concreto que ha sido poco investigado en Perú y sobre todo en la localidad del Cusco. Será beneficioso analizar la permeabilidad y consistencia que aportan los aditivos superplastificantes y la

microsílice en conjunto con los agregados de nuestro medio para obtener como resultado el concreto que se vacía bajo el agua.

## **1.4. Delimitación**

### ***1.4.1. Alcances***

Los componentes del concreto que se utilizarán en la investigación, a la fecha son los más comerciales en la ciudad del Cusco; para el caso de aditivo superplastificante, el proveedor es el único que vende en pequeñas cantidades para el diseño de mezcla.

- Cemento Tipo HS (Yura Max).
- Piedra chancada de ½” de Vicho.
- Arena gruesa de Cunyac.
- Agua potable de la red de Seda Cusco.
- Adición mineral - Microsílice (SikaFume)
- Aditivo superplastificante (Ulmen R-2027)

## **1.5. Objetivos de la investigación**

### ***1.5.1. Objetivo general.***

- **OG:** Determinar la influencia de la microsílice y el aditivo superplastificante en el concreto vaciado bajo agua en estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.

### ***1.5.2. Objetivos Específicos***

- **OE1:** Determinar la influencia de la adición de microsílice y aditivo superplastificante en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.



- **OE2:** Determinar la influencia de la adición de microsílice y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.
- **OE3:** Determinar la influencia de la adición de microsílice y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.
- **OE4:** Determinar la influencia de la adición de microsílice y aditivo superplastificante en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. *A nivel internacional.*

Sonebi M., Tamimi A., Bartos P. (2000) En su investigación “Application of factorial models to predict the effect of anti-washout admixture, superplasticizer and cement on slump, flow time and washout resistance of underwater concrete” El **objetivo** de los autores fue estudiar los efectos de la dosis de cemento, la concentración de aditivo antilavado y la concentración de súper plastificante en el asentamiento, el tiempo de flujo y la resistencia al lavado del concreto sumergido. La **metodología** utilizada fue cuantitativa aplicativa con un enfoque de diseño factorial llegando a la **conclusión** de que el asentamiento se ve principalmente afectado por la cantidad de cemento y de superplastificante utilizados, y en menor medida, por la concentración del aditivo anti lavado. La pérdida de masa por lavado se ve más influenciada por la concentración de aditivo antilavado, la dosis de cemento y la concentración de súper plastificante, así como por la interacción entre la dosis de cemento y el aditivo antilavado.

(León Brito, 2018) presentó la tesis de pregrado titulado: “Influencia de la adición de nano sílice en el hormigón autocompactante”, en su investigación realizada en Madrid el autor tuvo como **objetivo** estudiar cómo la adición de nano sílice afecta tanto la microestructura como la durabilidad del hormigón autocompactante. Utilizó un hormigón convencional sin adición, un hormigón autocompactante sin adición, un hormigón autocompactante con 2,5 % de adición de nano sílice y un hormigón autocompactante con 5 % de adición de nano sílice. Empleo una **metodología** de tipo aplicada, con un diseño experimental y un método cuantitativo. Finalmente,

**concluyó** que las dosificaciones propuestas tenían como objetivo producir hormigones de alta resistencia. Con la adición de nano sílice, se lograron resistencias significativamente mayores, por lo tanto, la nano sílice mejora las propiedades mecánicas del hormigón y presenta una mejor protección contra los cloruros.

Martinez J., Segura P., Bernardo H., (2016) en su investigación titulada “Self-compacting, anti-washout Underwater concrete for the marine foundations of the Constitución de 1812 Bridge over the Cádiz Bay” tuvo como **objetivo** diseñar un concreto que se encuentre sumergido y que este asemeje al concreto usado en la bahía de Cádiz, se ensayaron diversas combinaciones de aditivos superfluidificantes y antilavado efectuándose pruebas a escala real. Emplearon la **metodología** predictiva donde se **concluyó** que el hormigón exhibía una excelente fluidez tanto en ambientes secos como sumergidos. Además, mostró una alta resistencia a la pérdida de finos, demostrando cohesión y resistencia a la disgregación. Cabe destacar que las resistencias a compresión de las muestras curadas en seco y bajo el agua fueron muy similares.

### ***2.1.2. A nivel nacional.***

Macedo E. y Miranda J. (2016) en su investigación “Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos, En La Ciudad De Arequipa” tuvieron como **objetivo** reducir los efectos negativos que el agua tiene sobre el concreto fresco. Para ello, utilizaron aditivos que aumentan la cohesión de la mezcla. Primero, diseñaron mezclas de concreto convencionales con diferentes resistencias (175 kg/cm<sup>2</sup>, 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>) usando dos métodos de diseño diferentes. Luego, añadieron dos tipos de aditivos (superplastificante y antideslave) en tres proporciones distintas. El concreto se vertió bajo agua usando el método tremie y se midió su resistencia al lavado. Los **resultados** mostraron que los

aditivos mejoran la resistencia del concreto fresco en comparación con el concreto convencional, reduciendo así la degradación del material.

Gómez R. (2017), en su investigación denominada: “Resistencia a compresión axial de un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con la incorporación de aditivo antideslave”, tuvo como **objetivo** medir la resistencia a la compresión axial del concreto con una resistencia especificada de 210 kg/cm<sup>2</sup>, incorporando un aditivo antideslave. La investigación tuvo una **metodología** experimental y utilizó el método del comité 211 del ACI para diseñar un concreto de referencia y tres diseños con adición de microsílice (aditivo antideslave) en porcentajes de 8%, 10% y 12% del peso del cemento. Para evaluar la resistencia a la compresión, se crearon probetas cilíndricas de concreto con las mezclas diseñadas y se sometieron a compresión a los 7, 14 y 28 días de curado. Los **resultados** mostraron una reducción de la resistencia en todos los porcentajes y edades evaluadas, siendo la disminución más baja del 2.23% en comparación con el concreto de referencia. En consecuencia, se recomienda usar microsílice en una proporción del 10% del peso del cemento, dado que esta mezcla obtuvo la resistencia más similar a la del concreto de referencia.

Díaz J. y Soberón J. (2019) en su investigación “Concreto Antideslave con Incorporación de Aditivos para Vaciado en Estructuras Bajo Nivel Freático Alto - Distrito de Jaén” los autores tuvieron como **objetivo** desarrollar un concreto resistente a la segregación con la adición de microsílice y aditivo superplastificante. La **metodología** de la investigación fue de tipo experimental, con un diseño completamente aleatorio. Siguiendo los requisitos del ACI 237R-07, se elaboraron tres mezclas diferentes, todas con una relación agua/cemento de 0.45. Se añadió microsílice Sika Fume en porcentajes de 6%, 10% y 14%, y aditivo superplastificante Sika Visco Crete - 1110 PE en proporciones de 1.4%, 1.65% y 2%, respectivamente. Las propiedades evaluadas incluyeron la fluidez, viscosidad, capacidad de relleno, capacidad de paso y pérdida de

finos, junto con la resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días. Se encontró que las dosificaciones propuestas exhibieron una excelente estabilidad y trabajabilidad.

El mejor diseño de mezcla de concreto antideslave incluye un 14% de microsílice y un 2% de aditivo superplastificante. La investigación proporciona una metodología para diseñar estas mezclas y evaluar sus propiedades, como la aucompactabilidad, la retención de finos y el método tremie. También se determina el rango porcentual óptimo de microsílice y aditivo superplastificante.

Ramírez L & Yupanqui R. (2021) en su investigación “Influencia de la adición de microsílice y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave, Trujillo 2021” tuvo como **objetivo** investigar la influencia de agregar microsílice y aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave. Siguió las recomendaciones del ACI 237R-07 y probaron adiciones de 5%, 10% y 15% de microsílice, El estudio se centró en cómo se comporta el concreto antideslave cuando se introduce bajo el agua con el método tremie, y también se determinó el diseño más eficiente en términos de costo-beneficio. **Concluyeron** que la dosificación del 15% de microsílice con 1,25% de aditivo superplastificante presentó los mejores resultados en cuanto a propiedades autocompactantes y resistencia a los 28 días, aunque el costo de fabricación de este concreto aumentó en 54,04 soles por metro cúbico.

Díaz J. (2023) en su investigación “Propiedades del concreto de cemento portland tipo I, de mediana a baja resistencia, vaciado bajo agua” tuvo como **objetivo** analizar las características del concreto hecho con cemento portland tipo I, con resistencia media o baja, colocado bajo el agua, usando los aditivos Euco Awa, que cambia la viscosidad, y Plastol 20, que es un superplastificante. Ajustando el método Tremie para estudiar las cualidades del concreto y

observar cómo se comportan muestras de concreto puestas bajo el agua. Para comparar y analizar, se usó una mezcla de concreto con una relación agua/cemento de 0.60, un asentamiento de 4 pulgadas y 325 litros de agua por metro cúbico. También se usó un concreto con aditivos, manteniendo, agregando 0.5% de Euco Awa y 0.5% de Plastol 20+ en peso de cemento. Los **resultados** más relevantes fueron: el asentamiento y el tiempo de fraguado aumentaron; la exudación y la resistencia a la compresión diametral aumentaron; el peso unitario y la resistencia a la compresión axial aumentaron; el contenido de aire bajó; la fluidez del concreto fue normal; la fluidez de asentamiento estuvo en el rango aconsejado, mostrando una mejora en estas características y una buena estabilidad de la mezcla.

### ***2.1.3. A nivel local.***

Baca C. & Vela L. en su investigación: “Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas sikacem®-1 fiber – Cusco 2019” tuvo como objetivo crear un concreto que se compacta solo usando materiales locales, agregando 100 gr y 200 gr de fibras sintéticas SikaCem®-1 Fiber por cada bolsa de cemento. Se buscaba que esto hiciera al concreto más fuerte. La metodología de la investigación tuvo un enfoque cuantitativo de nivel descriptivo. Los resultados mostraron que agregar las fibras sintéticas SikaCem®-1 Fiber mejoró un poco las propiedades mecánicas del concreto, hasta un 11.39% en la resistencia a la compresión, un 12.47% en la resistencia a la flexión y hasta un 12.08% en la elasticidad. En conclusión, usar la fibra sintética en el concreto autocompactante es una buena idea.

**Tabla N°1***Matriz de antecedentes internacionales.*

Año	Autor	País	Título	Objetivo	Conclusión
2000	Sonebi M., Tamimi A., Bartos P.	Estados Unidos	“Application of factorial models to predict the effect of anti-washout admixture, superplasticizer and cement on slump, flow time and washout resistance of underwater concrete”	El objetivo es realizar un diseño factorial para modelar matemáticamente la influencia del cemento, aditivo antilavado y aditivo superplastificante en el asentamiento del concreto submarino.	El asentamiento se ve principalmente afectado por la cantidad de cemento y de superplastificante utilizados, y en menor medida, por la concentración del aditivo antilavado. La pérdida de masa por lavado se ve más influenciada por la concentración de aditivo antilavado.
2016	Martinez J., Segura P., Bernardo H.	España	“Self-compacting, anti-washout Underwater concrete for the marine foundations of the Constitución de 1812 Bridge over the Cádiz Bay”	El objetivo es verificar y realizar el diseño de mezcla de concreto con adecuada compactación del concreto con adición de aditivos, con la finalidad que no presente sedimentación y lavado de finos significativo.	El hormigón exhibía una excelente fluidez tanto en ambientes secos como sumergidos. Además, mostró una alta resistencia a la pérdida de finos, demostrando cohesión y resistencia a la disgregación. Cabe destacar que las resistencias a compresión de las muestras curadas en seco y bajo el agua fueron muy similares
2018	Brito L.	España	“Influencia de la adición de nanosílice en el hormigón autocompactante”	El propósito principal de este estudio es analizar cómo la inclusión de nano-sílice afecta la estructura interna y la resistencia a largo plazo de los hormigones autocompactantes.	Las dosificaciones propuestas tenían como objetivo producir hormigones de alta resistencia. Con la adición de nanosílice, se lograron resistencias significativamente mayores, por lo tanto, la nanosílice mejora las propiedades mecánicas del hormigón y presenta una mejor protección contra los cloruros.

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°2**

*Matriz de antecedentes nacionales.*

Año	Autor	País	Titulo	Objetivo	Conclusión
2016	Macedo E. y Miranda J.	Arequipa	“Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos, En La Ciudad De Arequipa”	Investigar y analizar el concreto antideslave con agregados especiales, usando pruebas de laboratorio, para su uso en áreas con mucha agua subterránea. También, sugerir mezclas de concreto que garanticen su fuerza y prevengan la pérdida excesiva de materiales finos.	Añadiendo aditivos como microsilíce y aditivos antideslave se obtuvo un lavado menor al 6.5% con dosificaciones de 10% de Sika fume y 2.1 % de Eucon Awa además de un aumento mayor al 20% en la resistencia a la compresión.
2021	Ramírez L. & Yupanqui R.	Trujillo	“Influencia de la adición de microsilíce y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave, Trujillo 2021”	El objetivo es averiguar cómo la microsilíce y un aditivo superplastificante afectan las características del concreto que no se lava fácilmente, en la ciudad de Trujillo durante el año 2021.	Se determinó que la dosificación del 15% de microsilíce con el 1.25% de aditivo superplastificante es la más optima en vista de tener mezclas muy resistentes a la pérdida de finos con porcentajes del 1.12%, de obtener excelentes propiedades autocompactantes y la resistencia a la compresión de 631 kg/cm <sup>2</sup> a los 28 días de curado.
2019	Díaz J. y Soberón J.	Jaén	“Concreto antideslave con incorporación de aditivos para vaciado en estructuras bajo nivel freático alto - distrito de Jaén”	Elaborar un concreto que tenga adherencia, añadiéndole Microsilíce (Sika Fume) y un aditivo que lo hace más fluido (Sika Viscocrete 1110 - PE). Esto se hará probándolo en un laboratorio, para luego usarlo en construcciones que estén bajo tierra con mucha agua.	Obteniendo mejores resultados con la dosificación de 14% de adición de Microsilíce y 2% de aditivo superplastificante con pérdidas de finos de 1.29% y resistencia a la compresión a los 28 días de 656.22 kg/cm <sup>2</sup> .

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



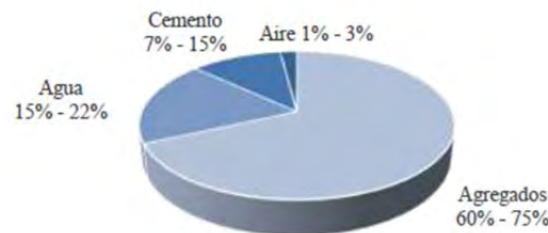
## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Concreto.

El American Concrete Institute (ACI) en su libro llamado “Concrete Terminology” define al concreto como una mezcla de cemento hidráulico, áridos y agua, con o sin aditivos, fibras u otros materiales cementantes.

Según Varas (2018) menciona que el concreto es un material creado combinando cemento, grava, arena, agua y posibles aditivos en cantidades específicas. Inicialmente tiene una estructura moldeable y flexible, pero luego se vuelve rígido y resistente, con propiedades aislantes.

**Figura. N° 2.** Proporción de materiales en el concreto



*Nota:* Componentes del concreto. Fuente: Adaptado de Ottazi (2011)

### 2.2.2. Cemento Portland.

Según Sánchez (2001) menciona que el cemento portland es un conglomerante hidráulico que tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, experimentando una reacción química debido a la hidratación

Según la Norma Técnica Peruana 334.009 (2016) indica que el cemento Portland es un tipo de cemento hidráulico que se produce mediante la molienda del Clinker, el cual está compuesto principalmente por silicatos de calcio hidratados. Este cemento también suele contener sulfato de

calcio y, en ocasiones, caliza como materiales adicionales añadidos durante el proceso de molienda.

**Tabla N°3**

*Componentes químicos del cemento.*

Compuesto	Notación	Características
Ferroaluminato tetracalcico (Ferrita)	$C_4AF$	Regula la temperatura cuando se produce el Clinker.
Aluminato tricalcico (Aluminato)	$C_3A$	Contribuye a la resistencia inicial y libera una gran cantidad de calor de hidratación.
Silicato dicálcico (Belita)	$C_2S$	Aporta principalmente a la resistencia de largo plazo.
Silicato tricálcico (Alita)	$C_3S$	Es el principal aportador del desarrollo de la resistencia temprana y da a lugar el inicio al fraguado.

*Nota:* Fuente: Adaptado de Hamsen (2017)

### 2.2.3. Agregados.

Según Zavala (2019) indica que los agregados son un componente esencial del concreto, ocupando aproximadamente el 65% de su volumen total.

Por lo tanto, las propiedades de los agregados tienen una importancia predominante en comparación con los otros elementos de la mezcla de concreto. Los agregados para el concreto se clasifican en fino y grueso, y cada uno tiene sus propias cualidades.

#### 2.2.3.1. Agregado fino

Según NTP 400.037 (2014) indica que el agregado fino procede de la fragmentación natural o trituración de las rocas, que pasa completamente por el tamiz estándar de 9.5mm (malla 3/8") y queda retenido en el tamiz normalizado 74  $\mu m$  (N.º 200).

### 2.2.3.2. Agregado grueso

Según NTP 400.037 (2014) indica que el agregado grueso procede de la fragmentación natural o trituración de las rocas, que es retenida por el tamiz estándar de 4.75mm (malla N°4).

**Tabla N°4**

*Propiedades físicas de los agregados.*

Propiedades físicas de los agregados	
Propiedad	Descripción
<b>Granulometría</b>	Es la distribución volumétrica de partículas por tamaño
<b>Módulo de fineza</b>	Este valor indica el tamaño promedio aproximado del agregado. Si el valor es bajo, el agregado es fino; si es alto, significa que el agregado es grueso.
<b>Porcentaje de vacíos</b>	Volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados
<b>Humedad</b>	Se refiere al porcentaje de agua que el agregado retiene cuando se encuentran en su condición habitual.
<b>Absorción</b>	Capacidad de los agregados para absorber agua en sus espacios porosos internos durante un lapso de tiempo fijo.
<b>Peso específico</b>	Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de estas sin considerar los vacíos entre ellas
<b>Peso unitario</b>	Se denomina peso unitario, ya sea suelto o compactado, al peso que alcanza un determinado volumen unitario

*Nota:* Fuente: Adaptado de Pasquel (2017); Harmsen (2017) & Rivera (2000).

### 2.2.4. Agua.

Según Abanto (2009) indica que el agua es un componente esencial en la fabricación del concreto, ya que participa en la hidratación del cemento y contribuye al desarrollo de las propiedades del concreto endurecido

### **2.2.5. Adiciones.**

Según Pasquel (1998) indica que los aditivos son materiales, ya sean de origen orgánico o inorgánico, se agregan a la mezcla de cemento durante o después de su preparación. Su función es modificar de manera controlada algunas propiedades del proceso de hidratación, el endurecimiento y la estructura interna del concreto.

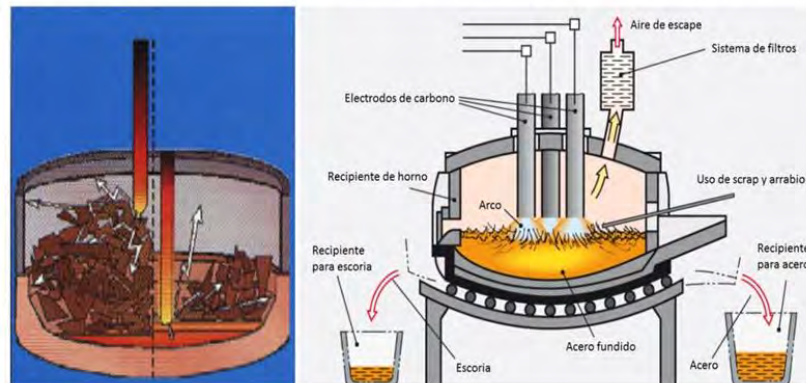
### **2.2.6. Microsílice.**

Según Euclid Group Toxement (2016, pág. 1-3) indica que la microsílice, también conocida como humo de sílice o sílica fume, es un subproducto de la industria de las aleaciones de hierro. Esta sustancia consiste en partículas diminutas, aproximadamente 100 veces más pequeñas que el cemento, con una forma redondeada y un alto contenido de sílice amorfa. Durante el proceso de hidratación del cemento, se produce calor, que, al interactuar con la sílice amorfa de la microsílice, en un entorno húmedo y a temperatura ambiente, da lugar a la formación de productos cementantes secundarios estables química y físicamente. Estos productos contribuyen a mejorar la resistencia del concreto y no generan calor de hidratación, además de ser químicamente resistentes, lo que los convierte en un material muy duradero. La roca tiene menor capacidad de absorber líquidos, menor facilidad de flujo, mayor resistencia a la destrucción y mayor vida útil.

Según el Comité ACI 116, define a la microsílice como una sílice no cristalina (amorfa) muy fina producida por hornos de arcos eléctricos como un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferro silicio; también se le conoce como humo de sílice.

**Figura. N°3.** Horno de arco eléctrico.

### Proceso de horno de arco eléctrico (EAF)



*Nota:* Partes del arco eléctrico, Fuente: Adaptado de Alves & Edison (2020).

#### 2.2.6.1. Características físicas.

Según Chavarry (2018) La microsílíce es muy reactiva y extremadamente fina, lo que permite disminuir la porosidad en el concreto. Esto mejora la unión entre la pasta de cemento y el agregado, haciendo que el producto final sea más fuerte y duradero, al hacerlo más denso y menos permeable.

**Tabla N°5**

*Características físicas de la microsílíce.*

Compuesto	Descripción
Color	Entre gris y oscuro
Densidad	2.2 gr/cm <sup>3</sup>
Peso unitario suelto	En promedio 300 kg/m <sup>3</sup>
Diámetro promedio	0.1 µm. (100 veces menor que las partículas del cemento)

*Nota:* Fuente: Adaptado de Cruz (2017).

#### 2.2.6.2. Composición química.

La microsílíce tiene un alto contenido de dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>), entre el 92% y el 98%, y la mayor parte está en forma de vidrio. También tiene algunas impurezas, como óxidos alcalinos y carburo de silicio, pero en menor cantidad.

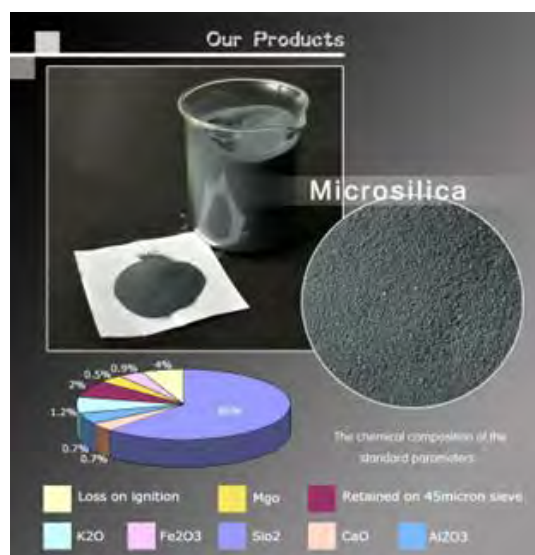
**Tabla N°6**

*Composición química del cemento Portland.*

Compuesto	Notación	% de contenido
Dióxido de Silicio	SiO <sub>2</sub>	92-98
Oxido de aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.5
Oxido Férrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.1
Oxido de Magnesio	MgO	0.3
Oxido de Calcio	CaO	0.8
Oxido de Sodio	Na <sub>2</sub> O	0.1
Oxido de Potasio	K <sub>2</sub> O	1.0
Azufre	SO <sub>3</sub>	0.2

*Nota:* Fuente: Adaptado de Córdova & Gracia (2007).

**Figura. N°4.** Imagen de la Microsílice y sus componentes.

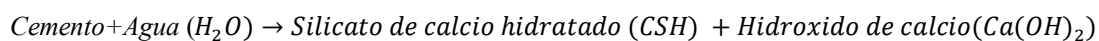


*Nota:* Muestra el aspecto de la microsílice y sus componentes. Fuente: Empresa Superior (2024).

### **2.2.6.3. Proceso de la adición de microsílice.**

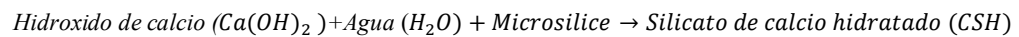
#### **2.2.6.3.1. Acción química.**

Cuando se adiciona el agua al cemento, se inicia el proceso de la hidratación, resultando dos productos, como se muestra a continuación:



Según Pérez (2008) indica que el aglomerante principal que mantiene unido la mezcla es el silicato de calcio hidratado que se produce. El hidróxido de calcio, que es más débil, no ayuda como aglomerante y puede ocupar hasta el 25% del volumen de los materiales resultantes de la hidratación. Si hay mucho hidróxido de calcio, el concreto podría ser más propenso a sufrir daños por sulfatos, ataques químicos y reacciones negativas.

Según Pérez (2008) indica que al adicionar microsilíce a la mezcla este reacciona con el hidróxido de calcio y el agua en el proceso de hidratación para producir más gel de silicato de calcio (aglomerante principal) en consecuencia se reduce el hidróxido de calcio:



#### **2.2.6.3.2. Acción física**

Según Macedo & Miranda (2016) indica que por el tamaño de las partículas de microsilíce, ocupa una gran parte de los espacios vacíos de la mezcla produciendo un concreto de baja porosidad, poca permeabilidad, aumentando su resistencia y alta durabilidad. Aun así, la microsilíce no reacciona químicamente, el efecto del micro relleno lograría mejorar significativamente las propiedades del concreto.

#### **2.2.6.4. Efectos de la microsilíce en el concreto.**

El uso de la microsilíce puede mejorar bastantes propiedades en el concreto, lo cual hace que se aplique a diferentes contextos.

La microsilíce ofrece los siguientes efectos en estado fresco:

- Reduce la exudación.
- Incremento de la cohesión.
- Acelera el fraguado.

La microsilíce ofrece los siguientes efectos en estado endurecido:

- Aumento en la resistencia mecánica.

- Aumenta la impermeabilidad y mayor durabilidad

Según Benavides (2014) uno de los mayores inconvenientes de la microsílice es producir fisuras en el concreto resultante por lo que es preciso utilizar aditivos superplastificantes, esto se debe a que se trabaja con relaciones agua/cemento reducidas.

### **2.2.7. Sika Fume**

Es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de sílice (SIKA,2014).

#### **2.2.7.1. Usos.**

Se utiliza en hormigón proyectado, hormigón estructural, hormigón prefabricado y otros casos de construcción de hormigón en los que se imponen altas exigencias a la calidad del hormigón fresco y endurecido (SIKA,2014).

#### **2.2.7.2. Características y ventajas**

Contiene dióxido de silicio reactivo latente extremadamente fino. La presencia de esta sustancia imparte una gran cohesión interna y retención de agua en el concreto fresco. En el concreto endurecido, forma una matriz de cemento significativamente más densa debido a su formación adicional de producto de hidratación (SIKA,2014).

- Alta estabilidad del hormigón fresco.
- Mayor durabilidad.
- Excelente resistencia a la congelación y la sal de deshielo.
- Mayores resistencias finales.
- Mayor resistencia a la abrasión.
- Mayor estanqueidad en el concreto endurecido.
- Reducción a la penetración de cloruros.



### **2.2.7.3. Dosificación.**

Se recomienda del 5-10% en peso de cemento (SIKA,2014).

### **2.2.8. *Aditivo superplastificante***

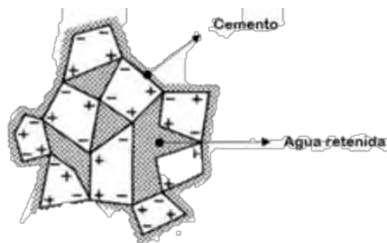
Según Fabiane (2016) indica que los plastificantes, también llamados reductores de agua, permiten reducir la cantidad de agua en el concreto en al menos un 5%, lo que posibilita usar menos agua manteniendo la misma trabajabilidad. Esto mejora la durabilidad y reduce los costes. Estos aditivos están compuestos por sustancias como lignosulfonatos, sales de ácido hidroxicarboxílico y polisacáridos complejos. Los aditivos superplastificantes son reductores de agua de alto desempeño que pueden llegar a reducir el agua hasta un 40%. Además de disminuir la relación agua/cemento, también mejoran las propiedades reológicas del concreto. Los principales tipos de superplastificantes son los basados en naftaleno sulfonato, melamina sulfonato y policarboxilato. A diferencia de los anteriores, los policarboxilatos tienen una estructura más versátil y sus propiedades dependen de parámetros moleculares de su composición química. Los aditivos que reducen el agua facilitan que las partículas de cemento se separen cuando se hidratan. Esto suelta el agua atrapada entre los granos de cemento, haciendo la mezcla más líquida. Estos aditivos se pegan a la superficie de las partículas de cemento mientras se hidratan, causando que los granos cercanos se repelan mutuamente a través de fuerzas electrostáticas. Esto hace que se deshagan los grupos de partículas, lo que libera el agua atrapada y mejora la plasticidad de la mezcla.

#### **2.2.8.1. Mecanismos de acción.**

Según Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE, 2010) indica que las partículas tienen una tendencia a juntarse debido a las interacciones electroestáticas y las

fuerzas de Van Der Waals (atracción de cargas eléctricas), produciendo agrupaciones de partículas de cemento.

**Figura. N°5.** Floculación del cemento.



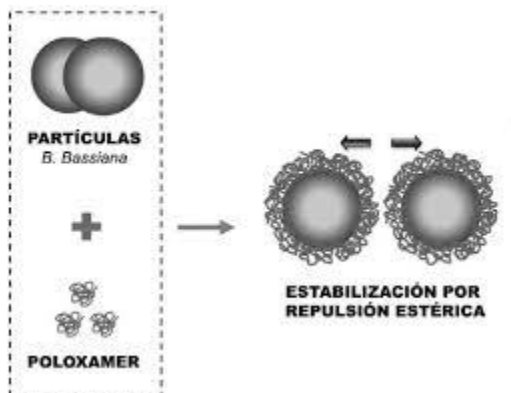
*Nota:* Unión de partículas del cemento reteniendo el agua. Fuente: Mondragón (2013).

En el proceso de hidratación donde se produce estos flóculos de cemento este produce la aparición de poros por lo tanto un aumento en la permeabilidad y también impide la distribución uniforme de las partículas de cemento por toda la mezcla. La incorporación de superplastificante en base de policarboxilatos puede contrarrestar estos efectos negativos.

Según Borralleras (2009) describe el accionar de los aditivos superplastificantes en base a policarboxilato:

- **Distribución del aditivo:** Al agregar el aditivo superplastificante es necesario un mayor tiempo de amasado ya que prevalece una relación entre tiempo de amasado con esta distribución.
- **Adsorción del polímero sobre el cemento:** Las moléculas del aditivo son adsorbidas por la superficie de las partículas de cemento y mientras más sea adsorbida mayor será el efecto, se debe tener en cuenta que pueden ser adsorbidas por las partículas de arena y no generar dispersión.
- **Orientación del polímero adsorbido:** Cada polímero genera densidades de carga de un solo signo lo cual produce una repulsión estérica.

**Figura. N°6.** Repulsión estérica.



*Nota:* Mecanismos de dispersión de los aditivos superplastificantes a base de policarboxilatos. Fuente: Bermudez, Baldiviezo & Simonazzi (2015).

### **2.2.9. Efectos del aditivo superplastificante**

El aditivo superplastificante ofrece los siguientes efectos en estado fresco:

- Elevada trabajabilidad y aumenta la fluidez.
- Disminuye la segregación y reduce la exudación.
- Extrema reducción de agua.
- Disminuye el tiempo de fraguado.

El aditivo superplastificante ofrece los siguientes efectos en estado endurecido:

- Elevada resistencia inicial y final.
- Aumenta la impermeabilidad.
- Mayor durabilidad.

Según Alonso (2011) a pesar de que el aditivo superplastificante cuenta con diversos beneficios para los sistemas cementantes, en la ejecución, puede resultar en efectos anómalos y estos efectos se deben a una incompatibilidad de aditivo-cemento y puede ser adsorbido por la arena.

### 2.2.10. Aditivo superplastificante Ulmen R-2027.

El R-2027 es un nanoaditivo en estado líquido de alta actividad por las nano materias de última generación que lo componen. Según las normas ASTM C494 y NTP 334.088, cumple con la clasificación TIPO F – Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango (Ulmen, 2023).

#### 2.2.10.1. Características y ventajas.

- Permite reducir el agua de diseño en 15% a 48%, según dosis de uso.
- Modifica la reología de la mezcla, brindando una alta fluidez y adecuada trabajabilidad para construcciones modulares.
- Permite obtener una mezcla con elevada consistencia sin alterar o disminuyendo la relación A/C.
- Modifica la viscosidad, incrementando la resistencia a la segregación en concreto altamente fluidos.

#### 2.2.10.2. Propiedades físicas.

Las propiedades físicas se evidencian en la siguiente tabla:

**Tabla N°7**

*Propiedades físicas del superplastificante.*

Propiedades físicas	
Apariencia	Líquida
Color	Café
Densidad	1.11±0.02 g/ml

*Nota:* Características físicas y propiedades del aditivo superplastificante Ulmen. Fuente: Ulmen (2023).

#### 2.2.10.3. Dosificación

El R-2027 puede ser utilizado en dosis desde 0.3% a 2% con respecto al peso del cemento.

Se recomienda realizar pruebas previas para validar la dosis óptima. El producto debe de ser diluido en el agua efectiva y adicionado a la mezcla durante el proceso de mezclado.

### ***2.2.11. Concreto vaciado bajo agua o sumergido o antideslave.***

Según Bernardo et al. (2015) indica que el concreto sumergible se define como aquel concreto capaz de fluir adecuadamente para llenar un molde o área objetivo sin dejar espacios vacíos y nivelándose por sí mismos sin necesidad de vibración externa. Además, deben mantener casi intactas sus propiedades mecánicas después de ser vertidos y entrar en contacto con el agua. Generalmente, cuando el concreto toca el agua, se produce un efecto denominado lavado de finos. Esto hace que se pierdan partículas pequeñas y cemento, y que el agua se filtre dentro de la mezcla. Todo esto hace que se reduzcan las capacidades mecánicas del material

Según Macedo y Miranda (2016) menciona que el concreto antideslave su alta cohesividad y viscosidad se logra mediante la incorporación de ciertos materiales o procesos que impiden la interacción perjudicial del agua. Esto impide que el agua entre en contacto con el concreto, previniendo así el lavado y dispersión de los componentes finos, lo cual protege la calidad del concreto. También, se reduce la contaminación ambiental en el área donde se realiza el vaciado, lo que se traduce como reducción en gastos y dudas sobre el resultado final, sin cambiar la confiabilidad de los resultados esperados de la resistencia a la compresión del material.

El concreto antideslave ofrece múltiples ventajas como son:

- Al reducir las partículas de concreto que se liberan en el agua durante el vaciado, se evita el daño al medio ambiente, y en áreas submarinas, se previene la destrucción de los ecosistemas aledaños al área de trabajo del proyecto.
- Efecto de acción tixotrópica, lo que evita que se disuelva cuando se usa bajo el agua.
- Al momento de realizar un vaciado en presencia de agua el contenido de agua de mezcla se mantiene constante en comparación al de una mezcla habitual.

- Disminuye y controla la separación del agua y los sólidos en el concreto.
- Permite reducir la intervención de mano de obra y permite agilizar los plazos de ejecución de los proyectos.
- Reduce o elimina costos de bombear el agua de las zonas de operaciones.

El concreto antideslave, así como ofrece múltiples ventajas esta también ofrece ciertas limitaciones como son:

- Alto incremento en el costo final del concreto.
- Requiere personal capacitado en la etapa de colado.
- Limitada disponibilidad de aditivos para generar el concreto antideslave.
- Requiere un diseño realizado por un profesional especialista.

#### ***2.2.12. Consistencia del concreto.***

Según Neyra y Santos (2018) se refiere a la fluidez de la mezcla, donde una mezcla más húmeda fluye con mayor facilidad durante su colocación. Esto se relaciona con la trabajabilidad, pero no son lo mismo. El método comúnmente utilizado para determinar la consistencia de la mezcla es el método del cono de Abrams o método del SLUMP, el cual mide el asentamiento en pulgadas de la masa de concreto compactada en un molde tronco cónico.

Además, se podría relacionar con la reología de un concreto que viene a ser sus características físico-visuales en cuanto a trabajabilidad, cohesividad, apariencia, etc.

#### ***2.2.13. Propiedades en estado fresco del concreto sumergido o antideslave.***

Según Bernardo et al. (2015) indica que el concreto antideslave debe reunir las siguientes características: ser autocompactante, tener una elevada viscosidad y tener una resistencia al lavado en consecuencia del contacto con el agua.

Según Ramírez y Yupanqui (2021) presenta en la Tabla N°8 que resume las características del concreto antideslave en estado fresco.

**Tabla N°8**

*Propiedades en estado fresco*

Estado	Propiedad	Descripción
Estado fresco	Capacidad de llenado	Desplazarse dentro del encofrado relleno de todas las superficies.
	Capacidad de paso	Fluir por sitios estrechos y altamente densos de refuerzo sin producir bloqueo.
	Viscosidad	Resistencia al flujo
	Resistencia a la segregación	Estabilidad de la mezcla.
	Resistencia a la pérdida de finos	Resistencia al lavado de los finos en contacto con el agua.

*Nota:* Indica las características en estado fresco del concreto antideslave. Fuente: Ramírez y Yupanqui (2021).

### **2.2.13.1. Capacidad de llenado.**

La capacidad de llenado se refiere a la capacidad de un material a fluir y cubrir completamente un molde bajo la acción de su propio peso, sin necesidad de vibrado ni de compactación adicional. Para medir la capacidad de llenado, se usa la prueba de escurrimiento según la norma UNE 83361, las guías europeas para el hormigón autocompactante y recomendaciones del ACI 237R-07 para el concreto autocompactante.

**Tabla N°9**

*Clases de escurrimiento*

Clase	Descripción	Escurrimiento
SF1	Es apropiado:	550-650 mm
	- Estructuras en masa o poca densidad de armaduras (losas de cimentación o pavimentos).	

Clase	Descripción	Escurecimiento
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Concretos de relleno por bombeo (encofrado de túneles).</li> <li>- Elementos suficientemente pequeños que no precisen largos flujos horizontales.</li> </ul>	
SF2	Es adecuado para muchas aplicaciones normales (muros, pilares, etc.).	660-650 mm
SF3	Es elaborado para aplicaciones verticales en estructuras muy armadas de formas complejas.	760-850 mm

*Nota:* Fuente: Adaptación del Grupo de Proyecto Europeo (GPE), 2006.

### 2.2.13.2. Capacidad de paso.

La capacidad de paso es la habilidad del concreto para fluir sin problemas por medio de sitios angostos incluso cuando existe la presencia de acero de refuerzo, evitando que los áridos grandes se atasquen o que el concreto pierda su homogeneidad (GPE, 2006)

Esta característica se puede medir con la prueba de la Caja en L, siguiendo la norma UNE 83363, las guías europeas para el hormigón autocompactante y recomendaciones del ACI 237R-07 para el concreto autocompactante.

**Tabla N°10**

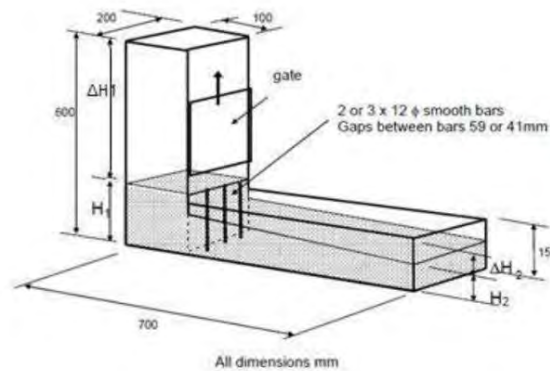
*Clases de capacidad de paso (Ensayo de la Caja en L)*

Clase	Descripción	Escurecimiento
PA1	Estructuras con huecos de 80 mm a 100 mm. (Estructuras verticales y edificación).	$\geq 0.80$ con 2 obstáculos de barras
PA2	Estructuras con huecos de 60 mm a 80 mm. (Estructuras de obra civil).	$\geq 0.80$ con 3 obstáculos de barras

*Nota:* Fuente: Adaptación del Grupo de Proyecto Europeo (GPE), 2006.



**Figura. N°7.** Esquema de dimensiones de la caja en L



*Nota:* Dimensiones de la caja en L con 3 obstáculos. Fuente: UNE-83363 (2007).

### 2.2.13.3. Viscosidad.

La viscosidad es una característica que indica cuán difícil es para un material fluir, debido a la fricción dentro de él (EFNARC, 2002). Se puede medir la viscosidad con la prueba del embudo en V, siguiendo la norma UNE 83364, las guías europeas para el hormigón autocompactante y recomendaciones del ACI 237R-07 para el concreto autocompactante.

La prueba consiste en echar concreto recién mezclado en un embudo con forma de V. Se registra cuánto tiempo le toma al hormigón salir del embudo. Ese tiempo se conoce como el tiempo de flujo del embudo en V.

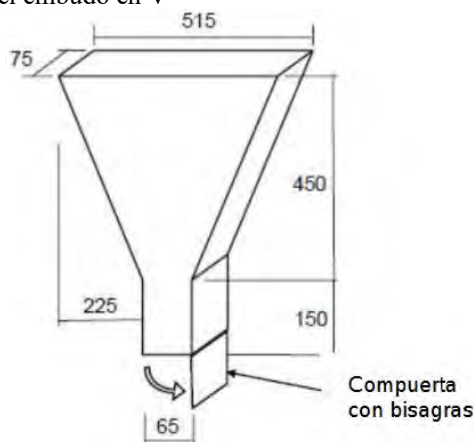
**Tabla N°11**

*Clases de viscosidad*

Clase	Descripción	$T_{500}$ (s)	Embudo en V (s)
VS1/VF1	Es capaz de auto nivelarse y generalmente tiene mejor acabado superficial. No obstante, es más propenso a presentar exudación y segregación.	$\leq 2$	$\leq 8$
VS2/VF2	Tendencia a presentar efectos de tixotropía, mejorando la resistencia a la segregación. Sin embargo, tiene efectos negativos en el acabado superficial.	$> 2$	9-25

*Nota:* Fuente: Adaptación del Grupo de Proyecto Europeo (GPE), 2006

**Figura. N°8.**Esquema y dimensiones del embudo en V



*Nota:* Dimensiones y detalles de la caja en V. Fuente: UNE-83364 (2007).

#### **2.2.13.4. Resistencia al lavado o pérdida de finos (Washout).**

La pérdida de finos se refiere a la característica del concreto para soportar la pérdida de partículas pequeñas causada por factores externos durante el vaciado, lo que afecta la proporción original de la mezcla. Esta disminución puede hacer que la mezcla pierda cohesión, disminuir las propiedades de resistencia a la compresión por ende un material de reducida durabilidad. Por eso, es muy importante calcularla cuando el concreto se mezcla con agua.

La norma CRD C661-06 permite que se escoja una mezcla de concreto que pueda perder entre el 10% y el 20% de su peso por deslave.

Por otro lado, la norma BS 8443:2005 permite hasta un 15% de pérdida de peso por deslave, pero este límite puede ser mejorado.

Sin embargo, en la mayoría de los proyectos con este tipo de concreto se tienen mayores exigencias para que su concreto sea considerado antideslave, donde el rango está entre el 5% y el 8% de pérdida de su peso inicial por deslave (CEMEX, 2016).

#### **2.2.14. Criterios para autocompactabilidad.**

Para que un concreto antideslave sea aceptado como tal, debe cumplir con los rangos permitidos de los valores mostrados a continuación:

**Tabla N°12***Criterios de autocompactabilidad*

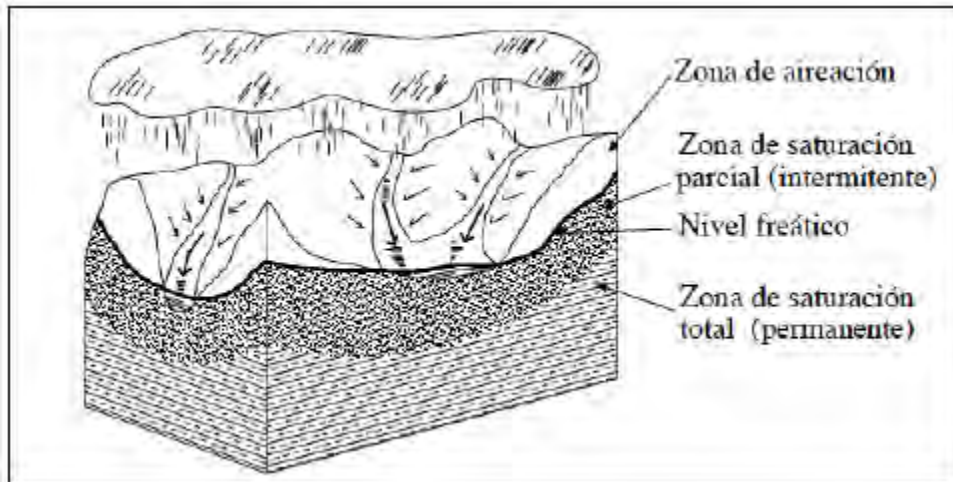
Ensayo	Parámetro medido	Rango admisible
Esgurrimiento	$T_{50}$	$T_{50} \leq 8 \text{ seg}$
	Df	$550 \text{ mm} \leq Df \leq 850 \text{ mm}$
Embudo en V	Tv	$4 \text{ seg} \leq Tv \leq 20 \text{ seg}$
Caja en L	Cbl	$0.75 \leq Cbl \leq 1.00$

*Nota:* Fuente: Adaptado de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), 2008.

### **2.2.15. Nivel Freático**

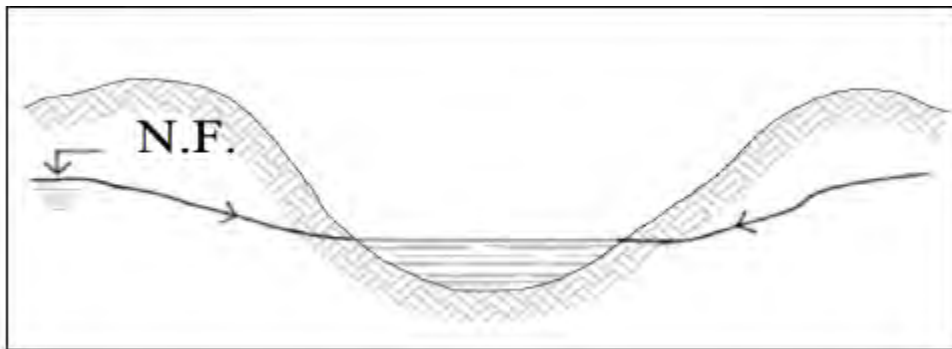
Según Gonzales (2001) indica que, si se coloca instrumentos de medición de nivel de agua en el suelo, se puede observar el nivel alcanzado por el agua estancada, y este corresponderá al nivel freático (N.F.), por debajo del cual el suelo y la roca están sumergidos, y por encima del cual el agua puede elevarse por capilaridad. Este nivel de agua puede abastecer o ser abastecido por un lago o río, dependiendo de si se encuentra en un valle o en una cumbre.

**Figura. N°9.** Esquema de las diferentes zonas de saturación



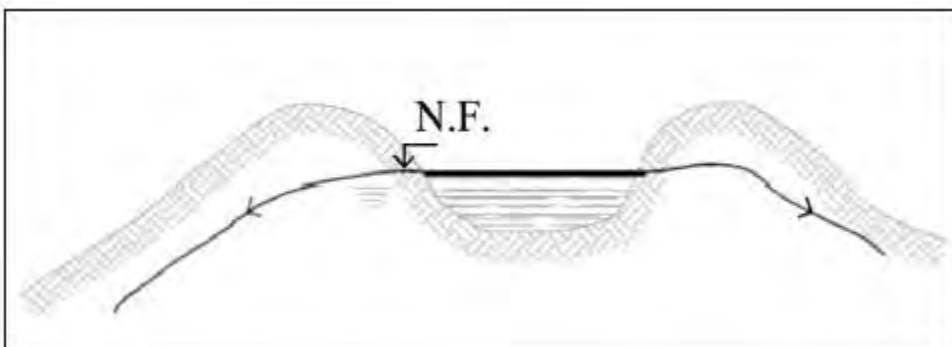
*Nota:* Fuente: Gonzales, 2001.

**Figura. N°10.** Esquema de nivel freático contribuyente a un río o lago



*Nota:* Fuente: Gonzales, 2001.

**Figura. N°11.** Esquema de un río o lago contribuyente a la napa freática



*Nota:* Fuente: Gonzales, 2001.

**Fotografía N°1.** Nivel freático en obra.



*Nota:* En la fotografía se identifica la inundación de la excavación de los cimientos resultado del alto nivel freático, Fuente: Gonzales, 2001.

#### **2.2.16. Método Tremie.**

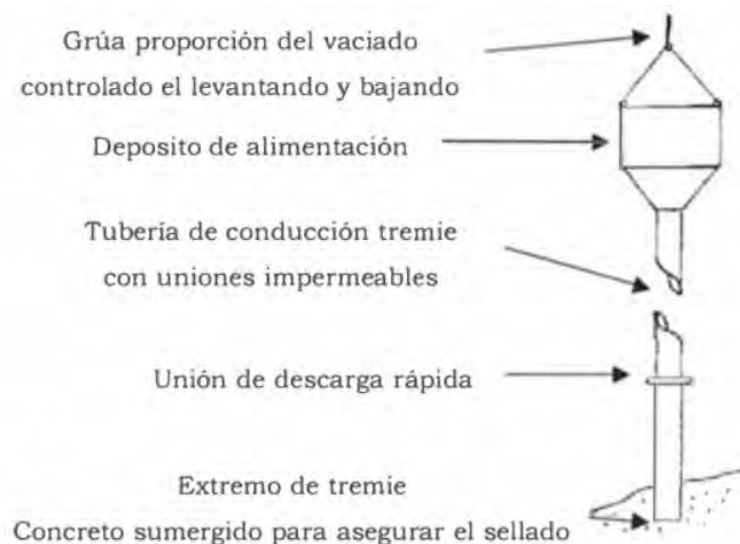
Según Matallana (2019) menciona que el método de Tremie es la técnica más utilizada para vaciar concreto bajo el agua o en cimentaciones profundas. Este procedimiento se basa en el principio de los vasos comunicantes que caracteriza a los fluidos. El concreto se vierte por gravedad a través de un tubo vertical conectado a una tolva en la parte superior. El concreto sale del tubo desde abajo, desplazando el resto del concreto hacia arriba y hacia afuera.

Según Gutiérrez (2013) indica que el procedimiento comienza colocando el tubo en la base para prevenir que el concreto se contamine o se mezcle con el agua. Se coloca un tapón, generalmente una pelota o globo de goma inflado, en la boca del embudo, de forma que el concreto por acción de su peso lo empuje hasta el fondo, pudiendo recuperarlo cuando este salga a la superficie. Una vez que se ha llenado el tubo con el concreto, se levanta en promedio de 10 a 15 cm para permitir que el concreto fluya de arriba hacia abajo.

### 2.2.16.1. Características del método Tremie.

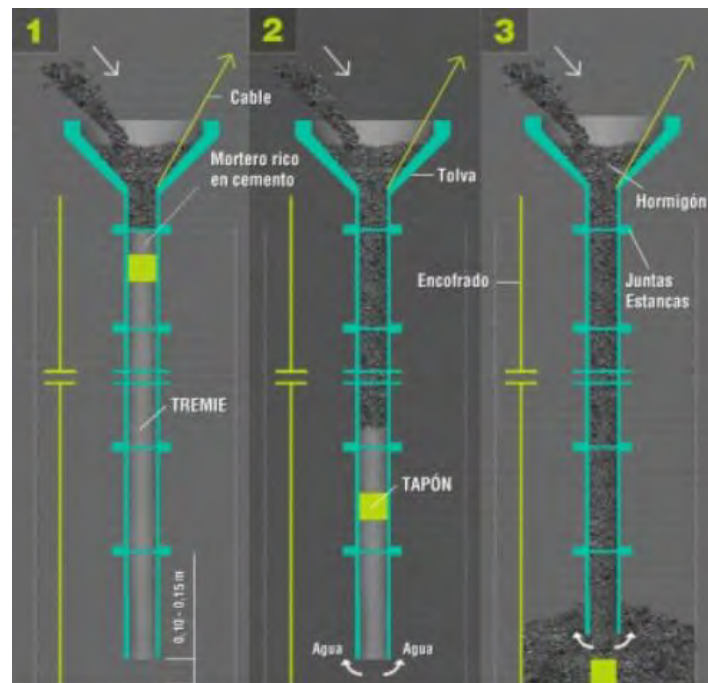
- El concreto se transporta a través de tubos hasta el lugar donde se necesita, impidiendo que el concreto presente segregación o que el agua se filtre.
- Este método permite que el concreto se deposite en el centro del molde, reduciendo así la superficie que toca el agua alrededor.
- En la parte superior del tubo hay un embudo con forma de pirámide truncada. Se sugiere que la base mayor y la base menor tengan una relación de 3:1. Normalmente, encima de este embudo hay un depósito fijo que recibe el hormigón fresco.
- El flujo debe ser constante y sin presencia de bloqueos en la tubería durante el vertido de concreto. El tamaño de la tubería debe ser el adecuado. En grandes vertidos, donde no hay problemas con el acero, es común usar tubos de 150mm a 300mm de diámetro. En otros casos, se analizará el diámetro necesario según las condiciones.

**Figura. N°12.** Esquema de una unidad Tremie.



*Nota:* Se menciona todas las partes del mecanismo Tremie. Fuente: Gutiérrez, 2013.

**Figura. N°13.** Esquema de la unidad Tremie



*Nota:* Esquema de funcionamiento del mecanismo Tremie. Fuente: Zambrano, SF.

### **2.2.16.2. Ventajas del método Tremie**

Este concreto ofrece una serie de beneficios operativos y ambientales que optimizan los proyectos de construcción, especialmente aquellos realizados bajo el agua:

- Ideal para colocación subacuática: Gracias a su alta acción tixotrópica, el concreto no se "lava" ni se dispersa al ser vertido bajo el agua, asegurando la integridad de la mezcla.
- Mezcla estable: El contenido de agua de la mezcla es estable y predecible, eliminando el riesgo de modificaciones accidentales.
- Alta trabajabilidad: El material es muy fácil de manejar y colocar (elevada trabajabilidad).
- Control moderado: Disminuye y controla el sangrado y la segregación (separación de sus componentes), manteniendo la uniformidad del concreto.

- Fácil de aplicar: Es bombeable, no requiere de equipos especiales para su colocación y mantiene el tiempo de fraguado de un concreto tradicional.
- Ahorro en tiempo y recursos: Permite reducir la mano de obra y acortar los plazos de ejecución de la obra.
- Protección marina: Contribuye a reducir el impacto ambiental marino ya que reduce que la mezcla se disperse en el agua, protegiendo así los ecosistemas acuáticos.

#### **2.2.16.3. Adaptación del método Tremie para la elaboración de testigos de concreto**

Se realizó una adaptación que busca simular la técnica de vaciado Tremie en construcciones sumergidas, buscando reproducir las condiciones de este método. Donde el concreto debe salir de la parte baja del tubo, empujando el agua; el contacto entre el agua y el concreto debe ser mínimo; el concreto debe depositarse desde el centro del área a rellenar; y el agua no debe tocar el concreto dentro del tubo.

También, se necesita una mezcla de concreto con adiciones de consistencia correcta, que sea lo suficientemente líquida para llenar los espacios vacíos, pero también lo suficientemente cohesivo para que sus componentes no se separen. Estas características se midieron con pruebas de aucompactabilidad del concreto.

#### **2.2.16.4. Materiales.**

Para crear la modificación de vaciado, se seleccionaron materiales parecidos a los usados en el método Tremie, pero en un tamaño proporcional para un molde de prueba de resistencia a la compresión. También se usaron materiales que ayudan a imitar las condiciones de colocación bajo el agua del método Tremie.



- Tubo de PVC de 4" de 80cm de longitud

Servirá como conducto para verter el concreto, asimilando a una tubería Tremie. En este se dejará una marca que sea proporcional al volumen de concreto necesario para la briqueta.

- Reducción de 4"

Se pone en una punta del tubo de PVC, como un cono, para que sea más fácil de verter el concreto. Para este caso se uso el cono de Abrams en posición invertida

- Recipiente de 45 L

Servirá como un envase para poner el molde de metal y guardar el agua, para hacer el llenado por debajo del agua.

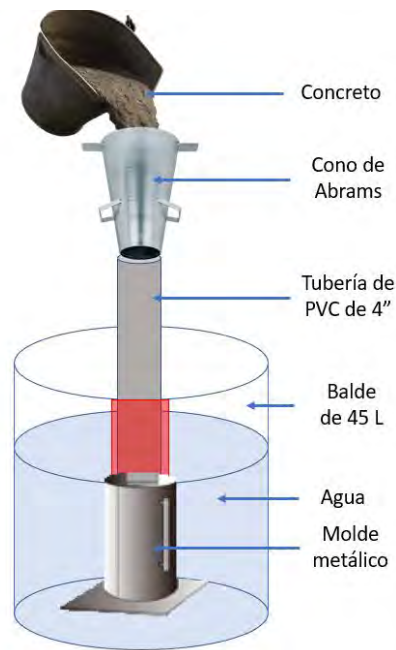
- Molde metálico de 6x12"

Para este caso el molde de metal fue una briquetera metálica

- Bolsa de 15 L

Se utilizará para envolver el tubo de PVC sin agua, mientras se vierte agua en el balde y el molde de metal, hasta que la mezcla de concreto lo llene, simulando al tapón que debería de haber en la parte inferior de la tubería de Tremie.

**Figura. N°14.** Esquema general de la adaptación del método Tremie.



*Nota:* Se hace mención del esquema del procedimiento de vaciado de concreto en laboratorio, simulando condiciones reales. Fuente: Elaboración propia.

### **2.2.17. Permeabilidad**

Según Araujo et al. (2024) La permeabilidad del concreto es una propiedad fundamental que se refiere a la capacidad del material para permitir el paso de fluidos (líquidos o gases), como el agua, a través de su red de poros interconectados.

La permeabilidad no solo afecta la resistencia del concreto, sino que es un indicador clave de su durabilidad a largo plazo. Un concreto con alta permeabilidad es más susceptible a la entrada de agentes dañinos como sales, sulfatos, dióxido de carbono y cloruros, que pueden causar la corrosión de la armadura de acero en el interior. Esto compromete la integridad estructural y reduce significativamente la vida útil de la construcción.

### **2.2.18. Estructuras hidráulicas.**

Las estructuras hidráulicas son obras de ingeniería esenciales para utilizar los recursos hídricos y manejar su efecto destructivo. Generalmente, funcionan junto con componentes y

equipos mecánicos. Se construyen para el beneficio de las personas y el progreso de la humanidad. (Guevara, 2013).

#### **2.2.18.1. Clases de estructuras hidráulicas según su función.**

Según Guevara (2013) existen las siguientes clases de estructuras:

##### ***2.2.18.1.1. Estructuras de contención.***

Las estructuras de contención mantienen una diferencia de nivel entre la parte superior y la inferior de un río. Generalmente, son estructuras que bloquean el flujo del río en cañones o valles, elevando el nivel del agua en la parte superior y formando un depósito en la cuenca natural del terreno.

**Figura. N°15.** Presa de Poechos.



*Nota:* Ejecución de Presas en el norte del País. Fuente: ANA.

##### ***2.2.18.1.2. Estructuras de regulación***

Son estructuras necesarias para controlar la erosión causada por las corrientes en el lecho y las orillas de los cauces. Las estructuras reguladoras, como los diques, las baterías de espigones, etc., no crean embalses, sino que actúan sobre la dirección y la magnitud de la velocidad del flujo.

Además de su función de protección, estas estructuras pueden garantizar las profundidades y condiciones necesarias para la navegación, crear condiciones para la captación de agua en los ríos y ganar terrenos al mar.

**Figura. N°16.** Diques en el Perú.



**Nota:** Ejecución de 19 diques para qochas. Fuente: AGROPERU.

#### ***2.2.18.1.3. Estructuras de conducción del agua***

Son construcciones diseñadas para trasladar agua de un lugar a otro, o para conectar diferentes fuentes de agua.

#### ***2.2.18.1.4. Estructuras de evacuación de aguas de exceso***

Los vertederos son estructuras diseñadas para liberar el exceso de agua de manera controlada durante períodos de crecidas. Estas estructuras pueden estar integradas en el cuerpo de la presa o construidas por separado.

#### ***2.2.18.1.5. Obras de toma de agua***

Estas estructuras tienen como objetivo recolectar agua y luego transportarla al lugar donde se utilizará.

***Figura. N°17.*** Bocatoma de Chavimochic.



*Nota:* Reconstrucción de la Bocatoma Chavimochic. Fuente: PERUMIN

#### ***2.2.18.1.6. Obras de disipación de la energía del agua***

El objetivo es reducir el poder erosivo del agua y prevenir su acción destructiva. Algunas soluciones pueden ser canales de canales amortiguadores, saltos de agua sumergidos, entre otros.

***Figura. N°18.*** Central Hidroeléctrica de Macchu Picchu.



*Nota:* Rehabilitación de la Central Hidroeléctrica de Macchu Picchu. Fuente: PERUMIN.

## Capítulo III

### 3. Metodología De la Tesis

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. *Hipótesis General.*

La adición de microsilíce y el aditivo superplastificante tienen un impacto significativo en las estructuras hidráulicas vaciadas bajo agua en la ciudad de Cusco, 2024.

##### 3.1.2. *Hipótesis Específicas.*

La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.

La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.

La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.

La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.

### 3.2. Matriz De Consistencia

Tabla N°13

Matriz de consistencia

Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Metodología
¿Cómo influye la microsilíce y el aditivo superplastificante en el concreto vaciado bajo agua en estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la microsilíce y el aditivo superplastificante en el concreto vaciado bajo agua en estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	La adición de microsilíce y el aditivo superplastificante tienen un impacto significativo en las estructuras hidráulicas vaciadas bajo agua en la ciudad de Cusco, 2024.	Variable independiente X. Microsilíce y aditivo superplastificante	Dimensiones de la variable independiente  X1. Agregado (Requisitos de calidad de agregados) X2. Microsilíce X3. Aditivo Superplastificante	-Tipo de investigación: Aplicado -Nivel de investigación: Descriptivo y correlacional -Enfoque de investigación: Cuantitativo -Diseño de investigación: Descriptivo correlacional
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas			
¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.			
¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas	Determinar la influencia de la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas	La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras			Recolección de datos Fichas, formatos, instrumentos y equipos de laboratorios.

en la ciudad de Cusco, 2024?	en la ciudad de Cusco, 2024.	hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	Variable dependiente Y. Concreto para estructuras hidráulicas	Dimensiones de la variable dependiente Y1. Consistencia de la mezcla (Capacidad de llenado, capacidad de paso y viscosidad). Y2. Resistencia a la pérdida de finos. Y3. Temperatura. Y4. Permeabilidad. Y5. Resistencia a la compresión. Y6. Resistencia a la flexión.
¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.		
¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.		

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



### 3.3. Identificaciones Variables

#### 3.3.1. Variable independiente.

Factor (A): Microsílice.

Factor (B): Superplastificante

#### 3.3.2. Variable dependiente.

Permeabilidad y consistencia del concreto.

### 3.4. Operacionalización De Variables

Tabla N°14

*Operacionalización de variables*

<b>Variables independientes</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
X: Microsílice y aditivo superplastificante.	X1: Agregado	X11: Requisitos de calidad de agregados
	X2: Microsílice	X21: Dosificaciones de microsílice.
	X3: Aditivo Superplastificante	X31: Dosificaciones del aditivo superplastificante.
<b>Variable dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Y: Permeabilidad y consistencia del concreto.	Y1: Consistencia de mezclas.	Y11: Capacidad de llenado Y12: Capacidad de paso Y13: Viscosidad
	Y2: Resistencia a la pérdida de finos.	Y21: %
	Y3: Temperatura.	Y31: °C
	Y4: Permeabilidad.	Y41: cm/s
	Y5: Resistencia a la compresión.	Y51: Kg/cm <sup>2</sup>
	Y6: Resistencia a la flexión.	Y61: Kg/cm <sup>2</sup>
	Y7: Método de colocación Tremie	Y71: Kg/cm <sup>2</sup>

*Nota:* Fuente: elaboración propia.

**Tabla N°15**

*Mapeo de la investigación*

<b>Variables independientes</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>
X: Microsílice y aditivo superplastificante.	X1: Agregado	X11: Requisitos de calidad de agregados	<b>Microsílice</b> La microsílice, un subproducto industrial ultrafino, mejora significativamente el concreto. Al añadirla, se hace más denso, resistente y duradero, controlando también la segregación y viscosidad en el concreto autocompactante.	Porcentaje en peso de micro sílice adicionado al cemento Portland en la mezcla de concreto autocompactante, expresado como proporción del peso del cemento (%). Se evaluará en diferentes niveles experimentales: X%, Y% y Z%.
	X2: Microsílice	X21: Dosificaciones de microsílice.		
	X3: Aditivo Superplastificante	X31: Dosificaciones del aditivo superplastificante.	<b>Aditivo Superplastificante</b> El superplastificante es un compuesto químico que aumenta la fluidez del concreto al dispersar las partículas de cemento. En concretos autocompactantes, permite lograr alta trabajabilidad y auto compactación sin necesidad de vibrado, manteniendo una baja relación agua/cemento y evitando la segregación.	Dosis de aditivo superplastificante añadido en relación con el peso del cemento, expresado en porcentaje (%) respecto a la masa de cemento de la mezcla. Se medirá en niveles definidos por la norma del fabricante (ej. R%, S% y T%).
<b>Variable dependiente</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>
Y: Permeabilidad y consistencia del concreto.	Y1: Consistencia de mezclas.	Y11: Capacidad de llenado	<b>Consistencia</b> La consistencia del concreto es la medida de su fluidez o trabajabilidad. En el caso del concreto autocompactante, se refiere a la capacidad de la mezcla fresca de fluir y llenar el encofrado por acción de su propio peso, sin necesidad de vibración externa y manteniendo homogeneidad.	Se medirá mediante ensayos propios de concreto autocompactante: capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad y resistencia a la pérdida de finos.
		Y12: Capacidad de paso		
		Y13: Viscosidad		
	Y2: Resistencia a la pérdida de finos.	Y21: %	<b>Permeabilidad</b> La permeabilidad del concreto es la capacidad que tiene el material endurecido para permitir el paso de fluidos a través de su microestructura. En el caso del concreto autocompactante, la combinación de alta cohesión y baja relación agua/cemento reduce significativamente la permeabilidad, favoreciendo la durabilidad en estructuras hidráulicas.	Se medirá mediante el ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua. El resultado se expresará en profundidad de penetración (mm) o coeficiente de permeabilidad (m/s).
	Y3: Temperatura.	Y31: °C		
	Y4: Permeabilidad.	Y41: m/s		
	Y5: Resistencia a la compresión.	Y51: Kg/cm2		
	Y6: Resistencia a la flexión.	Y61: Kg/cm2		
	Y7: Método de colocación Tremie	Y71: Kg/cm2		

*Nota:* Fuente: elaboración propia.

### **3.5. Metodología De Investigación**

#### ***3.5.1. Tipo de investigación.***

“Es de tipo aplicada se centra en la resolución de problemas específicos en la práctica profesional o en la mejora de procesos y técnicas en un campo determinado.” (Hernández Sampieri, 2014)

La investigación es de tipo aplicada, ya que el propósito de esta investigación es aplicar los conocimientos adquiridos y ofrecer soluciones a una necesidad o problema particular en un área específica, que se orienta a determinar la influencia del aditivo superplastificante y microsilíce sobre la consistencia y la permeabilidad en la aplicación en estructuras hidráulicas.

#### ***3.5.2. Nivel de investigación.***

Consta de dos niveles, descriptiva y correlacional

En primer lugar, se considera de nivel descriptiva ya que se centrará en parte a caracterizar la consistencia del concreto en estado fresco y la resistencia a compresión además del módulo de rotura del concreto en estado endurecido.

En segundo lugar, se considera de nivel correlacional, ya que se ejecutará, de manera controlada, la correlación entre variables en el laboratorio, donde se formará diferentes mezclas de concreto con diferentes dosificaciones de aditivo microsilíce y superplastificante, nos concederá calcular el efecto de las variables independientes con la variable dependiente como la consistencia, temperatura, permeabilidad, resistencia a la compresión y el módulo de rotura.

### ***3.5.3. Diseño de investigación.***

El diseño de la investigación es descriptivo correlacional, puesto que se buscará una relación para el vaciado de concreto de estructuras hidráulicas a través de la utilización de dosis del aditivo micro sílice y el aditivo superplastificante para analizar su influencia en la consistencia, temperatura, permeabilidad, resistencia a la compresión y el módulo de rotura.

### ***3.5.4. Enfoque de investigación.***

El enfoque de la investigación será cuantitativo ya que se obtendrán datos que serán cuantificables. Este enfoque permite evaluar de manera objetiva y numérica el impacto de la adición del aditivo microsilíce y del aditivo superplastificante en el concreto aplicado en estructuras hidráulicas.

### ***3.5.5. Población y muestra.***

#### **3.5.5.1. Unidad de análisis.**

La unidad de análisis serán las muestras de concreto con la adición de microsilíce y el aditivo superplastificante, en estado fresco como endurecido, que serán sometidas a diferentes ensayos y pruebas.

#### **3.5.5.2. Población de Estudio.**

Este estudio se enfoca en el concreto aplicado en estructuras hidráulicas con la adición de microsilíce y el aditivo superplastificante en estado fresco y endurecido.

#### **3.5.5.3. Muestra.**

Según Hernández y Mendoza (2018) indica que los enfoques de muestreo se dividen en dos tipos principales: probabilístico y no probabilístico. En el muestreo probabilístico, todas las unidades de la población tienen la misma oportunidad de ser seleccionadas para la muestra. Esto se logra definiendo las características de la población y el tamaño adecuado de la muestra, seguido

de una selección al azar de las unidades. En el muestreo no probabilístico, la selección de las unidades no se basa en la probabilidad, sino en criterios relacionados con las características y el contexto de la investigación. Este proceso no sigue un método mecánico o fórmulas de probabilidad, sino que depende de las decisiones del investigador. La elección entre un enfoque probabilístico o no probabilístico depende de cómo se plantea el problema de investigación, el diseño del estudio y la homogeneidad de las unidades estudiadas.

Inicialmente se empleó un enfoque de muestreo probabilístico simple, empleando el programa sugerido Design Expert en nuestra investigación lo cual nos permite una optimización en el rango de las combinaciones de dosificaciones.

En la investigación se optará por un enfoque de muestreo no probabilístico en la elección de los límites de las dosificaciones de los aditivos, que se basa en el criterio del investigador y se apoya en las fichas técnicas de los productos, tesis y artículos. Este proceso de obtención de muestra permite seleccionar un intervalo de confianza en las dosificaciones de los aditivos que se usará para hacer las pruebas del concreto en estado fresco y endurecido con los agregados de la ciudad del Cusco.

#### 3.5.5.4. Tamaño muestral.

En primer lugar, se analizó los límites superiores e inferiores del aditivo microsilíce y del aditivo superplastificante con el apoyo de las fichas técnicas.

**Figura. N°19.** Variables de las combinaciones y sus dosificaciones.

	Name	Units	Type	Levels	L[1]	L[2]
A [Numeric]	SIKA FUME	%	Continuous	N/A	5	10
B [Numeric]	ULMEN	%	Continuous	N/A	0.3	2

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Figura. N°20.** Combinaciones optimas.

Run	Factor 1 A:SIKA FUME %	Factor 2 B:ULMEN %
1	5	0.3
2	10	0.3
3	10	0.3
4	5	2
5	5	2
6	10	2
7	7.5	1.15
8	10	2
9	8.75	0.725
10	5	1.15
11	6.25	1.575
12	7.5	2
13	7.5	2
14	6.25	0.725
15	5	0.3
16	10	1.15

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Luego ajustar las dosificaciones para obtener así un rango de dosificaciones optimas.

**Figura. N°21.** Ajuste de los parámetros y dosificaciones.

	Name	Units	Type	Levels	L[1]	L[2]
A [Numeric]	SIKA FUME	%	Continuous	N/A	6	8
B [Numeric]	ULMEN	%	Continuous	N/A	0.6	0.8

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Figura. N°22.** Ajuste de las combinaciones optimas.

Run	Factor 1 A:SIKA FUME %	Factor 2 B:ULMEN %
1	8	0.7
2	6.5	0.65
3	8	0.6
4	7	0.8
5	6	0.6
6	8	0.8
7	6.5	0.75
8	8	0.6
9	6	0.8
10	8	0.8
11	7.5	0.65
12	6	0.7
13	6	0.6
14	7	0.8
15	7	0.7
16	6	0.8

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

La optimización de la combinación de las dosificaciones correspondientes al aditivo microsílíce y el aditivo superplastificante para obtener el efecto en la consistencia (capacidad de llenado, capacidad de paso y viscosidad), permeabilidad, resistencia a la pérdida de finos, temperatura, resistencia a la compresión y módulo de rotura.

De acuerdo con los criterios de exclusión (ensayos de consistencia) el rango de dosificación se redujo en los ensayos en estado endurecido presentados en la Tabla N°16 para la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y en la Tabla N°17 para la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°16**

*Numero de ensayos del concreto endurecido de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$*

<b>Combinaciones de <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math></b>					
<b>Descripción</b>	<b>Ensayos de concreto en estado endurecido</b>				
	<b>Resistencia a la compresión</b>			<b>Módulo de rotura</b>	<b>Permeabilidad</b>
	<b>7 días</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>	<b>28 días</b>	<b>28 días</b>
Concreto patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	2	2	6	2	3
6% Microsílíce + 0.7% Superplastificante	2	2	6	2	3
6% Microsílíce + 0.8% Superplastificante	2	2	6	2	3
7% Microsílíce + 0.7% Superplastificante	2	2	6	2	3
7% Microsílíce + 0.8% Superplastificante	2	2	6	2	3
8% Microsílíce + 0.7% Superplastificante	2	2	6	2	3
8% Microsílíce + 0.8% Superplastificante	2	2	6	2	3
<b>Subtotal</b>	14	14	42	14	21
<b>Total</b>	Un total de 91 briquetas y 14 viguetas				

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°17**

*Numero de ensayos del concreto endurecido de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$*

Descripción	Combinaciones de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$				
	Ensayos del concreto en estado endurecido				
	Resistencia a la compresión			Módulo de rotura	Permeabilidad
	7 días	14 días	28 días	28 días	28 días
Concreto patrón $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	2	2	6	2	3
6% Microsílice + 0.6% Superplastificante	2	2	6	2	3
6% Microsílice + 0.7% Superplastificante	2	2	6	2	3
7% Microsílice + 0.6% Superplastificante	2	2	6	2	3
7% Microsílice + 0.7% Superplastificante	2	2	6	2	3
8% Microsílice + 0.6% Superplastificante	2	2	6	2	3
8% Microsílice + 0.7% Superplastificante	2	2	6	2	3
<b>Subtotal</b>	14	14	42	14	21
<b>Total</b>	Un total de 91 briquetas y 14 viguetas				

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Según Reyes y Echevarría (2019), indican que las norma UNE no tiene parámetros estadísticos por lo cual se puede estimar la cantidad de muestras en estado fresco del concreto autocompactante, por lo que se recomienda una cantidad mínima de 3 réplicas para cada ensayo.

Los ensayos en estado fresco son presentados en la Tabla N°18 para la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y en la Tabla N°19 para la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .



**Tabla N°18**

*Numero de ensayos del concreto fresco de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$*

Combinaciones de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ Ensayo en estado fresco				
Descripción	Ensayo de T50	Caja L	Embudo V	Perdida de Finos
Concreto patrón $f'c=280\text{kg/cm}^2$	3	3	3	3
6% Microsílice + 0.7% Superplastificante	3	3	3	3
6% Microsílice + 0.8% Superplastificante	3	3	3	3
7% Microsílice + 0.7% Superplastificante	3	3	3	3
7% Microsílice + 0.8% Superplastificante	3	3	3	3
8% Microsílice + 0.7% Superplastificante	3	3	3	3
8% Microsílice + 0.8% Superplastificante	3	3	3	3
<b>Subtotal</b>	21	21	21	21
<b>Total</b>	Un total de 84 muestras en estado fresco			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°19**

*Numero de ensayos del concreto fresco de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$*

Combinaciones de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Ensayos del concreto en estado fresco				
Descripción	Ensayo de T50	Caja L	Embudo V	Perdida de Finos
Concreto patrón $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$	3	3	3	3
6% Microsílice + 0.6% Superplastificante	3	3	3	3
6% Microsílice + 0.7% Superplastificante	3	3	3	3
7% Microsílice + 0.6% Superplastificante	3	3	3	3
7% Microsílice + 0.7% Superplastificante	3	3	3	3

Combinaciones de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ Ensayos del concreto en estado fresco				
Descripción	Ensayo de T50	Caja L	Embudo V	Perdida de Finos
8% Microsílice + 0.6% Superplastificante	3	3	3	3
8% Microsílice + 0.7% Superplastificante	3	3	3	3
<b>Subtotal</b>	21	21	21	21
<b>Total</b>	Un total de 84 muestras en estado fresco			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### **3.5.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.**

#### **3.5.6.1. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos.**

En la presente investigación las técnicas utilizadas es la observación directa y el registro de datos de forma ordenada mediante formatos detallando la información de los experimentos y basándose en el uso de la norma (ASTM), manual de ensayos de materiales, tesis de investigación y artículos científicos que serán de sustento para la elaboración del trabajo de investigación.

#### **3.5.6.2. Técnicas e instrumentos de análisis de datos.**

La técnica que se utilizó para el análisis de datos se realizó tanto por estadística descriptiva, ya que permite establecer y ordenar la clasificación de datos conseguidos de las muestras a través de medidas de tendencia central, tablas, tablas resumen y grafico de barras; así también se utilizó la estadística inferencial, cuya finalidad es aplicar una deducción o inferencia a través de los datos obtenidos para decidir las propiedades de la muestra, con el fin de determinar conclusiones válidas para una población.

Se emplearán softwares, como instrumentos de análisis de datos, para el análisis e interpretación de la información obtenida mediante los programas Excel, Design Expert y JMP Statistical discovery.

### **3.6. Desarrollo De Tesis**

#### ***3.6.1. Selección de Materiales.***

Los agregados utilizados se obtuvieron de la cantera “Cunyac”, para el agregado fino, ubicado en la Hacienda Monterrico que se ubica a 3km del puente Cunyac, que se encuentra en el trayecto Cusco-Abancay y el agregado grueso se obtuvo de la cantera “Vicho” que se encuentra en el Distrito de San Salvador en la margen izquierda al Sur- Este de la ciudad del Cusco , se eligió estas canteras ya que cumplen con los estándares de calidad requerida además de su alta comercialización en la ciudad del Cusco.

El cemento utilizado es el cemento tipo HS, comercializado por la empresa Yura, ya que es de uso general y muy comercial en la ciudad del Cusco y cumple con la Norma Técnica Peruana 334.082-2020.

El agua utilizada será del laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil, es potable y expedito de material orgánica garantizado por el laboratorio.

El superplastificante utilizado es “R-2027” distribuido por la empresa Ulmen y cumple con los requisitos de la norma NTP 334.088 que lo clasifica como un aditivo reductor de agua de alto rango.

La microsílíce utilizada es “SikaFume” distribuido por la empresa Sika y cumple con los requisitos de la norma ASTM C1240, su aplicación es para prefabricados, concretos estructurales y otros campos de la construcción.

#### ***3.6.2. Caracterización de agregados pétreos.***

Se realizó los ensayos para determinar las características del agregado grueso y fino, conforme a las normas NTP y ASTM.

### 3.6.2.1. Agregado grueso.

El agregado grueso que se utilizó en el desarrollo de la tesis es obtenido de la cantera Vicho, material que consta de piedra chancada de tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ ", el agregado de tamaño mayor a  $\frac{1}{2}$ " fue sustituida por reemplazo de volumen por material que pasa la malla de tamaño  $\frac{1}{2}$ ".

El agregado grueso de la cantera Vicho tiene origen ígneo de composición mineralógica de clastos compuesta principalmente por rocas volcánicas, se encuentra a una altura de 3100 msnm a una latitud 13°32'52.89" S y longitud 72°44'13.65" O.

Se elaboró los siguientes ensayos, expuestos en la Tabla N°20, para determinar las características físico - mecánicas del material pétreo.

**Tabla N°20**

*Ensayos de caracterización del agregado grueso*

<b>Agregado grueso</b>	
<b>Ensayo</b>	<b>Norma</b>
Determinación del contenido de humedad total evaporable del agregado grueso por secado.	NTP 339.185/ ASTM C566
Determinación de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de 75µm (N°200) por lavado.	NTP 400.018/ ASTM C117
Análisis granulométrico del agregado grueso.	NTP 400.012/ ASTM C136
Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso.	NTP 400.022/ ASTM C128
Determinación del peso unitario y vacíos del agregado grueso.	NTP 400.017/ ASTM C29
Determinación de la resistencia a la degradación del agregado grueso de tamaño menores a 37.5 mm ( $1\frac{1}{2}$ " ) por abrasión e impacto de la máquina de Los Ángeles.	NTP 400.019/ ASTM C131

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**3.6.2.1.1. Determinación del contenido de humedad total evaporable del agregado grueso por secado (NTP 339.185/ASTM C566).**

*Objetivo*

Determinar el porcentaje de humedad evaporable en la muestra de agregado grueso.

*Instrumentos*

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipientes.

*Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 339.185 nos indica que la cantidad de muestra mínima utilizada será de acuerdo con la Tabla N°21, se tiene en cuenta que debe tener el contenido de humedad de su sitio de origen, correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado  $\frac{1}{2}$ " (12.5mm) corresponde 2 Kg de muestra.

**Tabla N°21**

*Cantidad de muestra para el ensayo de humedad del agregado grueso*

<b>Agregado grueso</b>	
<b>Tamaño máximo nominal del agregado (mm)-(pulg)</b>	<b>Cantidad mínima de muestra de ensayo (Kg)</b>
9.50-3/8"	1
12.50-1/2"	2
19.00-3/4"	5
25.00-1"	10
37.50-1 1/2"	15
50.00-2"	20

*Nota:* Fuente: Norma NTP 339.185.

*Procedimiento*

1. Se determino la masa inicial de las muestras.

2. Se puso las muestras en el horno durante 24 horas a una temperatura  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y después se registran la masa de las muestras secas.
3. El contenido de humedad se calcula con la siguiente ecuación.

*Porcentaje del contenido de humedad (w%)*

$$w\% = \frac{(P_o - P_s)}{P_s} * 100$$

Donde:

$w\%$  = Contenido de humedad (%).

$P_o$  = Masa de la muestra natural (gr).

$P_s$  = Masa de la muestra seca (gr).

4. Los resultados y masas de las muestras se registraron.

**Fotografía N°2.** Procedimiento del ensayo del contenido de humedad



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### **3.6.2.1.2. Determinación de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de $75\mu\text{m}$ (N°200) por lavado (NTP 400.018/ASTM C136).**

*Objetivo*

Determinar la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de 75 $\mu$ m (N°200) lavando con agua y así separando agregados muy finos, arcillas y materiales solubles en el agua de la superficie del agregado grueso.

#### *Instrumentos*

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Tamiz N°16 y 75  $\mu$ m (N°200).
- ✓ Horno con una temperatura de 110°C  $\pm$  5 °C.
- ✓ Recipientes.

#### *Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 400.017 nos indica que la cantidad de muestra mínima utilizada será de acuerdo con la Tabla N°22, se considera que si con la muestra también se ensayara granulometría el tamaño de muestra será de acuerdo con el apartado de este ensayo, correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado 3/4" (19mm) corresponde 2500 gr de muestra.

**Tabla N°22**

*Cantidad de muestra para el ensayo de cantidad de finos del agregado grueso*

<b>Agregado grueso</b>	
<b>Tamaño máximo nominal del agregado (mm)-(pulg)</b>	<b>Cantidad mínima de muestra de ensayo (gr)</b>
4.75-N°4	300
9.50-3/8"	1000
19.00-3/4"	2500
37.50-1 1/2"	5000

*Nota:* Fuente: Norma NTP 400.018.

#### *Procedimiento*

1. Se determino la masa inicial de las muestras, después de secarse la muestra del ensayo a una temperatura de 110 °C  $\pm$  5 °C hasta tener una masa constante.

2. Luego se adiciona agua hasta cubrir el agregado, luego se revuelve hasta que el material fino se encuentre en suspensión.
3. Posteriormente se vierte el líquido con el material suspendido sobre los tamices, evitando que se pierda material que no pase la malla N°200. Se repite este procedimiento hasta observar que el agua se torne de un color claro.
4. Recuperar todo el material que se retuvo en los tamices armados y juntarlos en un recipiente para introducirlo en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y luego registrar su masa, el porcentaje de la cantidad de finos se calcula con la siguiente ecuación.

*Porcentaje del material fino que pasa el tamiz 75 $\mu\text{m}$  (N°200) por lavado (Pl%)*

$$Pl\% = \frac{(Pa - Pd)}{Pa} * 100$$

Donde:

Pl% = Material fino que pasa el tamiz 75  $\mu\text{m}$  (N°200) por lavado (%).

Pa = Masa de la muestra natural (gr).

Pd = Masa de la muestra después del lavado (gr).

5. Por último, se registraron los resultados y masas de las muestras.

**Fotografía N°3.** Procedimiento del lavado del agregado grueso a través de la malla N°200.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía N°4.** Procedimiento iterativo del lavado del agregado grueso.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### **3.6.2.1.3. Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012/ASTM C136).**

#### **Objetivo**

Determinar la distribución de partículas, de acuerdo con la abertura cuadrada de los tamices establecidos, de agregado grueso.

#### **Instrumentos**

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Tamices de 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y cazuela.
- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipiente y cucharón.

#### **Muestra**

Las indicaciones de la norma NTP 400.010 nos indica que la cantidad de muestra utilizada será de acuerdo con la Tabla N°23, correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado 1/2" (12.5mm) corresponde 15 kg de muestra.

**Tabla N°23***Cantidad de material para el análisis granulométrico del agregado grueso*

<b>Agregado grueso</b>	
<b>Tamaño máximo nominal del agregado (mm)</b>	<b>Masa mínima aproximada para la muestra de campo (kg)</b>
9.50-3/8"	10
12.50-1/2"	15
19.00-3/4"	25
25.00-1"	50
37.50-1 1/2"	75
50.00-2"	100
63.00-2 1/2"	125
75.00-3"	150
90.00-3 1/2"	175

*Nota:* Fuente: Norma NTP 400.010.

Se hizo la reducción de la muestra del agregado de acuerdo con la norma “ASTM C 702-93”, se realizó el cuarteo de manera manual donde se obtuvo la cantidad de material de acuerdo con la Tabla N°24, donde para un tamaño máximo nominal de 12.50 mm (1/2") corresponde 2 kg.

**Tabla N°24***Cantidad de muestra para el análisis granulométrico del agregado grueso*

<b>Agregado grueso</b>	
<b>Tamaño máximo nominal del agregado (mm)-(pulg)</b>	<b>Cantidad mínima de muestra de ensayo (Kg)</b>
9.50-3/8"	1
12.50-1/2"	2
19.00-3/4"	5
25.00-1"	10
37.50-1 1/2"	15
50.00-2"	20
63.00-2 1/2"	35
75.00-3"	60
90.00-3 1/2"	100
100.00-4"	150
125.00-5"	300

*Nota:* Fuente: Norma NTP 400.012.*Procedimiento*

1. Se colocó en una bandeja la muestra obtenida con la cantidad mínima de muestra para el ensayo en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.
2. Luego se colocó los tamices uno sobre el otro en el siguiente orden (1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, Cazuela)
3. Luego se procedió a hacer el proceso de tamizado en un periodo suficiente, de tal forma que no pase más del 1% de la cantidad en masa retenida en cada tamiz. Las masas se registraron.
4. Se determinó la masa de la muestra de cada tamiz y se debe ser verificar que no difiera más del 0.3% de la masa seca inicial de la muestra.
5. Se sumó la masa de la muestra que pasa la malla N°200.
6. Y por último se determinó el módulo de finura del agregado grueso, sumando el porcentaje retenido acumulado de acuerdo con la siguiente ecuación.

#### *Módulo de fineza (MF)*

$$MF = \frac{\%N^{\circ}100 + \%N^{\circ}50 + \%N^{\circ}30 + \%N^{\circ}16 + \%N^{\circ}8 + \%N^{\circ}4 + \% \frac{3}{8} + \% \frac{3}{4} + \%1"}{100}$$

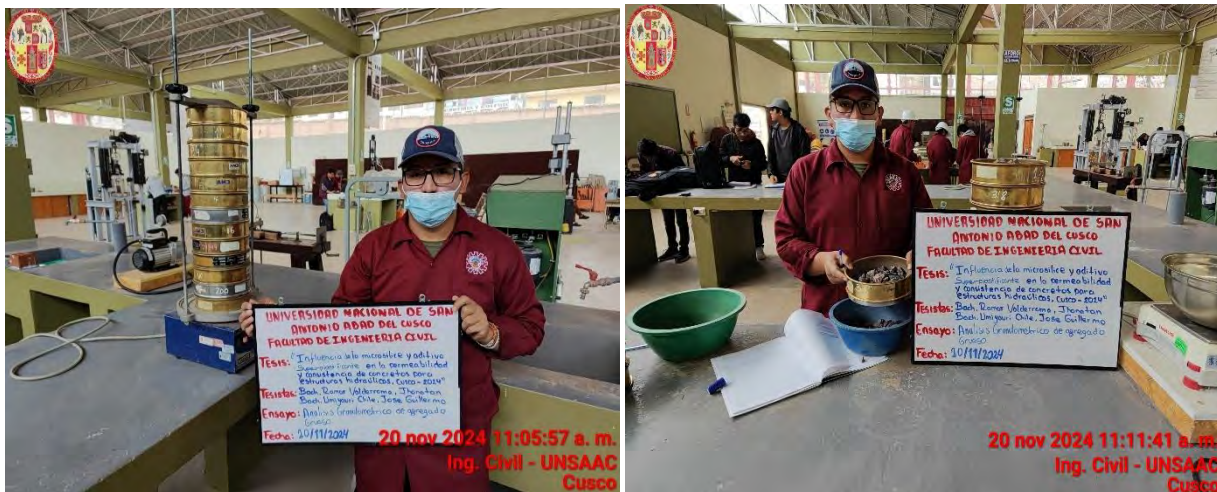
**Fotografía N°5.** Procedimiento del cuarteo de la muestra.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía N°6.** Procedimiento de manera mecánica y manual.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°7.** Presentación del agregado de diferentes.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### **3.6.2.1.4. Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.022/ASTM C128).**

##### **Objetivo**

Determinar el peso específico y la absorción del agregado grueso.

##### **Instrumentos**

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Canastilla de malla de alambre.

- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipientes y cucharon.
- ✓ Deposito para agua.

### *Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 400.021 indica que se debe muestrear y reducir aproximadamente a lo señalado a la cantidad de muestra mínima utilizada será de acuerdo con la Tabla N°25, correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado 1/2" (12.5 mm) corresponde 2.00 Kg de muestra.

**Tabla N°25**

*Cantidad de muestra para el ensayo de peso específico y absorción para el agregado grueso*

<b>Agregado grueso</b>	
<b>Tamaño máximo nominal del agregado (mm)-(pulg)</b>	<b>Cantidad mínima de muestra de ensayo (Kg)</b>
12.5-1/2 (o menos)	2.00
19.00-3/4"	3.00
25.00-1"	4.00
37.50-1 1/2"	5.00

*Nota:* Fuente: Norma NTP 400.022.

### *Procedimiento*

1. Secar la muestra hasta que se encuentre a un peso constante una temperatura  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego sumergir el agregado en el agua alrededor de  $24 \pm 4$  horas.
2. Remover el agua y secarla con un paño seco que absorba el agua que se encuentra en la superficie del agregado grueso para luego determinar la masa bajo condición de saturación de superficie seca (SSS).
3. Posteriormente se coloca dentro de la canastilla la muestra en condición SSS y se obtiene el peso en agua a una temperatura de  $23^{\circ}\text{C} \pm 1.7^{\circ}\text{C}$ .

4. Luego determinar el peso de la muestra seca a una temperatura  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta obtener un peso constante, se hizo los cálculos con las siguientes ecuaciones.

*Peso específico de la masa seca ( $P_{ms}$ ) del agregado grueso*

$$P_{ems} = \frac{P_s}{P_{sss} - P_{sa}}$$

*Peso específico saturado superficialmente seca ( $P_{esss}$ ) del agregado grueso*

$$P_{esss} = \frac{P_{sss}}{P_{sss} - P_{sa}}$$

*Peso específico aparente ( $P_{ea}$ ) del agregado grueso*

$$P_{ea} = \frac{P_s}{P_s - P_{sa}}$$

*Peso específico aparente ( $P_{ea}$ ) del agregado grueso*

$$\%Abs = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s}$$

Donde:

$P_s$  = Masa de la muestra seca en el horno (gr).

$P_{sss}$  = Masa de la muestra en condición SSS (gr).

$P_d$  = Masa de la muestra después del lavado (gr).

5. Por último, el registró de resultados y masas de las muestras.

**Fotografía N°8.** Procedimiento de inmersión y secado superficial del agregado grueso



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°9.** Registro de peso en estado SSS y la temperatura del agua de inmersión



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°10.** Registro del peso del agregado grueso sumergido



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



**3.6.2.1.5. Determinación del peso unitario y vacíos del agregado grueso (NTP 400.017/ASTM C29).**

*Objetivo*

Determinar la densidad de la masa llamado también como Peso unitario del agregado grueso en condición suelta o compactada y también se calcula los vacíos en la masa.

*Instrumentos*

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Varilla apisonadora de 16 mm de diámetro de punta redondeada y de longitud de 600 mm.
- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Molde graduado.
- ✓ Recipientes y cucharon.

*Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 400.017 indica que se debe muestrear conforme a la norma 400.010 y reducir conforme a la norma NTP 400.043. La cantidad de la muestra es aproximadamente el 125% a 200% de la capacidad del recipiente. La muestra debe estar seca a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

*Procedimiento para peso unitario suelto*

1. Se lleno el recipiente hasta que el agregado desborde el recipiente con un cucharon a una distancia de 5 cm encima del borde superior.
2. Enrazar y nivelar la parte superior del recipiente y tratar de equilibrar los espacios vacíos con los agregados que estén en una proyección leve de la parte superior.
3. Determinar la masa del recipiente y la muestra contenida, también determinar la masa del recipiente vacío.



4. Por último, se hizo los cálculos con las siguientes ecuaciones y se registró de resultados y masas de las muestras.

*Peso unitario suelto seco ( $P_{uss}$ ) del agregado grueso*

$$P_{uss} = \frac{P_s - P_m}{V_m}$$

Donde:

$P_{uus}$  = Peso unitario suelto seco ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$P_s$  = Masa seca de la muestra (kg).

$P_m$  = Masa del recipiente (kg).

$V_m$  = Volumen del recipiente ( $\text{m}^3$ ).

*Porcentaje de vacíos ( $\%V_c$ ) del agregado grueso*

$$\%V_c = \frac{(P_{ea} * \rho_{H_2O} - P_{uss})}{P_{ea} * \rho_{H_2O}} * 100$$

Donde:

$\%V_c$  = Porcentaje de vacíos (%).

$P_{ea}$  = Peso específico aparente ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$P_{uss}$  = Peso unitario seco suelto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$\rho_{H_2O}$  = Densidad del agua ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

**Fotografía N°11.** Introducción del agregado en el molde y enrazado del material sobrante



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°12.** Registro del peso unitario suelto del agregado grueso



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### *Procedimiento para peso unitario compactado*

1. Se lleno el recipiente hasta un tercio luego se nivela y se apisona con 25 golpes usando la varilla de manera igual en toda la superficie. Se repite este procedimiento con los otros 2 tercios del recipiente.
2. Enrazar y nivelar la parte superior del recipiente y tratar de equilibrar los espacios vacíos con los agregados que estén en una proyección leve de la parte superior.
3. Determinar la masa del recipiente y la muestra contenida, también determinar la masa del recipiente vacío.

4. Por último, se hizo los cálculos con las siguientes ecuaciones y se registró de resultados y masas de las muestras.

*Peso unitario compactado seco (Pucs) del agregado grueso*

$$P_{uss} = \frac{P_s - P_m}{V_m}$$

Donde:

$P_{ucs}$  = Peso unitario compactado seco ( $\text{kg/m}^3$ ).

$P_s$  = Masa seca de la muestra (kg).

$P_m$  = Masa del recipiente (kg).

$V_m$  = Volumen del recipiente ( $\text{m}^3$ ).

*Porcentaje de vacíos (%Vc) del agregado grueso*

$$\%V_c = \frac{(P_{ea} * \rho_{H_2O} - P_{uss})}{P_{ea} * \rho_{H_2O}} * 100$$

Donde:

$\%V_c$  = Porcentaje de vacíos (%).

$P_{ea}$  = Peso específico aparente ( $\text{kg/m}^3$ ).

$P_{usc}$  = Peso unitario seco compactado ( $\text{kg/m}^3$ ).

$\rho_{H_2O}$  = Densidad del agua ( $\text{kg/m}^3$ ).

**Fotografía N°13.** Varillado del molde más el agregado grueso y el registro del peso



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### ***3.6.2.1.6. Determinación de la resistencia a la degradación del agregado grueso de tamaño menores a 37.5 mm (1 1/2") por abrasión e impacto de la máquina de Los Ángeles (NTP 400.019/ASTM C131).***

#### ***Objetivo***

Determinar la resistencia a la degradación haciendo uso de la maquina Los Ángeles para tamaños menores a 37.5 mm (1 1/2").

#### ***Instrumentos***

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Esferas de acero de diámetro entre 46 mm y 48 mm y de peso entre 390 gr a 445 gr.
- ✓ Tamiz N°12.
- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Maquina Los Ángeles.
- ✓ Recipientes y cucharon.

#### ***Muestra***

Las indicaciones de la norma NTP 400.019 indica que se debe muestrear y reducir, luego lavar y secar a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente se debe separar de acuerdo

con la Tabla N°26 y recombinar tomando en cuenta el grado de medidas del agregado conforme al ensayo.

**Tabla N°26**

*Gradación de la muestra del agregado grueso*

Medida de tamiz (mm/pulg)		Masa de tamaño indicado (gr)			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 ½")	25.0 mm (1")	1250 ± 25	-	-	-
25.0 mm (1")	19.0 mm (¾")	1250 ± 25	-	-	-
19.0 mm (¾")	12.5 mm (½")	1250 ± 25	2500 ± 10	-	-
12.5 mm (½")	9.5 mm (⅜")	1250 ± 25	2500 ± 10	-	-
9.5 mm (⅜")	6.3 mm (¼")	-	-	2500 ± 10	-
6.3 mm (¼")	4.75 mm (N°4)	-	-	2500 ± 10	-
4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	-	-	-	5000 ± 10
<b>Total</b>		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

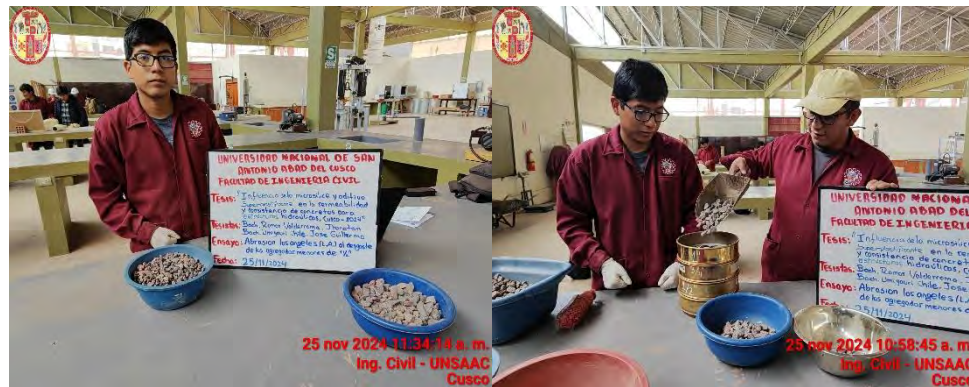
*Nota:* Fuente: Norma NTP 400.019.

#### *Procedimiento*

1. Se lava y seca la muestra a una temperatura  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego utilizando los tamices se separó y recombinó la muestra de acuerdo con la Tabla N°26, en este caso se utilizó la gradación B, posteriormente se determinó sus masas.
2. Colocar la muestra en la máquina de abrasión Los Ángeles, el número de rotaciones será 500 revoluciones a una velocidad de 30 rpm a 33 rpm.
3. Posteriormente se extrae el material y se separó por el tamiz N°12, para luego lavar el material retenido en la malla N°12 y colocar el material lavado en el horno a una temperatura  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta obtener un registro de masa constante.
4. Por último, se registró de resultados y masas de las muestras.

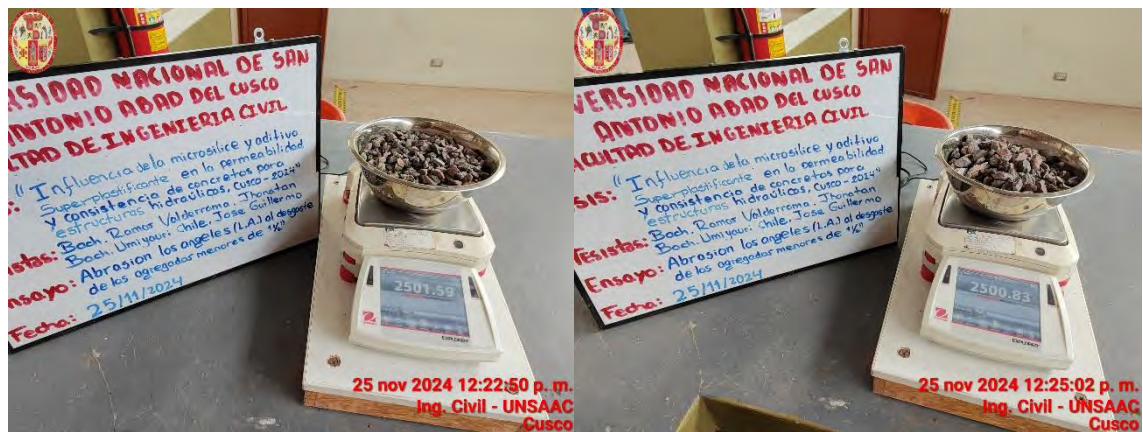


**Fotografía N°14.** Separación del material de acuerdo con la tabla de gradación



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°15.** Peso del material de acuerdo con la gradación



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°16.** Tamizado del material de degradado y peso de la muestra.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°17.** Inserción del material dentro de la máquina de abrasión Los Ángeles



**3.6.2.2. Agregado fino**

El agregado fino proviene de la cantera de Cunyac, siendo arena fina.

El agregado fino de la cantera Cunyac tiene origen ígneo de composición mineralógica de clastos compuesta principalmente por rocas volcánicas, se encuentra a una altura de 1850 msnm a una latitud 13°33’39.23” S y longitud 72°34’46.10” O.

Se elaboró los siguientes ensayos para determinar las características físico - mecánicas del material pétreo.

**Tabla N°27**

*Ensayos de caracterización del agregado fino*

Agregado fino	
Ensayo	Norma
Determinación del contenido de humedad total evaporable del agregado fino por secado.	NTP 339.185/ ASTM C566
Determinación de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de 75µm (N°200) por lavado.	NTP 400.018/ ASTM C117
Análisis granulométrico del agregado fino.	NTP 400.012/ ASTM C136
Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino.	NTP 400.022/ ASTM C128

Agregado fino	
Ensayo	Norma
Determinación del peso unitario y vacíos del agregado fino.	NTP 400.017/ ASTM C29

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### **3.6.2.2.1. Determinación del contenido de humedad total evaporable del agregado fino por secado (NTP 339.185/ASTM C566).**

#### *Objetivo*

Determinar el porcentaje de humedad evaporable en la muestra de agregado fino.

#### *Instrumentos*

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ✓ Recipiente.

#### *Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 339.185 nos indica que la cantidad de muestra mínima utilizada será de acuerdo con la Tabla N°28, se tiene en cuenta que debe tener el contenido de humedad de su sitio de origen, correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado 3/8" (9.5mm) corresponde 1 kg de muestra.

#### **Tabla N°28**

*Cantidad de muestra para el ensayo de humedad del agregado fino*

Agregado grueso	
Tamaño máximo nominal del agregado (mm)-(pulg)	Cantidad mínima de muestra de ensayo (kg)
9.50-3/8"	1
12.50-1/2"	2
19.00-3/4"	5
25.00-1"	10
37.50-1 1/2"	15
50.00-2"	20

*Nota:* Fuente: Norma NTP 339.185.



### *Procedimiento*

1. Se determino la masa inicial de las muestras.
2. Se puso las muestras en el horno durante 24 horas a una temperatura  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y después se registran la masa de las muestras secas.
3. El contenido de humedad se calcula con la siguiente ecuación.

*Porcentaje del contenido de humedad (w%)*

$$w\% = \frac{(P_o - P_s)}{P_s} * 100$$

Donde:

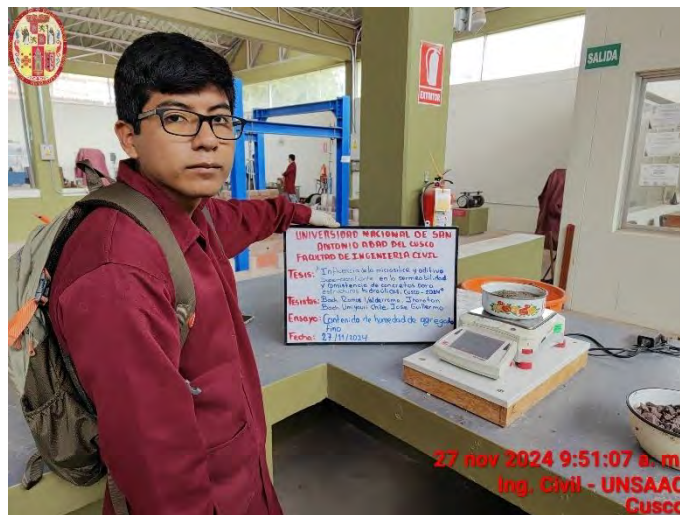
w% = Contenido de humedad (%).

Po = Masa de la muestra natural (gr).

Ps = Masa de la muestra seca (gr).

4. Los resultados y masas de las muestras se registraron.

**Fotografía N°18.** Procedimiento del ensayo del contenido de humedad



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**3.6.2.2.2. Determinación de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de 75µm (N°200) por lavado (NTP 400.018/ASTM C117).**

*Objetivo*

Determinar la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de 75µm (N°200) lavando con agua y así separando agregados muy finos, arcillas y materiales solubles en el agua de la superficie del agregado fino.

*Instrumentos*

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Tamiz N°16 y 75 µm (N°200).
- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipientes.

*Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 400.017 nos indica que la cantidad de muestra mínima utilizada será de acuerdo con la Tabla N°29, se considera que si con la muestra también se ensayara granulometría el tamaño de muestra será de acuerdo con el apartado de este ensayo, correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado 3/8" (9.5mm) corresponde 1000 gr de muestra.

**Tabla N°29**

*Cantidad de muestra para el ensayo de cantidad de finos del agregado fino*

Agregado fino	
Tamaño máximo nominal del agregado (mm)-(pulg)	Cantidad mínima de muestra de ensayo (gr)
4.75-N°4	300
9.50-3/8"	1000
19.00-3/4"	2500
37.50-1 1/2"	5000

*Nota:* Fuente: Norma NTP 400.018.

### *Procedimiento*

1. Se determino la masa inicial de las muestras, después de secarse la muestra del ensayo a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta tener una masa constante.
2. Luego se adiciona agua hasta cubrir el agregado, luego se revuelve hasta que el material fino se encuentre en suspensión.
3. Posteriormente se vierte el líquido con el material suspendido sobre los tamices, evitando que se pierda material que no pase la malla N°200. Se repite este procedimiento hasta observar que el agua se torne de un color claro.
4. Recuperar todo el material que se retuvo en los tamices armados y juntarlos en un recipiente para introducirlo en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y luego registrar su masa, el porcentaje de la cantidad de finos se calcula con la siguiente ecuación.

*Ecuacion: Porcentaje del material fino que pasa el tamiz  $75\mu\text{m}$  (N°200) por lavado (Pl%)*

$$Pl\% = \frac{(Pa - Pd)}{Pa} * 100$$

Donde:

Pl% = Material fino que pasa el tamiz  $75\text{ }\mu\text{m}$  (N°200) por lavado (%).

Pa = Masa de la muestra natural (gr).

Pd = Masa de la muestra después del lavado (gr).

5. Por último, se registraron los resultados y masas de las muestras.

**Fotografía N°19.** Procedimiento del lavado del agregado fino a través de la malla N°200



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°20.** Proceso iterativo del lavado en el agregado fino.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.2.2.3. Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012/ASTM C136).

#### Objetivo

Determinar la distribución de partículas, de acuerdo con la abertura cuadrada de los tamices establecidos, de agregado fino.

#### Instrumentos

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Tamices de ½", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y cazuela.

- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipiente y cucharón.

### *Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 400.010 nos indica que la cantidad de muestra utilizada será de acuerdo con la Tabla N°30, correspondiente al tamaño máximo nominal del agregado 3/8" (9.5 mm) corresponde 10 kg de muestra.

**Tabla N°30**

*Cantidad de material para el análisis granulométrico del agregado grueso*

<b>Agregado fino</b>	
<b>Tamaño máximo nominal del agregado (mm)/(pulg)</b>	<b>Masa mínima aproximada para la muestra de campo (Kg)</b>
9.50 -3/8"	10
12.50-1/2"	15
19.00-3/4"	25
25.00-1"	50
37.50-1 1/2"	75
50.00-2"	100
63.00-2 1/2"	125
75.00-3"	150
90.00-3 1/2"	175

*Nota:* Fuente: Norma NTP 400.010.

Se hizo la reducción de la muestra del agregado de acuerdo con la norma "ASTM C 702-93", se realizó el cuarteo de manera manual donde se obtuvo la cantidad de material de acuerdo con la Tabla N°31, donde para un tamaño máximo nominal de 9.50 mm (3/8") corresponde 1kg.

**Tabla N°31**

*Cantidad de material para el análisis granulométrico del agregado fino*

<b>Agregado fino</b>	
<b>Tamaño máximo nominal del agregado (mm)-(pulg)</b>	<b>Cantidad mínima de muestra de ensayo (kg)</b>
9.50-3/8"	1
12.50-1/2"	2

Agregado fino	
Tamaño máximo nominal del agregado (mm)-(pulg)	Cantidad mínima de muestra de ensayo (kg)
19.00-3/4"	5
25.00-1"	10
37.50-1 1/2"	15
50.00-2"	20
63.00-2 1/2"	35
75.00-3"	60
90.00-3 1/2"	100
100.00-4"	150
125.00-5"	300

*Nota:* Fuente: Norma NTP 400.012.

### *Procedimiento*

1. Se colocó en una bandeja la muestra obtenida con la cantidad mínima de muestra para el ensayo en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.
2. Luego se colocó los tamices uno sobre el otro en el siguiente orden (1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200 y cazuela).
3. Luego se procedió a hacer el proceso de tamizado en un periodo suficiente, de tal forma que no pase más del 1% de la cantidad en masa retenida en cada tamiz. Las masas se registraron.
4. Se determinó la masa de la muestra de cada tamiz y se debe ser verificar que no difiera más del 0.3% de la masa seca inicial de la muestra.
5. Se sumó la masa de la muestra que pasa la malla N°200.
6. Y por último se determinó el módulo de finura del agregado fino, sumando el porcentaje retenido acumulado de acuerdo con la siguiente ecuación.

*Módulo de fineza (MF)*

$$MF = \frac{\%N^{\circ}100 + \%N^{\circ}50 + \%N^{\circ}30 + \%N^{\circ}16 + \%N^{\circ}8 + \%N^{\circ}4 + \% \frac{3}{8}}{100}$$



**Fotografía N°21.** Cantidad de material pesado para el cuarteo.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°22.** Tamizado mecánico y distribución de tamaño del agregado fino.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°23.** Cuarteo del agregado fino.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**3.6.2.2.4. Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino  
(NTP 400.022/ASTM C128).**

*Objetivo*

Determinar el peso específico y la absorción del agregado fino.

*Instrumentos*

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Picnómetro.
- ✓ Molde cónico y varilla apisonadora.
- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Recipiente y cucharón.

*Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 400.022 indica que se debe muestrear y reducir aproximadamente a lo señalado a la cantidad de muestra mínima que corresponde a 1000 gr de muestra secado a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Se lleno con agua la muestra y se dejó sumergido por 24 horas.

*Procedimiento*

1. En una superficie plana se extiende la muestra para generar una corriente suave y tibia con el propósito de secar la muestra, el proceso del secado se realiza hasta observar que los granos de arena no se peguen. Posteriormente se coloca en molde cónico donde se llena con la muestra y se da 25 golpes en la superficie de manera suave y se levanta el molde donde si se observa que mantiene su forma se deberá volverá a hacer el procedimiento de secado y del molde cónico y si se desmorona la muestra alcanzo un estado de superficie seca.



2. Pesar 500 gr  $\pm 5$ gr en condición saturada superficialmente seca de agregado fino, y se colocó en el interior del picnómetro.
6. Posteriormente se coloca agua hasta un 90% del picnómetro, luego se agito, invirtió y giro de manera que las burbujas de aire se eliminen en un lapso de 15 min.
7. Se mantuvo la temperatura del picnómetro a  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , para luego determinar la masa del sistema que consiste en el picnómetro, agua y la muestra.
8. Se retiro la muestra del picnómetro y se hizo secar en el horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta obtener una masa constante.
9. Se registro la masa de la muestra seca, del picnómetro y se determinó la calibración del picnómetro más el agua.

*Peso especifico de la masa seca (Pms)del agregado fino*

$$P_{ems} = \frac{P_s}{P_{fh20} + P_{sss} - P_t}$$

*Peso especifico saturado superficialmente seca (Pssss)del agregado fino*

$$P_{ssss} = \frac{P_{sss}}{P_{fh20} + P_{sss} - P_t}$$

*Peso especifico aparente (Pea)del agregado fino*

$$P_{ea} = \frac{P_s}{P_{fh20} + P_s - P_t}$$

*Peso especifico aparente (Pea)del agregado fino*

$$\%Abs = \frac{P_{sss} - P_s}{P_s} * 100$$

Donde:

$P_s$  = Masa de la muestra seca en el horno (gr).

$P_{sss}$ = Masa de la muestra en condición SSS (gr).

$P_{fh20}$  = Masa del picnómetro + agua (gr).

$P_t$  = Masa del picnómetro + agua + muestra (gr).

10. Por último, el registró de resultados y masas de las muestras.

**Fotografía N°24.** Preparación de la muestra y verificación de la temperatura para el ensayo



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía N°25.** Peso de la fiola y la fiola más la muestra con la temperatura de agua indicada en la norma.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### 3.6.2.2.5. Determinación del peso unitario y vacíos del agregado fino (NTP 400.017/ASTM C29).

*Objetivo*

Determinar la densidad de la masa llamado también como Peso unitario del agregado fino en condición suelta o compactada y también se calcula los vacíos en la masa.

#### *Instrumentos*

- ✓ Balanza con una aproximación de 0.1 gr.
- ✓ Varilla apisonadora de 16 mm de diámetro de punta redondeada y de longitud de 600 mm.
- ✓ Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Molde graduado.
- ✓ Recipientes y cucharon.

#### *Muestra*

Las indicaciones de la norma NTP 400.017 indica que se debe muestrear conforme a la norma 400.010 y reducir conforme a la norma NTP 400.043. La cantidad de la muestra es aproximadamente el 125% a 200% de la capacidad del recipiente. La muestra debe estar seca a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### *Procedimiento para peso unitario suelto*

1. Se lleno el recipiente hasta que el agregado desborde el recipiente con un cucharon a una distancia de 5 cm encima del borde superior.
2. Enrazar y nivelar la parte superior del recipiente y tratar de equilibrar los espacios vacíos con los agregados que estén en una proyección leve de la parte superior.
3. Determinar la masa del recipiente y la muestra contenida, también determinar la masa del recipiente vacío.
4. Por último, se hizo los cálculos con las siguientes ecuaciones y se registró de resultados y masas de las muestras.

#### *Peso unitario suelto seco (Puss) del agregado grueso*

$$P_{uss} = \frac{P_s - P_m}{V_m}$$

Donde:

$P_{uus}$  = Peso unitario suelto seco ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$P_s$  = Masa seca de la muestra (kg).

$P_m$  = Masa del recipiente (kg).

$V_m$  = Volumen del recipiente ( $\text{m}^3$ ).

*Porcentaje de vacíos (%Vc) del agregado grueso*

$$\%V_c = \frac{(P_{ea} * \rho_{H_2O} - P_{uss})}{P_{ea} * \rho_{H_2O}} * 100$$

Donde:

$\%V_c$  = Porcentaje de vacíos (%).

$P_{ea}$  = Peso específico aparente ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$P_{uss}$  = Peso unitario seco suelto ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

$\rho_{H_2O}$  = Densidad del agua ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

**Fotografía N°26.** Peso de Proctor más el material en estado suelto.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Fotografía N°27.** Llenado del molde con el agregado fino en estado suelto.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### ***Diseño de mezcla según la norma ACI 237R-07.***

El concreto tiene como característica ser autocompactante por lo cual se rige a los indicadores de la norma ACI 237R-07, para su diseño se sigue los siguientes pasos.

Primer paso: Selección de flujo

Para comenzar con el diseño, se debe escoger el flujo de la mezcla de concreto, para lo cual el ACI 237R-07 recomienda tres rangos de flujo (menor a 55 cm, entre 55 a 65 cm y mayor a 65 cm). Los rangos de flujo se dividen de acuerdo con las condiciones que debe cumplir el diseño como indica en la Tabla N°32. Si es que hay más de una condición a cumplir, se debe escoger el mayor flujo.

**Tabla N°32**

*Finalidad del flujo del asentamiento*

Características de elementos estructurales		Slump flow		
		<22pulg (<550mm)	22 a 26 pulg. (550 a 650 mm)	>26 pulg. (>650 mm)
Nivel de esfuerzo	Bajo			
	Medio			
	Alto			
Elementos de forma complicada	Bajo			
	Medio			

Características de elementos estructurales		Slump flow		
		<22pulg (<550mm)	22 a 26 pulg. (550 a 650 mm)	>26 pulg. (>650 mm)
Elementos profundos	Alto			
	Bajo			
	Medio			
Excelentes acabados superficiales	Alto			
	Bajo			
	Medio			
Elementos largos	Alto			
	Bajo			
	Medio			
Paredes delgadas	Alto			
	Bajo			
	Medio			
Contenido de agregado grueso	Alto			
	Bajo			
	Medio			
Energía de colocación	Alto			
	Bajo			
	Medio			

*Nota:* Fuente: Norma ACI 237R-07,2007.

La investigación se centró en características de elementos estructurales como elementos profundos y el contenido de agregado grueso.

-Segundo paso: Elección de la relación agua/material cementante

El dato inicial resulta, del promedio de la relación agua/material cementante 0.32-0.45, igual a 0.39 de acuerdo con la Tabla N°33.

**Tabla N°33**

*Parámetros de proporción del diseño de mezcla*

Parámetros	
<b>Volumen absoluto de agregado grueso</b>	28%-32% (>1/2", tamaño máximo nominal 12 mm) Hasta el 50% (3/8", tamaño máximo nominal)
<b>Fracción de la pasta (%)</b>	34-40% (volumen total de la mezcla)
<b>Fracción del mortero (%)</b>	68-72% (volumen total de la mezcla)
<b>Relación de agua/material cementicio</b>	0.32-0.45



Parámetros	
<b>Contenido de material cementicio</b>	386-475 kg/m <sup>3</sup> (contenido menor, usar agentes modificadores de viscosidad)

*Nota:* Fuente: Norma ACI 237R-07,2007.

#### -Tercer paso: Determinación del material cementicio

De acuerdo con la Tabla N°34. se estimó la cantidad de contenido de cemento y las adiciones como cenizas volantes, microsilice, piedra caliza, etc con respecto al flujo de asentamiento que se determinó en pasos previos. Para el flujo de asentamiento elegido en pasos anteriores corresponde un contenido de material cementicio de 385 a 445 kg/m<sup>3</sup>.

**Tabla N°34**

*Sugerencia de rangos de contenido de material cementicio*

	Slump Flow (<550 mm)	Slump Flow (550-600 mm)	Slump Flow (>650 mm)
Contenido de material cementicio (kg/m <sup>3</sup> )	(355 a 385)	(385 a 445)	(+458)

*Nota:* Fuente: Norma ACI 237R-07,2007.

#### -Cuarto paso: Determinación del agua de diseño

Para determinar el agua de diseño se requiere la relación agua / material cementicio y el contenido de material cementicio elegidos en los pasos previos. De acuerdo con la siguiente ecuación.

$$\text{Agua de diseño} \left( \text{lt}/\text{m}^3 \right) = \text{cemento} \times \text{relacion } a/mc$$

#### -Quinto paso: Determinación de aditivo superplastificante

La proporción del aditivo superplastificante debe expresarse, tomando en cuenta la ficha técnica o experimentaciones de investigaciones previas, en porcentaje respecto al peso del cemento.

#### -Sexto paso: Determinación del contenido de aire atrapado

El contenido de aire atrapado se determina en función al tamaño máximo nominal de acuerdo con la Tabla N°35.

**Tabla N°35***Contenido del aire atrapado*

<b>TMN Agregado grueso</b>	<b>Aire atrapado (%)</b>
3/8"	3.00
1/2"	2.50
3/4"	2.00
1"	1.50
1 1/2"	1.00
2"	0.50
3"	0.30
6"	0.20

*Nota:* Fuente: Norma ACI 211.1,1991.**-Séptimo paso:**

Considerando los pesos secos calculados en pasos previos se obtiene el volumen de cada uno de los componentes (cemento, agua, microsilice, superplastificante). En caso del agregado grueso por recomendación de la norma ACI 237R-07 indica que el agregado grueso puede ocupar, como punto de partida, el 50% del volumen del concreto para un tamaño máximo nominal mayor o igual a 1/2" (12.5 mm) de acuerdo con las siguientes ecuaciones.

*Formula para obtener el volumen absoluto del agregado grueso*

$$\text{Vol. abs. Agr. grueso (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco del Agr. Grueso}}{\text{P.E.A. G}}$$

*Formula para obtener el volumen absoluto del cemento*

$$\text{Vol. abs. Cemento (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco del cemento}}{\text{P.E Cemento}}$$

*Formula para obtener el volumen absoluto del agua de diseño*

$$\text{Vol. abs. Agua de diseño (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del agua de diseño}}{1000}$$

*Formula para obtener el volumen absoluto de la microsilice*

$$\text{Vol. abs. Microsilice (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso seco de microsilice}}{\text{P.E microsilice}}$$



*Formula para obtener el volumen absoluto del aditivo superplastificante*

$$\text{Vol. abs. Aditivo superplastificante (m}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del aditivo superplastificante}}{\text{P.E aditivo superplastificante}}$$

*Formula para obtener el volumen absoluto del aire*

$$\text{Vol. abs. Aire (m}^3\text{)} = \frac{\% \text{Aire atrapado}}{100}$$

-Octavo paso:

Se determina la corrección de la humedad del agregado fino y el agregado grueso, considerando la absorción y su corrección respectiva en el agua de diseño. Se utilizo las siguientes ecuaciones.

- Corrección por humedad:

*Formula para obtener el peso corregido del agregado grueso*

$$\text{Ag. grueso corregido (m}^3\text{)} = \text{Peso Ag. grueso seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{humedad Ag. grueso}}{100}\right)$$

*Formula para obtener el peso corregido del agregado fino*

$$\text{Ag. fino corregido (m}^3\text{)} = \text{Peso Ag. fino seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{humedad Ag. fino}}{100}\right)$$

- Agua corregida por humedad y absorción de agregados:

*Formula para obtener el aporte de agua del agregado grueso*

$$\text{Aporte Ag. grueso (lt)} = \text{Peso Ag. grueso seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{humed} - \% \text{Abs}}{100}\right)$$

*Formula para obtener el aporte de agua del agregado fino*

$$\text{Aporte Ag. fino (lt)} = \text{Peso Ag. fino seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{humed.} - \% \text{Abs.}}{100}\right)$$

*Formula para obtener el aporte de agua del agregado fino*

$$\text{Aporte Ag. fino (lt)} = \text{Peso Ag. fino seco} \times \left(1 + \frac{\% \text{humed.} - \% \text{Abs.}}{100}\right)$$

*Formula para obtener el agua corregida por aporte de agregados*

$$\text{Agua corregida(lt)} = \text{Agua inicial} - (\text{Aporte Ag. grueso} + \text{Aporte Ag. fino})$$

-Noveno paso:

El diseño, que se obtiene de acuerdo con los cálculos, es el punto de partida para experimentar y desarrollar modificaciones en el diseño que cumplan con los ensayos del concreto en estado fresco y endurecido, obteniendo como resultado una dosificación óptima.

### **3.6.3. *Proceso de mezclado del concreto.***

Para la mezcla de concreto se utilizó la mezcladora de 130 litros. La mezcla tiene un comportamiento adecuado en un rango de tiempo de 12 a 15 minutos, a causa de la micro sílice y el aditivo superplastificante, asegurando una mezcla homogénea y uniforme entre todos los componentes. Para el mezclado se sigue los siguientes pasos:

1. La mezcla se hará en tandas de 4 briquetas como máximo, para garantizar una mezcla uniforme y homogénea.
2. Humedecer el interior del trompo, para que no absorba el agua de la mezcla y así modificar la relación a/c.
3. Antes de encender la mezcladora, se introdujo la cantidad total del agregado grueso.
4. Luego prender la mezcladora e introducir el agregado fino en conjunto con el cemento, la microsílice y el superplastificante.
5. Por último, agregar el agua en la mezcla y a partir de este momento se toma en cuenta el tiempo de 12 a 15 minutos para generar una mezcla uniforme y homogénea.
6. Después de culminar la mezcla se procede a hacerla limpieza del trompo con ayuda de una maguera para que no se deje residuos y evitar su acumulación.

### ***3.6.4. Ensayos del concreto en estado fresco.***

#### **3.6.4.1. Ensayo de Ecurrimiento (UNE 83361).**

##### *Objetivo*

El objetivo principal es evaluar la capacidad de deformación del concreto autocompactable, el cual nos sirve para la verificar la trabajabilidad del concreto fresco.

##### *Instrumentos*

1. Un cono de Abrams, que tiene forma de un cono truncado y consta de un diámetro inferior de 20 cm y superior de 10 cm con una altura de 30 cm.
2. Un cucharón.
3. Un cronometro, con una precisión de 0.1s.
4. Una wincha con precisión de 1 mm.
5. Una placa, no absorbente, señalizada con un círculo de 50 cm.

##### *Procedimiento*

1. Se puso la placa sobre el terreno, luego se humedeció el cono de Abrams.
2. Se colocó el cono de Abrams encima de la placa donde se introdujo la mezcla de concreto sin ninguna vibración o apisonamiento.
3. Se niveló la parte superior del cono de Abrams y se procedió a retirar el cono de Abrams al simultaneo se activa el cronometro.
4. Se detiene el cronometro en el momento que la deformación de la mezcla del concreto fresco se aproxime a los 50 cm marcados en la placa.
5. Finalmente, cuando el concreto deje de desplazarse se procede a medir los diámetros y se registran haciendo los siguientes cálculos.

##### *Diametro promedio*

$$Df = \frac{D1 - D2}{2}$$

Donde:

Df= El diámetro promedio del ensayo de escurrimiento (cm).

D1= El diámetro mayor de extensión circular (cm).

D2 = El diámetro perpendicular al diámetro de mayor extensión circular (cm).

### **3.6.4.2. Ensayo de la Caja en L (EN 1250-10:2010).**

#### **3.6.4.2.1. *Objetivo***

Mediante este ensayo se evalúa la capacidad de la mezcla de concreto autocompactante para pasar a través de la armadura de acero de los elementos estructurales.

#### **3.6.4.2.2. *Instrumentos***

- ✓ Una caja en L, de material no absorbente y de superficies lisas, de capacidad de 14 litros con 4 aberturas en la parte baja que simula la situación más congestionada por acero en elementos estructurales.
- ✓ Un cucharón.
- ✓ Una wincha con precisión de 1 mm.
- ✓ Una varilla lisa e impermeable.

#### **3.6.4.2.3. *Procedimiento***

1. Se coloca la caja en L, humedeciendo las caras internas, en un terreno nivelado y firme.
2. Se introduce la mezcla de concreto en la parte vertical de la caja en L, hasta el punto superior.
3. Nivelar y enraizar la parte superior, dejando reposar la mezcla por 60 s  $\pm$  10 s.

4. Se quita la compuerta para que fluya la mezcla de concreto por la parte horizontal y cuando el concreto deje de fluir se mide las H1 en la parte vertical y H2 en la parte horizontal de la caja en L.
5. Se observa si hay segregación en las barras se registra y se calcula el coeficiente de bloqueo con la siguiente ecuación.

*Coeficiente de bloqueo*

$$Coef. bloqueo = \frac{H2}{H1}$$

Donde:

Coef. bloqueo= El coeficiente de bloque de la mezcla de concreto.

H1= Altura de la parte horizontal de la caja L (cm).

H2 = Altura de la parte vertical de la caja en L (cm).

### **3.6.4.3. Ensayo del embudo en V (EN 12350-9:2010).**

#### **3.6.4.3.1. Objetivo**

El objetivo del ensayo es determinar la viscosidad y la capacidad, del concreto autocompactable, de fluir por espacios reducidos por la acción de la gravedad y en relación con su peso.

#### *Instrumentos*

- ✓ Embudo en V, de material no absorbente y lisa.
- ✓ Un cucharón.
- ✓ Un cronometro, con precisión de 0.1 s.
- ✓ Un recipiente.

#### **3.6.4.3.2. Procedimiento**

1. Se coloca el embudo en V, humedeciendo las caras internas, en un terreno firme y nivelado.

2. Se cierra la compuerta de la parte inferior para introducir la mezcla de concreto hasta la parte superior sin compactar, luego enraizar y nivelar para dejar reposando la mezcla por un lapso de  $10\text{ s} \pm 2\text{ s}$ .
3. Se inicia el con el cronometro al mismo tiempo que se abre la compuerta y por último se registra el tiempo cuando se pueda ver de manera vertical a través del embudo hacia el recipiente inferior.
4. Si en caso ocurra un estancamiento de la mezcla se deberá repetir el ensayo

#### **3.6.4.4. Método de ensayo para determinar la resistencia del concreto en estado fresco al lavado de agua (CRD-C 61-89A).**

##### **3.6.4.4.1. Objetivo**

El objetivo del ensayo es determinar y cuantificar la capacidad de la mezcla a resistir el lavado por acción del agua.

##### **3.6.4.4.2. Instrumentos**

- ✓ Tubo con un diámetro interno de  $190\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ , diámetro externo de  $200\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$  y una altura de  $2000\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$ .
- ✓ Una canasta perforada inoxidable de un espesor de 1.4 mm con orificios de diámetro de 3mm con una distancia de centro a centro de 5mm.
- ✓ Una balanza con una precisión de 0.05 Kg.
- ✓ Una cuerda de 2.50 m amarrada a la canasta.
- ✓ Una varilla de acero lisa.

##### **3.6.4.4.3. Procedimiento**

1. Preparar el tubo de inmersión con un nivel de agua de  $1700\text{ mm} \pm 5\text{ mm}$ .
2. Se pesa la canastilla sin muestra, se introduce la muestra con un peso superior a 2000 gr.

3. Compactar 10 veces con la varilla y golpear 10 a 15 veces la parte externa de la canastilla, limpiar el concreto en exceso y registrar el peso.
4. Luego, sujetar la canastilla a una cuerda y dejar caer libremente. Esperar 15 segundos y retornar la canastilla a la superficie y dejar escurrir por al menos 2 min.
5. Se hizo la secuencia 3 veces y se registró el peso. Los cálculos se determinarán con la siguiente formula.

*Porcentaje de perdida de finos*

$$\%Pf = \left( \frac{Mi - Mf}{Mi} \right) * 100$$

Donde:

%Pf= Porcentaje de perdida de finos (%).

Mi= Masa inicial antes de la inmersión (Kg).

Mf= Masa final después de la inmersión (Kg).

**3.6.4.5. Temperatura de la mezcla de concreto (NTP 339.184/ASTM C1064).**

**3.6.4.5.1. Objetivo**

Establece un método para determinar la temperatura de las mezclas de concreto y el cemento hidráulico recién mezclado en laboratorio.

**3.6.4.5.2. Instrumentos**

- ✓ Un dispositivo de medición de temperatura con una sensibilidad de 0.5 °C.
- ✓ Moldes y briquetas usados como recipientes.

**3.6.4.5.3. Procedimiento**

1. Se sumerge el dispositivo en la mezcla de concreto asegurando que tenga un revestimiento de al menos 7.5 mm por todos los lados y suavemente manipular la mezcla con el objetivo de suprimir el vacío dejado por la colocación.

2. Luego se deja que el dispositivo registre las temperaturas de la mezcla del concreto. Se registra las temperaturas con una precisión de 0.5°C.

#### **3.6.4.6. Aplicación del método Tremie.**

##### **3.6.4.6.1. Objetivo**

Establece el desarrollo del vaciado de la mezcla de concreto, por el método Tremie, que consiste en colocar el concreto bajo el agua y evaluar el comportamiento con la finalidad de obtener datos de tipo cualitativo.

##### **3.6.4.6.2. Instrumentos**

- ✓ Un tubo PVC de 6" de diámetro.
- ✓ Recipientes y baldes como contenedores.
- ✓ Bolsas y ligas que servirán como tapón.

##### **3.6.4.6.3. Procedimiento**

1. Se prepara briquetas y se pone en el interior de un balde lleno de agua.
2. Se humedece las caras interiores del tubo PVC para evitar la absorción de agua de la mezcla de concreto, luego se coloca el tapón con una bolsa y ligas para evitar el contacto con el agua.
3. Después se procede a introducir el concreto dentro del tubo a manera de llenarlo y se quita el tapón que se encuentra en la parte inferior del tubo.
4. Por el peso del concreto este se expandirá alrededor de toda la briketa que se encuentra sumergida dentro del balde lleno de agua y a medida que el tubo va subiendo a la superficie el concreto va ocupando los espacios de la briketa en consecuencia se desplaza el agua.
5. Finalmente se observa cómo se comporta la mezcla de concreto con microsilice y superplastificante frente al agua.



### ***3.6.5. Ensayos del concreto en estado endurecido.***

#### **3.6.5.1. Preparación y curado de especímenes de concreto patrón (NTP**

#### **339.183/ASTM C31).**

##### ***3.6.5.1.1. Objetivo***

Determina el procedimiento para la realización y el curado de los especímenes de concreto en laboratorio, considerando un control riguroso de los materiales y la condición en que se esté dando el ensayo.

##### ***3.6.5.1.2. Instrumentos***

- ✓ Moldes cilíndricos de material inoxidable de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura.
- ✓ Varilla lisa, con punta redondeada de 10 mm de diámetro.
- ✓ Un cucharón y un combo de goma.

##### ***3.6.5.1.3. Procedimiento***

1. Como primer paso se aplica una capa de gasolina o un lubricante en las caras interiores de la briqueta y se coloca en una superficie firme y nivelada.
2. Se introduce la mezcla en la briqueta, la briqueta se llena a razón de 3 capas de concreto y cada capa debe varillarse con 25 golpes.
3. Después del varillado, de la tercera capa, se procede a nivelar y enrazar. Y se lleva la briqueta a un lugar no expuesto al sol.
4. Transcurrido las 24 horas se procede a desencofrar los moldes metálicos y si es un molde de plástico se procede a utilizar una compresora de aire. Se etiqueta cada espécimen para su identificación.
5. Después de desmoldar se procede a introducir las probetas en la poza de agua con cal para su respectiva curación durante 7, 14 y 28 días.

### 3.6.5.2. Ensayo para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos (NTP 339.034/ASTM C39)

#### 3.6.5.2.1. *Objetivo*

Este ensayo establece el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos.

#### 3.6.5.2.2. *Instrumentos*

- ✓ Máquina para el ensayo, esta máquina debe tener una capacidad conveniente y debe ejecutarse a una velocidad de carga conveniente.
- ✓ Una balanza y un trapo seco.
- ✓ Un vernier.

#### 3.6.5.2.3. *Procedimiento*

1. La probeta se retirará del pozo de curado y tendrá una tolerancia de tiempo para hacer su rotura de acuerdo con la Tabla N°36.

**Tabla N°36**

*Edades de ensayo y tolerancias de tiempo*

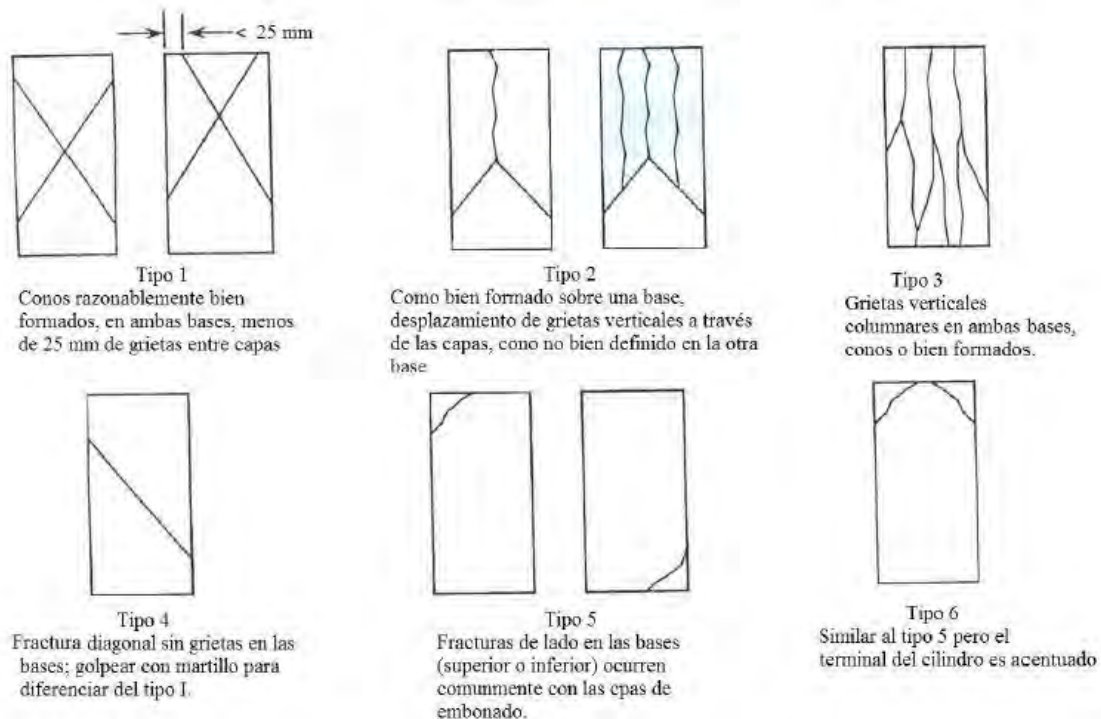
Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 h	$\pm 0.5$ h o 2.1%
3 días	$\pm 2$ h o 2.8%
7 días	$\pm 6$ h o 3.6%
28 días	$\pm 20$ h o 3.0%
90 días	$\pm 48$ h o 2.2%

*Nota:* Fuente: Norma NTP 339.034,2015.

2. Se mide el diámetro en tres espacios diferentes y la altura con ayuda del vernier. Luego determinar el peso de los especímenes cilíndricos.
3. Acomodar el espécimen en el centro de la máquina, procurando alinear el eje del espécimen con el centro del empuje de la máquina.

4. Se programa la maquina a una velocidad de  $0.25 \pm 0.05$  Mpa/s y se inicia el ensayo.
5. Se registra el resultado del ensayo y se determina el tipo de rotura de acuerdo con la Figura. N°23.

**Figura. N°23.** Tipos de rotura en los especímenes de concreto cilíndricos



*Nota:* Fuente: Norma Técnica Peruana, NTP 339.034.

6. Los cálculos de los resultados se determinan con las siguientes ecuaciones.

*Diametro promedio*

$$D_p = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3}$$

Donde:

$D_p$ = Diámetro promedio (cm).

$D_1, D_2, D_3$ = Diámetro medido en tres espacios diferentes (cm).

*Altura promedio*

$$H_p = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Donde:

$H_p$  = Altura promedio (cm).

$h_1, h_2, h_3$  = Altura en tres espacios diferentes (cm).

*Resistencia a la compresion*

$$f'_c = \frac{F}{A}$$

Donde:

$f'_c$  = Resistencia a la compresión (kg-f/cm<sup>2</sup>).

$F$  = Fuerza axial de máxima rotura (Kg – f).

$A$  = Área del espécimen (cm<sup>2</sup>).

*Densidad del especimen*

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Donde:

$\rho$  = Densidad del espécimen (kg/m<sup>3</sup>).

$M$  = Masa del espécimen (kg).

$V$  = Volumen del espécimen (m<sup>3</sup>).

### **3.6.5.3. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas**

**simplemente apoyadas con cargas en los tercios del tramo (NTP**

**339.183/ASTM C78).**

#### **3.6.5.3.1. Objetivo**

Plantear el procedimiento para determinar la resistencia a la flexión de la viga simple cargada en los tercios de la luz del tramo, del concreto patrón como el concreto con microsílice y aditivo superplastificante.

#### **3.6.5.3.2. Instrumentos**

- ✓ Maquina universal Instron 600XD, con capacidad de 60 toneladas.
- ✓ Placa con barras perpendiculares de apoyo y carga.

#### **3.6.5.3.3. Procedimiento**

1. La viga se retirará del pozo de curado y tendrá que ser ensayado tan pronto sea posible.
2. Se mide el diámetro y la altura en tres espacios, en los lados extremos y en el centro. Luego se marca los tercios para ubicar las varillas perpendiculares de carga y apoyo.
3. Se centra la viga en la placa base, donde las marcas coincidan con las varillas de apoyo y luego ajustar con las varillas de carga.
4. Se programa la maquina a una velocidad de 0.9 a 1.2 Mpa/min y se inicia el ensayo.
5. Aplicar la carga sin cortes hasta el momento de la rotura, luego se registra el resultado del ensayo y se determina la ubicación de la rotura en la luz del tramo con tres medidas diferentes.

#### *Resistencia a la flexion*

$$R = \frac{P \cdot l}{b \cdot d^2}$$

Donde:

R= Modulo de rotura (kg-f/cm<sup>2</sup>).

P= Carga máxima (Kg – f).

l= Distancia libre entre apoyos (cm).

b= Ancho promedio (cm).

d= Altura promedio (cm).

#### **3.6.5.4. Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua (NTC-4483).**

##### **3.6.5.4.1. Objetivo**

Este ensayo, realizado en laboratorio, determina el coeficiente de permeabilidad (K) del concreto en estado endurecido que consta de dos métodos: Flujo constante y profundidad de penetración, el primer método es aplicado a concretos de alta permeabilidad y el segundo método es aplicado a concretos que por sus características y su composición son de baja permeabilidad.

##### **3.6.5.4.2. Instrumentos**

- ✓ Dispositivo de ensayo que consta de una celda de dos platos, por medio de un mecanismo inserta agua a una presión de 0.5 Mpa (50 metros de agua).
- ✓ Un equipo de compresión.
- ✓ Una wincha.

##### **3.6.5.4.3. Procedimiento**

1. El espécimen debe tener una edad superior a 28 días. Se debe secar por 24 hrs a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , hasta obtener un peso constante.
2. Luego registrar sus medidas e instalar los especímenes en la máquina de permeabilidad.
3. Después aplicar la presión de agua, que fluye de manera unidireccional, de 0.5 Mpa (50 metros de agua).
6. Pasando los 4 días, retirar el espécimen de la máquina, roturar por la mitad con ayuda de una maquina compresora y registrar la profundidad promedio de penetración. Los cálculos de los resultados se determinan con las siguientes ecuaciones.

*Coeficiente de permeabilidad*

$$K = \frac{D^2 * V}{2 * T * h}$$

Donde:

K= Coeficiente de permeabilidad (m/s).

D= Profundidad de penetración promedio (m).

T= Tiempo que tomo la profundidad de penetración (s).

h= Cabeza de presión (m).

V= Porosidad del concreto determinada mediante la ASTM C-642 (%).

### **3.6.5.5. Método de prueba estándar para densidad, absorción y vacíos (ASTMC642-90).**

#### **3.6.5.5.1. Objetivo**

Este ensayo, realizado en laboratorio, determina la densidad, absorción y vacíos del concreto en estado endurecido.

#### **3.6.5.5.2. Instrumentos**

- ✓ Una balanza sensible en 0.1 g.
- ✓ Una canastilla para sumergir el espécimen en el agua.
- ✓ Una cocina o un contenedor de baño maría.

#### **3.6.5.5.3. Procedimiento**

1. La muestra debe tener un volumen mayor a 350 cm<sup>3</sup>(o aproximadamente 800 gr).
2. Se deberá secar la muestra en el horno a una temperatura a 110 °C ± 5 °C por no menos de 24 horas y registrar su peso.
3. Después del secado, sumergir el espécimen dentro del agua a 21 °C durante no menos de 48 horas, luego se seca con una toalla la humedad de la superficie y registrar su masa.
4. Luego se procede a sumergir el espécimen en agua en ebullición por 5 horas, dejar secar por lo menos 14 horas, secar la superficie y registrar la masa del espécimen.

5. Por último, se procede a registrar la masa aparente en agua del espécimen y se hace el cálculo con la siguiente formula.

*Volumen del espacio poroso permeable*

$$\%V = \frac{(Me - Ms)}{(Me - Ma)}$$

Donde:

%V=Volumen de espacio poroso permeable (%).

Me= Masa del espécimen después de la ebullición e inmersión (gr).

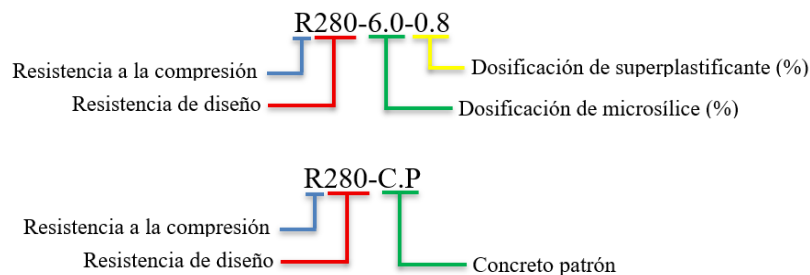
Ms= Masa seca (gr).

Ma= Masa aparente después la inmersión y ebullición (gr).

### 3.6.5.6. Nomenclatura de identificación de testigos.

La nomenclatura que se utilizó para identificar las combinaciones de los diseños de mezcla para las resistencias de 280 kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup> contienen la información indicada en las siguientes figuras.

**Figura. 24.** Nomenclatura de identificación de testigos



*Nota:* Fuente propia



## Capítulo IV

### 4. Resultados De La Caracterización De Agregados Pétreos

#### 4.1. Resultados De La Caracterización De Agregados Pétreos

##### 4.1.1. Características físico-mecánicas del agregado grueso.

En la Tabla N°37 se muestra el resumen de los ensayos y valores de la caracterización del agregado grueso.

**Tabla N°37**

*Resultados de la caracterización del agregado grueso*

Ensayo	Resultado	Norma
Contenido de humedad (%)	1.62	NTP 339.185/ASTM C566
Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 (%)	1.06	NTP 400.018/ASTM C136
Análisis granulométrico del agregado grueso	Huso 6	NTP 400.012/ASTM C136
Módulo de finura	6.83	NTP 400.037/ASTM C136
Tamaño máximo nominal (pulg)	½"	NTP 400.012/ASTM C136
Tamaño máximo (pulg)	¾"	NTP 400.012/ASTM C136
Peso específico-PeG (gr/cm <sup>3</sup> )	2.55	NTP 400.022/ASTM C128
Absorción (%)	0.98	NTP 400.022/ASTM C128
Peso unitario suelto-PUSG (kg/m <sup>3</sup> )	1462.95	NTP 400.017/ASTM C29
Peso unitario compactado-PUCG (kg/m <sup>3</sup> )	1648.40	NTP 400.017/ASTM C29
Resistencia a la degradación (%)	29.77	NTP 400.019/ASTM C131

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.1. Determinación del contenido de humedad total evaporable del agregado grueso por secado (NTP 339.185/ASTM C566).**

La determinación del contenido de humedad del agregado grueso cumple con el procedimiento y los estándares dados por la NTP 339.185, en la Tabla N°38 muestra los valores del contenido de humedad natural promedio, se obtuvo como resultado 1.62%.

**Tabla N°38**

*Registro de datos y resultados del contenido de humedad del agregado grueso*

Ensayo	Contenido de humedad		Fecha	27/11/25
Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	
Masa de capsula (gr)	198.66	179.87	492.99	
Masa de capsula + Muestra húmeda (gr)	5475.63	5398.60	5872.66	
Masa de capsula + Muestra seca (gr)	5391.51	5316.92	5785.34	
Masa del agua (gr)	84.12	81.68	87.32	
Masa de la muestra seca (gr)	5192.85	5137.05	5292.35	
Contenido de humedad	1.62%	1.59%	1.65%	
Contenido de humedad promedio	1.62%			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**4.1.1.2. Determinación de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de 75µm (N°200) por lavado (NTP 400.018/ASTM C136).**

La determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 del agregado grueso cumple con el procedimiento y los estándares dados por la NTP 400.018, en la Tabla N°39 muestra los valores de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 promedio, se obtuvo como resultado 1.06%.

**Tabla N°39**

*Registro de datos y resultados de la cantidad de finos del agregado grueso*

<b>Ensayo</b>	<b>Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75µm</b>
<b>Fecha</b>	<b>19/11/25</b>
<b>Datos del lavado de material</b>	
<b>Antes del lavado</b>	
Masa de la muestra seca (gr) =	3745.58

<b>Ensayo</b>	Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75µm
<b>Fecha</b>	<b>19/11/25</b>
<b>Después del lavado</b>	
Masa de la muestra seca (gr) =	3706.05
Masa del residuo filtrado seco (gr) =	39.53
<b>Material más fino que el tamiz N° 200</b>	
Material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	39.53
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200	1.06%

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.3. Análisis granulométrico del agregado grueso (NTP 400.012/ASTM C136).

Según el procedimiento según la norma NTP 400.012 se determinó que la granulometría del agregado grueso pertenece al Huso 6, el tamaño máximo es de  $\frac{3}{4}$ ", el tamaño máximo nominal es de  $\frac{1}{2}$ " y el módulo de fineza es 6.83. En la Tabla N°40 muestra los valores del análisis granulométrico.

**Tabla N°40**

*Registro de datos y resultados del análisis granulométrico del agregado grueso*

<b>Material ensayado</b>		<b>Granulometría de agregado grueso de la cantera Vicho</b>					
<b>Masa inicial (gr)</b>		5147.93				<b>Fecha</b>	20/11/24
<b>Tamiz N°</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Masa retenida (gr)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>HUSO: 6</b>	
						<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
<b>1"</b>	25	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
<b>3/4"</b>	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	90%	100%
<b>1/2"</b>	12.5	2710.88	72.38%	72.38%	27.62%	20%	55%
<b>3/8"</b>	9.5	690.58	18.44%	90.81%	9.19%	0%	15%
<b>N° 4</b>	4.75	287.73	7.68%	98.49%	1.51%	0%	5%
<b>N° 8</b>	2.36	3.62	0.10%	98.59%	1.41%		
<b>N° 16</b>	1.18	1.12	0.03%	98.62%	1.38%		
<b>N° 30</b>	0.60	1.02	0.03%	98.65%	1.35%		
<b>N° 50</b>	0.30	1.10	0.03%	98.68%	1.32%		
<b>N° 100</b>	0.15	2.86	0.08%	98.75%	1.25%		
<b>Bandeja</b>		7.14	0.19%	98.87%	1.25%		
<b>Total fracción retenida en lavado</b>		<b>3706.05</b>	<b>98.94%</b>	<b>Módulo de finura</b>		<b>6.83</b>	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

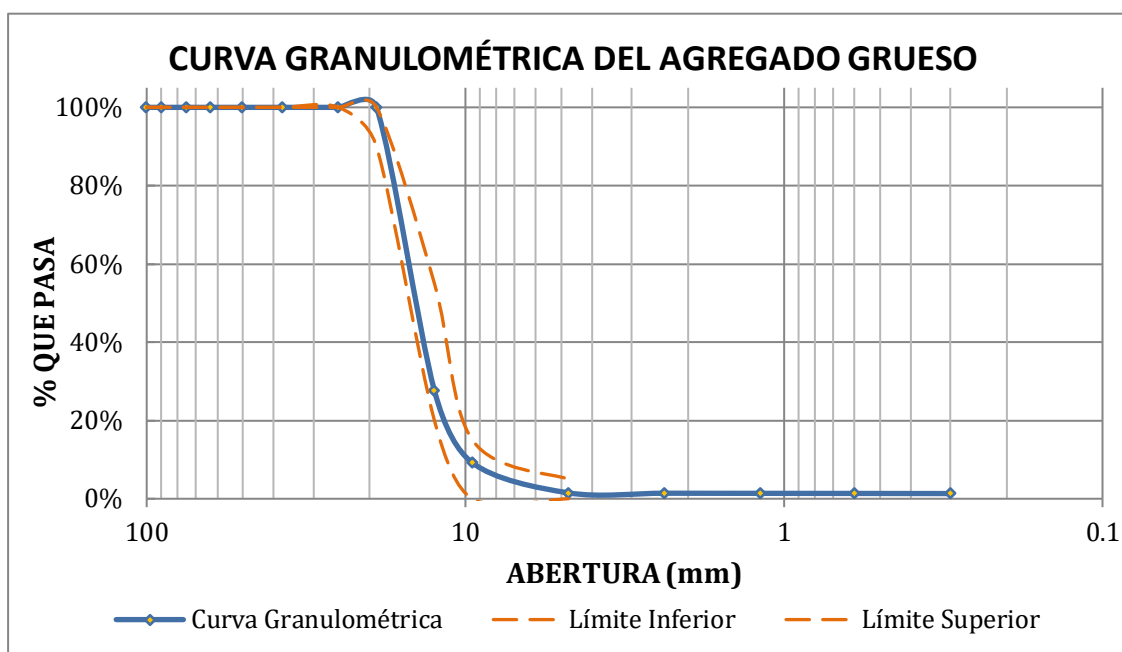
**Tabla N°41**

*Registro de las fracciones de grava, arena y finos*

Fracciones de grava, arena y finos de la muestra	
% de grava (Retiene el tamiz N°4)	98.49%
% de arena (Retiene el tamiz N°4 y ret. N°200)	0.45%
% de finos (Pasa tamiz N°200)	1.06%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N°1.** Curva granulométrica del agregado grueso



**Tabla N°42**

*Registro de datos y resultados del peso específico y absorción del agregado grueso*

Nombre del ensayo	Peso específico y absorción del agregado grueso		
Fecha	26/11/25		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso de la muestra seca (gr)	2089.23	2319.61	2182.09
Temperatura del agua (°C)	22.0	24.4	22.7
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	2109.46	2342.40	2203.61
Peso de la muestra sumergida (gr)	1276.30	1408.00	1322.30
Peso del agua desplazada (gr)	812.93	911.61	859.79
Peso específico a temperatura de ensayo (gr/cm <sup>3</sup> )	2.570	2.545	2.538
Factor de corrección por temperatura	1.0002406	1.0002606	1.0000722
Peso del agua absorbida (gr)	20.23	22.79	21.52
Peso específico de masa seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.51	2.48	2.48
<b>Promedio peso específico de masa seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.49</b>		
Peso específico SSS (gr/cm <sup>3</sup> )	2.53	2.51	2.50
<b>Promedio peso específico SSS (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.51</b>		
Peso específico aparente (gr/cm <sup>3</sup> )	2.571	2.545	2.538
<b>Promedio peso específico aparente (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.55</b>		
Capacidad de absorción	0.968%	0.982%	0.986%
<b>Promedio capacidad de absorción (%)</b>	<b>0.98%</b>		

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### **4.1.1.5. Determinación del peso unitario y vacíos del agregado grueso (NTP**

**400.017/ASTM C29).**

La determinación del peso unitario y vacíos del agregado grueso cumple con el procedimiento y los estándares dados por la NTP 400.017, en la Tabla N°43 muestra los valores del peso unitario y vacíos promedio, en estado suelto, se obtuvieron como resultados 1462.95 kg/m<sup>3</sup> y 42.79 % respectivamente.

**Tabla N°43***Registro de datos y resultados del peso unitario y vacíos suelto del agregado grueso*

<b>Ensayo</b>	<b>Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso</b>	
<b>Fecha</b>	<b>21/11/2025</b>	
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>	<b>Muestra 02</b>
Número de molde	1	1
Peso del molde (gr)	7950.00	7950.00
Peso del molde + muestra suelta (gr)	12240.00	12180.00
Peso de la muestra suelta (gr)	4290.00	4210.00
Volumen del molde ( <b>cm<sup>3</sup></b> )	2911.92	2911.92
Peso unitario suelto (gr/ <b>cm<sup>3</sup></b> )	1.473	1.446
Peso específico (kg/ <b>m<sup>3</sup></b> )	2551.31	2551.31
Peso unitario suelto (kg/ <b>m<sup>3</sup></b> )	1473.26	1445.78
<b>Peso unitario suelto promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1462.95</b>	
Porcentaje de vacíos	42.25%	43.33%
<b>Porcentaje de vacíos promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>42.79%</b>	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°44 muestra los valores del peso unitario y vacíos promedio, en estado compactado, se obtuvieron como resultados 1648.40 kg/m<sup>3</sup> y 35.39 % respectivamente.

**Tabla N°44***Registro de datos y resultados del peso unitario y vacíos compactado del agregado grueso*

<b>Ensayo</b>	<b>Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso</b>	
<b>Fecha</b>	<b>21/11/25</b>	
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>	<b>Muestra 02</b>
Número de capas	3	3
Número de golpes	25	25
Número de molde	1	1
Peso del molde (gr)	7950.00	7950.00
Peso del molde + muestra varilladla (gr)	12770.00	12730.00
Peso de la muestra varilladla (gr)	4820.00	4780.00
Altura del molde (cm)	16.70	16.70
Diámetro del molde (cm)	14.90	14.90
Volumen del molde ( <b>cm<sup>3</sup></b> )	2911.92	2911.92
Peso unitario varillado (gr/ <b>cm<sup>3</sup></b> )	1.655	1.642
Peso específico (kg/ <b>m<sup>3</sup></b> )	2551.31	2551.31
Peso unitario varillado (kg/ <b>m<sup>3</sup></b> )	1655.27	1641.53

<b>Ensayo</b>	Peso unitario varillado y vacíos del agregado grueso	
<b>Fecha</b>	21/11/25	
<b>Datos del ensayo</b>	<b>Muestra 01</b>	<b>Muestra 02</b>
<b>Peso unitario varillado promedio (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1648.40</b>	
Porcentaje de vacíos	35.12%	35.66%
<b>Porcentaje de vacíos promedio</b>	<b>35.39</b>	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.1.6. Determinación de la resistencia a la degradación del agregado grueso de tamaño menores a 37.5 mm (1 1/2”) por abrasión e impacto de la máquina de Los Ángeles (NTP 400.019/ASTM C131).

La determinación de la resistencia a la degradación del agregado grueso cumple con el procedimiento y los estándares dados por la NTP 400.019, en la Tabla N°45 muestra los valores del desgaste, se obtuvo como resultado 29.77 %.

**Tabla N°45**

*Registro de datos y resultados de la degradación del agregado grueso*

<b>Ensayo</b>	Ensayo de abrasión de agregado grueso
<b>Fechas</b>	25/11/25
Gradación de la muestra	Tipo B
Masa entre el tamiz 3/4” y el tamiz 1/2” (gr)	2500.83
Masa entre el tamiz 1/2” y el tamiz 3/8” (gr)	2501.59
Masa total del ensayo (gr)	5002.42
Masa retenida en el tamiz N°12	3513.11
<b>Desgaste (%)</b>	<b>29.77</b>

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Características físico-mecánicas del agregado fino.

En la Tabla N°46 se muestra el resumen de los ensayos y valores de la caracterización del agregado fino.

**Tabla N°46**

*Resultados de la caracterización del agregado fino*

<b>Ensayo</b>	<b>Resultado</b>	<b>Norma</b>
Contenido de humedad (%)	2.11	NTP 339.185/ASTM C566

Ensayo	Resultado	Norma
Cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 (%)	3.84	NTP 400.018/ASTM C136
Análisis granulométrico del agregado fino	Conforme	NTP 400.012/ASTM C136
Módulo de finura	2.12	NTP 400.037/ASTM C136
Peso específico-PeF (gr/cm <sup>3</sup> )	2.72	NTP 400.022/ASTM C128
Absorción (%)	1.25	NTP 400.022/ASTM C128
Peso unitario suelto-PUSF (kg/m <sup>3</sup> )	1579.72	NTP 400.017/ASTM C29

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.1. Determinación del contenido de humedad total evaporable del agregado grueso por secado (NTP 339.185/ASTM C566).

La determinación del contenido de humedad del agregado fino cumple con el procedimiento y los estándares dados por la NTP 339.185, en la Tabla N°47 muestra los valores del contenido de humedad natural promedio, se obtuvo como resultado 2.11%.

**Tabla N°47**

*Registro de datos y resultados del contenido de humedad del agregado fino*

Ensayo	Contenido de humedad		Fecha	27/11/25
Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03	
Masa de capsula (gr)	343.56	326.07	249.19	
Masa de capsula + Muestra húmeda (gr)	1198.08	1034.89	1081.42	
Masa de capsula + Muestra seca (gr)	1181.08	1020.22	1063.70	
Masa del agua (gr)	17.04	14.67	17.72	
Masa de la muestra seca (gr)	837.48	694.15	814.51	
<b>Contenido de humedad</b>	2.03%	2.11%	2.18%	
<b>Contenido de humedad promedio</b>	2.11%			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.2. Determinación de la cantidad de material fino que pasa por el tamiz de 75µm (N°200) por lavado (NTP 400.018/ASTM C117).

La determinación de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 del agregado fino cumple con el procedimiento y los estándares dados por la NTP 400.018, en la Tabla N°48



muestra los valores de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 promedio, se obtuvo como resultado 3.84%.

**Tabla N°48**

*Registro de datos y resultados de la cantidad de finos del agregado fino*

Ensayo	Cantidad de material fino que pasa el tamiz de 75µm	
Fecha	19/11/25	
Datos del lavado de material		
Antes del lavado		
Masa de la muestra seca (gr) =	1444.3	
Después del lavado		
Masa de la muestra seca (gr) =	1388.91	
Masa del residuo filtrado seco (gr) =	55.39	
Material más fino que el tamiz N° 200		
Material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	55.39	
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200	3.84%	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.3. Análisis granulométrico del agregado fino (NTP 400.012/ASTM C136).

De acuerdo con el procedimiento de la norma NTP 400.012, se determinó que la granulometría del agregado fino tiene como módulo de fineza 2.12. En la Tabla N°49 muestra los valores del análisis granulométrico.

**Tabla N°49**

*Registro de datos y resultados del análisis granulométrico del agregado fino*

<b>Ensayo</b>		Granulometría de agregado fino de la cantera Cunyac					
<b>Masa inicial (gr)</b>		<b>1444.30</b>				<b>Fecha</b>	<b>20/11/25</b>
<b>Tamiz N°</b>	<b>Abertura (mm)</b>	<b>Masa retenida (gr)</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% Retenido acumulado</b>	<b>% Que pasa</b>	<b>HUSO</b>	
						<b>Límite inferior</b>	<b>Límite superior</b>
<b>3/8"</b>	9.5	2.58	0.18%	0.18%	99.82%	100%	100%
<b>N° 4</b>	4.75	20.01	1.39%	1.56%	98.44%	95%	100%
<b>N° 8</b>	2.36	48.10	3.33%	4.89%	95.11%	80%	100%
<b>N° 16</b>	1.18	123.11	8.52%	13.42%	86.58%	50%	85%
<b>N° 30</b>	0.600	280.68	19.43%	32.85%	67.15%	25%	60%
<b>N° 50</b>	0.300	513.10	35.53%	68.38%	31.62%	10%	30%

Ensayo Granulometría de agregado fino de la cantera Cunyac							
Masa inicial (gr)		1444.30		Fecha		20/11/25	
Tamiz N°	Abertura (mm)	Masa retenida (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa	HUSO	
						Límite inferior	Límite superior
N° 100	0.150	323.27	22.38%	90.76%	9.24%	2%	10%
N° 200	0.075	76.71	5.31%	96.07%	3.93%		
Bandeja		1.35	0.09%	96.16%			
Total fracción retenida en lavado		1388.91	96.16%	Módulo de finura		2.12	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

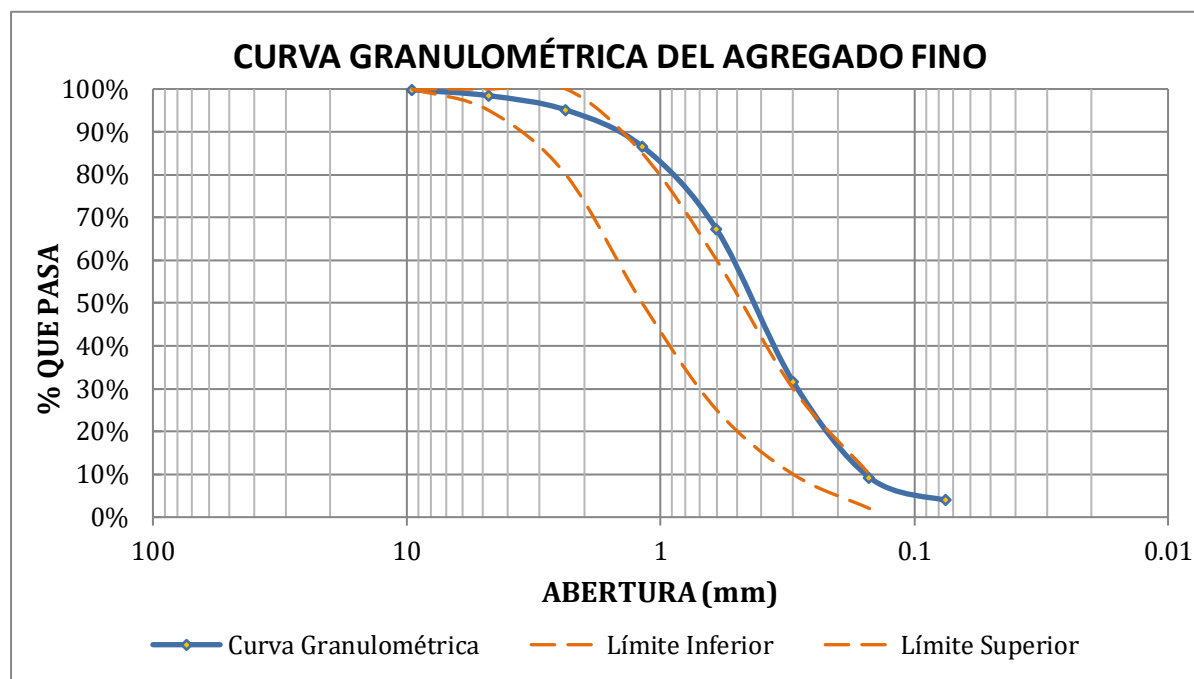
Tabla N°50

Registro de las fracciones de grava, arena y finos

Fracciones de grava, arena y finos de la muestra	
% de grava (Retiene el tamiz N°4)	1.56%
% de arena (Retiene el tamiz N°4 y ret. N°200)	94.51%
% de finos (Pasa tamiz N°200)	3.93%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N°2. Curva granulométrica del agregado fino



#### 4.1.2.4. Determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino (NTP 400.022/ASTM C128).

La determinación de la gravedad específico y la absorción del agregado fino cumple con el procedimiento y los estándares dados por la NTP 400.022, en la Tabla N°51 muestra los valores del peso específico y absorción promedio, se obtuvo como resultados 2.66 gr/cm<sup>3</sup> y 1.253 % respectivamente.

**Tabla N°51**

*Registro de datos y resultados de la gravedad especifica y absorción del agregado fino*

Nombre de Ensayo	Peso específico y absorción del agregado fino		
Fecha	26/11/25		
Datos del ensayo	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Número de picnómetro	7	7	7
Volumen del picnómetro (ml)	500	500	500
Peso del picnómetro (gr)	179.42	179.42	179.42
Peso de la muestra seca (gr)	493.85	493.84	493.92
Peso del picnómetro + agua + muestra (gr)	988.19	988.34	988.19
Temperatura del agua (°C)	23.4	24.1	24.2
Peso de la muestra saturada con superficie seca (gr)	500.06	500.04	500.07
Peso del picnómetro + agua (gr)	676.19	676.19	676.19
Peso de la muestra sumergida (gr)	312.00	312.15	312.00
Peso del agua desplazada (gr)	181.85	181.69	181.92
Peso específico a temperatura de ensayo (gr/cm3)	2.716	2.718	2.715
Factor de corrección por temperatura	0.9999038	0.9999098	0.9997093
Peso del agua absorbida (gr)	6.21	6.20	6.15
Peso específico de la masa seca (gr/cm3)	2.63	2.63	2.63
<b>Promedio peso específico de la masa seca (gr/cm3)</b>	<b>2.63</b>		
Peso específico saturado superficialmente seca (gr/cm3)	2.66	2.66	2.66
<b>Promedio peso específico SSS (gr/cm3)</b>	<b>2.66</b>		
Peso específico aparente (gr/cm3)	2.715	2.718	2.714
<b>Promedio peso específico aparente (gr/cm3)</b>	<b>2.716</b>		
Capacidad de absorción	1.257%	1.255%	1.245%
<b>Promedio capacidad de absorción</b>	<b>1.253%</b>		

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2.5. Determinación del peso unitario y vacíos del agregado fino (NTP 400.017/ASTM C29).

La determinación del peso unitario y vacíos del agregado fino cumple con el procedimiento y los estándares dados por la NTP 400.017, en la Tabla N°52 muestra los valores del peso unitario y vacíos promedio, en estado suelto, se obtuvieron como resultados 1579.72 kg/m<sup>3</sup> y 41.83 % respectivamente.

**Tabla N°52**

*Registro de datos y resultados del peso unitario y vacíos del agregado fino*

Nombre de ensayo		Peso unitario suelto del agregado fino	
Fecha		21/11/25	
Datos del ensayo		Muestra 01	Muestra 02
Número de molde		1	1
Peso del molde (gr)		7950.00	7950.00
Peso del molde + muestra suelta (gr)		12540.00	12560.00
Peso de la muestra suelta (gr)		4590.00	4610.00
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		2911.92	2911.92
Peso unitario suelto (gr/cm <sup>3</sup> )		1.576	1.583
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )		2715.83	2715.83
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )		1576.28	1583.15
<b>Promedio de peso unitario suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1579.72</b>	
Porcentaje de vacíos		41.96%	41.71%
<b>Promedio de porcentaje de vacíos</b>		<b>41.83%</b>	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

## 4.2. Diseño De Mezcla Del Concreto.

### 4.2.1. Diseño de mezcla del concreto patrón según el método ACI 211.1.

En esta sección de la investigación se desarrollará el diseño de mezcla y las proporciones de los componentes de la mezcla del concreto patrón de resistencia  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ . En la investigación se empleó la metodología de ACI 211.

#### 4.2.1.1. Diseño de mezcla del concreto patrón $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°53**

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

Condiciones de diseño	
Resistencia a la compresión $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	280
SLUMP (pulg)	7"
Incorporador de aire	No

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°54**

*Características físico-mecánicas de los componentes del diseño de mezcla*

Caracterización de los componentes de la mezcla			
Cemento		Agregado grueso	
Tipo de cemento	HS (Yura)	Contenido de humedad (%)	1.62
Peso específico ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.75	Porcentaje de finos (%)	1.06
Peso unitario suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1500	Módulo de fineza (MF)	6.83
Agregado fino		Tamaño máximo absoluto (pulg.)	3/4"
		Tamaño máximo nominal (pulg.)	1/2"
Contenido de humedad (%)	2.11	Peso específico ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.55
Porcentaje de finos (%)	3.84	Porcentaje de absorción (%)	0.98
Módulo de fineza (MF)	2.12	Peso unitario suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1462.95
Gravedad específica ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.72	Peso unitario compactado ( $\text{kg/m}^3$ )	1648.40
Porcentaje de absorción (%)	1.25	Resistencia a la abrasión (%)	29.77
Peso unitario suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1579.72		
Agua			
Peso específico ( $\text{gr/cm}^3$ )			1.00

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°55**

*Proceso del diseño de mezcla de resistencia  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$*

<b>Secuencia de pasos del diseño de la mezcla de <math>280 \text{ kg/cm}^2</math></b>			
<b>1ero</b>	Resistencia de diseño ( $f'c$ )	$\text{kg/cm}^2$	364
<b>2do</b>	Asentamiento de la mezcla - SLUMP	pulg.	7"
<b>3ero</b>	Tamaño máximo nominal del agregado grueso	pulg.	½"
<b>4to</b>	Volumen unitario del agua de diseño	$\text{lt/m}^3$	228
<b>5to</b>	Contenido de aire atrapado	%	2.50
<b>6to</b>	Relación de agua /cemento de la mezcla		0.47
<b>7mo</b>	Cálculo de cantidad de cemento	$\text{kg/m}^3$	489.27
<b>8vo</b>	Determinar el volumen de la pasta	$\text{m}^3$	0.4309
<b>9no</b>	Determinar el volumen de agregados	$\text{m}^3$	0.5691
	Volumen de agregado grueso	$\text{m}^3$	0.3993
	Volumen de agregado fino	$\text{m}^3$	0.1698
<b>10mo</b>	Pesos secos del agregado		
	Peso seco del agregado grueso	$\text{kg/m}^3$	1018.64
	Peso seco del agregado fino	$\text{kg/m}^3$	461.21
<b>11avo</b>	Peso húmedo del agregado		
	Peso húmedo del agregado grueso	$\text{kg/m}^3$	1029.84
	Peso húmedo del agregado fino	$\text{kg/m}^3$	466.28
<b>12avo</b>	Ajuste del agua de diseño por humedad y absorción		
	Agua de diseño	$\text{lt/m}^3$	228
	Agua efectiva	$\text{lt/m}^3$	227

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°56**

*Dosificación del concreto patrón de resistencia  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$*

Dosificación del concreto patrón de resistencia f'c=280 kg/cm²												
Materiales	Proporción en peso						Proporción en volumen					
	Proporción	Por bolsa de cemento		Por m³ de concreto		Proporción	Por bolsa de cemento		Por m³ de concreto			
Cemento	1.00	kg	1.00	bls	11.51	bls	1.00	m³	1.00	bls	11.51	bls
Agregado fino	0.95	kg	40.50	kg	466.28	kg	0.90	m³	0.0256	m³	0.30	m³
Agregado grueso	2.10	kg	89.45	kg	1029.84	kg	2.16	m³	0.0611	m³	0.70	m³
Agua	0.47	lt	19.76	lt	227.47	lt	0.70	m³	19.76	lt	227.47	lt

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1.2. Diseño de mezcla del concreto patrón $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°57**

*Condiciones del diseño de mezcla de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$*

Condiciones de diseño	
Resistencia a la compresión $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	350
SLUMP (pulg)	7"
Incorporador de aire	No

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°58**

*Características físico-mecánicas de los componentes del diseño de mezcla*

Caracterización de los componentes de la mezcla			
Cemento		Agregado grueso	
Tipo de cemento	HS (Yura)	Contenido de humedad (%)	1.62
Peso específico ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.75	Porcentaje de finos (%)	1.06
Peso unitario suelto ( $\text{kg/m}^3$ )	1500	Módulo de fineza (MF)	6.83
Agregado fino		Tamaño máximo absoluto (pulg.)	$\frac{3}{4}$ "
Contenido de humedad (%)	2.11	Tamaño máximo nominal (pulg.)	$\frac{1}{2}$ "
Porcentaje de finos (%)	3.84	Peso específico ( $\text{gr/cm}^3$ )	2.55
Módulo de fineza (MF)	2.12	Porcentaje de absorción (%)	0.98

Caracterización de los componentes de la mezcla			
Gravedad específica (gr/cm <sup>3</sup> )	2.72	Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1462.95
Porcentaje de absorción (%)	1.25	Peso unitario compactado (kg/m <sup>3</sup> )	1648.40
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1579.72	Resistencia a la abrasión (%)	29.77
Agua			
Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	1.00		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°59**

*Proceso del diseño de mezcla de resistencia  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>*

Secuencia de pasos del diseño de la mezcla de 350 kg/cm <sup>2</sup>			
<b>1ero</b>	Resistencia de diseño ( $f'c$ )	kg/cm <sup>2</sup>	434
<b>2do</b>	Asentamiento de la mezcla - SLUMP	pulg.	7"
<b>3ero</b>	Tamaño máximo nominal del agregado grueso	pulg.	½"
<b>4to</b>	Volumen unitario del agua de diseño	lt/m <sup>3</sup>	228
<b>5to</b>	Contenido de aire atrapado	%	2.50
<b>6to</b>	Relación de agua /cemento de la mezcla		0.40
<b>7mo</b>	Cálculo de cantidad de cemento	kg/m <sup>3</sup>	575.76
<b>8vo</b>	Determinar el volumen de la pasta	m <sup>3</sup>	0.4624
<b>9no</b>	Determinar el volumen de agregados	m <sup>3</sup>	0.5376
	Volumen de agregado grueso	m <sup>3</sup>	0.3993
	Volumen de agregado fino	m <sup>3</sup>	0.1384
<b>10mo</b>	Pesos secos del agregado		
	Peso seco del agregado grueso	kg/m <sup>3</sup>	1018.64
	Peso seco del agregado fino	kg/m <sup>3</sup>	375.80
<b>11avo</b>	Peso húmedo del agregado		
	Peso húmedo del agregado grueso	kg/m <sup>3</sup>	1029.84
	Peso húmedo del agregado fino	kg/m <sup>3</sup>	379.93
<b>12avo</b>	Ajuste del agua de diseño por humedad y absorción		
	Agua de diseño	lt/m <sup>3</sup>	228



### Secuencia de pasos del diseño de la mezcla de 350 kg/cm<sup>2</sup>

Agua efectiva	lt/m <sup>3</sup>	227
---------------	-------------------	-----

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°60**

*Dosificación del concreto patrón de resistencia  $f'_c=350$  kg/cm<sup>2</sup>*

Dosificación del concreto patrón de resistencia $f'_c=350$ kg/cm <sup>2</sup>												
Materiales	Proporción en peso						Proporción en volumen					
	Proporción		Por bolsa de cemento		Por m <sup>3</sup> de concreto		Proporción		Por bolsa de cemento		Por m <sup>3</sup> de concreto	
Cemento	1.00	kg	1.00	bls	13.55	bls	1.00	m <sup>3</sup>	1.00	bls	13.55	bls
Agregado fino	0.66	kg	28.04	kg	379.93	kg	0.63	m <sup>3</sup>	0.0178	m <sup>3</sup>	0.24	m <sup>3</sup>
Agregado grueso	1.79	kg	76.02	kg	1029.84	kg	1.83	m <sup>3</sup>	0.0520	m <sup>3</sup>	0.70	m <sup>3</sup>
Agua	0.395	lt	16.78	lt	227.34	lt	0.59	m <sup>3</sup>	16.78	lt	227.34	lt

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2. Diseño de mezcla según el ACI 237R-07.

En esta sección de la investigación se desarrollará el diseño de mezcla y las proporciones de los componentes de la mezcla de concreto de resistencia  $f'_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'_c = 350$  kg/cm<sup>2</sup> empleando la metodología ACI 237R-07.

##### 4.2.2.1. Diseño de mezcla de resistencia $f'_c=280$ kg/cm<sup>2</sup> según el ACI 237R-07.

**Tabla N°61**

*Condiciones del diseño de mezcla de  $f'_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> según el ACI 237R-07*

Condiciones de diseño	
Resistencia a la compresión $f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	280
Incorporador de aire	No

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°62**

*Dosificación del concreto patrón de resistencia  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  según el ACI 237R-07*

Secuencia de pasos del diseño de la mezcla de $280 \text{ kg/cm}^2$			
<b>1ero</b>	Definición del Slump Flow	mm	550 a 650
<b>2do</b>	Definición de la relación de a/c		0.44
<b>3ero</b>	Definición del contenido cementicio	$\text{kg/m}^3$	395.00
<b>4to</b>	Selección del agua de diseño	$\text{lt/m}^3$	185.65
<b>5to</b>	Contenido de aire atrapado	%	2.50
<b>6to</b>	Contenido del agregado grueso	$\text{kg/m}^3$	729.76
<b>7mo</b>	Contenido de agregado fino	$\text{kg/m}^3$	878.66
<b>8vo</b>	Determinar el volumen de la pasta	$\text{m}^3$	0.379
<b>9no</b>	Determinar el volumen de agregados	$\text{m}^3$	0.621
	Volumen de agregado grueso	$\text{m}^3$	0.286
	Volumen de agregado fino	$\text{m}^3$	0.335
<b>10mo</b>	Peso húmedo del agregado		
	Peso húmedo del agregado grueso	$\text{kg/m}^3$	786.10
	Peso húmedo del agregado fino	$\text{kg/m}^3$	913.6
<b>11avo</b>	Ajuste del agua de diseño por humedad y absorción		
	Agua de diseño	$\text{lt/m}^3$	185.8
	Agua efectiva	$\text{lt/m}^3$	173.2

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.2.2. Diseño de mezcla de resistencia $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ según el ACI 237R-07.**

**Tabla N°63**

*Condiciones del diseño de mezcla de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  según el ACI 237R-07*

Condiciones de diseño	
Resistencia a la compresión $f'c$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	350
Incorporador de aire	No

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°64**

*Dosificación del concreto patrón de resistencia  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  según el ACI 237R-07*

Secuencia de pasos del diseño de la mezcla de $280 \text{ kg/cm}^2$			
<b>1ero</b>	Definición del Slump Flow	mm	550 a 650
<b>2do</b>	Definición de la relación de a/c		0.36
<b>3ero</b>	Definición del contenido cementicio	$\text{kg/m}^3$	510.00
<b>4to</b>	Selección del agua de diseño	$\text{lt/m}^3$	197.22
<b>5to</b>	Contenido de aire atrapado	%	2.50
<b>6to</b>	Contenido del agregado grueso	$\text{kg/m}^3$	729.76
<b>7mo</b>	Contenido de agregado fino	$\text{kg/m}^3$	779.83
<b>8vo</b>	Determinar el volumen de la pasta	$\text{m}^3$	0.427
<b>9no</b>	Determinar el volumen de agregados	$\text{m}^3$	0.573
	Volumen de agregado grueso	$\text{m}^3$	0.286
	Volumen de agregado fino	$\text{m}^3$	0.287
<b>10mo</b>	Peso húmedo del agregado		
	Peso húmedo del agregado grueso	$\text{kg/m}^3$	741.58
	Peso húmedo del agregado fino	$\text{kg/m}^3$	796.28
<b>11avo</b>	Ajuste del agua de diseño por humedad y absorción		
	Agua de diseño	$\text{lt/m}^3$	197.22
	Agua efectiva	$\text{lt/m}^3$	185.84

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el diseño de mezcla con la metodología ACI 237R – 07 que se obtuvo como punto de partida, se modificó de acuerdo con los ensayos de consistencia y pruebas de resistencia por lo que el resultado se muestra en las siguientes tablas.

#### 4.2.2.3. Diseño de mezcla ajustado de resistencia $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ según ACI 237R-07

**Tabla N°65**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  (6% Micro. + 0.7% Super.)*

Diseño de mezcla $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (6% Micro. + 0.7% Super)					
Materiales	Dosificación (%)	Densidad ( $\text{kg/m}^3$ )	Peso seco ( $\text{kg/m}^3$ )	Volumen absoluto	Peso húmedo ( $\text{kg/m}^3$ )
Cemento		2750	395.0	0.144	395.0
Microsílice	6.00	2200	23.7	0.011	23.7
Agua		1000	185.8	0.186	173.2
Aditivo Superplastificante	0.7	1110	2.8	0.002	2.8
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	773.5	0.303	786.1
Agregado fino		2720	894.7	0.329	913.6
<b>Total</b>			2275.5	1.00	2294.3

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°66**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  (6% Micro. + 0.8% Super.)*

Diseño de mezcla $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ (6% Micro. + 0.8% Super)					
Materiales	Dosificación (%)	Densidad ( $\text{kg/m}^3$ )	Peso seco ( $\text{kg/m}^3$ )	Volumen absoluto	Peso húmedo ( $\text{kg/m}^3$ )
Cemento		2750	395.0	0.144	395.0
Microsílice	6.00	2200	23.7	0.011	23.7
Agua		1000	185.8	0.186	173.3
Aditivo Superplastificante	0.8	1110	3.2	0.003	3.2
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	773.5	0.303	786.1
Agregado fino		2720	893.7	0.329	912.6
<b>Total</b>			2274.9	1.00	2293.7

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°67**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  (7% Micro. + 0.7% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math> (7% Micro. + 0.7% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco (kg/m3)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento		2750.00	395.0	0.144	395.0
Microsílice	7.00	2200.00	27.7	0.013	27.7
Agua		1000	185.8	0.186	173.3
Aditivo Superplastificante	0.7	1110	2.8	0.002	2.8
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	795.4	0.312	808.3
Agregado fino		2720	866.5	0.319	884.7
<b>Total</b>			2273.1	1.00	2291.7

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°68**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  (7% Micro. + 0.8% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math> (7% Micro. + 0.8% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco (kg/m3)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento		2750.00	395.0	0.144	395.0
Microsílice	7.00	2200.00	27.7	0.013	27.7
Agua		1000	185.8	0.186	173.3
Aditivo Superplastificante	0.8	1110	3.2	0.003	3.2
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	795.4	0.312	808.3
Agregado fino		2720	865.5	0.318	884.7
<b>Total</b>			2272.6	1.00	2291.2

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°69**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  (8% Micro. + 0.7% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math> (8% Micro. + 0.7% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Peso seco (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
Cemento		2750.00	395.0	0.144	395.0
Microsílice	8.00	2200.00	31.6	0.014	31.6
Agua		1000	185.8	0.186	173.3
Aditivo Superplastificante	0.7	1110	2.8	0.002	2.8
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	792.5	0.311	805.4
Agregado fino		2720	864.7	0.318	882.9
<b>Total</b>			2272.4	1.00	2291.0

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°70**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  (8% Micro. + 0.8% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math> (8% Micro. + 0.8% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Peso seco (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
Cemento		2750.00	395.0	0.144	395.0
Microsílice	8.00	2200.00	31.6	0.014	31.6
Agua		1000	185.8	0.186	173.3
Aditivo Superplastificante	0.8	1110	3.2	0.003	3.2
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	792.5	0.311	805.4
Agregado fino		2720	863.7	0.318	881.9
<b>Total</b>			2271.8	1.00	2290.4

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.2.4. Diseño de mezcla ajustado de resistencia $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ según ACI 237R-07

**Tabla N°71**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (6% Micro. + 0.6% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=350 \text{ kg/cm}^2</math> (6% Micro. + 0.6% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Peso seco (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
Cemento		2750	510.0	0.185	510.0
Microsílice	6.00	2200	30.6	0.014	30.6
Agua		1000	197.2	0.197	185.8
Aditivo Superplastificante	0.6	1110	3.1	0.003	3.1
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.0
Agregado grueso		2550	729.8	0.286	741.6
Agregado fino		2720	787.4	0.289	804.0
<b>Total</b>			2258.0	1.00	2275.0

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°72**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c= 350\text{kg/cm}^2$  (6% Micro. + 0.7% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=350 \text{ kg/cm}^2</math> (6% Micro. + 0.7% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Peso seco (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>
Cemento		2750	510.0	0.185	510.0
Microsílice	6.00	2200	30.6	0.014	30.6
Agua		1000	197.2	0.197	185.8
Aditivo Superplastificante	0.7	1110	3.6	0.003	3.6
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.0
Agregado grueso		2550	729.8	0.286	741.6
Agregado fino		2720	786.1	0.289	802.7
<b>Total</b>			2257.3	1.00	2274.3

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°73**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (7% Micro. + 0.6% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=350 \text{ kg/cm}^2</math> (7% Micro. + 0.6% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco (kg/m3)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento		2750	510.0	0.185	510.0
Microsílice	7.00	2200	35.7	0.016	35.7
Agua		1000	197.2	0.197	185.8
Aditivo Superplastificante	0.6	1110	3.1	0.003	3.1
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.0
Agregado grueso		2550	729.8	0.286	741.6
Agregado fino		2720	781.1	0.287	797.6
<b>Total</b>			2256.8	1.00	2273.7

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°74**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (7% Micro. + 0.7% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=350 \text{ kg/cm}^2</math> (7% Micro. + 0.7% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco (kg/m3)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento		2750	510.0	0.185	510.0
Microsílice	7.00	2200	35.7	0.016	35.7
Agua		1000	197.2	0.197	185.8
Aditivo Superplastificante	0.7	1110	3.6	0.003	3.6
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.0
Agregado grueso		2550	729.8	0.286	741.6
Agregado fino		2720	779.8	0.287	796.3
<b>Total</b>			2256.1	1.00	2273.0

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



**Tabla N°75**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (8% Micro. + 0.6% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=350 \text{ kg/cm}^2</math> (8% Micro. + 0.6% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco (kg/m3)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento		2750	510.0	0.185	510.0
Microsílice	8.00	2200	40.8	0.019	40.8
Agua		1000	197.2	0.197	185.9
Aditivo Superplastificante	0.6	1110	3.1	0.003	3.1
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	729.8	0.286	741.6
Agregado fino		2720	774.8	0.285	791.1
<b>Total</b>			2255.6	1.00	2272.4

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°76**

*Diseño de mezcla ajustado de resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  (8% Micro. + 0.7% Super.)*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=350 \text{ kg/cm}^2</math> (8% Micro. + 0.7% Super)</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco (kg/m3)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento		2750	510.0	0.185	510.0
Microsílice	8.00	2200	40.8	0.019	40.8
Agua		1000	197.2	0.197	185.9
Aditivo Superplastificante	0.7	1110	3.6	0.003	3.6
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	729.8	0.286	741.6
Agregado fino		2720	774.5	0.284	789.8
<b>Total</b>			2254.9	1.00	2271.7

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Ensayos En El Concreto Fresco

#### 4.3.1. Ensayo de temperatura.

Para determinar la temperatura, en el concreto en estado fresco, se registró la temperatura cada 30 segundos obteniendo una temperatura máxima, temperatura mínima y el tiempo de la temperatura máxima para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°77**

*Registro de datos y resultados del ensayo de temperatura para  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$*

Código	Fecha de vaciado	Temperatura		Tiempo de la temp. máxima
		Temp. máxima (°C)	Temp. mínima (°C)	
R280-6.0-0.7-VS*	05/05/2025	19.6	15.1	03:30
R280-6.0-0.7-VA*	05/05/2025	17.4	15.2	03:40
R280-6.0-0.8-VS	05/05/2025	19.5	15.2	03:25
R280-6.0-0.8-VA	05/05/2025	17.3	15.1	03:45
R280-7.0-0.7-VS	06/05/2025	19.7	15.3	03:40
R280-7.0-0.7-VA	06/05/2025	17.5	15.2	03:40
R280-7.0-0.8-VS	06/05/2025	19.6	15.3	03:25
R280-7.0-0.8-VA	06/05/2025	17.3	15.3	03:45
R280-8.0-0.7-VS	07/05/2025	19.6	15.3	03:40
R280-8.0-0.7-VA	07/05/2025	17.3	15.0	03:50
R280-8.0-0.8-VS	07/05/2025	19.4	15.3	03:20
R280-8.0-0.8-VA	07/05/2025	17.3	15.0	03:55

*Nota:* El termino VS se refiere al vaciado no inmerso en agua en otras palabras en seco y el termino VA se refiere al vaciado sumergido en agua. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°78**

*Registro de datos y resultados del ensayo de temperatura para  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$*

Código	Fecha de vaciado	Temperatura		Tiempo de la temp. máxima
		Temp. máxima (°C)	Temp. mínima (°C)	
R350-6.0-0.6-VS*	28/04/2025	17.6	16.0	04:20
R350-6.0-0.6-VA*	28/04/2025	20.2	16.1	03:35
R350-6.0-0.7-VS	28/04/2025	17.4	16.1	03:50
R350-6.0-0.7-VA	28/04/2025	20.3	16.0	03:15
R350-7.0-0.6-VS	29/04/2025	17.6	16.1	03:55
R350-7.0-0.6-VA	29/04/2025	20.2	16.2	03:25
R350-7.0-0.7-VS	29/04/2025	17.5	16.1	03:55
R350-7.0-0.7-VA	29/04/2025	20.3	16.2	03:20
R350-8.0-0.6-VS	30/04/2025	17.6	16.0	03:40
R350-8.0-0.6-VA	30/04/2025	20.4	16.0	03:10
R350-8.0-0.7-VS	30/04/2025	17.4	16.1	03:35
R350-8.0-0.7-VA	30/04/2025	20.3	16.1	03:45

*Nota:* El termino VS se refiere al vaciado no inmerso en agua en otras palabras en seco y el termino VA se refiere al vaciado sumergido en agua. Fuente: Elaboración propia.

#### **4.3.2. Esgurrimiento.**

##### **4.3.2.1. Ensayo de esgurrimiento (UNE 83361).**

Para determinar el esgurrimiento, en el concreto en estado fresco, se registró tres medidas del diámetro y tiempo obteniendo un promedio final para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 4.3.2.1.1. Ecurrimiento para el diseño de mezcla de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°79**

*Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Diseño		Código	N°	Ensayo T50			Promedio	
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Dp (cm)	T50 (s)
6.0	0.70	R280-6.0-0.7	1	58.70	60.80	12.76		
			2	62.50	59.20	14.33	59.72	13.23
			3	57.60	59.50	12.59		
	0.80	R280-6.0-0.8	1	55.50	52.60	12.78		
			2	57.30	58.80	10.49	56.30	11.40
			3	58.90	54.70	10.93		

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°80**

*Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Diseño		Código	N°	Ensayo T50			Promedio	
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Dp (cm)	T50 (s)
7.0	0.70	R280-7.0-0.7	1	52.20	58.10	21.17		
			2	58.00	52.00	17.92	55.00	19.09
			3	53.90	55.80	18.17		
	0.80	R280-7.0-0.8	1	76.70	62.60	15.17		
			2	68.50	64.70	18.43	67.83	16.53
			3	70.20	64.30	15.98		

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°81**

*Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Diseño		Código	N°	Ensayo T50			Promedio	
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Dp (cm)	T50 (s)
8.0	0.70	R280-8.0-0.7	1	54.60	52.50	26.65	54.87	24.89

Diseño		Código	N°	Ensayo T50			Promedio	
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Dp (cm)	T50 (s)
	0.80	R280-8.0-0.8	2	56.70	58.10	22.87	59.45	18.29
			3	52.00	55.30	25.16		
			1	59.70	56.80	19.20		
			2	62.50	60.40	16.95		
			3	57.20	60.10	18.72		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.2.1.2. Escurrimiento para el diseño de mezcla de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°82**

Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Diseño		Código	N°	Ensayo T50			Promedio	
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Dp (cm)	T50 (s)
6.0	0.60	R350-6.0-0.6	1	65.30	69.50	17.56	65.67	14.39
			2	67.40	62.10	11.32		
			3	65.40	64.30	14.28		
	0.70	R350-6.0-0.7	1	66.10	67.80	11.29	67.65	8.91
			2	65.50	68.90	6.42		
			3	69.90	67.70	9.03		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°83**

Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Diseño		Código	N°	Ensayo T50			Promedio	
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Dp (cm)	T50 (s)
7.0	0.60	R350-7.0-0.6	1	59.30	62.50	9.14	61.27	8.19
			2	62.40	61.70	7.29		
			3	61.90	59.80	8.13		
	0.70	R350-7.0-0.7	1	56.14	59.80	7.12	58.33	6.92
			2	57.14	60.50	8.54		

Diseño		Código	Nº	Ensayo T50			Promedio	
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Dp (cm)	T50 (s)
			3	57.50	58.90	5.09		

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°84**

*Registro de datos y resultados del ensayo de escurrimiento (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Diseño		Código	Nº	Ensayo T50			Promedio	
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Dp (cm)	T50 (s)
8.0	0.60	R350-8.0-0.6	1	58.40	57.20	7.41		
			2	58.30	58.10	12.16	57.45	9.93
			3	56.60	56.10	10.21		
	0.70	R350-8.0-0.7	1	57.10	58.50	10.29		
			2	58.60	58.10	5.96	58.07	7.78
			3	57.40	58.70	7.09		

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### **4.3.3. Capacidad de paso.**

##### **4.3.3.1. Ensayo de caja en L (UNE 83363).**

Para determinar la capacidad de paso, en el concreto en estado fresco, se registró tres medidas de la altura en los dos puntos definidos obteniendo un promedio final para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 4.3.3.1.1. Capacidad de paso para el diseño de mezcla de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°85**

*Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Diseño		Código	N°	Relación de caja en L			Promedio
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	H2/H1 Promedio
6.0	0.70	R280-6.0-0.7	1	9.00	8.50	0.94	0.91
			2	9.20	8.30	0.90	
			3	9.40	8.40	0.89	
	0.80	R280-6.0-0.8	1	9.60	7.90	0.82	0.85
			2	9.20	7.80	0.85	
			3	9.50	8.40	0.88	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°86**

*Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Diseño		Código	N°	Relación de caja en L			Promedio
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	H2/H1 Promedio
7.0	0.70	R280-7.0-0.7	1	8.95	8.30	0.93	0.92
			2	9.20	8.40	0.91	
			3	9.05	8.20	0.91	
	0.80	R280-7.0-0.8	1	10.50	8.60	0.82	0.85
			2	10.20	8.80	0.86	
			3	9.60	8.20	0.85	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°87**

*Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Diseño		Código	N°	Relación de caja en L			Promedio
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	H2/H1 Promedio
8.0	0.70	R280-8.0-0.7	1	10.10	8.10	0.80	0.82

Diseño		Código	N°	Relación de caja en L			Promedio
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	H2/H1 Promedio
	0.80	R280-8.0-0.8	2	9.40	7.70	0.82	0.96
			3	9.80	8.10	0.83	
			1	8.50	8.40	0.99	
			2	9.10	8.60	0.95	
			3	8.80	8.30	0.94	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.3.1.2. Capacidad de paso para el diseño de mezcla de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

Tabla N°88

Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Diseño		Código	N°	Relación de caja en L			Promedio
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	H2/H1 Promedio
6.0	0.60	R350-6.0-0.6	1	10.10	8.20	0.81	0.81
			2	9.60	8.10	0.84	
			3	10.30	8.00	0.78	
	0.70	R350-6.0-0.7	1	8.50	8.10	0.95	0.94
			2	8.90	8.00	0.90	
			3	9.10	8.70	0.96	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°89

Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Diseño		Código	N°	Relación de caja en L			Promedio
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	H2/H1 Promedio
7.0	0.60	R350-7.0-0.6	1	9.60	8.10	0.84	0.84
			2	9.50	7.90	0.83	
			3	9.70	8.10	0.84	
	0.70	R350-7.0-0.7	1	8.90	8.40	0.94	0.95
			2	9.00	8.60	0.96	



Diseño		Código	N°	Relación de caja en L			Promedio
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	H2/H1 Promedio
			3	8.80	8.40	0.95	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°90**

Registro de datos y resultados del ensayo de capacidad de paso (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Diseño		Código	N°	Relación de caja en L			Promedio
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	H2/H1 Promedio
8.0	0.60	R350-8.0-0.6	1	9.00	7.70	0.86	0.87
			2	8.90	7.80	0.88	
			3	9.00	8.00	0.89	
	0.70	R350-8.0-0.7	1	8.60	8.10	0.94	0.93
			2	8.70	8.00	0.92	
			3	8.70	8.10	0.93	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4. Viscosidad.

##### 4.3.4.1. Ensayo de embudo en V (UNE 83364).

Para determinar la viscosidad, en el concreto en estado fresco, se registró tres medidas del tiempo obteniendo un promedio final para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

##### 4.3.4.1.1. Viscosidad para el diseño de mezcla de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°91**

Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)

Diseño		Código	N°	Tiempo de embudo V	Promedio
Microsílice (%)	Superplastificante (%)			T (s)	Tp (s)
6.0	0.70	R280-6.0-0.7	1	14.53	15.82

Diseño		Código	N°	Tiempo de embudo V	Promedio
Microsílice (%)	Superplastificante (%)			T (s)	Tp (s)
			2	17.86	
			3	15.06	
	0.80	R280-6.0-0.8	1	13.50	
			2	12.48	12.32
			3	10.97	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°92**

*Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Diseño		Código	N°	Tiempo de embudo V	Promedio
Microsílice (%)	Superplastificante (%)			T (s)	Tp (s)
			1	18.93	
	0.70	R280-7.0-0.7	2	16.77	17.81
			3	17.72	
7.0			1	13.87	
	0.80	R280-7.0-0.8	2	15.56	14.18
			3	13.10	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°93**

*Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Diseño		Código	N°	Tiempo de embudo V	Promedio
Microsílice (%)	Superplastificante (%)			T (s)	Tp (s)
			1	17.13	
	0.70	R280-8.0-0.7	2	19.28	18.04
			3	17.71	
8.0			1	15.63	
	0.80	R280-8.0-0.8	2	14.79	15.74
			3	16.80	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.4.1.2. Viscosidad para el diseño de mezcla de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°94**

*Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Diseño		Código	N°	Tiempo de embudo V	Promedio
Microsílice (%)	Superplastificante (%)			T (s)	Tp (s)
6.0	0.60	R350-6.0-0.6	1	19.08	21.76
			2	21.34	
			3	24.85	
	0.70	R350-6.0-0.7	1	10.48	14.39
			2	19.56	
			3	13.12	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°95**

*Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Diseño		Código	N°	Tiempo de embudo V	Promedio
Microsílice (%)	Superplastificante (%)			T (s)	Tp (s)
7.0	0.60	R350-7.0-0.6	1	16.43	15.84
			2	12.89	
			3	18.21	
	0.70	R350-7.0-0.7	1	12.18	14.81
			2	17.56	
			3	14.68	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°96**

*Registro de datos y resultados del ensayo de Viscosidad (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Diseño		Código	N°	Tiempo de embudo V	Promedio
Microsílice (%)	Superplastificante (%)			T (s)	Tp (s)
8.0	0.60	R350-8.0-0.6	1	15.97	16.33
			2	17.91	
			3	14.50	
	0.70	R350-8.0-0.7	1	13.17	15.31

Diseño		Código	Nº	Tiempo de embudo V	Promedio
Microsílice (%)	Superplastificante (%)			T (s)	Tp (s)
			2	15.32	
			3	17.44	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.5. Pérdida de finos.

##### 4.3.5.1. Ensayo para la determinar la resistencia al lavado de agua (CRD-C 61-89A).

Para determinar la resistencia al lavado de agua, en el concreto en estado fresco, se registró tres medidas del peso antes del lavado y después del lavado obteniendo un promedio final para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>.

##### 4.3.5.1.1. Ensayo de pérdida de finos para el diseño de mezcla de $f'c=280$ kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla N°97

Registro de datos y resultados del ensayo de la pérdida de finos (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)

Diseño		Código	Nº	Pérdida de finos			Prom.
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			Peso 1 (kg)	Peso 2 (kg)	Pérdida de peso (%)	Pérdida de peso. (%)
6.0	0.70	R280-6.0-0.7	1	2.31	2.06	11.0	10.0
			2	2.46	2.25	9.0	
			3	2.11	1.89	10.0	
	0.80	R280-6.0-0.8	1	2.26	2.01	11.0	11.0
			2	2.15	1.90	12.0	
			3	2.08	1.90	11.0	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°98**

Registro de datos y resultados del ensayo de la pérdida de finos (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)

Diseño		Código	N°	Pérdida de finos			Prom.
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			Peso 1 (kg)	Peso 2 (kg)	Pérdida de peso (%)	Pérdida de peso. (%)
7.0	0.70	R280-7.0-0.7	1	2.140	1.970	7.90	7.0
			2	2.465	2.290	7.10	
			3	2.315	2.155	6.90	
	0.80	R280-7.0-0.8	1	2.345	2.120	9.60	9.0
			2	2.105	1.925	8.60	
			3	2.495	2.245	10.0	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°99**

Registro de datos y resultados del ensayo de la pérdida de finos (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)

Diseño		Código	N°	Pérdida de finos			Prom.
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			Peso 1 (kg)	Peso 2 (kg)	Pérdida de peso (%)	Pérdida de peso. (%)
8.0	0.70	R280-8.0-0.7	1	2.200	2.055	6.60	7.0
			2	2.165	2.015	6.90	
			3	2.370	2.225	6.10	
	0.80	R280-8.0-0.8	1	2.280	2.110	7.50	7.0
			2	2.025	1.905	5.90	
			3	2.320	2.160	6.90	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.5.1.2. Ensayo de pérdida de finos para el diseño de mezcla de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°100**

Registro de datos y resultados del ensayo de la pérdida de finos (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Diseño		Código	N°	Pérdida de finos			Prom.
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			Peso 1 (kg)	Peso 2 (kg)	Pérdida de peso (%)	Pérdida de peso. (%)
6.0	0.60	R350-6.0-0.6	1	2.425	2.285	6.0	6.0

Diseño		Código	Nº	Pérdida de finos			Prom.
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			Peso 1 (kg)	Peso 2 (kg)	Pérdida de peso (%)	Pérdida de peso. (%)
		R350-6.0-0.7	2	2.725	2.545	7.0	8.0
			3	2.525	2.370	6.0	
			1	2.436	2.111	8.0	
	0.7		2	2.125	1.905	8.0	
	3		2.339	2.124	7.0		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°101**

Registro de datos y resultados del ensayo de la pérdida de finos (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Diseño		Código	Nº	Pérdida de finos			Prom.
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			Peso 1 (kg)	Peso 2 (kg)	Pérdida de peso (%)	Pérdida de peso. (%)
7.0	0.60	R350-7.0-0.6	1	2.578	2.370	8.10	7.0
			2	2.241	2.030	9.40	
			3	2.875	2.735	4.90	
	0.7	R350-7.0-0.7	1	2.100	1.970	6.20	8.0
			2	2.286	2.095	8.40	
			3	2.312	2.125	8.10	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°102**

Registro de datos y resultados del ensayo de la pérdida de finos (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Diseño		Código	Nº	Pérdida de finos			Prom.
Microsílice (%)	Super plastificante (%)			Peso 1 (kg)	Peso 2 (kg)	Pérdida de peso (%)	Pérdida de peso. (%)
8.0	0.60	R350-8.0-0.6	1	2.289	2.149	6.12	6.0
			2	2.468	2.257	8.55	
			3	2.070	1.980	4.35	
	0.7	R350-8.0-0.7	1	2.251	2.122	5.73	6.0
			2	2.145	2.015	3.55	
			3	2.480	2.351	4.43	

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4. Ensayos En El Concreto Endurecido

##### 4.4.1. Resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos (ASTM C39/NTP 3339.034).

Para determinar la resistencia a la compresión, en el concreto en estado endurecido, se registró la carga máxima asimismo tres medidas del diámetro y la altura obteniendo un promedio final para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

El molde del espécimen prismático tiene como dimensiones de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura.

El ensayo se realizó con una velocidad de 450 kgf/min de acuerdo con la norma NTP 339.034.

##### 4.4.1.1. Resistencia A La Compresión Para El Diseño De Mezcla De $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°103**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (6% Micro. + 0.7% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-280 6.0 0.7	7	15.00	30.06	2.32	265.60	260.85	196.00	VI
	7	15.07	30.23	2.26	256.10			Ib
	14	14.95	29.85	2.35	291.10	289.95	224.00	III
	14	14.93	29.70	2.37	288.80			III
	28	14.87	29.55	2.42	327.10	319.35	280.00	III
	28	15.11	29.60	2.32	324.00			III
	<b>Promedio ensayo N°1</b>				<b>325.55</b>			
	28	15.07	29.85	2.33	312.60			III
	28	14.95	29.93	2.34	310.10			III
	<b>Promedio ensayo N°2</b>				<b>311.35</b>			
	28	14.87	29.55	2.42	318.60			Ila
	28	15.04	30.03	2.32	323.70			III
	<b>Promedio ensayo N°3</b>				<b>321.15</b>			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°104**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (6% Micro. + 0.8% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-280 6.0 0.8	7	15.10	30.05	2.34	199.90	231.40	196.00	Ila
	7	15.05	30.13	2.34	262.90			III
	14	15.00	29.40	2.39	250.20	277.70	224.00	III
	14	14.87	29.60	2.43	305.20			III
	28	15.02	30.23	2.33	306.80	303.98	280.00	Ila
	28	15.08	30.15	2.49	288.10			III
	<b>Promedio ensayo N°1</b>				<b>297.45</b>			
	28	15.00	29.90	2.35	317.10			III
	28	15.03	29.93	2.30	304.40			III
	<b>Promedio ensayo N°2</b>				<b>310.75</b>			
	28	14.95	29.85	2.35	302.30			III
	28	15.01	29.98	2.36	305.20			III
	<b>Promedio ensayo N°3</b>				<b>303.75</b>			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°105**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (7% Micro. + 0.7% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-280 7.0 0.7	7	14.98	29.93	2.33	247.40	240.35	196.00	III
	7	14.95	29.93	2.34	233.30			III
	14	15.03	29.93	2.30	272.60	265.25	224.00	III
	14	15.03	29.93	2.30	257.60			III
	28	15.10	29.93	2.35	295.50	300.03	280.00	III
	28	14.97	30.20	2.39	285.20			III
	<b>Promedio ensayo N°1</b>				<b>290.35</b>			
	28	14.87	29.60	2.43	315.50			III
	28	15.03	29.93	2.30	302.80			III
	<b>Promedio ensayo N°2</b>				<b>309.15</b>			
	28	15.03	30.03	2.36	291.80			IIf



Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
	28	15.02	30.10	2.36	309.40			III
<b>Promedio ensayo N°3</b>					<b>300.60</b>			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°106**

Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (7% Micro. + 0.8% Super.)

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-280 7.0 0.8	7	14.95	29.43	2.36	187.50	192.65	196.00	III
	7	14.95	29.38	2.46	197.80			III
	14	15.00	29.98	2.34	290.90	282.00	224.00	III
	14	15.03	29.98	2.33	273.10			IIb
	29	14.97	29.95	2.41	332.10			III
	29	14.87	30.00	2.48	342.40			III
	<b>Promedio ensayo N°1</b>				<b>337.25</b>			
	29	14.88	29.80	2.39	308.80			III
	28	15.05	30.35	2.41	318.30	321.95	280.00	III
	<b>Promedio ensayo N°2</b>				<b>313.55</b>			
	29	15.03	29.93	2.30	311.80			IIb
	28	15.02	30.06	2.31	318.30			III
	<b>Promedio ensayo N°3</b>				<b>315.05</b>			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°107**

Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (8% Micro. + 0.7% Super.)

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-280 8.0 0.7	7	14.93	29.98	2.32	246.70	233.90	196.00	III
	7	15.05	30.35	2.41	221.10			III
	14	15.07	30.10	2.33	254.90	262.35	224.00	IIb
	14	15.12	30.18	2.29	269.80			IIa
	29	15.13	30.20	2.43	334.10			IV

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
	29	15.22	29.88	2.28	328.00			III
		<b>Promedio ensayo N°1</b>			<b>331.05</b>			
	29	15.10	30.13	2.37	341.00			III
	28	15.05	30.09	2.35	341.90	338.17	280.00	III
		<b>Promedio ensayo N°2</b>			<b>341.45</b>			
	29	14.87	30.00	2.48	344.60			III
	28	15.05	30.09	2.35	339.40			III
		<b>Promedio ensayo N°3</b>			<b>342.00</b>			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°108**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (8% Micro. + 0.8% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-280 8.0 0.8	7	14.82	29.85	2.41	229.30	230.30	196.00	III
	7	14.90	29.70	2.38	231.30			III
	14	14.90	30.15	2.42	255.80	244.50	224.00	III
	14	15.02	30.15	2.40	233.20			III
	29	14.83	29.83	2.43	299.90			III
	29	14.80	29.78	2.42	325.00			III
		<b>Promedio ensayo N°1</b>			<b>312.45</b>			
	29	14.88	29.80	2.45	318.00			III
	28	15.04	30.03	2.36	300.50	305.07	280.00	III
		<b>Promedio ensayo N°2</b>			<b>309.45</b>			
	28	15.10	29.93	2.35	287.80			Va
	28	15.04	30.03	2.36	298.80			III
		<b>Promedio ensayo N°3</b>			<b>305.07</b>			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.1.2. Resistencia a la compresión para el diseño de mezcla de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°109**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (6% Micro. + 0.6% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-350 6.0 0.6	7	14.99	30.04	2.32	260.50	251.30	245.00	III
	7	14.93	30.23	2.29	242.10			Ib
	14	14.89	29.87	2.37	286.50	276.35	280.00	Ia
	14	14.91	29.90	2.34	260.20			IIa
	28	14.76	29.77	2.44	327.80	330.08	350.00	III
	28	15.09	29.68	2.32	342.60			III
	<b>Promedio ensayo N°1</b>				<b>335.2</b>			
	28	15.03	29.91	2.45	329.80			IV
	28	15.00	30.04	2.36	325.30			III
	<b>Promedio ensayo N°2</b>				<b>327.55</b>			
	28	15.07	30.08	2.39	329.40			III
	28	15.07	30.04	2.33	325.60			III
	<b>Promedio ensayo N°3</b>				<b>327.50</b>			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°110**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (6% Micro. + 0.7% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-350 6.0 0.7	7	15.10	30.11	2.32	237.90	250.10	245.00	Ib
	7	15.01	30.14	2.37	262.50			IV
	14	14.86	28.80	2.48	318.11	318.60	280.00	III
	14	14.78	29.60	2.46	309.38			III
	28	15.02	30.23	2.30	366.51	330.08	350.00	Ib
	28	15.07	30.27	2.45	355.30			IV
	<b>Promedio ensayo N°1</b>				<b>360.90</b>			
	28	15.00	29.84	2.28	381.20			Vb

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
	28	14.93	29.90	2.39	372.50	371.27	350.00	III
		<b>Promedio ensayo N°2</b>			<b>376.85</b>			
	28	14.76	29.77	2.40	386.40			III
	28	14.99	29.98	2.36	365.70			III
		<b>Promedio ensayo N°3</b>			<b>376.05</b>			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°111**

Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (7% Micro. + 0.6% Super.)

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-350 7.0 0.6	7	15.01	29.95	2.34	294.50	292.25	245.00	III
	7	14.94	29.95	2.34	290.00			IV
	14	15.01	29.95	2.30	335.40	330.65	280.00	IV
	14	15.03	29.92	2.30	325.90			IV
	28	15.08	29.92	2.49	360.00			Iib
	28	14.98	30.19	2.48	352.20			III
		<b>Promedio ensayo N°1</b>			<b>356.10</b>			
	28	15.02	30.00	2.44	345.40			Ila
	28	15.00	30.04	2.37	362.90	354.28	350.00	III
		<b>Promedio ensayo N°2</b>			<b>354.15</b>			
	28	15.01	30.14	2.37	358.80			III
	28	15.03	30.05	2.38	346.40			III
		<b>Promedio ensayo N°3</b>			<b>352.60</b>			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°112**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (7% Micro. + 0.7% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-350 7.0 0.7	9	14.95	29.42	2.36	319.50	314.55	245.00	IV
	9	14.95	29.37	2.56	309.60			IV
	14	15.02	29.99	2.33	319.20	331.80	280.00	IV
	14	15.03	30.00	2.33	344.40			Vb
	28	14.96	29.96	2.41	368.00	360.65	350.00	VI
	28	14.86	30.00	2.48	347.50			IIa
	<b>Promedio ensayo N°1</b>				<b>357.75</b>			
	28	14.88	29.80	2.39	366.40			III
	28	15.03	30.00	2.40	368.40			III
	<b>Promedio ensayo N°2</b>				<b>367.40</b>			
	28	14.98	30.04	2.38	345.20			IIa
	28	15.02	29.90	2.36	368.40			III
	<b>Promedio ensayo N°3</b>				<b>356.80</b>			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°113**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (8% Micro. + 0.6% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-350 8.0 0.6	8	14.92	29.99	2.33	338.90	324.10	245.00	III
	8	15.05	30.34	2.41	309.30			III
	14	15.08	30.12	2.29	352.70	339.45	280.00	IV
	14	15.11	30.18	2.43	326.20			Vb
	28	15.13	30.19	2.43	362.50	359.97	350.00	Vb
	28	15.24	29.87	2.28	359.10			VI
	<b>Promedio ensayo N°1</b>				<b>360.80</b>			
	28	15.11	30.15	2.37	353.60			IIb
	28	15.05	30.09	2.37	367.10			III
	<b>Promedio ensayo N°2</b>				<b>360.35</b>			

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
	28	15.08	30.13	2.40	356.20			III
	28	15.09	30.04	2.35	361.30			III
<b>Promedio ensayo N°3</b>					<b>358.75</b>			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°114**

*Registro de datos y resultados del ensayo de resistencia a la compresión (8% Micro. + 0.7% Super.)*

Cód.	Días	Diám. prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Prom. de Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo requerido (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo de falla
R-350 8.0 0.7	7	14.82	29.79	2.37	309.60	31.50	245.00	III
	7	14.90	29.84	2.36	293.40			III
	14	14.91	30.13	2.51	338.20	336.75	280.00	III
	14	15.00	30.18	2.33	335.30			III
	28	14.82	29.81	2.43	419.50			III
	28	14.80	29.78	2.42	399.20			III
		<b>Promedio ensayo N°1</b>			<b>409.35</b>			
	28	14.90	29.90	2.50	381.00			III
	28	15.03	30.00	2.40	390.50	394.90	350.00	III
		<b>Promedio ensayo N°2</b>			<b>385.75</b>			
	28	14.98	30.06	2.38	406.20			Vb
	28	15.05	30.04	2.36	373.00			III
		<b>Promedio ensayo N°3</b>			<b>389.60</b>			

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### **4.5. Resistencia A La Flexión Del Concreto En Vigas Simplemente Apoyadas Con Cargas En Los Tercios Del Tramo (ASTM C78/NTP 3339.183).**

Para determinar la resistencia a la flexión, en el concreto en estado endurecido, se registró la carga máxima asimismo tres medidas del ancho, la altura y de la ubicación de la línea de falla obteniendo un promedio final para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

El molde del espécimen prismático tiene como dimensiones de 15 cm de ancho, 15 cm de altura y 45 cm de longitud.

El ensayo se realizó con una velocidad de 1 Mpa/min de acuerdo con la norma NTP 339.183.

#### 4.5.1. Resistencia a la flexión para el diseño de mezcla de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°115**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (6% Micro. + 0.7% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga del punto de rotura (kg)	Módulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )
R-280-6.0-0.7	28	15.25	15.05	45.00	Tercio central	2135.06	27.82
	28	15.15	15.25	45.00	Tercio central	4119.98	52.62

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°116**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (6% Micro. + 0.8% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga del punto de rotura (kg)	Módulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )
R-280-6.0-0.8	28	15.00	15.05	45.00	Tercio central	3264.05	43.23
	28	15.15	15.10	45.00	Tercio central	4093.67	53.86

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°117**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (7% Micro. + 0.7% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (kg)	Módulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )
R-280-7.0-0.7	28	15.20	15.10	45.00	Tercio central	3443.22	44.71
	28	15.15	15.20	45.00	Tercio central	2992.80	38.48

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°118***Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (7% Micro. + 0.8% Super.)*

<b>Código</b>	<b>Días</b>	<b>Ancho prom. (cm)</b>	<b>Altura prom. (cm)</b>	<b>Long. libre de la luz (cm)</b>	<b>Ubicación de la falla</b>	<b>Carga en el punto de rotura (kg)</b>	<b>Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
R-280-7.0-0.8	28	15.05	15.15	45.00	Tercio central	2613.15	34.04
	28	15.10	15.30	45.00	Tercio central	3425.53	43.61

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.**Tabla N°119***Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (8% Micro. + 0.7% Super.)*

<b>Código</b>	<b>Días</b>	<b>Ancho prom. (cm)</b>	<b>Altura prom. (cm)</b>	<b>Long. libre de la luz (cm)</b>	<b>Ubicación de la falla</b>	<b>Carga en el punto de rotura (kg)</b>	<b>Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
R-280-8.0-0.7	28	15.10	15.35	45.00	Tercio central	2991.90	37.84
	28	15.05	15.15	45.00	Tercio central	3139.31	40.90

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.**Tabla N°120***Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (8% Micro. + 0.8% Super.)*

<b>Código</b>	<b>Días</b>	<b>Ancho prom. (cm)</b>	<b>Altura prom. (cm)</b>	<b>Long. libre de la luz (cm)</b>	<b>Ubicación de la falla</b>	<b>Carga en el punto de rotura (kg)</b>	<b>Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
R-280-8.0-0.8	28	15.15	15.15	45.00	Tercio central	3088.51	39.97
	28	15.30	15.20	45.00	Tercio central	3983.90	50.72

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



#### 4.5.2. Resistencia a la flexión para el diseño de mezcla de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°121**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (6% Micro. + 0.6% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (kg)	Módulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )
R-350-6.0-0.6	28	15.20	15.10	45.00	Tercio central	3331.18	43.25
	28	15.10	15.10	45.00	Tercio central	2372.74	31.01

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°122**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (6% Micro. + 0.7% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (kg)	Módulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )
R-350-6.0-0.7	28	15.25	15.15	45.00	Tercio central	2940.19	37.80
	28	15.00	15.15	45.00	Tercio central	3143.85	41.09

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°123**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (7% Micro. + 0.6% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (kg)	Módulo de rotura ( $\text{kg/cm}^2$ )
R-350-7.0-0.6	28	15.30	15.30	45.00	Tercio central	2705.23	33.99
	28	15.05	15.10	45.00	Tercio central	3506.72	45.99

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°124**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (7% Micro. + 0.6% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (kg)	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
R-350-7.0-0.7	28	15.10	15.30	45.00	Tercio central	3543.01	45.11
	28	15.20	15.05	45.00	Tercio central	2936.56	38.38

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°125**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (8% Micro. + 0.6% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (kg)	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
R-350-8.0-0.6	28	15.30	15.45	45.00	Tercio central	4177.13	51.47
	28	15.10	15.10	45.00	Tercio central	3221.87	42.11

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°126**

*Registro de datos y resultados del ensayo de módulo de rotura (8% Micro. + 0.7% Super.)*

Código	Días	Ancho prom. (cm)	Altura prom. (cm)	Long. libre de la luz (cm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (kg)	Módulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> )
R-350-8.0-0.7	28	15.15	15.10	45.00	Tercio central	4102.29	53.44
	28	15.30	15.15	45.00	Tercio central	3749.40	48.05

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### **4.6. Ensayos Para Determinar La Porosidad Del Concreto (ASTM-C642).**

Para determinar la porosidad, en el concreto en estado endurecido, se registró dos medidas de la masa saturada de ebullición, dos medidas de masa seca y dos medidas de la masa aparente inmersa en agua, utilizando estos datos se obtiene el volumen del espacio poroso permeable

obteniendo un promedio final para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

#### 4.6.1. Porosidad para el diseño de mezcla de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°127**

*Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Código	Nº	Masa seca al horno (gr)	Masa saturada de ebullición (gr)	Masa aparente (gr)	Volumen del espacio poroso permeable (%)	Promedio (%)
R280-6.0-0.7	1	4221.05	4281.18	2254.7	3.48	3.10
	2	4797.18	4851.73	2850.3	2.73	
R280-6.0-0.8	1	4288.64	4345.79	2504.4	3.10	3.27
	2	3527.02	3579.07	2064.9	3.44	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°128**

*Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Código	Nº	Masa seca al horno (gr)	Masa saturada de ebullición (gr)	Masa aparente (gr)	Volumen del espacio poroso permeable (%)	Promedio (%)
R280-7.0-0.7	1	4096.37	4138.32	2502.8	2.56	2.61
	2	4258.56	4304.81	2558.2	2.65	
R280-7.0-0.8	1	3911.73	3964.29	2280.7	3.12	3.02
	2	4380.19	4436.38	2508.1	2.91	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°129**

*Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Código	Nº	Masa seca al horno (gr)	Masa saturada de ebullición (gr)	Masa aparente (gr)	Volumen del espacio poroso permeable (%)	Promedio (%)
R280-8.0-0.7	1	4087.17	4134.85	2332.1	2.64	2.45
	2	3587.02	3618.93	2198.7	2.25	
R280-8.0-0.8	1	4208.52	4257.10	2479.7	2.73	2.65
	2	3811.95	3853.42	2237.5	2.57	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°130**

*Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (0.0% Micro. + 0.0% Super.)*

Código	N°	Masa seca al horno (gr)	Masa saturada de ebullición (gr)	Masa aparente (gr)	Volumen del espacio poroso permeable (%)	Promedio (%)
R280-0.0-0.0	1	3965.82	4062.81	2544.9	6.39	6.34
	2	3876.26	3969.76	2481.3	6.28	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### **4.6.2. Porosidad para el diseño de mezcla de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

**Tabla N°131**

*Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Código	N°	Masa seca al horno (gr)	Masa saturada de ebullición (gr)	Masa aparente (gr)	Volumen del espacio poroso permeable (%)	Promedio (%)
R350-6.0-0.6	1	2966.01	3010.20	1749.8	3.51	3.47
	2	4031.87	4091.73	2346.9	3.43	
R350-6.0-0.7	1	3370.15	3422.14	1994.3	3.64	3.42
	2	4168.53	4277.66	2379.0	3.20	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°132**

*Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Código	N°	Masa seca al horno (gr)	Masa saturada de ebullición (gr)	Masa aparente (gr)	Volumen del espacio poroso permeable (%)	Promedio (%)
R350-7.0-0.6	1	2169.92	2201.48	1264.7	3.37	3.30
	2	4204.77	4263.71	2439.5	3.23	
R350-7.0-0.7	1	2229.58	2259.13	1293.7	3.06	3.04
	2	3585.73	3632.90	2073.6	3.03	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°133**

*Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Código	Nº	Masa seca al horno (gr)	Masa saturada de ebullición (gr)	Masa aparente (gr)	Volumen del espacio poroso permeable (%)	Promedio (%)
R350-8.0-0.6	1	4001.38	4044.54	2365.3	2.57	2.79
	2	2831.06	2867.10	1672.1	3.02	
R350-8.0-0.7	1	4091.66	4140.02	2402.7	2.78	2.74
	2	3253.59	3290.45	1903.4	2.69	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°134**

*Registro de datos y resultados del ensayo de porosidad (0.0% Micro. + 0.0% Super.)*

Código	Nº	Masa seca al horno (gr)	Masa saturada de ebullición (gr)	Masa aparente (gr)	Volumen del espacio poroso permeable (%)	Promedio (%)
R350-0.0-0.0	1	4008.02	4129.17	2587.0	6.59	6.46
	2	3893.32	4007.01	2508.2	6.34	

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

#### **4.7. Ensayo Para Determinar La Permeabilidad Del Concreto Al Agua (NTC-4483).**

Para determinar la permeabilidad, en el concreto en estado endurecido, se registró tres medidas de la penetración del agua obteniendo un promedio final para cada diseño de mezcla con la dosificación especificada en cada tabla para las resistencias de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ . El molde del espécimen prismático tiene como mínimo dimensiones de 10 cm de ancho y 10 cm de altura.

El ensayo se realizó con una presión de 0.50 Mpa (50 metros de agua) de acuerdo con la norma NTC-4483.

#### 4.7.1. Permeabilidad para el diseño de mezcla de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°135**

*Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (6% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Cód	N°	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R280 6.0-0.7	1	37	11.50	3.10	$1.19 \times 10^{-13}$	$1.19 \times 10^{-13}$	Baja
	2	37	10.50		$0.99 \times 10^{-13}$		Baja
	3	37	12.50		$1.40 \times 10^{-13}$		Baja
R280 6.0-0.8	1	32	12.50	3.42	$2.08 \times 10^{-13}$	$1.86 \times 10^{-13}$	Baja
	2	32	10.50		$1.55 \times 10^{-13}$		Baja
	3	32	12.50		$1.94 \times 10^{-13}$		Baja

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°136**

*Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (7% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Cód.	N°	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R280 7.0-0.7	1	38	10.00	2.61	$0.75 \times 10^{-13}$	$1.19 \times 10^{-13}$	Baja
	2	38	11.00		$0.91 \times 10^{-13}$		Baja
	3	38	10.50		$0.83 \times 10^{-13}$		Baja
R280 7.0-0.8	1	35	12.50	3.02	$1.20 \times 10^{-13}$	$0.98 \times 10^{-13}$	Baja
	2	35	10.50		$0.96 \times 10^{-13}$		Baja
	3	35	12.50		$0.87 \times 10^{-13}$		Baja

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°137**

*Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (8% Micro. + 0.7% y 0.8% Super.)*

Cód.	N°	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R280 8.0-0.7	1	39	8.50	2.45	$0.51 \times 10^{-13}$	$0.45 \times 10^{-13}$	Baja
	2	39	8.00		$0.45 \times 10^{-13}$		Baja
	3	39	7.50		$0.40 \times 10^{-13}$		Baja

Cód.	Nº	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R280 8.0-0.8	1	38	9.00	2.65	$0.62 \times 10^{-13}$	$0.62 \times 10^{-13}$	Baja
	2	38	8.50		$0.55 \times 10^{-13}$		Baja
	3	38	9.50		$0.69 \times 10^{-13}$		Baja

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°138**

Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (0.0% Micro. + 0.0 % Super.)

Cód.	Nº	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R280 0.0-0.0	1	36	32.50	6.34	$1.94 \times 10^{-12}$	$2.04 \times 10^{-12}$	Media
	2	36	35.00		$2.25 \times 10^{-12}$		Media
	3	36	32.50		$1.94 \times 10^{-12}$		Media

Nota: Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.2. Permeabilidad para el diseño de mezcla de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°139**

Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (6% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)

Cód.	Nº	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R350 6.0-0.6	1	36	14.00	3.47	$1.9 \times 10^{-13}$	$1.97 \times 10^{-13}$	Baja
	2	36	13.50		$1.83 \times 10^{-13}$		Baja
	3	36	14.50		$2.11 \times 10^{-13}$		Baja
R350 6.0-0.7	1	32	14.50	3.42	$2.08 \times 10^{-13}$	$1.86 \times 10^{-13}$	Baja
	2	32	12.50		$1.55 \times 10^{-13}$		Baja
	3	32	14.00		$1.94 \times 10^{-13}$		Baja

Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°140**

*Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (7% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Cód.	N°	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R350 7.0-0.6	1	34	11.50	3.30	$1.26 \times 10^{-13}$	$1.72 \times 10^{-13}$	Baja
	2	34	13.00		$1.61 \times 10^{-13}$		Baja
	3	34	15.50		$2.29 \times 10^{-13}$		Baja
R350 7.0-0.7	1	33	13.50	3.04	$1.60 \times 10^{-13}$	$1.53 \times 10^{-13}$	Baja
	2	33	13.00		$1.49 \times 10^{-13}$		Baja
	3	33	13.00		$1.49 \times 10^{-13}$		Baja

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°141**

*Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (8% Micro. + 0.6% y 0.7% Super.)*

Cód.	N°	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R350 8.0-0.6	1	36	10.50	3.30	$0.90 \times 10^{-13}$	$0.90 \times 10^{-13}$	Baja
	2	36	09.50		$0.73 \times 10^{-13}$		Baja
	3	36	11.50		$1.07 \times 10^{-13}$		Baja
R350 8.0-0.7	1	35	9.50	3.04	$0.71 \times 10^{-13}$	$0.74 \times 10^{-13}$	Baja
	2	33	10.00		$0.79 \times 10^{-13}$		Baja
	3	33	9.50		$0.71 \times 10^{-13}$		Baja

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°142**

*Registro de datos y resultados del ensayo de permeabilidad (0.0% Micro. + 0.0 % Super.)*

Cód.	N°	Días	Profun. media (mm)	Porosidad del concreto (%)	Coef. de permeabilidad al agua (m/s)	Coef. de perme. promedio (m/s)	Clasificación (NTC 4483)
R350 0.0-0.0	1	36	42.50	6.46	$3.38 \times 10^{-12}$	$3.66 \times 10^{-12}$	Media
	2	36	42.50		$3.38 \times 10^{-12}$		Media
	3	36	47.50		$4.22 \times 10^{-12}$		Media

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



## Capítulo V

### 5. Análisis Y Discusión De Resultados

#### 5.1. Análisis Y Discusión Sobre La Caracterización De Los Agregados.

Previo a la etapa de diseñar la mezcla, es importante estudiar las características de los agregados para saber si estos cumplen con los requerimientos que recomienda la normativa peruana (NTP) para elaborar concreto y para garantizar que esta mezcla tenga un desempeño adecuado.

De acuerdo con el análisis granulométrico de las partículas del agregado fino, según la NTP 400.012, se observa que la muestra presenta una buena distribución, pero está no se adecua a los límites recomendados en la normativa; presenta un valor de módulo de fineza de 2.12 el cual es un valor inferior al rango recomendado, que es entre 2.35 y 3.15 como dice la NTP 400.037; por lo que inferimos que existe un exceso de material fino en la muestra.

De la cantidad de material fino que pasa el tamiz N° 200 de las partículas del agregado fino, según la NTP 400.018 se observa que la muestra presenta un porcentaje de 3.84%. Las partículas del agregado grueso, según la norma NTP 400.018, tuvieron un porcentaje de 1.06%.

Del análisis granulométrico de las partículas del agregado grueso, se observa que la muestra presenta una buena distribución y tiene un valor de módulo de fineza de 6.82; presenta un tamaño máximo nominal de ½” y un tamaño máximo de ¾”, ubicándose dentro de los límites correspondientes al huso granulométrico N°6.

En las pruebas de peso específico y absorción, las partículas del agregado fino, cumpliendo con la norma NTP 400.022, mostraron un peso específico de masa de 2720 kg/m<sup>3</sup> y una capacidad de absorción de 1.25%. Las partículas del agregado grueso, según la norma NTP 400.021, tuvieron un peso específico de masa de 2550 kg/m<sup>3</sup> y una capacidad de absorción de 0.98%.

Además, según la norma NTP 339.185, las partículas del agregado fino presentaron un contenido de humedad de 2.11% y las partículas del agregado grueso un contenido de humedad de 1.62%. De donde se difiere que las partículas de agregado fino agregan agua a la mezcla de concreto; y de igual manera las partículas de agregado grueso.

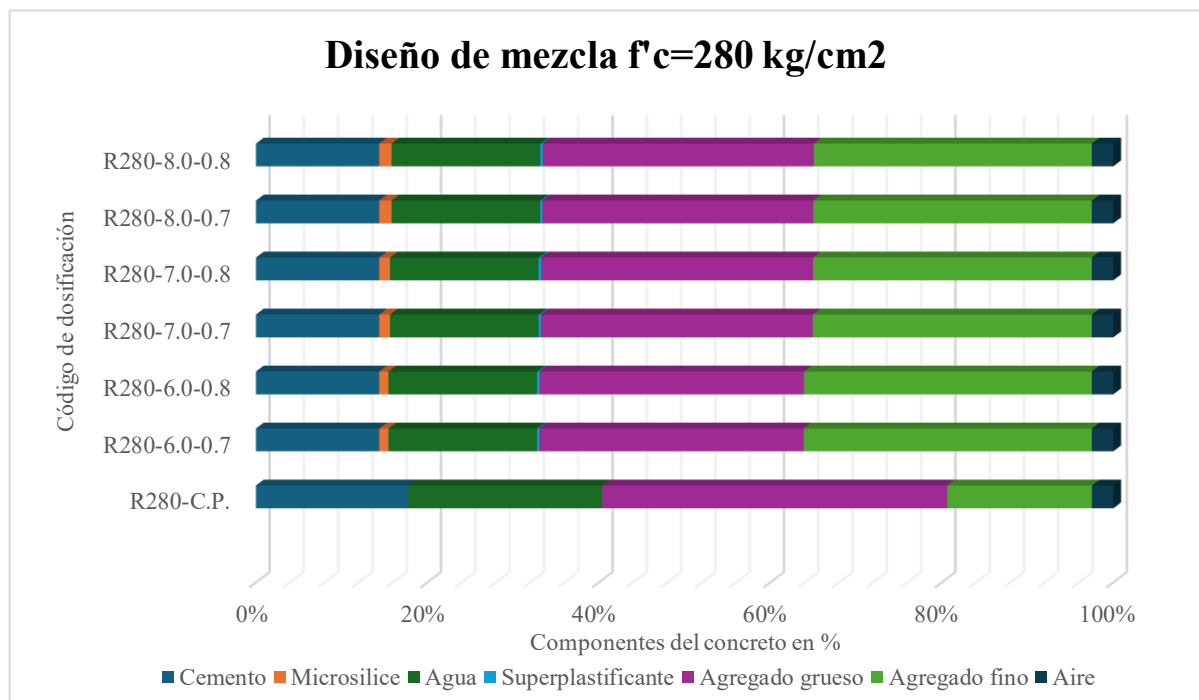
Sobre el peso por unitario, según la norma NTP 400.17, se aprecia que las partículas del agregado fino tienen un peso unitario suelto de 1579.72 kg/m<sup>3</sup> y un porcentaje de vacíos del 41.83%. Las partículas del agregado grueso tienen un peso unitario suelto de 1462.95 kg/m<sup>3</sup> y un porcentaje de vacíos del 42.66% y un peso unitario compactado de 1648.4 kg/m<sup>3</sup> y su correspondiente porcentaje de vacíos del 35.39%. De donde se infiere que un material, en su estado compactado, tienen menor espacios de vacíos.

## **5.2. Análisis Y Discusión Sobre El Diseño De Mezclas.**

Para asegurar que los componentes de un concreto no se desagreguen al momento del vertido en presencia de agua, es importante definir características de autocompactabilidad y alta resistencia a ser lavado. Por ello, el diseño de mezclas se realizó siguiendo las indicaciones del ACI 237R-07, que brinda una secuencia de pasos para el diseño de una mezcla de concreto que se autocompactante; así también se siguieron sugerencias de la ASTM 1240 donde brinda límites de adición de material cementicio para concreto; pero dichos resultados deben de ser sometidos a prueba de ensayo en laboratorio para analizar sus propiedades reológicas y comparar estos con los requeridos en el diseño. Si los resultados en los ensayos de prueba no fuesen los de requerimiento se debe de proceder con su ajuste y corrección por fluidez y ajuste de proporciones de los agregados, entre otros.

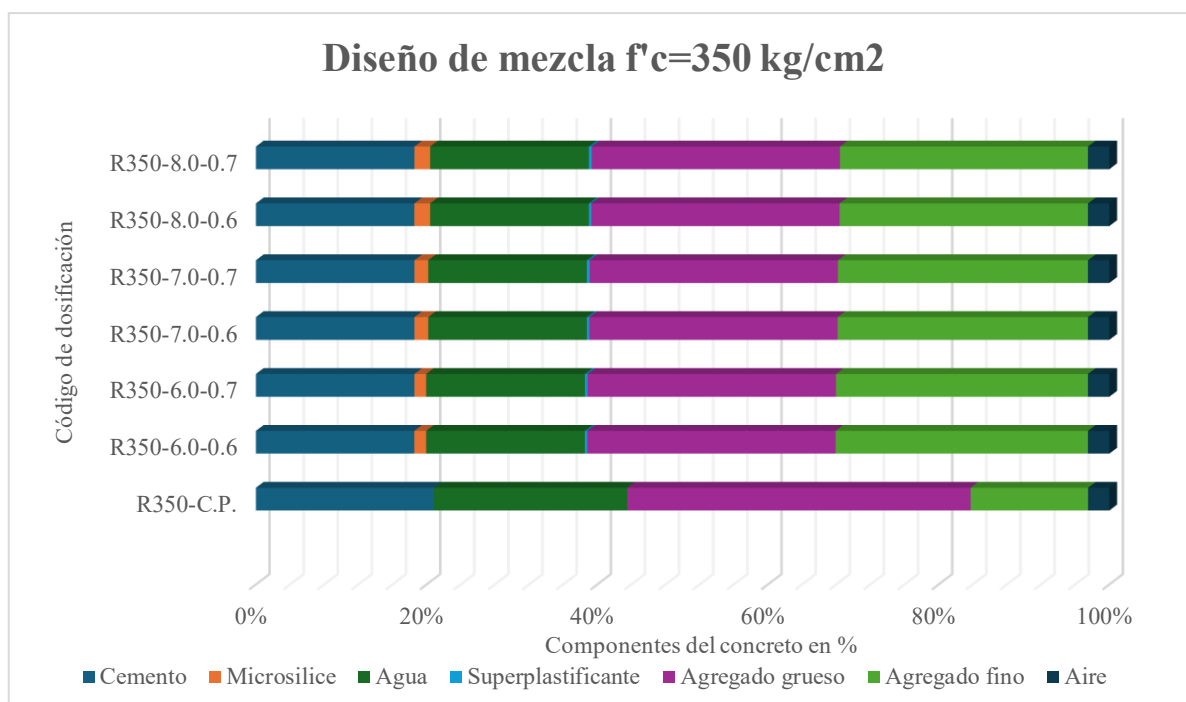
En las Gráfico N°3 y Gráfico N°4, muestra la proporción de componentes del concreto de los diseños utilizados en las mezclas, con microsilíce de marca “Sika Fume” y un aditivo superplastificante de marca “Ulmen R2027”. Se puede apreciar que la cantidad de agregado grueso y el agregado fino son casi idénticas, pero con una diferencia donde la cantidad de agregado fino es mayor que la cantidad del agregado grueso, a diferencia de los resultados usuales de concretos normales, donde se identifica el agregado grueso en mayor porcentaje. También, al aumentar la cantidad de microsilíce, se usa menor cantidad de agua y cemento.

**Gráfico N°3.** Porcentaje de componentes de las dosificaciones de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N°4.** Porcentaje de componentes de las dosificaciones de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

En resumen, en la Tabla N°143 y Tabla N°144 se presenta el porcentaje de los componentes de los diseños de mezclas. Estas mezclas poseen bastante material cementante (cemento y microsilice), una relación agua/cemento de 0.47 y una relación agua/cementante de 0.44 para el caso de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  y una relación agua/cemento de 0.39 y una relación agua/cementante de 0.36 para el caso de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°143**

*Porcentaje de los componentes de los diseños de mezcla para la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$*

$a/c^*=0.47$ $a/cte^*=0.44$	Cemento	Microsilíce	Agua	Superplas.	Agregado grueso	Agregado fino	Aire
R280 C.P.	17.79	-	22.75	-	40.39	16.96	2.5
R280 6.0-0.7	14.36	1.08	17.32	0.25	30.83	33.59	2.5
R280 6.0-0.8	14.36	1.08	17.32	0.28	30.83	33.55	2.5
R280 7.0-0.7	14.36	1.26	17.33	0.25	31.7	32.53	2.5

a/c*=0.47 a/cte*=0.44	Cemento	Microsílice	Agua	Superplas.	Agregado grueso	Agregado fino	Aire
R280 7.0-0.8	14.36	1.26	17.33	0.28	31.7	32.49	2.5
R280 8.0-0.7	14.36	1.44	17.33	0.25	31.58	32.46	2.5
R280 8.0-0.8	14.36	1.44	17.33	0.28	31.58	32.42	2.5

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°144**

*Porcentaje de los componentes de los diseños de mezcla para la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$*

a/c*=0.39 a/cte*=0.36	Cemento	Microsílice	Agua	Superplast.	Agregado grueso	Agregado fino	Aire
R350 C.P.	20.94	-	22.73	-	40.39	13.82	2.5
R350 6.0-0.6	18.55	1.39	18.58	0.28	29.08	29.56	2.5
R350 6.0-0.7	18.55	1.39	18.58	0.32	29.08	29.51	2.5
R350 7.0-0.6	18.55	1.62	18.58	0.28	29.08	29.32	2.5
R350 7.0-0.7	18.55	1.62	18.58	0.32	29.08	29.28	2.5
R350 8.0-0.6	18.55	1.85	18.59	0.28	29.08	29.09	2.5
R350 8.0-0.7	18.55	1.85	18.59	0.32	29.08	29.04	2.5

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la Tabla N°145 indica que la mayoría de las proporciones está dentro o cerca del límite para el caso de las dos resistencias excepto en el caso del contenido cementicio en la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ . Esto ocurre porque el método utilizado no toma en cuenta las condiciones especiales a las que estará expuesto un concreto que se vierte directamente al agua y en constante contacto con el agua.

**Tabla N°145***Comparación de las proporciones brindadas por el método ACI 237R-07*

Proporcionamiento de mezclas según el ACI 237R-07		Proporción promedio	
		f'c=280 kg/cm <sup>2</sup>	f'c=350 kg/cm <sup>2</sup>
Volumen absoluto del agregado grueso (%)	28-32 (>1/2", TMN) Hasta el 50 (3/8", TMN)	31.56	29.08
Fracción de la pasta (%)	34 - 40	32.95	38.75
Fracción del mortero (%)	68 - 72	65.59	68.05
Relación típica agua/material cementicio	0.32 – 0.45	0.44	0.36
Contenido de material cementicio (kg/m <sup>3</sup> )	386 - 475	426.6	550.8

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

En sus charlas, PROCEMCO (2020) resalta que el concreto que se coloca bajo el agua y que no se deslava debe tener más presencia de agregado fino. Dado que esto hace que la mezcla tenga más cohesión y evita que los materiales se pierdan por lavado.

Rochna (2003) sugiere que la cantidad de agregado grueso sea 0.55 veces la cantidad de agregado fino.

La mezcla que se diseñó obtenida contiene 51.14% de agregado fino y 45.86% de agregado grueso, lo que da una relación agua/cementante de 0.44 para la resistencia de f'c=280 kg/cm<sup>2</sup> y contiene 50.19% de agregado fino y 49.81% de agregado grueso, lo que da una relación agua/cementante de 0.36 para la resistencia de f'c=350 kg/cm<sup>2</sup>, cabe resaltar que de acuerdo con la Tabla N°145 se está dentro del rango de la fracción del mortero. Esto es diferente a lo que encontraron Diaz & Soberón (2019), quienes probaron que con 68% de arena y 32% de piedra, se pueden lograr mezclas que se autonivelante y resisten la pérdida de material fino, se presume que es por la dosificación distinta que tiene de microsílíce y superplastificante.

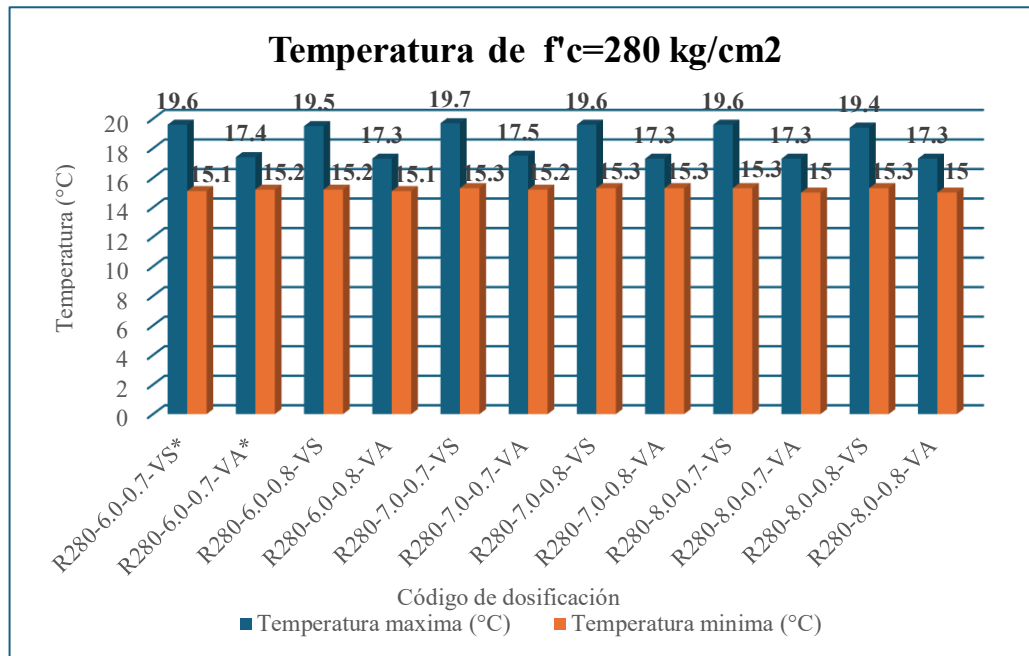
Esto se puede deber a la diferencia de las canteras de las ciudades donde se hicieron los casos de estudio además de los valores obtenidos de la granulometría de los agregados y la dosificación diferente de los aditivos.

Pero, estudios hechos en varias regiones de Perú por (Macedo E. y Miranda J., 2016), (Díaz J. y Soberón J., 2019), (Ramírez L & Yupanqui R., 2021) y (Díaz J., 2023) muestran resultados diferentes en la proporción de sus agregados gruesos.

### **5.3. Analisis Y Discusion Temperatura Sobre El Ensayo De Temperatura.**

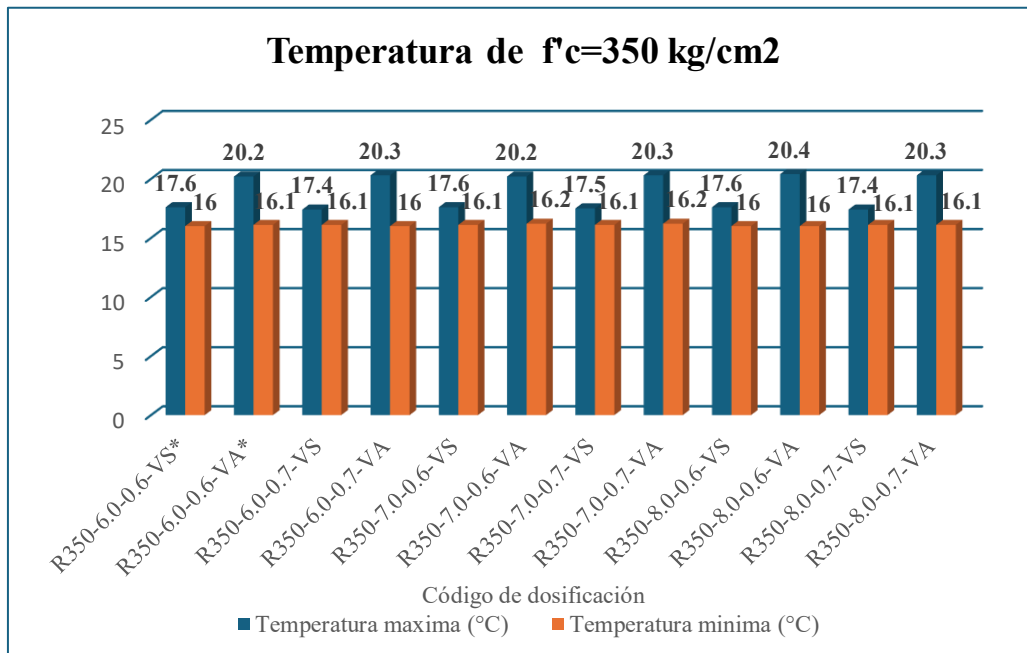
El Gráfico N°5 y Gráfico N°6 muestra la temperatura de las mezclas de concreto con adición de microsílíce Sika Fume y aditivo superplastificante Ulmen R2027 vaciadas bajo agua. Se observa que las temperaturas van desde los 15 °C hasta los 21°C, las cuales según el ACI 224R-01 son aceptables para el concreto ya que no representan ningún riesgo de fisuración, donde el rango establecido es de 5°C a 32°C. Además, en este caso de estudio en específico en este ensayo se notó, en la mayoría de los casos, que las briquetas que están vaciadas bajo el agua llegan a su temperatura máxima en menor tiempo que las briquetas vacías en condiciones normales.

**Gráfico N°5.** Registro de la temperatura máxima y mínima de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  donde VS se refiere a vaciado sin presencia de agua y VA se refiere al vaciado con presencia de agua.



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N°6.** Registro de la temperatura máxima y mínima de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  donde VS se refiere a vaciado sin presencia de agua y VA se refiere al vaciado con presencia de agua



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



#### 5.4. Análisis Y Discusión Sobre El Ensayo De Esgurrimiento.

Para que la mezcla de concreto sea aceptada como autocompactable, deberá cumplir con ciertos rangos admisibles como son el ensayo de esgurrimiento extensión de flujo (*df*) y el tiempo de flujo *T50*. Los resultados visualizan qué tan lejos se esparce el concreto (*df*) y cuánto tiempo tarda en fluir (*T50*) este cuando se usa microsilíce Sika Fume y el aditivo superplastificante Ulmen R2027.

Es importante mencionar que los resultados a la extensión de flujo (*df*) y el tiempo de flujo *T50* de los diseños de mezcla propuestos no cumplen en su totalidad con los requisitos de la norma, que establece que estos deben estar entre 550 y 850 mm en un tiempo menor a 8 segundos.

El tiempo *T50* y qué la extensión de flujo (*df*) están relacionados de forma opuesta: según EFNARC (2002), un tiempo *T50* más corto significa que el concreto fluye mejor.

Los resultados como se ven en la Gráfico N°7 y Gráfico N°8, al agregar más cantidad de aditivo superplastificante, el concreto se esparce más; pero al aumentar la cantidad de microsilíce la mezcla muestra mayor cohesividad; lo que hace que este pierda fluidez. Esto concuerda con Pasquel (1998), quien dice que usar demasiada dosis de aditivo superplastificante puede causar efectos negativos. También coincide con Alonso (2011), quien explica que usar mucho aditivo superplastificante llega a un punto donde no mejora la fluidez, lo que dificulta trabajar con la mezcla y hace que pierda fluidez rápidamente.

Estos resultados son diferentes a los de Diaz & Soberón (2019), quienes usaron 10% de microsilíce y 1.65% de aditivo y lograron una mezcla estable con un flujo de 665 mm en 7.29 segundos. También difieren de Rabanal & Su (2017), quienes con 10% de microsilíce y 1.50% de aditivo lograron una mezcla estable con un flujo de 715 mm en 5 segundos. Según Ramírez &

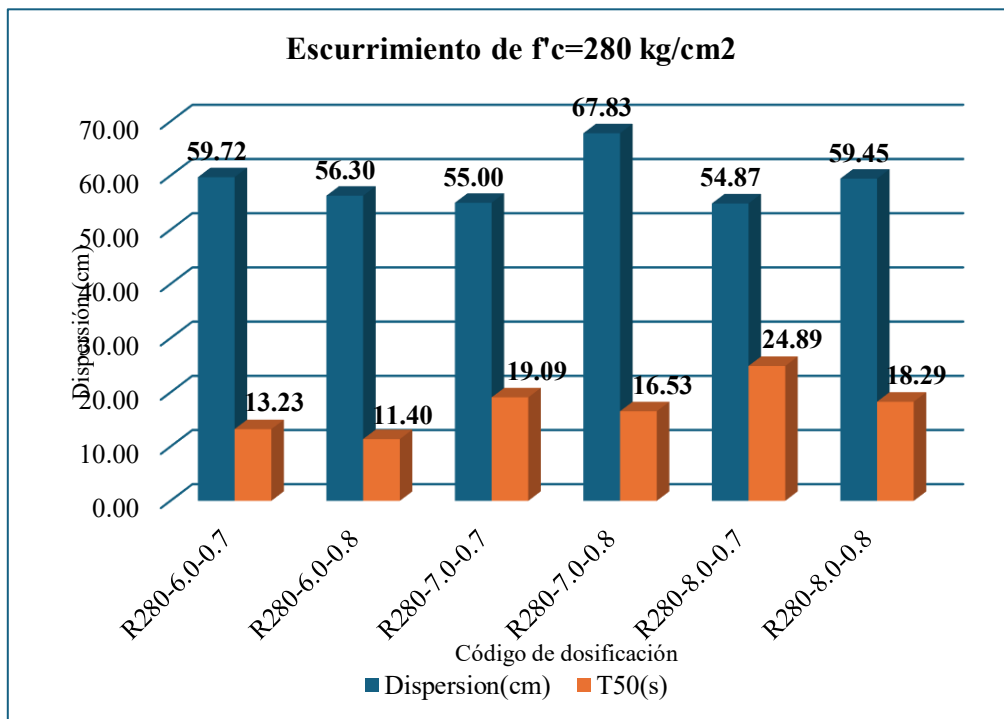
Yupanqui (2021) indica que el punto de saturación es 1.00 % de superplastificante ya que su dosificación de 1.15% de superplastificante tiene indicios de exudación y segregación.

Estos estudios indican que usar entre de 1.00 % a 1.35% de aditivo superplastificante no causa problemas en la mezcla. En el caso de este estudio en específico el punto de saturación para  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  es 0.8 % de superplastificante y para  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  es 0.7 % de superplastificante, la diferencia entre resultados puede ser causado por la diferencia de los aditivos superplastificantes utilizados.

Borralleras (2009) indica que la cantidad máxima de un aditivo superplastificante que se puede usar define el punto de saturación. Esta cantidad se alcanza cuando el aditivo empieza a causar problemas en la mezcla.

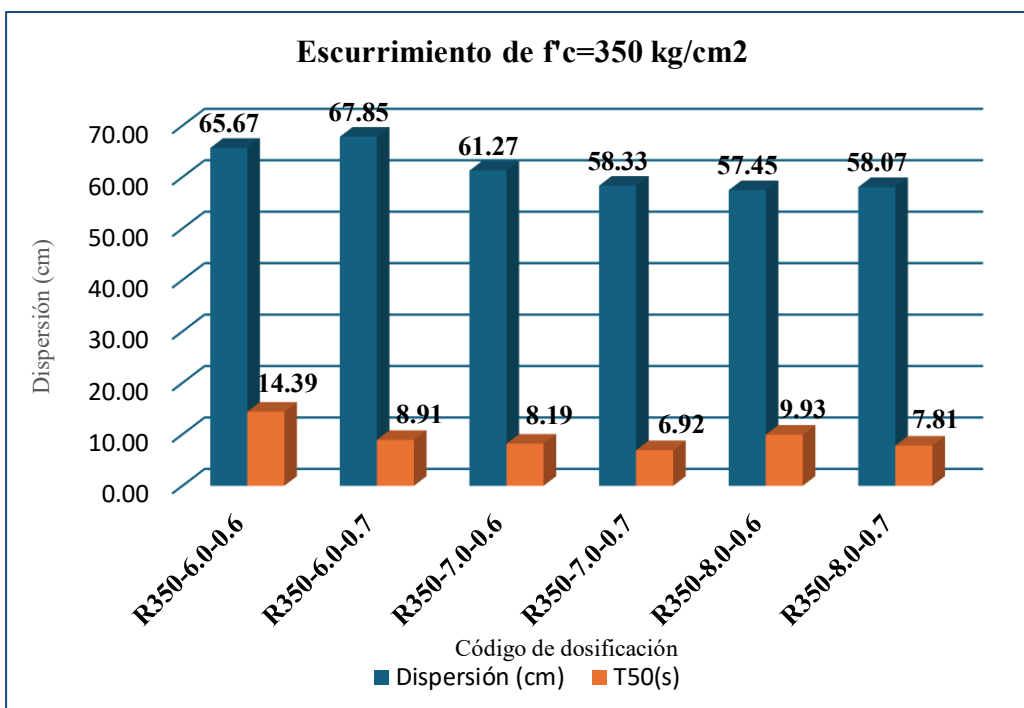
En este caso de estudio, para la resistencia de  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  con un diseño del 6% de microsílice y 0.8% de superplastificante se encuentra más próxima del límite con 563.0 mm de dispersión de la mezcla y un T50 de 11.40 s y en el caso de  $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$  con un diseño del 7% de microsílice y 0.7% de superplastificante se encuentra dentro del límite con 583.3 mm de dispersión de la mezcla y un T50 de 6.92 s.

**Gráfico N°7.** Registro del escurrimiento de la dispersión y T50 de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



Nota: Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico N°8.** Registro del escurrimiento de la dispersión y T50 de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$



Nota: Fuente: Elaboración propia.

### 5.5. Análisis y Discusión Sobre El Ensayo De La Capacidad De Paso.

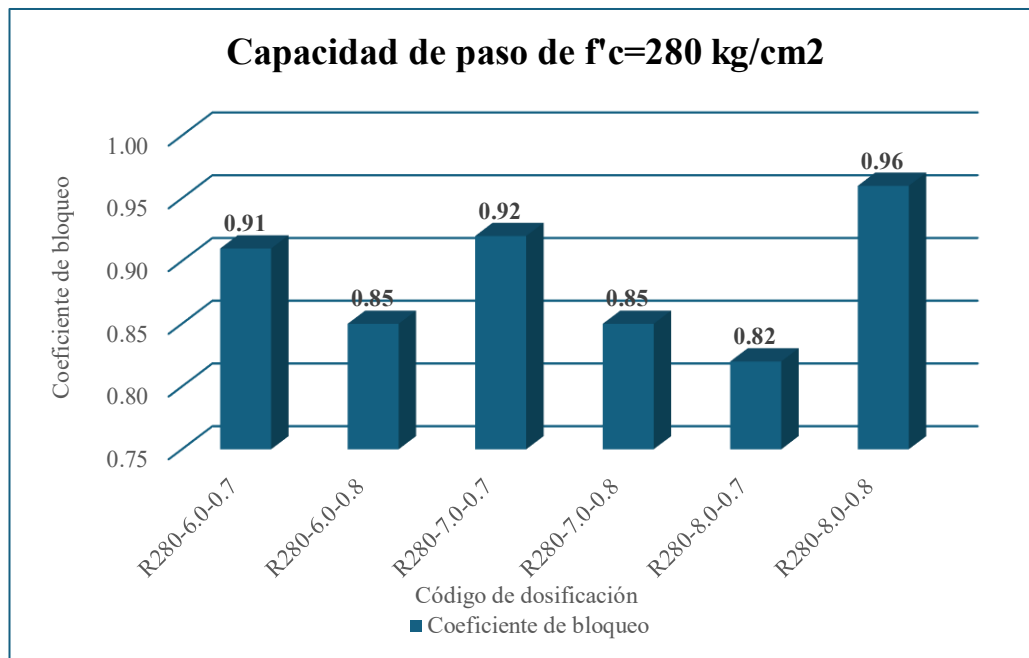
En el Gráfico N°9 y Gráfico N°10 presenta el factor  $CbL$  (coeficiente de bloqueo) para concretos hechos con microsilíce Sika Fume y el aditivo superplastificante Ulmen R2027. Se nota que las mezclas con más aditivo superplastificante fluyen mejor, permitiendo que la mezcla pase más fácilmente sin atascarse. Esto concuerda con lo que dice EFNARC (2002): cuanto más cercano a 1 sea el valor de esta prueba, mejor fluirá el concreto. Además, casi todos los casos cumplen con la norma, con valores entre 0.75 y 1.

Díaz & Soberón (2019) mencionan que cuando hay mucha microsilíce, se necesita agregar más aditivo superplastificante para que la mezcla no se atasque y el valor de su coeficiente de bloqueo no disminuya. Por lo tanto, usar 0.85% de aditivo no fue suficiente para que la mezcla fluyera bien con un 5% de microsilíce, ya que esta cantidad requiere muchos materiales finos.

Según Ramírez & Yupanqui (2021) los diseños de 10% (1.15%) y 10% (1.25%) alcanzaron coeficientes de 0.78 y 0.90, parecidos a los de Díaz & Soberón (2019), quienes obtuvieron 0.78 con 10% de microsilíce y 1.65% de aditivo superplastificante; similar a Rabanal & Su (2017), quienes lograron 0.90 con 10% de microsilíce y 1.50% de aditivo superplastificante.

En el caso de estudio para el  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  resalta que todos los diseños de mezclas con sus dosificaciones respectivas están dentro del rango, además que la dosificación de R280–8.0-0.8 resalta por ser la relación más alta con 0.96.

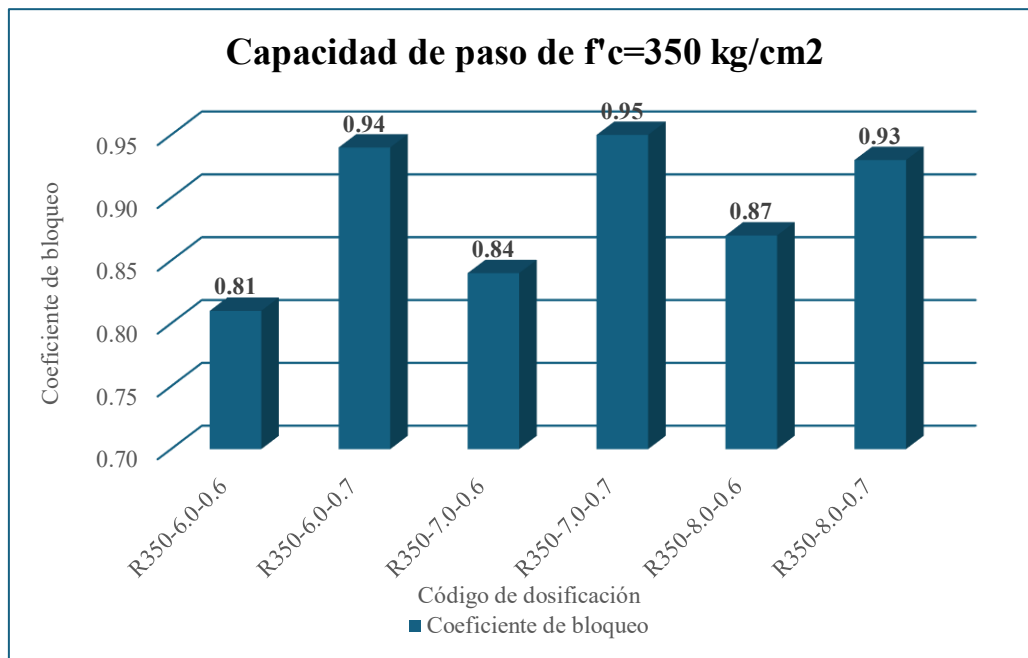
**Gráfico N°9.** Registro de la capacidad de paso del coeficiente de bloqueo de  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Para el  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  resalta que todos los diseños de mezclas con sus dosificaciones respectivas están dentro del rango y que la dosificación de R350-7.0-0.7 resalta por ser la relación más alta con 0.95.

**Gráfico N°10.** Registro de la capacidad de paso del coeficiente de bloqueo de  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Podemos ver que los resultados están dentro del rango al igual que los resultados de los otros autores, a pesar de que la dosificación es distinta, pero si se coincide que cuando incrementas la dosificación de microsilíce disminuye el valor de su coeficiente de bloqueo a menos que aumente la dosificación del superplastificante.

## 5.6. Análisis Y Discusión Sobre El Ensayo De Viscosidad.

En el Gráfico N°11 y Gráfico N°12 muestran el tiempo de flujo de las mezclas de concreto, hechas con microsilíce Sika Fume y el aditivo superplastificante Ulmen R2027. Se ve que el tiempo de flujo se hace más corto a medida que se usa más aditivo. Esto ayuda a que la mezcla no se vuelva demasiado espesa al mismo tiempo que se le añade más microsilíce.

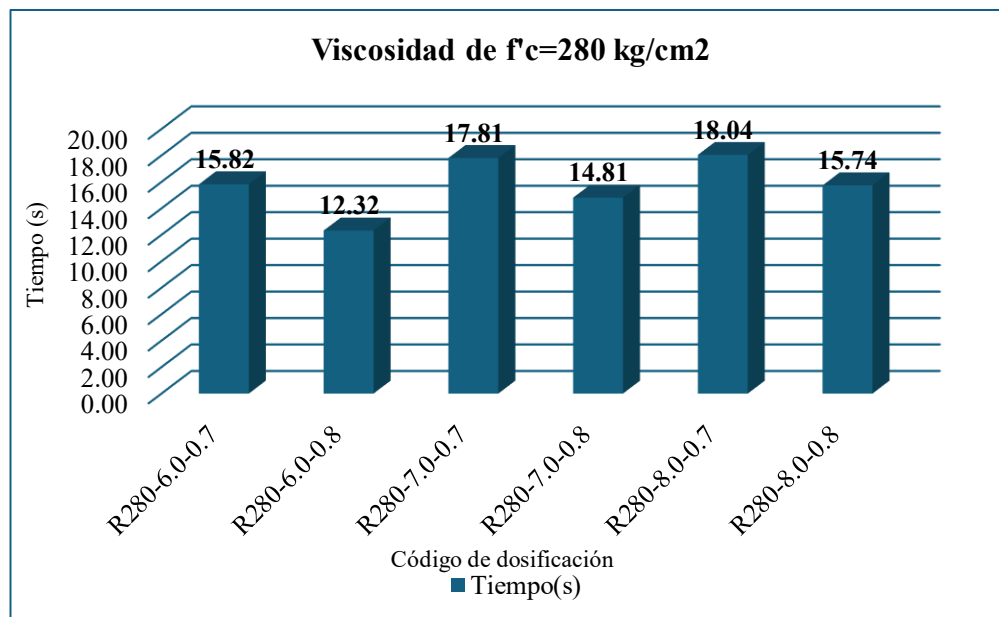
Borralleras (2009) confirma esto, diciendo que los aditivos que son superplastificantes ayudan a usar menos agua, pero también controlan que el concreto no se vuelva muy espeso. Esto hace que las mezclas sean fáciles de trabajar y se mantengan estables.

Pero, si se añade más microsilice, esto cambia, las mezclas se hacen más densas porque se forman partes de pasta que se pegan mucho, causando fricción entre las partículas sólidas y evitando que el concreto fluya (Grupo de Proyecto Europeo, 2006).

Los tiempos de flujo que se obtuvieron cumplen con lo que pide la norma, estando entre 4 y 20 segundos. Según Ramirez & Yupanqui (2021) los diseños del 5% (1.15%), 10% (0.35%) y 15% (1.75%) sobresalen en sus grupos con tiempos de 5.17, 5.78 y 8.21 segundos.

En el caso de este estudio para la resistencia  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  resalta que todos los diseños de mezclas con sus dosificaciones respectivas están dentro del rango y que la dosificación de R280-6.0-0.8 resalta por ser la más baja con un tiempo de 12.32 s.

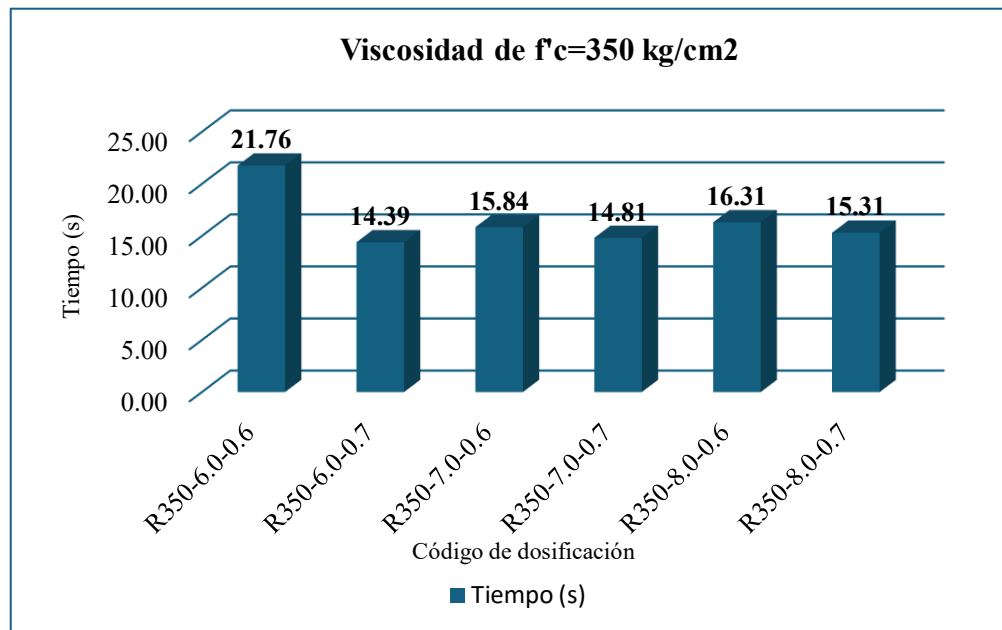
**Gráfico N°11.** Registro de viscosidad del tiempo de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Para la resistencia  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$  resalta la mayoría de los diseños de mezclas con sus dosificaciones respectivas están dentro del rango y que la dosificación de R350–6.0-0.7 resalta por ser la más baja con un tiempo de 14.39s y que la de R350–6.0-0.6 resalta por ser la más alta con un tiempo de 21.76s y estar fuera del rango.

**Gráfico N°12.** Registro de viscosidad del tiempo de  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la diferencia de resultados con Ramirez & Yupanqui (2021) es por la diferencia de dosificación de los aditivos, pero a pesar de eso en ambos casos la mayoría de los diseños de mezcla cumplen con los límites del ensayo.

### 5.7. Análisis Y Discusión Sobre El Ensayo De Perdida De Finos.

En el Gráfico N°13 y Gráfico N°14 muestra la pérdida de partículas finas (en porcentaje) en concretos hechos con microsílíce Sika Fume y el aditivo superplastificante Ulmen R2027. Los datos muestran que la cantidad de finos que se pierden depende directamente de la cantidad de microsílíce y superplastificante que se use. Se observa que las mezclas con más microsílíce pierden menos finos. Esto ocurre porque la microsílíce, al ser muy fina, hace que la mezcla sea más



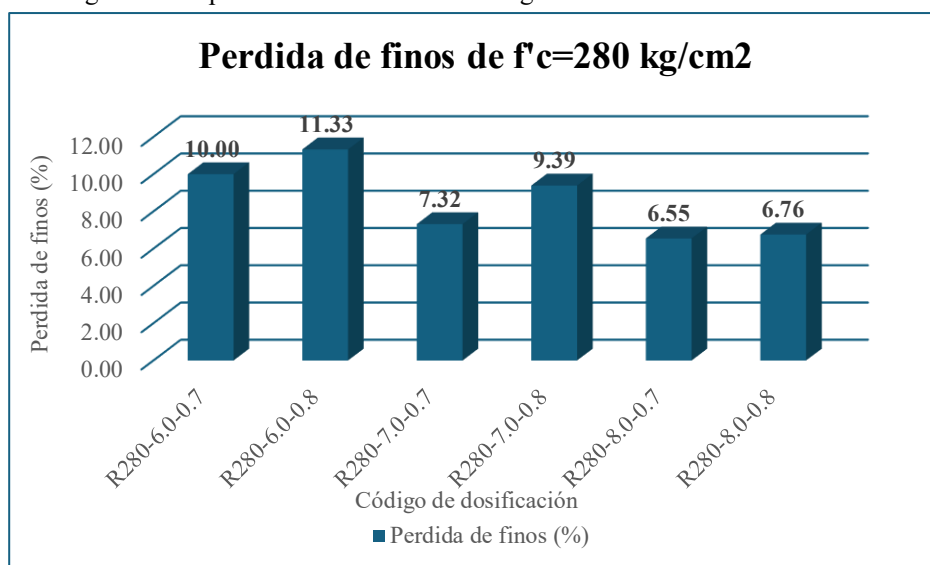
cohesiva y viscosa (Pérez, 2008). Por otro lado, al usar más superplastificante para que el concreto se compacte solo, aumenta el riesgo de que pierda resistencia al deslave. Rochna (2003) apoya esta idea, diciendo que, a mayor cantidad de superplastificante, más finos se pierden.

El porcentaje de pérdida de masa inicial, en la mayoría de los casos, cumplen con los límites permisibles de la norma CRD-C 61-89A, los cuales están por debajo del 15% de lavado; Según Ramirez & Yupanqui (2021) los diseños del 15% (1.25%), 10% (1.15%) y 5% (0.85%) fueron los mejores en sus respectivos grupos, perdiendo solo el 1.12%, 2.84% y 3.15% de material fino, respectivamente. La cantidad de aditivo más efectiva y que mejor resiste el lavado es del 15% (1.25%). Esto se debe a que también cumple con los requisitos para ser un hormigón autocompactante, como buena fluidez, mucha estabilidad, viscosidad moderada y la capacidad de pasar por espacios estrechos. Se aprecia que el diseño del 5% (1.15%) obtuvo un valor de 84.76%, de modo que esta mezcla no es aceptada debido a su baja resistencia al deslave

Diaz & Soberón (2019) señalan que las mezclas con poca microsilíce, como la del 6%, tienden a lavarse más que las mezclas con más microsilíce, como las del 10% y 16%.

Para la resistencia  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  resalta la mayoría de los diseños de mezclas con sus dosificaciones respectivas están dentro del rango y que la dosificación de R280–8.0-0.7 resalta por ser la más baja con un tiempo de 6.55%.

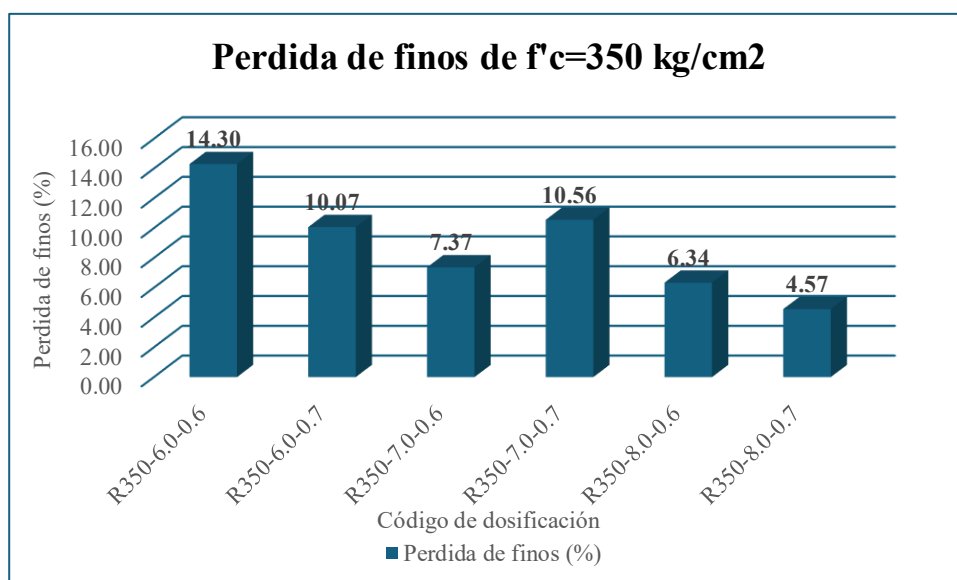
**Gráfico N°13.** Registro de la pérdida de finos de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Para la resistencia  $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$  resalta la mayoría de los diseños de mezclas con sus dosificaciones respectivas están dentro del rango y que la dosificación de R350–8.0-0.7 resalta por ser la más baja con un tiempo de 4.57%.

**Gráfico N°14.** Registro de la pérdida de finos de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la diferencia de resultados con Ramirez & Yupanqui (2021) es por la diferencia de dosificación de los aditivos, pero a pesar de eso en ambos casos la mayoría de los diseños de mezcla cumplen con los límites del ensayo.

### **5.8. Análisis Y Discusión Sobre La Resistencia A Compresión.**

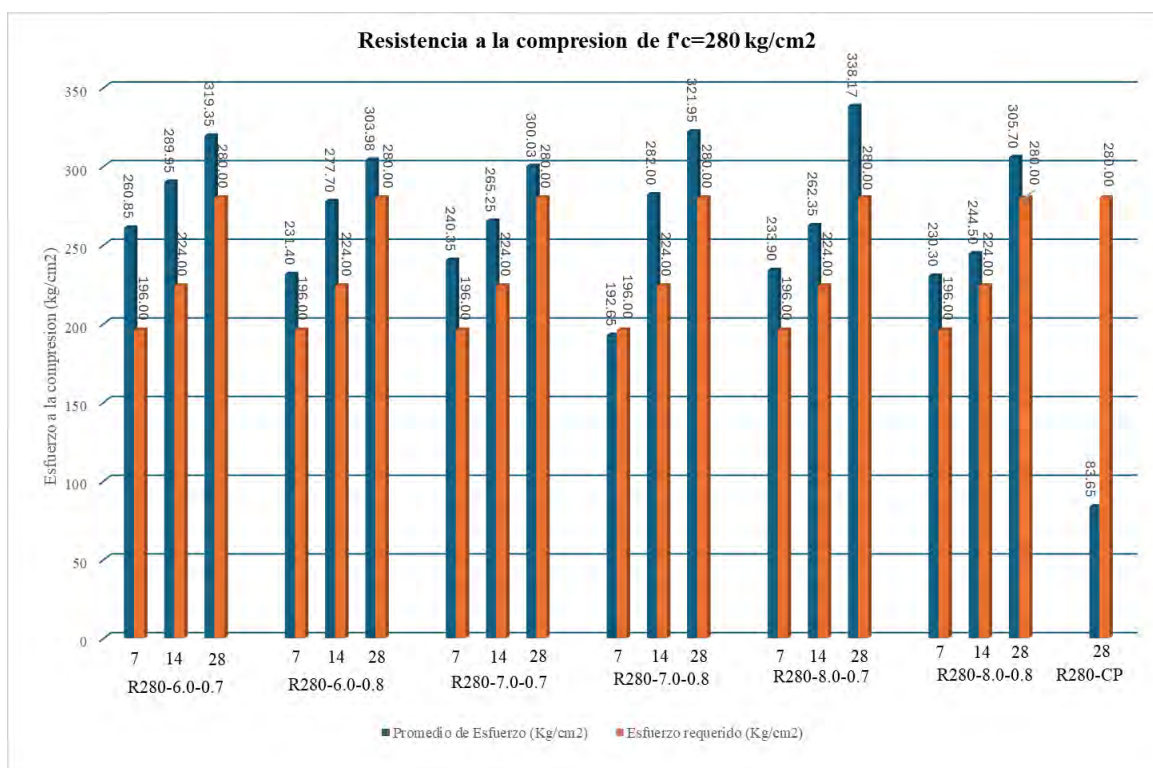
En el Gráfico N°15 y Gráfico N°16 muestra la resistencia a la compresión en concretos hechos con microsilíce Sika Fume y el aditivo superplastificante Ulmen R2027. Los datos muestran que la resistencia a la compresión depende directamente de los componentes utilizados en el diseño de mezcla.

Según Ramirez & Yupanqui (2021) indica que logro la resistencia de  $715 \text{ kg/cm}^2$  con el diseño de 15% de microsilíce y 1.50% de superplastificante, a una edad de 28 días, para un diseño de 31 Mpa ( $316.11 \text{ kg/cm}^2$ ), observando que a medida se aumente la microsilíce aumenta la resistencia a la compresión. Este resultado guarda relación con los resultados según Diaz & Soberón (2019), que indican que la máxima resistencia a la compresión, a los 28 días, fue de  $656.22 \text{ kg/cm}^2$ .

Para la resistencia  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , resalta que la máxima resistencia a la compresión se obtiene con las dosificaciones de 7.0% de microsilíce con 0.8% de superplastificante (R280-7.0-0.8) con  $321.95 \text{ kg/cm}^2$  y también 8.0% de microsilíce y 0.7% de superplastificante (R280-8.0-0.7) con  $338.17 \text{ kg/cm}^2$ .

Cabe resaltar que, en todos los casos, la resistencia de todas las dosificaciones cumple con el diseño establecido, además de que las probetas se vaciaron con el método tremie simulando un vaciado sumergido en agua; por lo que la resistencia del concreto patrón tiene una resistencia muy baja comparada a la resistencia requerida esto se debe a la variación de la relación agua/cemento.

**Gráfico N°15.** Registro de la resistencia a la compresión de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

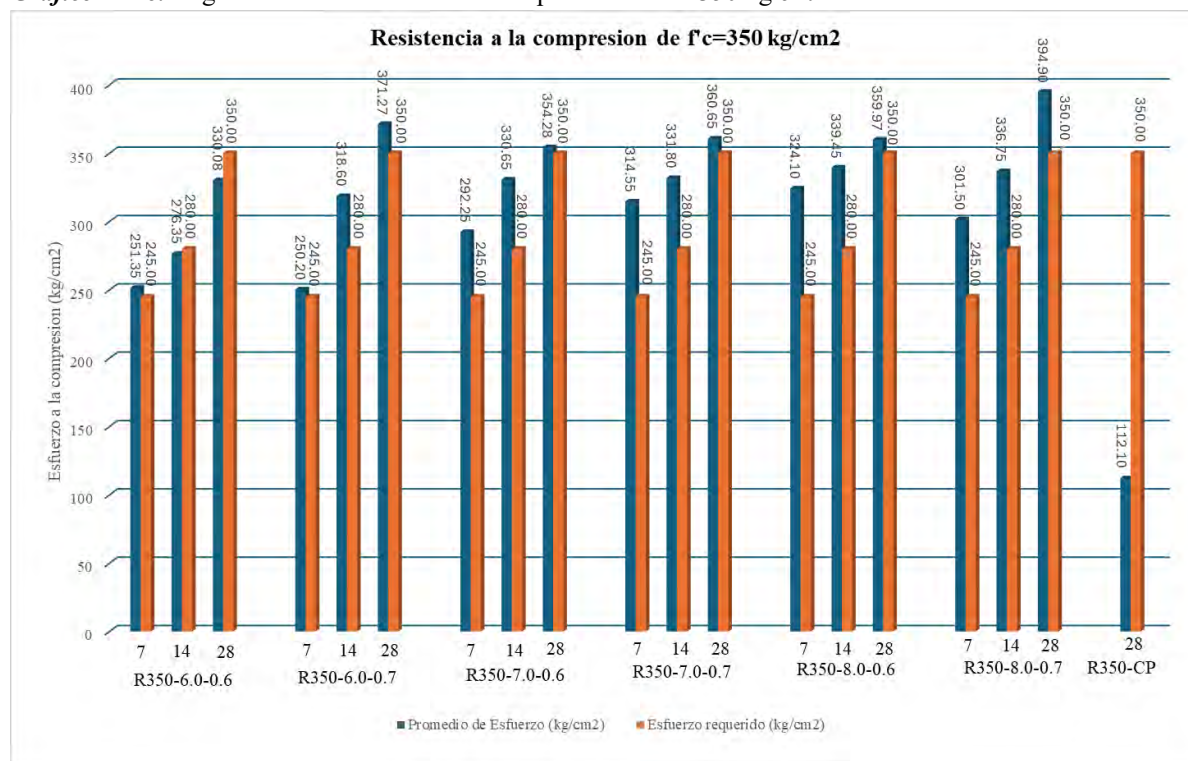


Nota: Fuente: Elaboración propia.

Para la resistencia  $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$ , resalta que la máxima resistencia a la compresión se obtiene con las dosificaciones de 7.0% de microsilíce con 0.7% de superplastificante (R350-7.0-0.7) con  $359.97 \text{ kg/cm}^2$  y también 8.0% de microsilíce y 0.7% de superplastificante (R350-8.0-0.7) con  $394.90 \text{ kg/cm}^2$ .

Cabe resaltar que, en todos los casos, la resistencia de todas las dosificaciones cumple con el diseño establecido, además de que las probetas se vaciaron con el método tremie simulando un vaciado sumergido en agua; por lo que la resistencia del concreto patrón tiene una resistencia muy baja comparada a la resistencia requerida esto se debe a la variación de la relación agua/cemento.

**Gráfico N°16.** Registro de la resistencia a la compresión de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, los estudios de (Díaz J. & Soberón J., 2019), (Ramírez L & Yupanqui R., 2021) hechos en diferentes partes de Perú, muestran resultados diferentes donde indican resistencias que sobrepasan por mucho a los resultados obtenidos en este caso de estudio donde se tiene que tomar en cuenta la ejecución del vaciado que se realizó con la metodología Tremie y con probetas sumergidas en agua.

## 5.9. Análisis Y Discusión Sobre El Módulo De Rotura.

En el Gráfico N°17 y Gráfico N°18 muestra el módulo de rotura en concretos hechos con microsilíce Sika Fume y el aditivo superplastificante Ulmen R2027. Los datos muestran que el módulo de rotura depende directamente de los componentes utilizados en el diseño de mezcla.

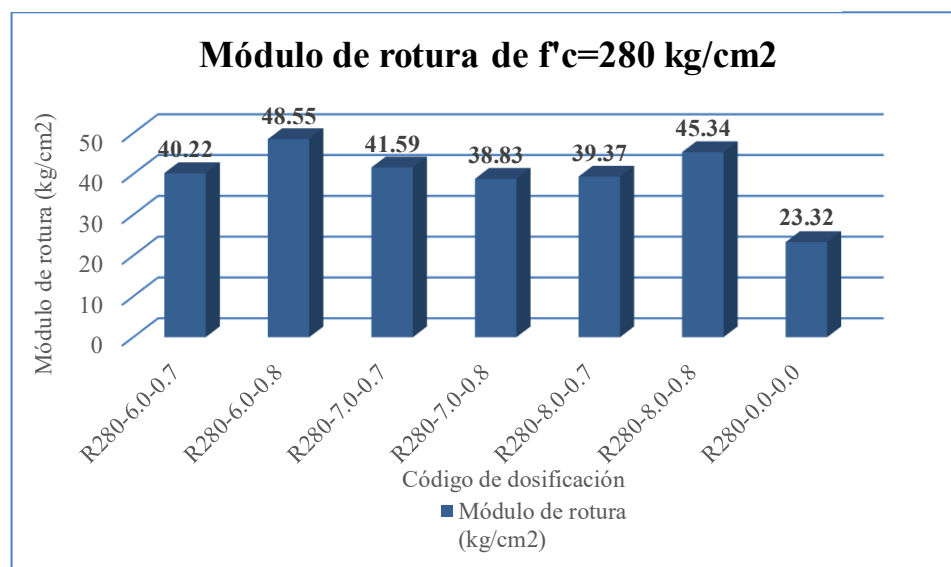
Según Mantilla & Romero (2023) indican que los especímenes ensayados con una dosificación de 4 % de microsilíce obtiene como resultado de módulo de rotura  $34.81 \text{ kg/cm}^2$  (16.58% de la resistencia de diseño) y para una dosificación de 8% de microsilíce se obtiene como

resultado de módulo de rotura  $32.67 \text{ kg/cm}^2$  (15.56% de la resistencia de diseño), todos estos resultados a los 28 días de curado.

Según Cotrina, N. (2018) mencionan que la mezcla C de su investigación que consta de la dosificación de 10 % de microsílíce obtiene un módulo de rotura de  $56.72 \text{ kg/cm}^2$  (12.61% de la resistencia de diseño) y también mencionan que la dosificación de 0.9% de aditivo superplastificante y 10.0% de microsílíce obtiene un  $46.19 \text{ kg/cm}^2$  de módulo de rotura que implica el 10.26% de la resistencia de diseño.

Para la resistencia  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , se puede mencionar que todos los resultados obtenidos sobrepasan el 10% de la resistencia de diseño y algunos superan el 15 % como es el caso del diseño de mezcla con la dosificación de 6.0% de microsílíce y 0.8% de superplastificante (R280-6.0-0.8) con un valor de  $48.55 \text{ kg/cm}^2$  y la muestra patrón no llegó al 10% de la resistencia del diseño. Cabe resaltar que todas las muestras se vaciaron bajo el agua con una simulación de la metodología Tremie.

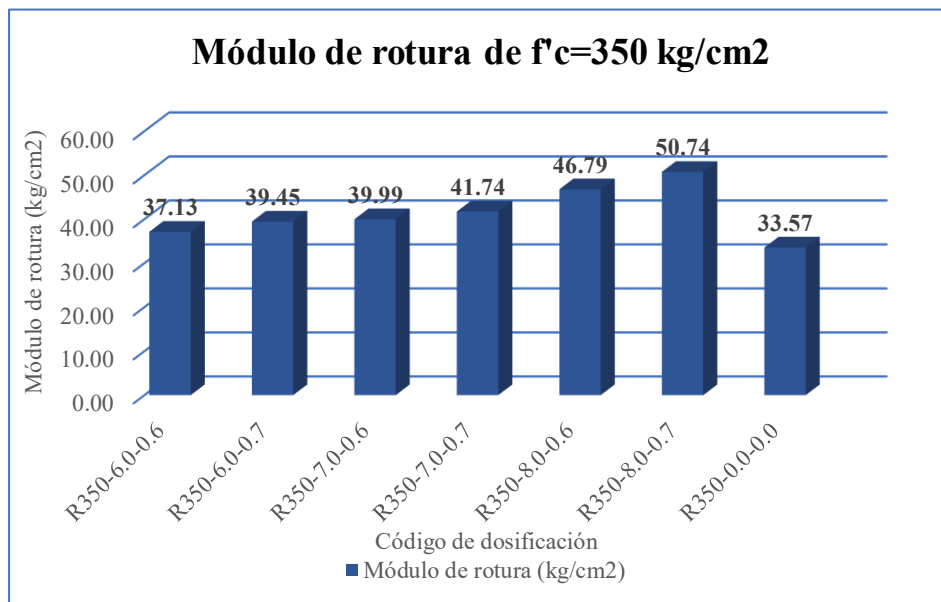
**Gráfico N°17.** Registro del módulo de rotura de  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Para la resistencia  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$ , se puede mencionar que todos los resultados obtenidos sobrepasan el 10% de la resistencia de diseño y algunos superan el 14 % como es el caso del diseño de mezcla con la dosificación de 8.0% de microsílíce y 0.7% de superplastificante (R350-8.0-0.7) con un valor de  $50.74 \text{ kg/cm}^2$  y la muestra patrón no llego al 10% de la resistencia del diseño.

**Gráfico N°18.** Registro del módulo de rotura de  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Cabe resaltar que todas las muestras se vaciaron bajo el agua con una simulación de la metodología Tremie.

Los resultados no son iguales por la diferencia de resistencias de diseño y de dosificación en el diseño de mezclas, pero se puede decir que los resultados de Cotrina, N. (2018) y Mantilla & Romero (2023) y los resultados obtenidos en este caso de estudio coincide que la cantidad de microsílíce, para obtener como mínimo el 10% de la resistencia de diseño, es de 4% a 10%.

### **5.10. Análisis Y Discusión Sobre La Permeabilidad.**

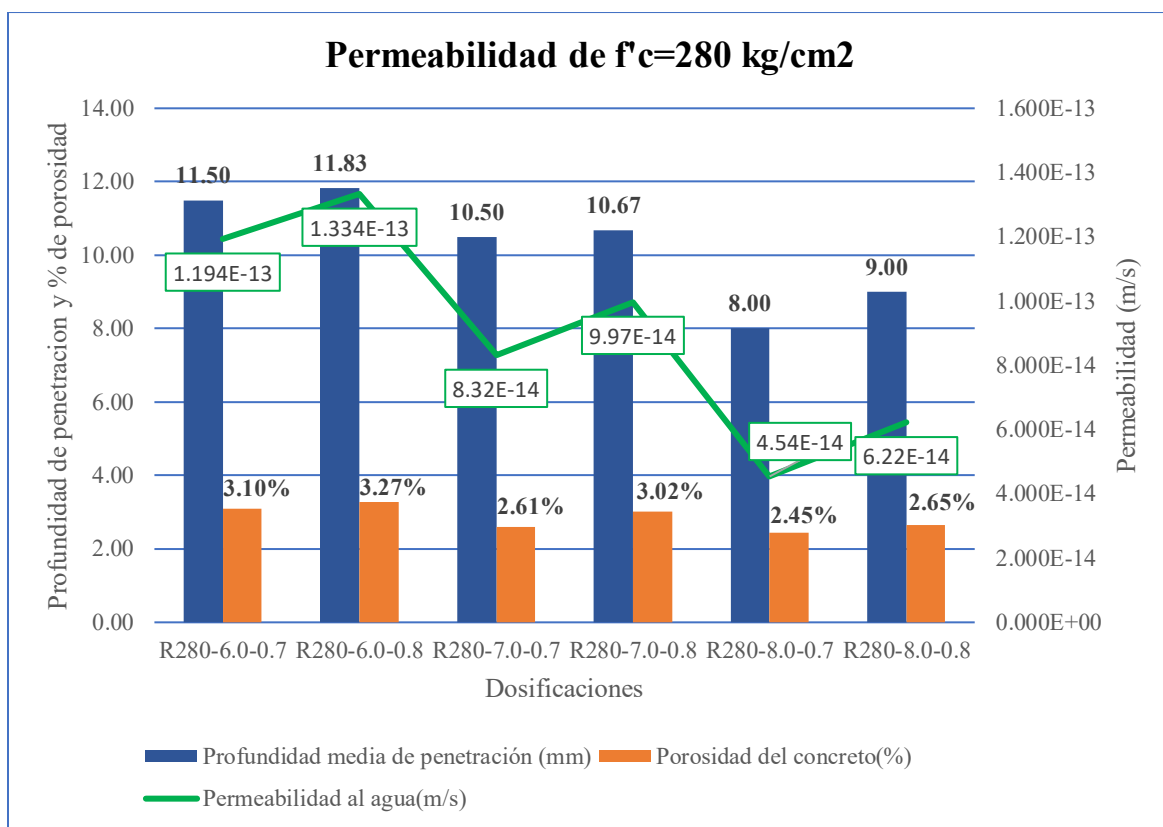
En el Gráfico N°19 y Gráfico N°20 muestra la permeabilidad en concretos hechos con microsilíce Sika Fume y el aditivo superplastificante Ulmen R2027. Los datos muestran que la permeabilidad depende directamente de la microsilíce utilizado en el diseño de mezcla.

Según Mejia & Quispe (2022) indica en su caso de estudio que para obtener una menor penetración de absorción de agua se realizó el diseño de mezcla con una dosificación de microsilíce de 10% y concluye que a medida que se aumenta la microsilíce se obtiene una reducción en la absorción del agua.

Para la resistencia  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ , se puede mencionar que todos los resultados obtenidos, de acuerdo con la clasificación de la NTC 4483, tiene una permeabilidad baja y resalta que la dosificación de 8.0% de microsilíce y 0.7% de aditivo superplastificante (R280-8.0-0.7) obtuvo como resultado 8.0mm de penetración del agua, 2.45% de porosidad y  $4.54 \times 10^{-14} \text{ m/s}$  de coeficiente de permeabilidad.



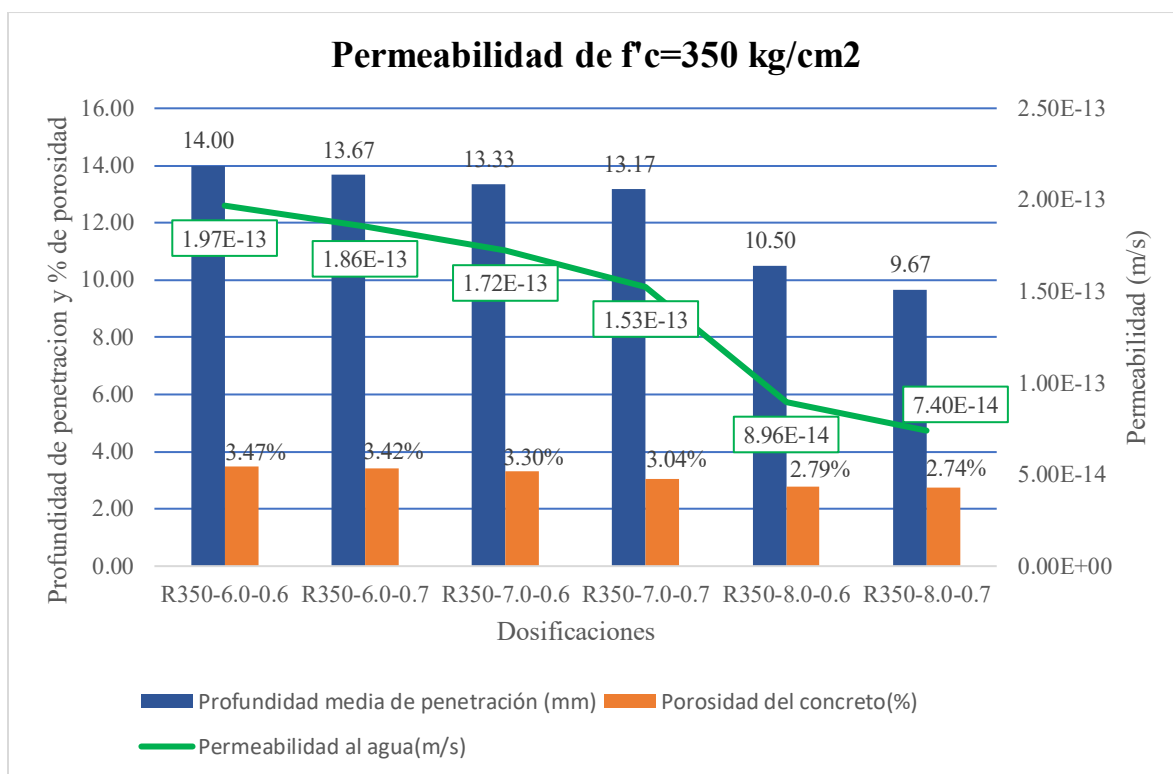
**Gráfico N°19.** Registro de la permeabilidad, profundidad de penetración y la porosidad de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Para la resistencia  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ , se puede mencionar que todos los resultados obtenidos, de acuerdo con la clasificación de la NTC 4483, tiene una permeabilidad baja y resalta que la dosificación de 8.0% de microsilice y 0.7% de aditivo superplastificante (R350-8.0-0.7) obtuvo como resultado 9.67mm de penetración del agua, 2.74% de porosidad y  $7.40 \times 10^{-14} \text{ m/s}$  de coeficiente de permeabilidad.

**Gráfico N°20.** Registro de la permeabilidad, profundidad de penetración y la porosidad de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Comparando los resultados con Mejia & Quispe (2022) se puede coincidir que la dosificación de microsilíce, para reducir la permeabilidad en el concreto, este alrededor del 8.0% al 10.0%. Tomando en cuenta que tienen diferentes propósitos de estudio y diferentes diseños de mezclas.

Además, que hay una diferencia notable entre el concreto patrón donde para la resistencia de  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  tiene una penetración de agua de 33.33 mm superando el triple de la penetración del concreto con adición de aditivos ya que, la dosificación de 8.0% de microsilíce y 0.7% de aditivo superplastificante (R280-8.0-0.7) obtuvo como resultado 8.00 mm y para una resistencia de  $f'c= 350 \text{ kg/cm}^2$  tiene una penetración de agua de 44.17 mm superando el cuádruple de la penetración del concreto con adición de aditivos, ya que la dosificación de 8.0% de microsilíce y 0.7% de aditivo superplastificante (R350-8.0-0.7) obtuvo como resultado 9.67 mm.

### 5.11. Análisis Y Discusión Sobre El Costo.

Después de realizar el concreto, se revisaron los costos que involucraron su producción. Para este caso de estudio, se calculó cuánto cuesta un metro cúbico de concreto, usando la mezcla que brindó los mejores resultados a los diferentes ensayos tanto en estado fresco como en endurecido, para la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  serán la siguiente dosificación:

- 8.0% de microsilíce y 0.70% de aditivo superplastificante (R280-8.0-0.7).

Y para la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  serán la siguiente dosificación:

- 8.0% de microsilíce y 0.70% de aditivo superplastificante (R350-8.0-0.7).

Esto se comparó frente a un concreto patrón de  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$  sin adiciones producto del diseño de mezclas con el ACI 211.

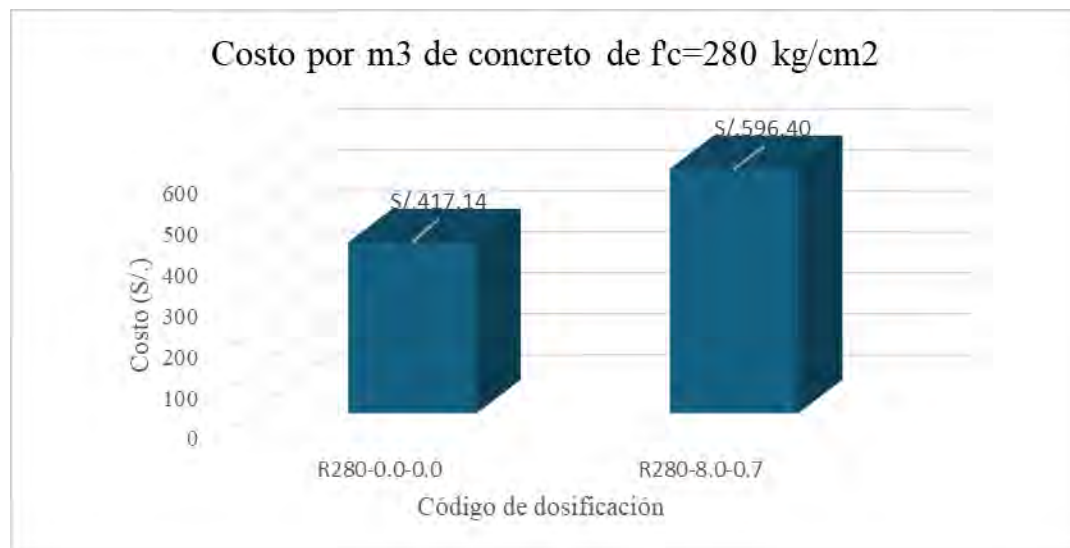
Según Ramirez & Yupanqui (2021) indica que la dosificación óptima de su caso de estudio, es 15% de microsilíce (Sikafume) y 1.25% de superplastificante, tiene un costo de S/. 632.47, este costo es 9.41% más comparado con un diseño de concreto convencional de resistencia de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  que tiene un costo de S/.578.43.

Según Macedo & Miranda (2016) indica que la dosificación óptima para su caso de estudio es 1.4% del aditivo antideslave (Eucon awa), para las resistencias de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , que tienen un costo de S/. 357.41, S/. 378.85 y S/. 449.82 respectivamente. Comparado con un diseño de concreto convencional de resistencias de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ , que tienen un costo de S/. 186.58, S/. 201.19 y S/. 228.49. Los costos con aditivo superan en 91.56%, 88.30% y 96.87% respectivamente al concreto convencional.

Para este caso de estudio se obtuvo el siguiente análisis de costos unitarios de los diseños de mezclas con las dosificaciones que obtuvieron los resultados óptimos y que se mencionaron anteriormente.

Para el caso de la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  el costo por metro cubico de concreto patrón, esto quiere decir sin adición de aditivos, tiene un costo de S/. 417.14. En el caso del concreto con una adición de 8.0% de microsílíce y 0.7% de aditivo superplastificante tiene un costo de S/.596.40, de acuerdo con el Gráfico N°21.

**Gráfico N°21.** Costo por  $\text{m}^3$  de concreto de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$

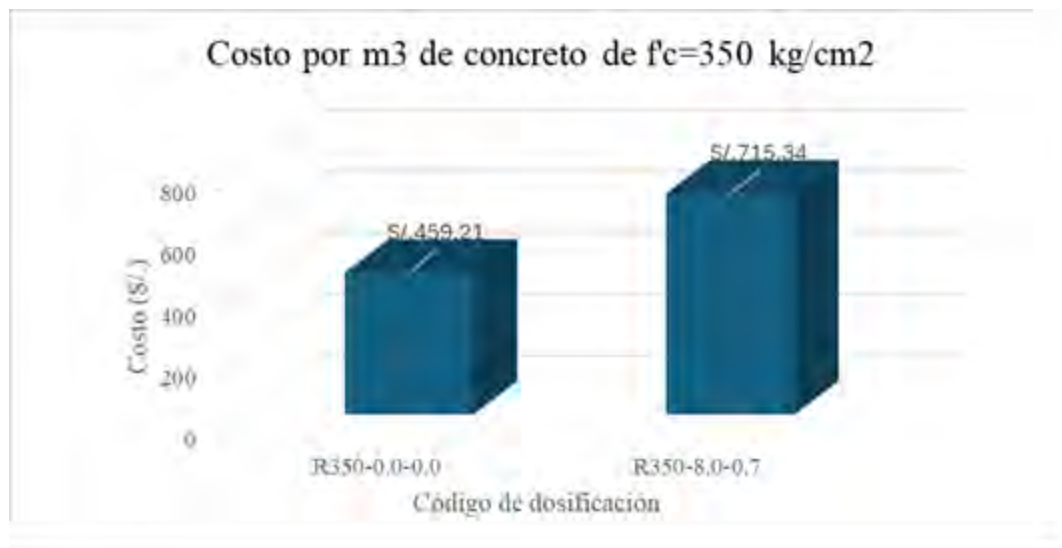


*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Por lo cual el incremento, del costo del concreto por  $\text{m}^3$  con adición de aditivos respecto al concreto patrón, es 42.97% con una adición de 8.0% de microsílíce y 0.7% de aditivo superplastificante.

Para el caso de la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  el costo por metro cubico de concreto patrón, esto quiere decir sin adición de aditivos, tiene un costo de S/. 459.21 En el caso del concreto con una adición de 8.0% de microsílíce y 0.7% de aditivo superplastificante tiene un costo de S/.715.34, de acuerdo con el Gráfico N°22.

**Gráfico N°22.** Costo por  $m^3$  de concreto de  $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$



*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Por lo cual el incremento, del costo del concreto por  $m^3$  con adición de dosificaciones respecto al concreto patrón, es de 55.77% con una adición de 8.0% de microsilíce y 0.7% de aditivo superplastificante.

El costo del concreto con la adición de aditivos en promedio para la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  es 42.97% y para la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  tiene una adición de 55.77%. Esto se diferencia a los otros resultados por la diferencia en la dosificación, cabe resaltar que resulta un mayor incremento respecto al costo presentado por Ramirez & Yupanqui (2021) esto se debe a que se toma de distinta manera el costo de la operación de bombeo y menor que el costo presentado por Macedo & Miranda (2016).

### **5.12. Análisis Y Discusión Sobre La Aplicación En Campo.**

El vaciado de concreto realizado en campo permitió evaluar el comportamiento real de la mezcla bajo condiciones variables, en comparación con los resultados obtenidos previamente en

laboratorio. De forma general, se pudo constatar visualmente que las propiedades del concreto en estado fresco se mantuvieron dentro de los márgenes admisibles. No obstante, se identificaron diferencias notorias relacionadas con la trabajabilidad y cohesión de la mezcla durante su colocación, siendo la tendencia a la segregación el fenómeno más relevante observado.

En laboratorio, el diseño de mezcla mostró una buena cohesión, sin indicios de exudación ni segregación, gracias a que las condiciones fueron cuidadosamente controladas, particularmente en la humedad de los agregados. Sin embargo, en campo, estas condiciones variaron significativamente. La humedad superficial no controlada de los agregados, especialmente en el agregado fino, alteró la relación agua/cementante, generando un concreto más fluido de lo esperado. Este exceso de humedad, sumado al uso de un aditivo superplastificante, incrementó de manera notable la fluidez de la mezcla, lo que provocó una tendencia marcada a la segregación.

En la mezcla inicial se pudo observar una acumulación de pasta en la parte superior y la separación leve de los agregados gruesos hacia la parte inferior, lo cual es un claro indicio de mezcla desequilibrada.

Durante la etapa de ejecución, una vez detectada la elevada humedad presente en los agregados, se procedió a realizar una corrección en el contenido de agua de la mezcla. Tras aplicar dicha corrección, se obtuvo una mezcla con excelente trabajabilidad, adecuada cohesión y sin tendencia a la segregación. El concreto pudo ser colocado, auto compactado y terminado de manera uniforme, sin presentar los problemas de exudación ni separación de materiales observados inicialmente. Este resultado evidencia la importancia de realizar una verificación constante de las condiciones de los materiales en campo, particularmente de la humedad de los agregados.

A continuación, presentamos el ajuste que se realizó en el caso práctico para la resistencia de  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla N°146***Ajuste de la humedad en el diseño de mezcla de la resistencia  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$* 

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math> (8% Micro. + 0.7% Super)-a/cte=0.44</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco (kg/m3)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento		2750.00	395.0	0.144	395.0
Microsílice	8.00	2200.00	31.6	0.014	31.6
Agua		1000	185.8	0.186	137.5
Aditivo Superplastificante	0.70	1110	2.8	0.002	2.8
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	792.5	0.311	821.4
Agregado fino		2720	864.7	0.318	902.6

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.**Tabla N°147***Ajuste de la humedad en el diseño de mezcla de la resistencia  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$* 

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=350 \text{ kg/cm}^2</math> (8% Micro. + 0.7% Super)-a/cte=0.36</b>					
<b>Materiales</b>	<b>Dosificación (%)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso seco (kg/m3)</b>	<b>Volumen absoluto</b>	<b>Peso húmedo (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Cemento		2750.00	510.0	0.185	510.0
Microsílice	8.00	2200.00	40.8	0.019	40.8
Agua		1000	197.2	0.197	153.5
Aditivo Superplastificante	0.70	1110	3.6	0.003	3.6
Aire (2.5%)	-	-	-	0.025	0.00
Agregado grueso		2550	729.8	0.286	756.4
Agregado fino		2720	773.5	0.284	807.5

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

Se presenta el cuadro comparativo entre las pruebas hechas en el laboratorio en comparación con las pruebas realizadas en campo de la dosificación optima obtenida en el laboratorio. Se observa que las pruebas hechas en laboratorio y en campo, con la corrección de humedad en el diseño de mezcla, no se diferencian significativamente.

**Tabla N°148***Cuadro comparativo de la resistencia  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  en laboratorio y campo*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=280 \text{ kg/cm}^2</math> (8% Micro. + 0.7% Super)-a/cte=0.44</b>		
<b>Pruebas</b>	<b>En laboratorio</b>	<b>En campo</b>
Escurrecimiento	54.87cm / 24.89s	60.7cm/ 21.73s
Capacidad de paso	0.82	0.94
Viscosidad	18.04s	16.03s

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.**Tabla N°149***Cuadro comparativo de la resistencia  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  en laboratorio y campo*

<b>Diseño de mezcla <math>f'c=350 \text{ kg/cm}^2</math> (8% Micro. + 0.7% Super)-a/cte=0.36</b>		
<b>Pruebas</b>	<b>En laboratorio</b>	<b>En campo</b>
Escurrecimiento	58.07cm / 7.81s	64.7cm/ 6.83
Capacidad de paso	0.93	0.97
Viscosidad	15.31s	14.98s

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



## Capítulo VI

### 6. Conclusiones Y Recomendaciones

#### 6.1. Conclusiones

CG: Esta investigación demostró que agregar microsílice y aditivo superplastificante influye positivamente en la consistencia y permeabilidad del concreto en obras hidráulicas en la ciudad del Cusco. De todas las combinaciones probadas, las que dieron mejores resultados para las resistencias de  $350 \text{ kg/cm}^2$  y  $280 \text{ kg/cm}^2$  fueron las que contienen 8% de microsílice y 0.7% de aditivo superplastificante.

CE1: Se demuestra, mediante los ensayos de escurrimiento, viscosidad y capacidad de paso, que la adición del microsílice y aditivo superplastificante influye positivamente en la consistencia del concreto.

Se demuestra que la adición de microsílice y aditivo superplastificante influye favorablemente en el escurrimiento del concreto. Para la resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$ , de donde concluimos que todos cumplieron con el parámetro de extensión de flujo mas no con el parámetro de tiempo de flujo; así mismo para la resistencia de  $350 \text{ kg/cm}^2$ , todos cumplieron con el parámetro de extensión de flujo y únicamente las mezclas con 7% de microsílice y 0.7% de aditivo superplastificante, y 8% de microsílice y 0.7% de aditivo superplastificante cumplieron con el parámetro de tiempo de flujo con valores de 6.92s y 7.81s respectivamente.

Se evidencia que la adición de microsílice y aditivo superplastificante interviene favorablemente en la viscosidad del concreto de acuerdo al tiempo de flujo del embudo en V ( $T_v$ ); para la resistencia de  $280 \text{ kg/cm}^2$  estuvieron entre 12.32 y 18.04 segundos por lo tanto todos cumplieron con el parámetro de tiempo de flujo del embudo en V ( $T_v$ ), y para la resistencia de 350

kg/cm<sup>2</sup> estuvieron entre 14.39 y 21.76 segundos, de donde la mayoría de mezclas cumplieron con el parámetro de tiempo de flujo del embudo en V ( $T_v$ ).

Se prueba que la adición de microsilíce y aditivo superplastificante actúa positivamente en la capacidad de paso del concreto de acuerdo con el coeficiente de bloqueo (Cbl); para la resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> estuvo entre 0.82 y 0.96; y para la resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup> estuvo entre 0.81 y 0.95: para ambas resistencias, todos los diseños de mezclas cumplieron con el parámetro establecido en la norma.

La temperatura de mezclado del concreto con adición de aditivos, tanto para la resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> como para la de 350 kg/cm<sup>2</sup>, se mantuvo por debajo de los parámetros máximos establecidos por la normativa. Por lo tanto, la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en el concreto no representa ningún riesgo para la calidad ni el desempeño del concreto.

CE2: Se evidencia que la adición de microsilíce y aditivo superplastificante influye favorablemente en la pérdida de finos además que a mayor cantidad de adición de microsilíce menor es el porcentaje de pérdida de finos. Los diseños de mezcla para la resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup>, todas cumplieron con el límite de la norma; resaltando la dosificación con 8% de microsilíce y 0.7% de aditivo superplastificante, por obtener la menor pérdida de finos entre las mezclas, con un valor de 6.55% y 4.57% respectivamente.

CE3: Se demuestra que la adición de microsilíce y aditivo superplastificante influye positivamente en la resistencia a la compresión del concreto. Para la resistencia a la compresión se encontró que la dosificación óptima para la resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> es la que tiene 8% de microsilíce y 0.7% de aditivo superplastificante para ambos casos, alcanzando una resistencia a la compresión de 394.90 kg/cm<sup>2</sup> y 338.17 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente después de 28

días de curado; siendo estos los diseños de mezclas que obtuvieron mayor resistencia a la compresión.

Se concluye que respecto al módulo de rotura que todos los resultados obtenidos sobrepasan el 10% de la resistencia de diseño y la muestra patrón no llegó al 10% de la resistencia del diseño.

Se evaluó el comportamiento del concreto con adición de aditivos al momento de ser colado bajo el agua con el uso del método tremie, esto ayudó a demostrar que añadir microsilíce y un aditivo superplastificante realmente funciona.

Así también se realizó una comparación de costos para producir un concreto con 8% de microsilíce y 0.7% de aditivo superplastificante frente a un concreto normal. La diferencia de precio fue de S/. 179.26 por metro cúbico de concreto con adición de aditivos para la resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> y de S/. 256.12 soles por metro cúbico de concreto con adición de aditivos para la resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup>. Si bien el uso de este tipo de concreto representa un mayor costo económico en comparación con alternativas más convencionales, es fundamental tener claro que la calidad del concreto no es un aspecto negociable. En obras donde la durabilidad, la resistencia y la seguridad estructural son prioritarias, invertir en un concreto de mayor calidad garantiza un mejor desempeño a largo plazo, reduce el riesgo de fallas y minimiza costos de mantenimiento o reparaciones futuras. Por tanto, optar por una solución más costosa, pero de mejor calidad no solo es una decisión técnica acertada, sino también una inversión responsable.

CE4: Los resultados mostraron que agregar microsilíce y aditivo superplastificante a la mezcla de concreto se disminuye la penetración del agua considerablemente, en consecuencia, disminuye la permeabilidad. Los diseños de mezcla, para las resistencias de 280 kg/cm<sup>2</sup> y 350 kg/cm<sup>2</sup>, demostraron un comportamiento idóneo frente a la permeabilidad; resaltando la

dosificación con 8% de microsilíce y 0.7% de aditivo superplastificante, por conseguir la menor penetración de agua entre las mezclas, con un valor de 8.00 mm y 9.67mm respectivamente y un valor de coeficiente de permeabilidad de  $4.54 \times 10^{-14}$  m/s y  $7.40 \times 10^{-14}$  m/s respectivamente, concediéndole una clasificación de permeabilidad baja. Esto muestra que el concreto con adición de microsilíce y aditivo superplastificante en promedio redujo la penetración de agua en un 76.0% para la resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup> y de 78.1% para la resistencia 350 kg/cm<sup>2</sup>, comparado con el concreto normal. Demostrando que hubo una reducción significativa en la penetración del agua.

En consecuencia, por lo mencionado en las conclusiones anteriores se cumple con todas las hipótesis planteadas en el inicio de esta investigación.

Los resultados obtenidos en el vaciado en campo validan la confiabilidad de los ensayos experimentales y evidencian que la mezcla conserva sus propiedades de cohesión y consistencia aun en un entorno tan exigente como la inmersión directa. La investigación realizada demostró que el concreto preparado y colocado bajo agua en condiciones que asemejan a obra puede alcanzar desempeños equivalentes a los obtenidos en laboratorio. Este hallazgo no solo confirma la viabilidad técnica del procedimiento, sino que también abre la posibilidad de optimizar procesos constructivos en obras hidráulicas, reduciendo riesgos de segregación y asegurando la calidad estructural. En consecuencia, el presente trabajo aporta un respaldo científico-práctico que puede servir como referencia para futuras normativas, lineamientos de diseño y ejecución de proyectos que requieran la colocación de concreto bajo agua.

## 6.2. Recomendaciones

Se recomienda investigar con diferentes tipos de agua, como la de ríos, para ver cómo estos afectan en el vaciado de la mezcla del concreto. También, se debe analizar las características químicas que tienen este tipo de aguas; ya que la presencia de cloruros y sulfatos podrían ser perjudiciales para el concreto.

Para futuras investigaciones, se aconseja comparar diferentes tipos de cemento para saber cómo estas afectan las características del concreto con adición de aditivos en estado fresco y endurecido. Además, se recomienda hacer comparaciones con aditivos antilavado hechos a base de celulosa, para comprobar sus propiedades de autocompactabilidad.

Se sugiere que estudios futuros se enfoquen en crear aditivos superplastificantes de policarboxilato más precisos y prácticos para concreto autocompactante, facilitando así la formación y el conocimiento en el sector de la construcción.

Se recomienda medir el tiempo de fraguado del concreto antideslave mediante la prueba de resistencia a la penetración, siguiendo la norma ASTM C403.

Se aconseja investigar y confirmar el diseño del concreto antideslave utilizando la prueba de pulverización (MC-1) creada en la Universidad de Paisley, y también la norma europea BS 8443:2005, que define cómo evaluar si los aditivos para concreto son adecuados.

Es importante que en obra se mida bien las proporciones para obtener una mezcla óptima y de calidad, teniendo cuidado especial con la segregación.

Se recomienda investigar sobre otros materiales que puedan reemplazar la microsílice, ya que esta no siempre es fácil de encontrar en la industria o en el mercado.

La norma peruana E.060 para concreto armado es muy importante porque establece los límites y parámetros para construir edificios seguros en Perú. Pero no se ha actualizado en los

últimos años con relación a los avances del concreto antideslave como así lo hace el Instituto Americano del Concreto (ACI) que actualiza su código ACI 318 constantemente, añadiendo nuevas tecnologías, investigaciones y lo aprendido de terremotos y problemas en edificios. Se sugiere actualizar completamente la Norma E.060, usando como base las últimas versiones del código ACI 318.

Para garantizar la replicabilidad y confiabilidad de los resultados obtenidos en laboratorio, se recomienda prestar especial atención al control de las características físicas de los agregados antes del mezclado, especialmente de la humedad, ya que este factor puede alterar significativamente la relación agua/cemento y, en consecuencia, la trabajabilidad y resistencia del concreto. Asimismo, es fundamental establecer un procedimiento adecuado durante la preparación y colocación de concreto bajo agua, asegurando que se mantengan las propiedades de cohesión y homogeneidad de la mezcla.

## Bibliografía

Abreu Araujo, L., Rebolledo Ramos, N., Torres Martín, JE, Chinchón-Payá, S., Sánchez Montero, J., Lample Carreras, RM, Vera-Agullo, J., & Jiménez-Vicaria, JD (2024). Permeabilidad al gas del hormigón: implicaciones para las aplicaciones de almacenamiento de hidrógeno. *Ciencias Aplicadas*, 14 (15), 6408. <https://doi.org/10.3390/app14156408>

ACI CT-13. (2013). *ACI Concrete Terminology An ACI STANDARD*. American Concrete Institute

American Concrete Institute. (2001). *ACI Committee 308 R “Guide to Curing Concrete”*.

American Concrete Institute. Committee 211. *Selecting Proportions for Normal-Density and High-Density Concrete - Guide*. American Concrete Institute.

American Concrete Institute. Committee 237. (2007). *ACI 237R-07: Self-Consolidating Concrete (Reapproved 2019)*. American Concrete Institute.

American Concrete Institute. Committee 304. (2000). *ACI 304R-00: Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete (Reapproved 2009)*. American Concrete Institute

ASTM International. (2003). *C33-03: Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International.

ASTM International. (2021). *C642-21: Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*. ASTM International

Baca, C. & Vela, L. (2019) *Evaluación de las propiedades mecánicas de un concreto autocompactante adicionando fibras sintéticas sikacem®-1 fiber – Cusco 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]*. Repositorio Institucional UAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3831>

Benavente, E., y Chávez, J., (2016) Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos, en la ciudad de Arequipa, 2016. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/5948>

Bernardo, H., Vicente, M., Gonzales, D., y Martínez, J. (2015) Efecto de las cargas cíclicas sobre la adherencia hormigón-acero en hormigones sumergidos. Revista Hormigón y Acero. 66(277), 225-236.

Borralleras, P. (2009). Nuevas tendencias en aditivos para hormigón. Nanotecnología en el hormigón y hormigón autocompactante, 13-30. [https://www.researchgate.net/publication/47400240\\_Nanotecnologia\\_en\\_el\\_hormigon\\_y\\_hormigones\\_autocompactantes](https://www.researchgate.net/publication/47400240_Nanotecnologia_en_el_hormigon_y_hormigones_autocompactantes)

British Standard. (2005). Specification for establishing the suitability of special purpose concrete admixtures (BS 8443:2005).

CEMEX (2018). Marcas de concreto: Ingenia. Rescatado de: <https://www.cemexmexico.com/productos/concreto/ingenia-concreto-premezclado>

Cemex Perú (2019) ¿Por qué se determina la resistencia a la compresión en el concreto? Artículo de construcción.

CEMEX. (2016). Dos cimentaciones extremas en Colombia: concreto bajo agua y concreto que arde. Noticreto, (138), 36-45.

Chavarry, G. (2018). *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la Cantera Talambo, Chepén* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio de tesis DSpace. <http://hdl.handle.net/20.500.12423/1340>



Comisión Permanente del Hormigón. (2008). Instrucción de Hormigón Estructural. EHE 08. Anexo 17 – Recomendaciones para la utilización de hormigón autocompactante.

Concremack. (2020). Tecnología del concreto. <https://www.concremack.com/tecnologia-delconcreto>.

Cruz, S. (2017). Concreto de alto desempeño con reemplazo parcial del cemento por Microsílice utilizando Aditivo superplastificante en la Región de Puno [Tesis de pregrado, Universidad Andina Nestor Cáceres Velasquez]. Repositorio de tesis DSpace. <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1468>

Díaz, J. (2023) Propiedades del concreto de cemento portland tipo I, de mediana a baja resistencia, vaciado bajo agua, Lima 2023. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/26874>

Díaz, J., & Soberón, J. L. (2019). Concreto antideslave con incorporación de aditivos para vaciado en estructuras bajo nivel freático alto – Distrito de Jaén [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional UNJ. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/250>

EFNARC. (2002). Especificaciones y directrices para el Hormigón autocompactable - HAC. Association House, 99 West Street, Farnham, Surrey GU9 7EN, UK

Euclid Group Toxement (2016). Microsilice. pág. 1-3.

Fabiane, D. (2016). Aditivos reductores de agua para concreto premezclado. Revista Construcción y tecnología en concreto, 6(2), 22-23. Rescatado de: <http://www.revistacyt.com.mx/pdf/mayo2016/mayo2016.pdf>

Gómez, R. J. (2017). Resistencia a compresión axial de un concreto  $F'_{C} = 210 \text{ kg/cm}^2$  con incorporación de aditivo anti – deslave [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <http://hdl.handle.net/11537/13818>

Gómez, R. J. (2017). Resistencia a compresión axial de un concreto  $F'C = 210 \text{ kg/cm}^2$  con incorporación de aditivo anti – deslave [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].

Repositorio Institucional UPN. <http://hdl.handle.net/11537/13818>

Grupo de Proyecto Europeo. (2006). Directrices Europeas para el Hormigón Autocompactante

Guevara, M. (2013) Estructuras hidráulicas generalidades (Conferencias de clases, documento de trabajo) (1ra edición) Universidad del Cauca

Gutiérrez, L. (2013). El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Harmsen, T. E. (2017). Diseño de estructuras de concreto armado (5ª ed.). Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://www.researchgate.net/publication/306023294>

Hernández Sampieri, Roberto , Fernández Collado, Carlos , Baptista Lucio, María del Pilar (2014). Metodología de la investigación (6º ed.). México: McGraw Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.

León, N. (2012) Influencia de la adición de nano sílice en el hormigón autocompactante E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM). [Tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Archivo digital UPM <https://oa.upm.es/13798/>

M. Sonebi, A. K. Tamimi and P. J. M. Bartos;(1999); Application of Factorial Models to Predict the Effect of Antiwashout Admixture, Superplasticizer and Cement on Slump, Flow Time and Washout Resistance of Underwater Concrete; Materials and Structures/Materiaux et Constructions, Vol. 33

Macedo, E. J., & Miranda, J. (2016). Diseño de concreto antideslave, para vaciados en zonas con presencia de nivel freático alto con uso de aditivos, en la ciudad de Arequipa [Tesis de

pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de Tesis - UCSM.  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/5948>

Martinez, R. (2020). El Secreto Detrás de una Tesis: Cómo Logré Convertir mi experiencia al hacer una tesis en la solución que todo profesional necesita. Ed. Biblioteca Nacional del Perú.

Martinez J., Segura P., Bernardo H., (2016) Hormigón autocompactante sumergido en las cimentaciones marítimas del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz; Hormigón y Acero 2016; 67(278-279):43–48

Matallana, R. (2019). El Concreto. Fundamentos y Nuevas Tecnologías. Conconcreto.  
<https://conconcreto.com/el-concreto-fundamentos-y-nuevas-tecnologias/>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). Manual de Ensayo de Materiales (Resolución Directoral N° 18-2016-MTC/14). Perú

Mondragón, M. (2013). Efecto de aditivos químicos en la resistencia a la compresión del concreto de polvo reactivo (CPR) [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio tesis IPN. <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/16683/1/Tesis%20de%20Maestria%20Mauricio%20Mondrag%c3%b3n%20Figuerola.pdf>

Neyra J., & Santos R., (2018) Análisis comparativo del grado de permeabilidad y resistencia a los sulfatos entre concretos convencionales y un concreto. Arequipa, 2018 [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM.  
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/7681>

NORMA E.060. (2009). NORMA E.060 Concreto armado. Lima: Reglamento nacional de edificaciones.

Norma Técnica Colombiana (NTC 4483). (1998). Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua.

Norma técnica Peruana NTP 334.009 (2016). CEMENTOS. Cemento Portland. Requisitos. (3ª Edición) Lima, Perú.

Norma técnica Peruana NTP 400.037. (2018). AGREGADOS. Agregados para concreto NTP 334.006. (2019). Cementos. determinación del tiempo de fraguado del cemento hidráulico utilizando la aguja de Vicat. Lima: INACAL.

NTP 339.034. (2015). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Lima: INACAL.

NTP 339.035. (2015). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima: INACAL.

NTP 339.183. (2013). Concreto. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. Lima: INACAL.

NTP 339.185. (2021). Agregados. Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo. Lima: INACAL.

NTP 400.010. (2016). Agregados. Extracción y preparación de las muestras. Lima:

NTP 400.012. (2018). AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima, Perú: INACAL.

NTP 400.017. (2011). AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar el peso unitario y los vacíos en los agregados. Lima: Norma técnica peruana.

NTP 400.018. (2013). Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75  $\mu\text{m}$  (Nº 200) por lavado en agregados. Lima, Perú: INACAL.

NTP 400.021. (2018). Agregados. Método de ensayo normalizado para la densidad, el peso específico y absorción del agregado grueso. Lima: INACAL.

NTP 400.022. (2013). Agregados. Método Peso Específico y Absorción Del Agregado Fino. Lima: INACAL.

NTP 400.037. (2018). Agregados. Agregados para concreto. Requisitos. lima: INACAL.

Ottazzi, G. (2011). Diseño en concreto armado. Asociación Capítulo Peruano del Instituto Americano del Concreto.

Pasquel, E. (1998). Tópicos de tecnología del concreto en el Perú (2ª ed.). Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Nacional.

Perez, M. H. (2008). Caracterización de morteros con adición de combinaciones de microsilíce y nanosilíce [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/bmfcip438c/doc/bmfcip438c.pdf>

Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). Reglamento Nacional de Edificaciones. Instituto de la Construcción y Gerencia.

PNUD-INDECI (2004) Estudio del mapa de peligros de la Ciudad del Cusco. Proyecto: ciudades sostenibles.

Ramírez, L & Yupanqui, R. (2021) Influencia de la adición de microsilíce y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave, Trujillo 2021 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/30455>

SIKA. (2014). *Hoja Técnica Sika Fume. Adición mineral – Microsilíce.*

Toxement. (2016). Microsilíce. [https://www.toxement.com.co/media/3379/microsilice\\_p.pdf](https://www.toxement.com.co/media/3379/microsilice_p.pdf)

U.S. Army Corps of Engineers. (1989). CRD-C 61-89A: Standard Test method for determining the resistance of freshly mixed concrete to washing out in water. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

ULMEN. (2023). *Hoja Técnica Ulmen R-2027. Aditivo Superplastificante*.

Varas, J. (2018). Concreto de mediana a baja resistencia con aditivo superplastificante y cemento Portland Tipo I. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.]. Repositorio Institucional UNI. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/18709>

Zanelli, C y Fernández, L (2014). Concreto Antideslave: retos de construcción bajo el agua. Revista Civilizate PUCP, (4), 21-23 <http://revistas.pucp.edu>

Zavala, J. (2019). Concreto de mediana a baja resistencia producido: en terreno natural, con equipo y con equipo y aditivo plastificante. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería], Lima, Perú

## **Anexos**

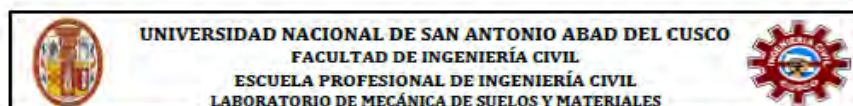
Anexo A: Caracterización De Agregados .....	215
Anexo B: Diseño De Mezclas .....	227
Anexo C: Ensayos De Consistencia .....	235
Anexo D: Ensayos De Resistencia A La Perdida De Finos.....	241
Anexo E: Ensayos De Temperatura .....	243
Anexo F: Ensayos de Resistencia a la Compresión. ....	245
Anexo G: Ensayos De Resistencia A La Flexión.....	263
Anexo H: Ensayos De Permeabilidad.....	273
Anexo I: Matriz De Consistencia. ....	281
Anexo J: Matriz De Operacionalización.....	283
Anexo K: Matriz De Análisis De Costos Unitarios. ....	284
Anexo L: Costo Hora – Hombre Del Gobierno Regional Del Cusco .....	288
Anexo M: Fichas Técnicas De Los Componentes .....	289
Anexo Ñ: Panel fotográfico .....	295

## Anexos

### Anexo A: Caracterización De Agregados

#### Anexo A.1: Caracterización de agregado grueso.

Anexo A.1-1: Recolección de datos del ensayo de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 del agregado grueso.



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSIÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso

Fecha: martes, 19 de Noviembre de 2024

Material  
Cantera: Vicho

#### CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 202 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-117 y AASHTO T-11

DATOS DEL LAVADO DEL MATERIAL
ANTES DEL LAVADO
Peso de la Muestra Seca (gr) = 3745.58
DESPUÉS DEL LAVADO
Peso de la Muestra Seca (gr) = 3706.05
Peso del Residuo Filtrado Seco (gr) = 39.53

MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N° 200	
Material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	39.53
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200	1.06%

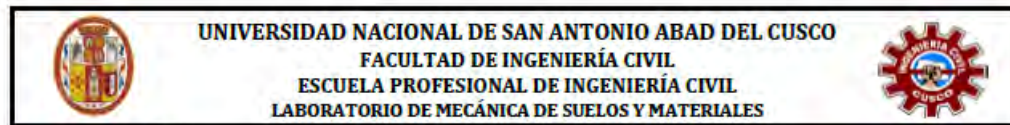
Fraciones Gruesa y Fina de la Muestra  
Fracción Fina (Pasa el Tamiz N° 200) = 1.06%  
Fracción Gruesa (Retiene el Tamiz N° 200) = 98.94%  
Total: 100.00%



**MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 = 1.06%**



**Anexo A.1-2: Recolección de datos del ensayo del peso unitario suelto y porcentaje de vacíos suelto del agregado grueso.**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso

Fecha: jueves, 21 de Noviembre de 2024

Material

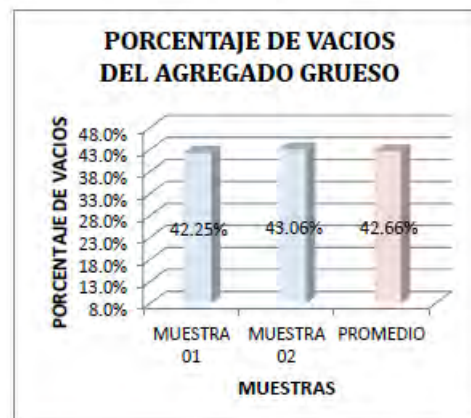
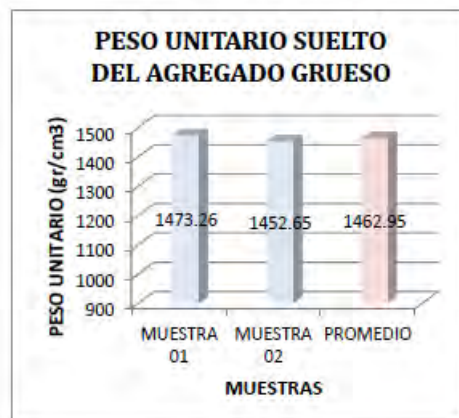
Cantera: Vicho

**PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO**

MTC E 203 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-29

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Número de Molde	1	1
Peso del Molde (gr)	7950.00	7950.00
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	12240.00	12180.00
Peso de la Muestra Suelta (gr)	4290.00	4230.00
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2911.92	2911.92
Peso Unitario Suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	1.473	1.453
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2551.31	2551.31
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1473.26	1452.65
Porcentaje de Vacíos	42.25%	43.06%

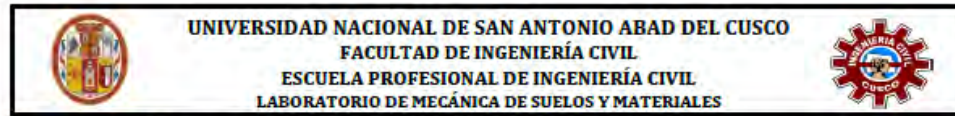
% de Error		
Peso Unitario Suelto	1.42%	Ok!
Porcentaje de Vacíos	1.91%	Ok!



PESO UNITARIO SUELTO = 1462.95 kg/m<sup>3</sup>

PORCENTAJE DE VACÍOS = 42.66%

**Anexo A.1-3: Recolección de datos del ensayo del peso unitario varillado y porcentaje de vacíos varillado del agregado grueso.**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile  
Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino  
Muestra: Agregado grueso  
Fecha: jueves, 21 de Noviembre de 2024

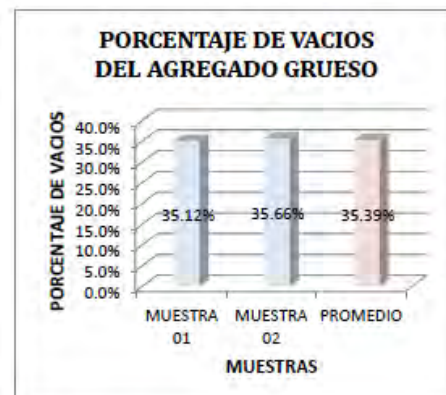
Material  
Cantera: Vicho

**PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO**

MTC E 203 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-29

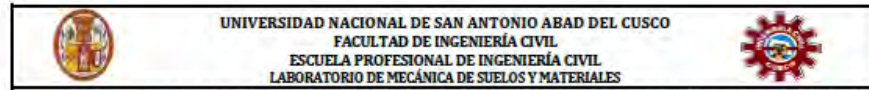
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Número de Capas	3	3
Número de Golpes	25	25
Número de Molde	1	1
Peso del Molde (gr)	7950.00	7950.00
Peso del Molde + Muestra Varillada (gr)	12770.00	12730.00
Peso de la Muestra Varillada (gr)	4820.00	4780.00
Altura del Molde (cm)	16.70	16.70
Diámetro del Molde (cm)	14.90	14.90
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2911.92	2911.92
Peso Unitario Varillado (gr/cm <sup>3</sup> )	1.655	1.642
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2551.31	2551.31
Peso Unitario Varillado (kg/m <sup>3</sup> )	1655.27	1641.53
Porcentaje de Vacíos	35.12%	35.66%

% de Error		
Peso Unitario Varillado	0.84%	Ok!
Porcentaje de Vacíos	1.53%	Ok!



**PESO UNITARIO VARILLADO = 1648.40 kg/m<sup>3</sup>**  
**PORCENTAJE DE VACÍOS = 35.39%**

**Anexo A.1-4: Recolección de datos del ensayo del análisis granulométrico del agregado grueso.**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso

Fecha: miércoles, 20 de Noviembre de 2024

Material  
Cantera: Vicho

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO GRUESO**  
MTC E 204 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-136 y AASHTO T-27

Antes del lavado  
Peso de la Muestra Seca = 3745.58 gr

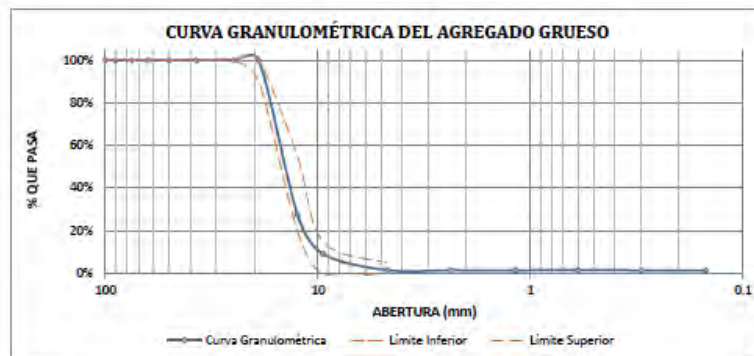
Después del lavado  
Peso de la Muestra Seca = 3706.05 gr

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO: 6	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
4"	100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3½"	90	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
3"	75	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
2½"	63	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
2"	50	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1½"	37.5	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
1"	25	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100%	100%
¾"	19	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	90%	100%
1/2"	12.5	2710.88	72.38%	72.38%	27.62%	20%	55%
3/8"	9.5	690.58	18.44%	90.81%	9.19%	0%	15%
Nº 4	4.75	287.73	7.68%	98.49%	1.51%	0%	5%
Nº 8	2.36	3.62	0.10%	98.59%	1.41%		
Nº 16	1.18	1.12	0.03%	98.62%	1.38%		
Nº 30	0.60	1.02	0.03%	98.52%	1.48%		
Nº 50	0.30	1.10	0.03%	98.62%	1.38%		
Nº 100	0.15	2.86	0.08%	98.70%	1.30%		
Bandeja		7.14	0.19%	98.89%			
Total Fracción Retenida en Lavado =		3706.05	98.94%				

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra  
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 98.49%  
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 0.45%  
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 1.06%  
Total: 100.00%

Fracción Gruesa  
% de grava = 99.55%  
% de arena = 0.45%  
Total = 100.00%

Huso: 6



Tamaño Máximo = ¾"

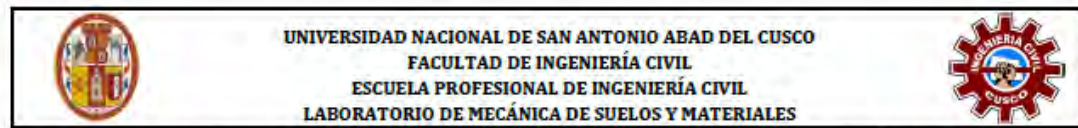
Tamaño Máximo Nominal = 1/2"

% RETENIDO ACUMULADO (¾", 1½", 3/4", 3/8", Nº 4, Nº 8, Nº 16, Nº 30, Nº 50, Nº 100)

MÓDULO DE FINEZA = 6.82



**Anexo A.1-5: Recolección de datos del ensayo del peso específico y absorción del agregado grueso.**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso

Fecha: miércoles, 4 de Diciembre de 2024

Material

Cantera:

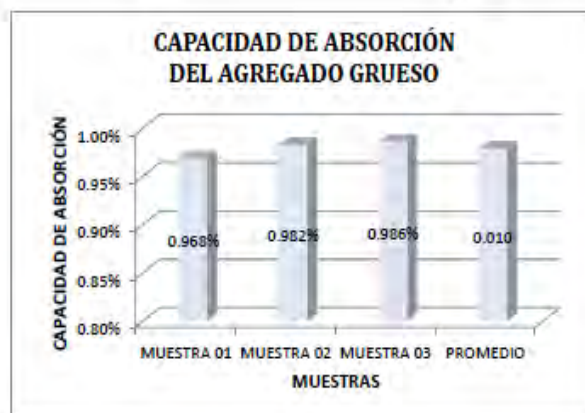
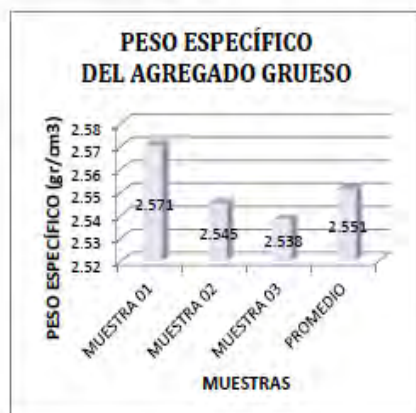
Vicho

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO**

MTC E 206 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-127 y AASHTO T-85

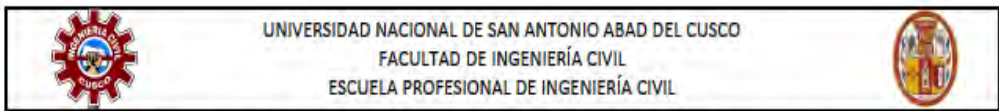
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de la Muestra Seca (gr)	2089.23	2319.61	2182.09
Temperatura del Agua (°C)	22.0	24.4	22.7
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	2109.46	2342.40	2203.61
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	1276.30	1408.00	1322.30
Peso del Agua Desplazada (gr)	812.93	911.61	859.79
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm <sup>3</sup> )	2.570	2.545	2.538
Factor de corrección por Temperatura	1.0002406	1.0002606	1.0000722
Peso del Agua Absorbida (gr)	20.23	22.79	21.52
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.571	2.545	2.538
Capacidad de Absorción	0.968%	0.982%	0.986%

% de Error		
Peso Específico	1.28%	Ok!
Capacidad de Absorción	1.85%	Ok!



PESO ESPECÍFICO = 2.55 gr/cm<sup>3</sup>  
CAPACIDAD DE ABSORCIÓN = 0.98%

**Anexo A.1-6: Recolección de datos del ensayo de abrasión los ángeles del agregado grueso.**



ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2")

**MTC E 207**

Tesis	: "Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación	: Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Fecha	: lunes, 28 de Abril de 2025
Metodo de ensayo	ABRASIÓN LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 1/2")

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	PORCENTAJE
Peso Inicial	5002.42	5015.89	29.77%
Peso que retiene la malla N° 12	3513.11	3521.11	29.80%



PORCENTAJE DE DESGASTE DE LOS AGREGADOS =	29.79%
---	--------

*Anexo A.1-7: Recolección de datos del ensayo de abrasión los ángeles del agregado grueso.*



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso

Fecha: martes, 26 de Noviembre de 2024

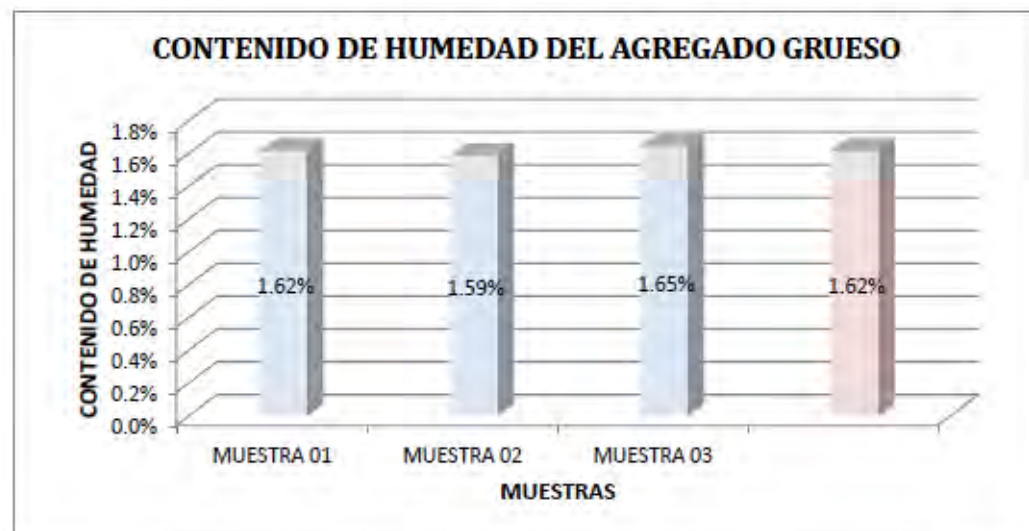
Material

Cantera: Vicho

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO**

MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	198.66	179.87	492.99
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	2480.29	2350.89	2823.07
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	2443.94	2316.92	2785.34
Peso del Agua (gr)	36.35	33.97	37.73
Peso de la Muestra Seca (gr)	2245.28	2137.05	2292.35
Contenido de Humedad	1.62%	1.59%	1.65%

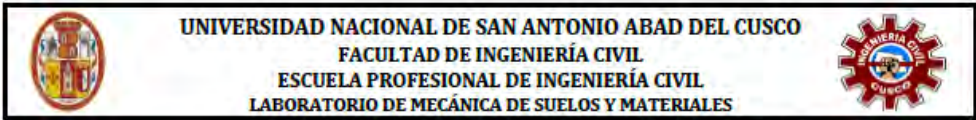


CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 1.62%



**Anexo A.2: Agregado fino**

*Anexo A.2-1: Recolección de datos del ensayo de la cantidad de material fino que pasa el tamiz N°200 del agregado fino.*



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado fino

Fecha: martes, 19 de Noviembre de 2024

Material

Cantera: Cunyac

**CANTIDAD DE MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 DEL AGREGADO FINO**

MTC E 202 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-117 y AASHTO T-11

DATOS DEL LAVADO DEL MATERIAL
ANTES DEL LAVADO
Peso de la Muestra Seca (gr) = 1444.3
DESPUÉS DEL LAVADO
Peso de la Muestra Seca (gr) = 1388.91
Peso del Residuo Filtrado Seco (gr) = 55.39

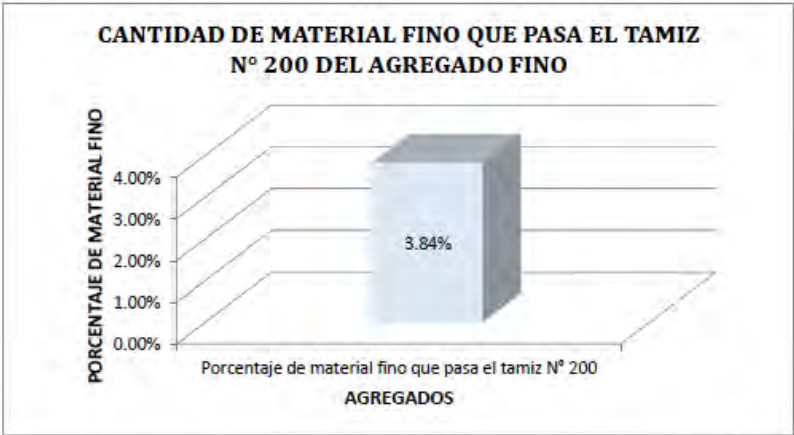
MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ N° 200	
Material que pasa el tamiz N° 200 (gr)	55.39
Porcentaje de material fino que pasa el tamiz N° 200	3.84%

Fracciones Gruesa y Fina de la Muestra

Fracción Fina (Pasa el Tamiz N° 200) = 3.84%

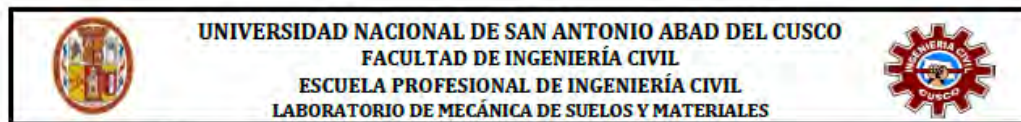
Fracción Gruesa (Retiene el Tamiz N° 200) = 96.16%

Total: 100.00%



**MATERIAL FINO QUE PASA EL TAMIZ N° 200 = 3.84%**

**Anexo A.2-2: Recolección de datos del ensayo del peso unitario suelto y porcentaje de vacíos suelto del agregado fino.**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado fino

Fecha: jueves, 21 de Noviembre de 2024

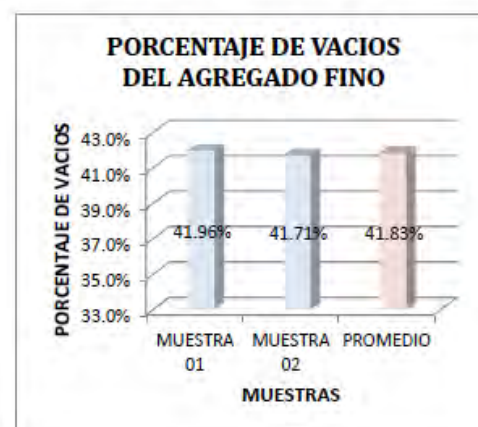
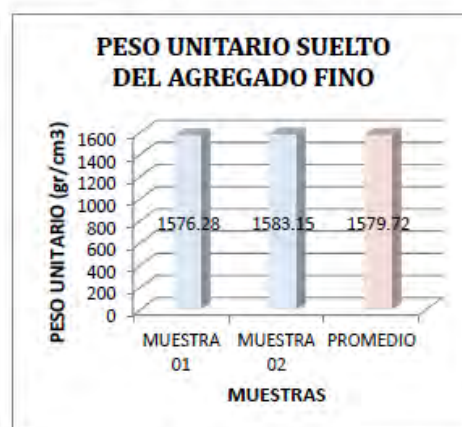
Material  
Cantera: Cunyac

**PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO**

MTC E 203 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-29

DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02
Número de Molde	1	1
Peso del Molde (gr)	7950.00	7950.00
Peso del Molde + Muestra Suelta (gr)	12540.00	12560.00
Peso de la Muestra Suelta (gr)	4590.00	4610.00
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	2911.92	2911.92
Peso Unitario Suelto (gr/cm <sup>3</sup> )	1.576	1.583
Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	2715.83	2715.83
Peso Unitario Suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1576.28	1583.15
Porcentaje de Vacíos	41.96%	41.71%


% de Error		
Peso Unitario Suelto	0.44%	Ok!
Porcentaje de Vacíos	0.61%	Ok!




**PESO UNITARIO SUELTO = 1579.72 kg/m<sup>3</sup>**  
**PORCENTAJE DE VACÍOS = 41.83%**



**Anexo A.2-3: Recolección de datos del ensayo de análisis granulométrico del agregado fino.**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
 Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado fino

Fecha: miércoles, 20 de Noviembre de 2024

Material  
 Cantera: Cunyac

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL AGREGADO FINO**  
 MTC E 204 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-136 y AASHTO T-27

Antes del lavado  
Peso de la Muestra Seca = 1444.30 gr
Después del lavado  
Peso de la Muestra Seca = 1388.91 gr

TAMIZ N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	HUSO	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
3/8"	9.5	2.58	0.18%	0.18%	99.82%	100%	100%
N° 4	4.75	20.01	1.39%	1.56%	98.44%	95%	100%
N° 8	2.36	48.10	3.33%	4.89%	95.11%	80%	100%
N° 16	1.18	123.11	8.52%	13.42%	86.58%	50%	85%
N° 30	0.600	280.68	19.43%	32.85%	67.15%	25%	60%
N° 50	0.300	513.10	35.53%	68.38%	31.62%	10%	30%
N° 100	0.150	323.27	22.38%	90.76%	9.24%	2%	10%
N° 200	0.075	76.71	5.31%	96.07%	3.93%		
Bandeja		1.35	0.09%	96.16%			
Total Fracción Retenida en Lavado =		1388.91	96.16%				

Fraciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz N° 4) = 1.56%

% de arena (Pasa N° 4 y Ret. N° 200) = 94.51%

% de finos (Pasa Tamiz N° 200) = 3.93%

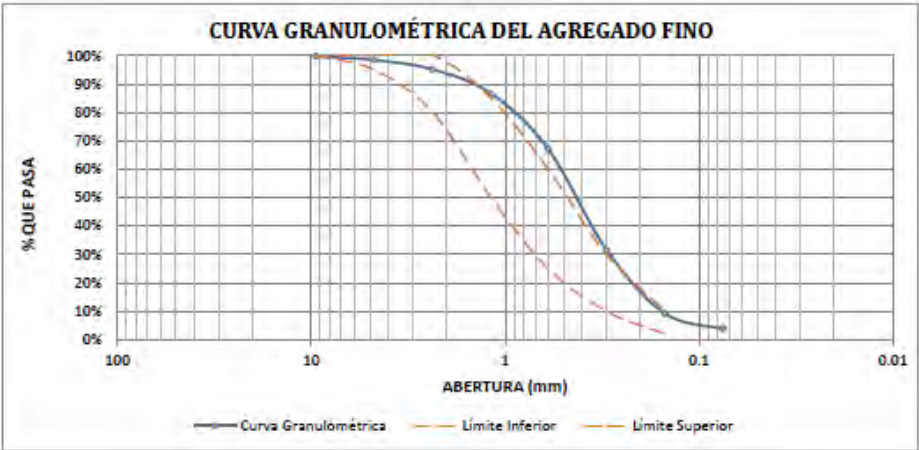
Total: 100.00%

Fración Gruesa

% de grava = 1.63%

% de arena = 98.37%

Total = 100.00%

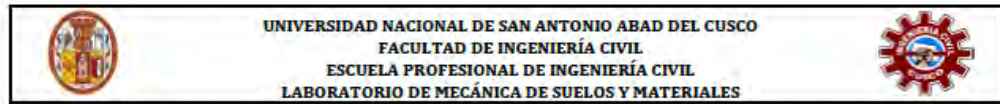


$\sum$  % RETENIDO ACUMULADO (3/8", N° 4, N° 8, N° 16, N° 30, N° 50, N° 100)

El Módulo de Fineza recomendable estará entre 2.35 y 3.15

**MÓDULO DE FINEZA = 2.12**

**Anexo A.2-4: Recolección de datos del ensayo del peso específico y absorción del agregado fino.**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado fino

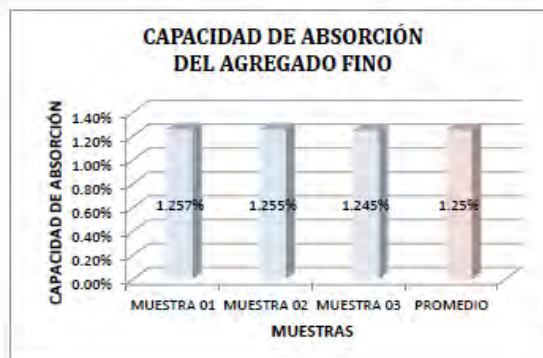
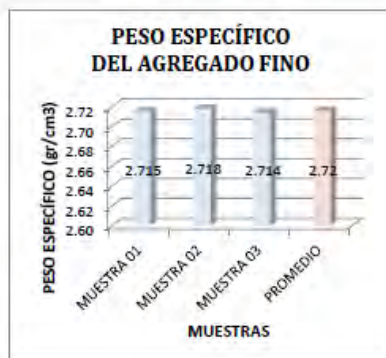
Fecha: miércoles, 4 de Diciembre de 2024

Material  
Cantera: Cunyac

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO**  
MTC E 205 - 2000, Basado en la Norma ASTM C-128 y AASHTO T-84

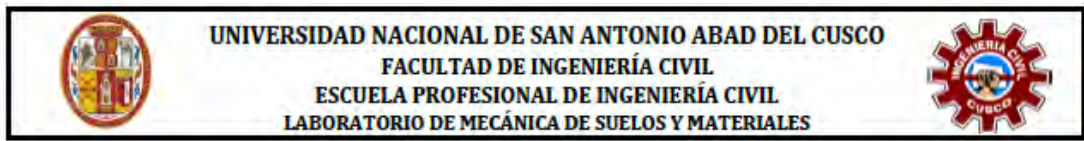
DATOS DEL ENSAYO	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Volumen del Picnómetro (ml)	500	500	500
Peso del Picnómetro (gr)	179.42	179.42	179.42
Peso de la Muestra Seca (gr)	493.85	493.84	493.92
Peso del Picnómetro + Agua + Muestra (gr)	988.19	988.34	988.19
Temperatura del Agua (°C)	23.4	24.1	24.2
Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca (gr)	500.06	500.04	500.07
Peso del Picnómetro + Agua (gr)	676.19	676.19	676.19
Peso de la Muestra Sumergida (gr)	312.00	312.15	312.00
Peso del Agua Desplazada (gr)	181.85	181.69	181.92
Peso Específico a Temperatura de Ensayo (gr/cm <sup>3</sup> )	2.716	2.718	2.715
Factor de corrección por Temperatura	0.9999038	0.9999098	0.9997093
Peso del Agua Absorbida (gr)	6.21	6.20	6.15
Peso Específico (gr/cm <sup>3</sup> )	2.715	2.718	2.714
Capacidad de Absorción	1.257%	1.255%	1.245%

	% de Error	
Peso Específico	0.13%	OK!
Capacidad de Absorción	0.99%	OK!



**PESO ESPECÍFICO = 2.72 gr/cm<sup>3</sup>**  
**CAPACIDAD DE ABSORCIÓN = 1.25%**

*Anexo A.2-5: Recolección de datos del ensayo del contenido humedad del agregado fino.*



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado fino

Fecha: martes, 26 de Noviembre de 2024

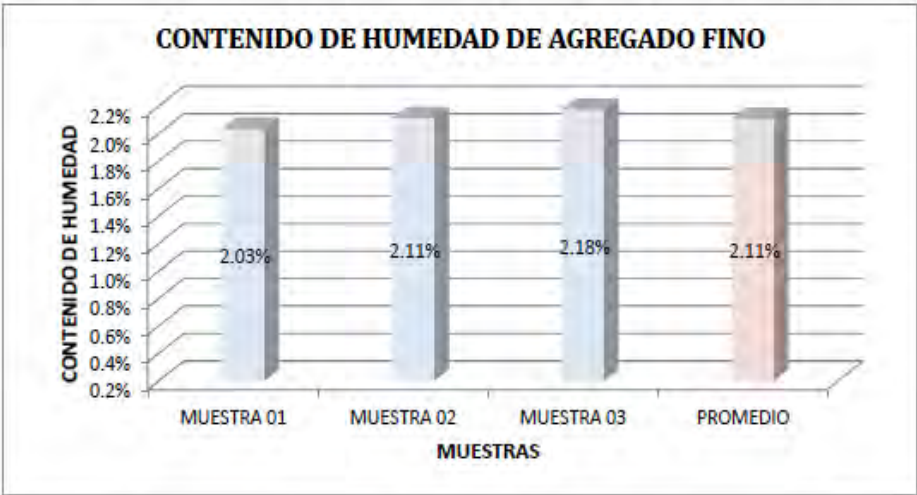
Material

Cantera: Cunyac

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**

MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	343.56	326.07	249.19
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	1198.08	1034.89	1081.42
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	1181.04	1020.22	1063.70
Peso del Agua (gr)	17.04	14.67	17.72
Peso de la Muestra Seca (gr)	837.48	694.15	814.51
Contenido de Humedad	2.03%	2.11%	2.18%



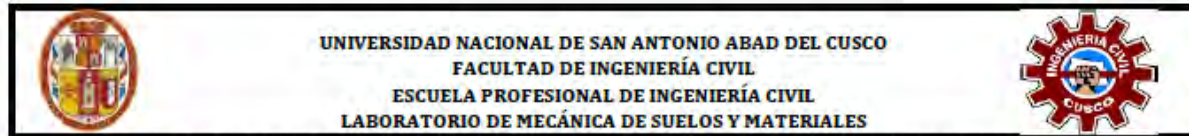
**CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 2.11%**



## Anexo B: Diseño De Mezclas

### Anexo B.1: Diseño de mezcla de resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

#### *Anexo B.1-1: Desarrollo del diseño de mezcla de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso y Agregado fino

Fecha: viernes, 6 de Diciembre de 2024

Canteras

Agregado Grueso: Vicho

Agregado Fino: Cunyac

#### **DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$**

##### 1.- Condiciones de Diseño

###### 1.1.- Uso de Aditivos

Acelerador: NO

Incorporador de Aire: NO

###### 1.2.- Tipo de Diseño, Resistencia y Asentamiento

Diseño por: Resistencia

$f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Expuesto a la acción del agua de Mar, agua:

Slump = 7"

##### 2.- Características de los Materiales

###### 2.1.- Cemento

Marca: Yura

Tipo: HS

Peso Específico:  $2.75 \text{ gr/cm}^3$

Peso Volumétrico:  $1500 \text{ kg/m}^3$

###### 2.2.- Agua

Agua potable de la red pública

###### 2.3.- Agregado Grueso

Tipo de Agregado: 0

Contenido de Humedad: 1.62%

Porcentaje de Finos: 1.06%

Tamaño Máximo Absoluto: 3/4"

Tamaño Máximo Nominal: 1/2"

Módulo de Fineza: 6.82

Peso Específico:  $2.55 \text{ gr/cm}^3$

Capacidad de absorción: 0.98%

Peso Unitario Varillado:  $1648.40 \text{ kg/m}^3$

Porcentaje de Vacíos Varillado: 35.39%

Peso Unitario Suelto:  $1462.95 \text{ kg/m}^3$

Porcentaje de Vacíos Suelto: 42.66%

###### 2.4.- Agregado Fino

Tipo de Agregado: 0

Contenido de Humedad: 2.11%

Porcentaje de Finos: 3.84%

Módulo de Fineza: 2.12

Peso Específico:  $2.72 \text{ gr/cm}^3$

Capacidad de absorción: 1.25%

Peso Unitario Suelto:  $1579.72 \text{ kg/m}^3$

Porcentaje de Vacíos Suelto: 41.83%

###### 2.5.- Aditivos

Plastificante: Ninguno

Incorporador de Aire: Ninguno



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso y Agregado fino

Fecha: viernes, 6 de Diciembre de 2024

Canteras

Agregado Grueso: Vicho

Agregado Fino: Cunyac

### **DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$**

#### **3.- Resistencia de Diseño**

##### **3.1.- Selección de la Resistencia Requerida $f_{cr}$**

Quando no se conocen estadísticas de la resistencia del concreto (Factor de Seguridad). Según Norma E.060 Concreto Armado, Capítulo 3 Requisitos de la Construcción, Artículo 4.3.2 Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida, Tabla 4.3.2b. Se pueden tomar los valores siguientes:

$f_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f_{cr} = f_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f_{cr} = f_c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$350 \text{ kg/cm}^2 < f_c$	$f_{cr} = f_c + 98 \text{ kg/cm}^2$

Por lo tanto la Resistencia Promedio Requerida será:  $f_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$

#### **4.- Volumen de Agua y Contenido de Aire Atrapado por metro cúbico de Concreto**

Asentamiento = 7"

Tamaño Máximo Nominal = 1/2"

##### **4.1.- Selección del Volumen de Agua por metro cúbico de Concreto**

Por lo tanto el Volumen de Agua será: 228 lt/m<sup>3</sup>

##### **4.2.- Selección del Contenido de Aire Atrapado por metro cúbico de Concreto**

Por lo tanto el Volumen de Aire será: 2.50%

#### **5.- Relación Agua/Cemento y Contenido de Cemento**

Diseño por Resistencia

$f_{cr} = 364 \text{ kg/cm}^2$

##### **5.1.- Selección de la relación Agua/Cemento por Resistencia**

Agua/Cemento = 0.47

##### **5.2.- Cálculo del contenido de Cemento**

Cantidad de Cemento = 489.27 kg/m<sup>3</sup>

Factor Cemento = 11.51 bolsas/m<sup>3</sup>

#### **6.- Cálculo del Volumen Absoluto de la pasta por metro cúbico**

<b>Materiales</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>PE (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Vol. Abs. (m<sup>3</sup>)</b>
Cemento	489.27	2750	0.1779
Agua	228.00	1000	0.2280
Aire	2.50%	-	0.0250

Volumen Absoluto = 0.4309 m<sup>3</sup>



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSIŁICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing. Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso y Agregado Fino

Fecha: viernes, 6 de Diciembre de 2024

Canteras

Agregado Grueso: Vicho

Agregado Fino: Cunyac

### **DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$**

7.- Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Agregados Grueso y Fino

Volumen Absoluto de los Agregados =  $0.5691 \text{ m}^3$

7.1.- Cálculo del Volumen Absoluto del Agregado Grueso (Método: PU Vanillado Agr. Grueso)

Tamaño Máximo Nominal =  $1/2"$

Módulo de Finesa del Agregado Fino = 2.12

Factor de Agregado Grueso (b/bo) = 0.62

Peso Unitario Vanillado del Agregado Grueso =  $1648.40 \text{ kg/m}^3$

Peso del Agregado Grueso =  $1018.64 \text{ kg}$

Peso Específico del Agregado Grueso =  $2.55 \text{ gr/cm}^3$

Volumen Absoluto del Agregado Grueso =  $0.3993 \text{ m}^3$

7.2.- Cálculo del Volumen Absoluto del Agregado Grueso (Método: Combinación de MF)

Tamaño Máximo Nominal =  $1/2"$

Bolsas de Cemento por metro cúbico =  $11.51 \text{ bolsas/m}^3$

Módulo de Finesa de la Combinación de Agregados = 4.89

Módulo de Finesa del Agregado Grueso = 6.82

Módulo de Finesa del Agregado Fino = 2.12

% de Agregado Grueso =  $58.91\%$

Volumen Absoluto de los Agregados =  $0.5691 \text{ m}^3$

Volumen Absoluto del Agregado Grueso =  $0.3352 \text{ m}^3$

7.3.- Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Agregados Grueso y Fino

Volumen Absoluto del Agregado Grueso =  $0.3993 \text{ m}^3$

(Método: PU Vanillado Agr. Grueso)

Volumen Absoluto del Agregado Fino =  $0.1698 \text{ m}^3$

8.- Cálculo de los Pesos Secos de los Agregados Grueso y Fino

Peso Específico del Agregado Grueso =  $2.55 \text{ gr/cm}^3$

Peso Específico del Agregado Fino =  $2.72 \text{ gr/cm}^3$

Peso Seco del Agregado Grueso =  $1018.64 \text{ kg/m}^3$

Peso Seco del Agregado Fino =  $461.21 \text{ kg/m}^3$

9.- Pesos Secos de los Materiales por metro cúbico

Materiales	Pesos Secos ( $\text{kg/m}^3$ )
Cemento	489.27
Agua	228.00
Agregado Grueso	1018.64
Agregado Fino	461.21

Total =  $2197.12 \text{ kg/m}^3$

10.- Corrección de los Agregados por Humedad

Peso Seco del Agregado Grueso =  $1018.64 \text{ kg/m}^3$

Peso Seco del Agregado Fino =  $461.21 \text{ kg/m}^3$

Contenido de Humedad del Agregado Grueso =  $1.62\%$

Contenido de Humedad del Agregado Fino =  $2.11\%$

Peso Húmedo del Agregado Grueso =  $1035.12 \text{ kg/m}^3$

Peso Húmedo del Agregado Fino =  $470.93 \text{ kg/m}^3$

11.- Ajustes por Humedad y Absorción de los agregados

Capacidad de absorción del Agregado Grueso =  $0.98\%$

Capacidad de absorción del Agregado Fino =  $1.25\%$

Ajuste de Agua del Agregado Grueso =  $-6.51 \text{ lt}$

Ajuste de Agua del Agregado Fino =  $-3.94 \text{ lt}$

Ajuste Total de Agua =  $-10.45 \text{ lt}$

Agua de Diseño =  $228 \text{ lt/m}^3$

Agua Efectiva =  $218 \text{ lt/m}^3$

12.- Pesos Corregidos de los Materiales por metro cúbico

Materiales	Pesos Húmedos ( $\text{kg/m}^3$ )
Cemento	489.27
Agua	217.55
Agregado Grueso	1035.12
Agregado Fino	470.93

Total =  $2212.87 \text{ kg/m}^3$





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso y Agregado fino

Fecha: viernes, 6 de Diciembre de 2024

Canteras

Agregado Grueso: Vicho

Agregado Fino: Cunyac

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$**

13.- Proporción en Peso

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 kg	0.96 kg	2.12 kg	0.445 lt

14.- Proporción en Peso por tandas de una bolsa de Cemento

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 bolsa	40.91 kg	89.91 kg	18.90 lt

15.- Proporción en Peso por tandas de un metro cúbico de Concreto

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
11.51 bolsas	470.93 kg	1035.12 kg	217.55 lt

16.- Cálculo de los Materiales en Volumen por metro cúbico

Materiales	Peso Húmedo (kg)	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento	489.27	1500.00	0.3262
Agua Efectiva	217.55	1000.00	0.2175
Agregado Grueso	1035.12	1462.95	0.7076
Agregado Fino	470.93	1579.72	0.2981

17.- Proporción en Volumen

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 m <sup>3</sup>	0.91 m <sup>3</sup>	2.17 m <sup>3</sup>	666.95 lt

18.- Proporción en Volumen por tandas de una bolsa de Cemento

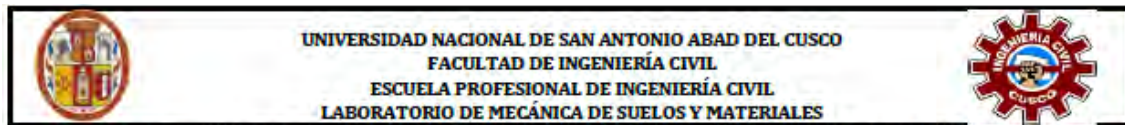
Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 bolsa	0.0259 m <sup>3</sup>	0.0615 m <sup>3</sup>	18.90 lt
1 bolsa	0.91 pie <sup>3</sup>	2.17 pie <sup>3</sup>	18.90 lt

19.- Proporción en Volumen por tandas de un metro cúbico de Concreto

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
11.51 bolsas	0.2981 m <sup>3</sup>	0.7076 m <sup>3</sup>	217.55 lt
11.51 bolsas	10.52 pie <sup>3</sup>	24.97 pie <sup>3</sup>	217.55 lt

## Anexo B.2: Diseño de mezcla de resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

### Anexo B.2-1: Desarrollo del diseño de mezcla de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSILICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso y Agregado fino

Fecha: viernes, 6 de Diciembre de 2024

Canteras

Agregado Grueso: Vicho

Agregado Fino: Cunyac

#### DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

##### 1.- Condiciones de Diseño

###### 1.1.- Uso de Aditivos

Acelerador: NO

Incorporador de Aire: NO

###### 1.2.- Tipo de Diseño, Resistencia y Asentamiento

Diseño por: Resistencia

$f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$

Expuesto a la acción del agua de Mar, agua:

Slump = 7"

##### 2.- Características de los Materiales

###### 2.1.- Cemento

Marca: Yura

Tipo: HS

Peso Específico:  $2.75 \text{ gr/cm}^3$

Peso Volumétrico:  $1500 \text{ kg/m}^3$

###### 2.2.- Agua

Agua potable de la red pública

###### 2.3.- Agregado Grueso

Tipo de Agregado: 0

Contenido de Humedad: 1.62%

Porcentaje de Finos: 1.06%

Tamaño Máximo Absoluto: 3/4"

Tamaño Máximo Nominal: 1/2"

Módulo de Fineza: 6.82

Peso Específico:  $2.55 \text{ gr/cm}^3$

Capacidad de absorción: 0.98%

Peso Unitario Varillado:  $1648.40 \text{ kg/m}^3$

Porcentaje de Vacíos Varillado: 35.39%

Peso Unitario Suelto:  $1462.95 \text{ kg/m}^3$

Porcentaje de Vacíos Suelto: 42.66%

###### 2.4.- Agregado Fino

Tipo de Agregado: 0

Contenido de Humedad: 2.11%

Porcentaje de Finos: 3.84%

Módulo de Fineza: 2.12

Peso Específico:  $2.72 \text{ gr/cm}^3$

Capacidad de absorción: 1.25%

Peso Unitario Suelto:  $1579.72 \text{ kg/m}^3$

Porcentaje de Vacíos Suelto: 41.83%

###### 2.5.- Aditivos

Plastificante: Ninguno

Incorporador de Aire: Ninguno





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSILICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso y Agregado fino

Fecha: viernes, 6 de Diciembre de 2024

Canteras

Agregado Grueso: Vicho

Agregado Fino: Cunyac

### **DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$**

#### 3.- Resistencia de Diseño

##### 3.1- Selección de la Resistencia Requerida $f_{cr}$

Quando no se conocen estadísticas de la resistencia del concreto (Factor de Seguridad). Según Norma E.060 Concreto Armado, Capítulo 3 Requisitos de la Construcción, Artículo 4.3.2 Cálculo de la Resistencia Promedio Requerida, Tabla 4.3.2b. Se pueden tomar los valores siguientes:

$f_c < 210 \text{ kg/cm}^2$	$f_{cr} = f_c + 70 \text{ kg/cm}^2$
$210 \text{ kg/cm}^2 \leq f_c \leq 350 \text{ kg/cm}^2$	$f_{cr} = f_c + 84 \text{ kg/cm}^2$
$350 \text{ kg/cm}^2 < f_c$	$f_{cr} = f_c + 98 \text{ kg/cm}^2$

Por lo tanto la Resistencia Promedio Requerida será:  $f_{cr} = 434 \text{ kg/cm}^2$

#### 4.- Volumen de Agua y Contenido de Aire Atrapado por metro cúbico de Concreto

Asentamiento = 7"

Tamaño Máximo Nominal = 1/2"

##### 4.1- Selección del Volumen de Agua por metro cúbico de Concreto

Por lo tanto el Volumen de Agua será: 228 lt/m<sup>3</sup>

##### 4.2- Selección del Contenido de Aire Atrapado por metro cúbico de Concreto

Por lo tanto el Volumen de Aire será: 2.50%

#### 5.- Relación Agua/Cemento y Contenido de Cemento

Diseño por Resistencia

$f_{cr} = 434 \text{ kg/cm}^2$

##### 5.1- Selección de la relación Agua/Cemento por Resistencia

Agua/Cemento = 0.40

##### 5.2- Cálculo del contenido de Cemento

Cantidad de Cemento = 575.76 kg/m<sup>3</sup>

Factor Cemento = 13.55 bolsas/m<sup>3</sup>

#### 6.- Cálculo del Volumen Absoluto de la pasta por metro cúbico

Materiales	Peso (kg)	PE (kg/m <sup>3</sup> )	Vol. Abs. (m <sup>3</sup> )
Cemento	575.76	2750	0.2094
Agua	228.00	1000	0.2280
Aire	2.50%	-	0.0250

Volumen Absoluto = 0.4624 m<sup>3</sup>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso y Agregado fino

Fecha: viernes, 6 de Diciembre de 2024

Canteras

Agregado Grueso: Vicho

Agregado Fino: Cunyac

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO  $f'_c = 350 \text{ kg/cm}^2$**

**7.- Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Agregados Grueso y Fino**

Volumen Absoluto de los Agregados = 0.5376 m<sup>3</sup>

**7.1.- Cálculo del Volumen Absoluto del Agregado Grueso (Método: PU Varillado Agr. Grueso)**

Tamaño Máximo Nominal = 1/2"

Módulo de Fineza del Agregado Fino = 2.12

Factor de Agregado Grueso (b/bo) = 0.62

Peso Unitario Varillado del Agregado Grueso = 1648.40 kg/m<sup>3</sup>

Peso del Agregado Grueso = 1018.64 kg

Peso Específico del Agregado Grueso = 2.55 gr/cm<sup>3</sup>

Volumen Absoluto del Agregado Grueso = 0.3993 m<sup>3</sup>

**7.2.- Cálculo del Volumen Absoluto del Agregado Grueso (Método: Combinación de MF)**

Tamaño Máximo Nominal = 1/2"

Bolsas de Cemento por metro cúbico = 13.55 bolsas/m<sup>3</sup>

Módulo de Fineza de la Combinación de Agregados = 5.05

Módulo de Fineza del Agregado Grueso = 6.82

Módulo de Fineza del Agregado Fino = 2.12

% de Agregado Grueso = 62.37%

Volumen Absoluto de los Agregados = 0.5376 m<sup>3</sup>

Volumen Absoluto del Agregado Grueso = 0.3353 m<sup>3</sup>

**7.3.- Cálculo de los Volúmenes Absolutos de los Agregados Grueso y Fino**

Volumen Absoluto del Agregado Grueso = 0.3993 m<sup>3</sup>

(Método: PU Varillado Agr. Grueso)

Volumen Absoluto del Agregado Fino = 0.1384 m<sup>3</sup>

**8.- Cálculo de los Pesos Secos de los Agregados Grueso y Fino**

Peso Específico del Agregado Grueso = 2.55 gr/cm<sup>3</sup>

Peso Específico del Agregado Fino = 2.72 gr/cm<sup>3</sup>

Peso Seco del Agregado Grueso = 1018.64 kg/m<sup>3</sup>

Peso Seco del Agregado Fino = 375.80 kg/m<sup>3</sup>

**9.- Pesos Secos de los Materiales por metro cúbico**

Materiales	Pesos Secos (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	575.76
Agua	228.00
Agregado Grueso	1018.64
Agregado Fino	375.80

Total = 2198.19 kg/m<sup>3</sup>

**10.- Corrección de los Agregados por Humedad**

Peso Seco del Agregado Grueso = 1018.64 kg/m<sup>3</sup>

Peso Seco del Agregado Fino = 375.80 kg/m<sup>3</sup>

Contenido de Humedad del Agregado Grueso = 1.62%

Contenido de Humedad del Agregado Fino = 2.11%

Peso Húmedo del Agregado Grueso = 1035.12 kg/m<sup>3</sup>

Peso Húmedo del Agregado Fino = 383.72 kg/m<sup>3</sup>

**11.- Ajustes por Humedad y Absorción de los agregados**

Capacidad de absorción del Agregado Grueso = 0.98%

Capacidad de absorción del Agregado Fino = 1.25%

Ajuste de Agua del Agregado Grueso = -6.51 lt

Ajuste de Agua del Agregado Fino = -3.21 lt

Ajuste Total de Agua = -9.72 lt

Agua de Diseño = 228 lt/m<sup>3</sup>

Agua Efectiva = 218 lt/m<sup>3</sup>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**



Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSIUCE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Muestra: Agregado grueso y Agregado fino

Fecha: viernes, 6 de Diciembre de 2024

Canteras

Agregado Grueso: Vicho

Agregado Fino: Cunyac

**DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO  $f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$**

**12.- Pesos Corregidos de los Materiales por metro cúbico**

Materiales	Pesos Húmedos (kg/m <sup>3</sup> )
Cemento	575.76
Agua	218.28
Agregado Grueso	1035.12
Agregado Fino	383.72

Total = 2212.87 kg/m<sup>3</sup>

**13.- Proporción en Peso**

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 kg	0.67 kg	1.80 kg	0.379 lt

**14.- Proporción en Peso por tandas de una bolsa de Cemento**

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 bolsa	28.32 kg	76.41 kg	16.11 lt

**15.- Proporción en Peso por tandas de un metro cúbico de Concreto**

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
13.55 bolsas	383.72 kg	1035.12 kg	218.28 lt

**16.- Cálculo de los Materiales en Volumen por metro cúbico**

Materiales	Peso Húmedo (kg)	Peso Unitario (kg/m <sup>3</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Cemento	575.76	1500.00	0.3838
Agua Efectiva	218.28	1000.00	0.2183
Agregado Grueso	1035.12	1462.95	0.7076
Agregado Fino	383.72	1579.72	0.2429

**17.- Proporción en Volumen**

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 m <sup>3</sup>	0.63 m <sup>3</sup>	1.84 m <sup>3</sup>	568.67 lt

**18.- Proporción en Volumen por tandas de una bolsa de Cemento**

Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
1 bolsa	0.0179 m <sup>3</sup>	0.0522 m <sup>3</sup>	16.11 lt
1 bolsa	0.63 pie <sup>3</sup>	1.84 pie <sup>3</sup>	16.11 lt

**19.- Proporción en Volumen por tandas de un metro cúbico de Concreto**


Cemento	Agreg. Fino	Agreg. Grueso	Agua
13.55 bolsas	0.2429 m <sup>3</sup>	0.7076 m <sup>3</sup>	218.28 lt
13.55 bolsas	8.57 pie <sup>3</sup>	24.97 pie <sup>3</sup>	218.28 lt



## Anexo C: Ensayos De Consistencia

### Anexo C.1: Ensayos de consistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

*Anexo C.1-1: Ensayos de consistencia de la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para la combinación de 6% de microsilíce y 0.7% - 0.8% de superplastificante.*




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis:

"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables:

Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Fecha: martes, 15 de Abril de 2025

ENSAYOS DE CONSISTENCIA

UNE 83364 - UNE 83363 - UNE83361

DISEÑO		CODIGO	N°	EMBUDO EN V (s)			PROMEDIO (s)
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)						
6	0.7	R280-6.0-0.7	1	14.53			15.82
			2	17.88			
			3	15.06			
	0.8	R280-6.0-0.8	1	13.60			12.32
			2	12.48			
			3	10.97			

DISEÑO		CODIGO	N°	CAJA EN L			PROMEDIO
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	
6	0.7	R280-6.0-0.7	1	9.00	8.50	0.94	0.91
			2	9.20	8.30	0.90	
			3	9.40	8.40	0.89	
	0.8	R280-6.0-0.8	1	9.60	7.90	0.82	0.85
			2	9.20	7.80	0.85	
			3	9.50	8.40	0.88	


DISEÑO		CODIGO	N°	ENSAYO T50			PROMEDIO	
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Diametro (cm)	T50 (s)
6	0.7	R280-6.0-0.7	1	58.70	60.80	12.76	59.72	13.23
			2	62.50	59.20	14.33		
			3	57.00	59.50	12.59		
	0.8	R280-6.0-0.8	1	56.50	52.60	12.78	58.30	11.40
			2	57.30	58.80	10.49		
			3	58.90	54.70	10.93		

Observación:

- La mezcla R280-6.0-0.7 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

- La mezcla R280-6.0-0.8 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

**Anexo C.1-2: Ensayos de consistencia de la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para la combinación de 7% de microsilice y 0.7% - 0.8% de superplastificante.**




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis:

"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables:

Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora:

Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Fecha:

martes, 15 de Abril de 2025

ENSAYOS DE CONSISTENCIA

UNE 83364 - UNE 83363 - UNE83361

DISEÑO		CODIGO	N°	EMBUDO EN V (s)	PROMEDIO (s)
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)				
7	0.70	R280-7.0-0.7	1	18.93	17.81
			2	18.77	
			3	17.72	
	0.8	R280-7.0-0.8	1	13.87	14.18
			2	15.56	
			3	13.10	

DISEÑO		CODIGO	N°	CAJA EN L			PROMEDIO
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	
7	0.70	R280-7.0-0.7	1	8.95	8.30	0.93	0.92
			2	9.20	8.40	0.91	
			3	9.05	8.20	0.91	
	0.8	R280-7.0-0.8	1	10.50	8.60	0.82	0.85
			2	10.20	8.80	0.86	
			3	9.60	8.20	0.85	


DISEÑO		CODIGO	N°	ENSAYO T50			PROMEDIO	
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Diametro (cm)	T50 (s)
7	0.70	R280-7.0-0.7	1	52.20	58.10	21.17	55.00	19.09
			2	58.00	52.00	17.92		
			3	53.90	56.80	18.17		
	0.8	R280-7.0-0.8	1	76.70	62.60	15.17	67.83	16.53
			2	68.50	64.70	18.43		
			3	70.20	64.30	15.98		

Observación:

- La mezcla R280-7.0-0.7 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

- La mezcla R280-7.0-0.8 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

**Anexo C.1-3: Ensayos de consistencia de la resistencia de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  para la combinación de 8% de microsilice y 0.7% - 0.8% de superplastificante.**




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis:

"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables:

Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora:

Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Fecha:

miércoles, 16 de Abril de 2025

ENSAYOS DE CONSISTENCIA

UNE 83364 - UNE 83363 - UNE83361

DISEÑO		CODIGO	N°	EMBUDO EN V (s)		PROMEDIO (s)
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)					
8	0.7	R280-8.0-0.7	1	17.13		18.04
			2	19.28		
			3	17.71		
	0.8	R280-8.0-0.8	1	15.83		15.74
			2	14.79		
			3	16.80		

DISEÑO		CODIGO	N°	CAJA EN L			PROMEDIO
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	
8	0.7	R280-8.0-0.7	1	10.10	8.10	0.80	0.82
			2	9.40	7.70	0.82	
			3	9.80	8.10	0.83	
	0.8	R280-8.0-0.8	1	8.50	8.40	0.99	0.98
			2	9.10	8.60	0.95	
			3	8.80	8.30	0.94	

DISEÑO		CODIGO	N°	ENSAYO T50			PROMEDIO	
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Diametro (cm)	T50 (s)
8	0.7	R280-8.0-0.7	1	54.80	52.50	26.85	54.87	24.89
			2	56.70	58.10	22.87		
			3	52.00	55.30	25.16		
	0.8	R280-8.0-0.8	1	59.70	56.80	19.20	59.45	18.29
			2	62.50	60.40	16.95		
			3	57.20	60.10	18.72		


Observación:

- La mezcla R280-8.0-0.7 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

- La mezcla R280-8.0-0.8 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

**Anexo C.2: Ensayos de consistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

***Anexo C.2-1: Ensayos de consistencia de la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  para la combinación de 6% de microsilíce y 0.6% - 0.7% de superplastificante.***




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis:

"INFLUENCIA DE LA MICROSILÍCE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables:

Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora:

Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Fecha:

jueves, 13 de Febrero de 2025

ENSAYOS DE CONSISTENCIA

UNE 83364 - UNE 83363 - UNE83361

DISEÑO		CODIGO	N°	EMBUDO EN V (s)	PROMEDIO (s)
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)				
6	0.6	R350-6.0-0.6	1	19.08	21.76
			2	21.34	
			3	24.85	
	0.7	R350-6.0-0.7	1	10.48	14.39
			2	19.56	
			3	13.12	

DISEÑO		CODIGO	N°	CAJA EN L			PROMEDIO
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	
6	0.6	R350-6.0-0.6	1	10.10	8.20	0.81	0.81
			2	9.60	8.10	0.84	
			3	10.30	8.00	0.78	
	0.7	R350-6.0-0.7	1	8.50	8.10	0.95	0.94
			2	8.90	8.00	0.90	
			3	9.10	8.70	0.95	


DISEÑO		CODIGO	N°	ENSAYO T50			PROMEDIO	
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Diametro (cm)	T50 (s)
6	0.60	R350-6.0-0.6	1	65.30	69.50	17.56	65.67	14.39
			2	67.40	62.10	11.32		
			3	65.40	64.30	14.28		
	0.7	R350-6.0-0.7	1	66.10	67.80	11.29	67.65	8.91
			2	65.50	68.90	6.42		
			3	69.90	67.70	9.03		

Observación:

- La mezcla R350-6.0-0.6 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

- La mezcla R350-6.0-0.7 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

**Anexo C.2-2: Ensayos de consistencia de la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  para la combinación de 7% de microsilice y 0.6% - 0.7% de superplastificante.**




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis:

"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables:

Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora:

Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Fecha:

miércoles, 19 de Febrero de 2025

ENSAYOS DE CONSISTENCIA

UNE 83364 - UNE 83363 - UNE83361

DISEÑO		CODIGO	N°	EMBUDO EN V (s)		PROMEDIO (s)
MICROSÍLICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)					
7	0.6	R350-7.0-0.6	1	16.43		15.84
			2	12.89		
			3	18.21		
	0.7	R350-7.0-0.7	1	12.18		14.81
			2	17.58		
			3	14.68		

DISEÑO		CODIGO	N°	CAJA EN L			PROMEDIO
MICROSÍLICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	
7	0.6	R350-7.0-0.6	1	9.80	8.10	0.84	0.84
			2	9.50	7.90	0.83	
			3	9.70	8.10	0.84	
	0.7	R350-7.0-0.7	1	8.90	8.40	0.94	0.95
			2	9.00	8.60	0.96	
			3	8.80	8.40	0.95	

DISEÑO		CODIGO	N°	ENSAYO T50			PROMEDIO	
MICROSÍLICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Diametro (cm)	T50 (s)
7	0.6	R350-7.0-0.6	1	59.30	62.50	9.14	61.27	8.19
			2	62.40	61.70	7.29		
			3	61.90	59.80	8.13		
	0.7	R350-7.0-0.7	1	56.14	59.80	7.12	58.33	8.92
			2	57.14	60.50	8.54		
			3	57.50	58.90	5.09		


Observación:

- La mezcla R350-7.0-0.6 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

- La mezcla R350-7.0-0.7 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.



**Anexo C.2-2: Ensayos de consistencia de la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  para la combinación de 8% de microsilice y 0.6% - 0.7% de superplastificante.**




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis:

"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO - 2024"

Responsables:

Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Fecha: martes, 18 de Febrero de 2025

ENSAYOS DE CONSISTENCIA

UNE 83364 - UNE 83363 - UNE83361

DISEÑO		CODIGO	N°	EMBUDO EN V (s)		PROMEDIO (s)
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)					
8	0.6	R350-8.0-0.6	1	15.97		18.13
			2	17.91		
			3	14.50		
	0.7	R350-8.0-0.7	1	13.17		15.31
			2	15.32		
			3	17.44		

DISEÑO		CODIGO	N°	CAJA EN L			PROMEDIO
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			H1 (cm)	H2 (cm)	H2/H1	
8	0.6	R350-8.0-0.6	1	9.00	7.70	0.86	0.87
			2	8.90	7.80	0.88	
			3	9.00	8.00	0.89	
	0.7	R350-8.0-0.7	1	8.60	8.10	0.94	0.93
			2	8.70	8.00	0.92	
			3	8.70	8.10	0.93	

DISEÑO		CODIGO	N°	ENSAYO T50			PROMEDIO	
MICROSILICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			D1 (cm)	D2 (cm)	T50 (s)	Diametro (cm)	T50 (s)
8	0.6	R350-8.0-0.6	1	58.40	57.20	7.41	57.45	9.93
			2	58.30	58.10	12.16		
			3	58.60	56.10	10.21		
	0.7	R350-8.0-0.7	1	57.10	58.50	10.29	58.07	7.78
			2	58.60	58.10	5.96		
			3	57.40	58.70	7.09		

Observación:


- La mezcla R350-8.0-0.6 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

- La mezcla R350-8.0-0.7 no presenta segregación y tampoco concentración de agregados.

## Anexo D: Ensayos De Resistencia A La Perdida De Finos

### Anexo D.1: Ensayos de la resistencia a la perdida de finos de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

#### *Anexo D.1-1: Resistencia a la perdida de finos de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .*




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES



Tesis:

"INFLUENCIA DE LA MICROSIŁICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"

Responsables:

Jhonatan Ramos Valderrama

Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Fecha: martes, 15 de Abril de 2025

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO AL LAVADO DE AGUA

(CRD - C61)



DISEÑO		CODIGO	N°	PERDIDA DE FINOS			PROMEDIO (%)
MICROSIŁICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Perdida de Peso (%)	
6	0.7	R280-6.0-0.7	1	2305	2055	11%	10%
			2	2460	2245	9%	
			3	2110	1890	10%	
	0.8	R280-6.0-0.8	1	2255	2005	11%	11%
			2	2150	1885	12%	
			3	2080	1880	11%	

DISEÑO		CODIGO	N°	PERDIDA DE FINOS			PROMEDIO (%)
MICROSIŁICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Perdida de Peso (%)	
7	0.70	R280-7.0-0.7	1	2140	1970	7.9	7%
			2	2465	2290	7.1	
			3	2315	2155	8.9	
	0.8	R280-7.0-0.8	1	2345	2120	9.6	9%
			2	2105	1925	8.8	
			3	2465	2245	10.0	

DISEÑO		CODIGO	N°	PERDIDA DE FINOS			PROMEDIO (%)
MICROSIŁICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Perdida de Peso (%)	
8	0.7	R280-8.0-0.7	1	2200	2055	8.6	7%
			2	2165	2015	8.9	
			3	2370	2225	6.1	
	0.8	R280-8.0-0.8	1	2280	2110	7.5	7%
			2	2025	1905	5.9	
			3	2320	2160	6.9	

## Anexo D.2: Ensayos de la resistencia a la perdida de finos de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

### Anexo D.2-1: Resistencia a la perdida de finos de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</p> <p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</p>	
---	--	---

Tesis: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO - 2024"

Responsables: Jhonatan Ramos Valderrama  
Jose Guillermo Umiyauri Chile

Asesora: Ing Luz Marlene Nieto Palomino

Fecha: jueves, 13 de Febrero de 2025

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO AL LAVADO DE AGUA (CRD - C61)						
--	--	--	--	--	--	--

DISEÑO		CODIGO	N°	PERDIDA DE FINOS			PROMEDIO (%)
MICROSÍLICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Perdida de Peso (%)	
6	0.60	R350-6.0-0.6	1	2425	2285	6%	6%
			2	2725	2545	7%	
			3	2525	2370	6%	
	0.7	R350-6.0-0.7	1	2435	2240	8%	8%
			2	2125	1955	8%	
			3	2340	2185	7%	

DISEÑO		CODIGO	N°	PERDIDA DE FINOS			PROMEDIO (%)
MICROSÍLICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Perdida de Peso (%)	
7	0.6	R350-7.0-0.6	1	2578	2370	8.1	7%
			2	2241	2030	9.4	
			3	2875	2735	4.9	
	0.7	R350-7.0-0.7	1	2100	1970	6.2	8%
			2	2286	2095	8.4	
			3	2312	2125	8.1	

DISEÑO		CODIGO	N°	PERDIDA DE FINOS			PROMEDIO (%)
MICROSÍLICE (%)	SUPERPLASTIFICANTE (%)			Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Perdida de Peso (%)	
8	0.6	R350-8.0-0.6	1	2289	2149	6.1	6%
			2	2468	2257	8.5	
			3	2070	1980	4.3	
	0.7	R350-8.0-0.7	1	2251	2122	5.7	6%
			2	2145	2015	6.1	
			3	2480	2351	5.2	

## Anexo E: Ensayos De Temperatura

### Anexo E.1: Ensayo de temperatura de $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

#### Anexo E.1-1: Registro de datos de la temperatura de la resistencia de $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .





## Anexo E.2: Ensayo de temperatura de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

### Anexo E.2-1: Registro de datos de la temperatura de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .





## Anexo F: Ensayos de Resistencia a la Compresión.

### Anexo F.1: Ensayo de resistencia a la compresión de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .



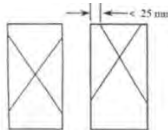
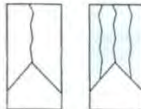




#### Anexo F.1-1: Registro de resumen de datos de la resistencia a la compresión de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO														
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL														
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL														
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES														
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS														
MTC E 704														
RESUMEN														
Tesis :		*Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024*												
Tesisistas :		Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo												
Ubicación :		Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil												
Fecha :		viernes, 18 de Abril de 2025												
Metodo de ensayo :		Norma de Referencia NTP 339.034:2013												
Velocidad de ensayo :		450 Kg-f/sec												
N°	O°	Codigo	% de aditivo		Fecha de		Dias	Diametro prom (cm)	Altura prom (cm)	Densidad (gr/cm3)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Promedio de Esfuerzo (Kg/cm2)	Esfuerzo requerido (Kg/cm2)	Tipo de falla
			Microsilice	Superplastificante	Vaciado	Rotura								
1	1	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	26/02/2025	5/03/2025	7	15.00	30.06	2.32	265.60	260.85	196.00	VI
2	1	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	26/02/2025	5/03/2025	7	15.07	30.23	2.26	256.10			IIb
3	1	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	10/03/2025	24/03/2025	14	14.95	29.85	2.35	291.10			III
4	2	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	10/03/2025	24/03/2025	14	14.93	29.70	2.37	288.80	289.95	224.00	III
5	1	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	10/03/2025	7/04/2025	28	14.87	29.55	2.42	327.10			III
6	2	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	10/03/2025	7/04/2025	28	15.11	29.60	2.32	324.00			III
7	3	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	10/03/2025	7/04/2025	28	15.07	29.85	2.33	312.60	319.35	280.00	III
8	4	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	10/03/2025	7/04/2025	28	14.95	29.93	2.34	310.10			III
9	3	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	10/03/2025	7/04/2025	28	14.87	29.55	2.42	318.60			IIa
10	4	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.60	10/03/2025	7/04/2025	28	15.04	30.03	2.32	323.70	231.40	196.00	III
11	1	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	26/02/2025	5/03/2025	7	15.10	30.05	2.34	199.90			IIa
12	2	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	26/02/2025	5/03/2025	7	15.05	30.13	2.34	262.90			III
13	1	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	11/03/2025	25/03/2025	14	15.00	29.40	2.39	250.20	277.70	224.00	III
14	2	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	11/03/2025	25/03/2025	14	14.87	29.60	2.43	305.20			III
15	1	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	11/03/2025	8/04/2025	28	15.02	30.23	2.33	306.80			IIa
16	2	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	11/03/2025	8/04/2025	28	15.08	30.15	2.49	288.10	303.98	280.00	III
17	3	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	11/03/2025	8/04/2025	28	15.00	29.90	2.35	317.10			III
18	4	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	15.03	29.93	2.30	304.40			III
19	5	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	11/03/2025	8/04/2025	28	14.95	29.85	2.35	302.30	240.35	196.00	III
20	6	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	15.01	29.98	2.36	305.20			III
21	1	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	26/02/2025	5/03/2025	7	14.98	29.93	2.33	247.40			III
22	2	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	26/02/2025	5/03/2025	7	14.95	29.93	2.34	233.30	265.25	224.00	III
23	1	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	14/03/2025	28/03/2025	14	15.03	29.93	2.30	272.60			III
24	2	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	14/03/2025	28/03/2025	14	15.03	29.93	2.30	257.90			III
25	1	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	14/03/2025	11/04/2025	28	15.10	29.93	2.35	295.50	300.03	280.00	III
26	2	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	14/03/2025	11/04/2025	28	14.97	30.20	2.39	285.20			III
27	3	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	14/03/2025	11/04/2025	28	14.87	29.60	2.43	315.50			III
28	4	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	22/04/2025	20/05/2025	28	15.03	29.93	2.30	302.80	321.95	280.00	III
29	5	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	14/03/2025	11/04/2025	28	15.03	30.03	2.36	291.80			IIb
30	6	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.60	22/04/2025	20/05/2025	28	15.02	30.10	2.36	309.40			III
31	1	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	26/02/2025	5/03/2025	7	14.95	29.43	2.36	187.50	192.65	196.00	III
32	2	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	26/02/2025	5/03/2025	7	14.95	29.38	2.46	197.80			III
33	1	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	17/03/2025	31/03/2025	14	15.00	29.98	2.34	290.90			III
34	2	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	17/03/2025	31/03/2025	14	15.03	29.98	2.33	273.10	282.00	224.00	IIb
35	1	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	14.97	29.95	2.41	332.10			III
36	2	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	14.87	30.00	2.48	342.40			III
37	3	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	14.88	29.80	2.39	308.80	321.95	280.00	III
38	4	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	15.05	30.35	2.41	318.30			III
39	5	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	15.03	29.93	2.30	311.80			IIb
40	6	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	15.02	30.06	2.31	318.30	233.90	196.00	III
41	1	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	27/02/2025	6/03/2025	7	14.93	29.98	2.32	246.70			III
42	2	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	27/02/2025	6/03/2025	7	15.05	30.35	2.41	221.10			III
43	1	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	17/03/2025	31/03/2025	14	15.07	30.10	2.33	254.90	262.35	224.00	IIb
44	2	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	17/03/2025	31/03/2025	14	15.12	30.18	2.29	269.80			IIa
45	1	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	17/03/2025	15/04/2025	29	15.13	30.20	2.43	334.10			IV
46	2	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	17/03/2025	15/04/2025	29	15.22	29.88	2.28	328.00	338.17	280.00	III
47	3	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	17/03/2025	15/04/2025	29	15.10	30.13	2.37	341.00			III
48	4	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	22/04/2025	20/05/2025	28	15.03	29.98	2.33	341.90			III
49	5	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	17/03/2025	15/04/2025	29	14.87	30.00	2.48	344.60	305.07	280.00	III
50	6	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.60	22/04/2025	20/05/2025	28	15.05	30.09	2.35	339.40			III
51	1	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	27/02/2025	6/03/2025	7	14.82	29.85	2.41	229.30			III
52	2	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	27/02/2025	6/03/2025	7	14.90	29.70	2.38	231.30	230.30	196.00	III
53	1	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	18/03/2025	1/04/2025	14	14.90	30.15	2.42	255.80			IIb
54	2	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	18/03/2025	1/04/2025	14	15.02	30.15	2.40	233.20			III
55	1	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	18/03/2025	16/04/2025	29	14.83	29.83	2.43	299.90	244.50	224.00	III
56	2	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	18/03/2025	16/04/2025	29	14.80	29.78	2.42	325.00			III
57	3	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	18/03/2025	16/04/2025	29	14.88	29.80	2.45	318.00			III
58	4	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	15.03	29.98	2.33	300.90	305.07	280.00	III
59	5	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	18/03/2025	16/04/2025	29	15.10	29.93	2.35	287.80			III
60	6	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	15.04	30.03	2.36	298.80			III
61	1	R280-0-0-VA	0.00	0.00	24/03/2025	21/04/2025	28	14.87	30.00	2.44	100.00	83.65	280.00	Va
62	2	R280-0-0-VA	0.00	0.00	24/03/2025	21/04/2025	28	15.17	30.03	2.42	67.30			III

## Anexo F.1-2: Registro de datos de la resistencia a la compresión de la resistencia de $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$ .



		<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</div> <div>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</div>																
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS																		
MTC E 704																		
HOJA DE DATOS																		
Tesis :		*Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024*																
Testistas :		Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan																
Ubicación :		Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo																
Fecha :		Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil																
Metodo de ensayo :		10/04/2025																
Velocidad de ensayo :		Norma de Referencia NTP 339.034:2013																
		450 Kg-f/sec																
N°	O*	Codigo	% de aditivo		Fecha de		Dias	Res. De Diseño (Kg/cm2)	Diametro			Altura		Masa (Kg)	Lectura (Kg/cm2)	Carga máxima (Kg)	Tipo de falla	Observaciones
			Microsilice	Superplastificante	Vaciado	Rotura			1 (cm)	2(cm)	3(cm)	1 (cm)	2(cm)					
1	1	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	26/02/2025	5/03/2025	7	280.00	15.10	14.90	15.00	30.10	30.02	12.30	265.6	46940	VI	Uso de capi
2	2	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	26/02/2025	5/03/2025	7	280.00	15.12	15.09	15.00	30.10	30.35	12.20	258.5	45680	IIb	Uso de capi
3	1	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	24/03/2025	14	280.00	15.00	14.95	14.90	29.80	29.90	12.30	289.2	51100	III	Uso de capi
4	2	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	24/03/2025	14	280.00	14.88	14.85	15.05	29.60	29.80	12.30	286.1	50560	III	Uso de capi
5	1	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	280.00	14.80	14.85	14.95	29.70	29.40	12.40	321.3	56780	III	Uso de capi
6	2	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	280.00	15.10	15.12	15.10	29.70	29.50	12.30	328.6	58070	III	Uso de capi
7	3	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	280.00	15.10	15.00	15.10	29.90	29.80	12.40	315.4	55730	III	Uso de capi
8	4	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	280.00	14.90	15.00	14.95	29.90	29.95	12.30	308.0	54430	III	Uso de capi
9	5	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	280.00	14.80	14.85	14.95	29.70	29.40	12.40	313.0	55310	IIa	Uso de capi
10	6	R-280-6-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	280.00	15.05	15.02	15.06	30.00	30.05	12.40	325.6	57540	III	Uso de capi
11	1	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	26/02/2025	5/03/2025	7	280.00	15.20	14.90	15.20	30.00	30.10	12.60	202.5	35790	IIa	Uso de capi
12	2	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	26/02/2025	5/03/2025	7	280.00	15.10	15.05	15.00	30.10	30.15	12.55	264.7	46770	III	Uso de capi
13	1	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	25/03/2025	14	280.00	14.90	14.95	15.15	29.50	29.30	12.40	250.2	44210	III	Uso de capi
14	2	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	25/03/2025	14	280.00	14.95	14.85	14.80	29.50	29.70	12.50	299.8	52980	III	Uso de capi
15	1	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	8/04/2025	28	280.00	15.05	14.95	15.05	30.24	30.22	12.50	307.4	54330	IIa	Uso de capi
16	2	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	8/04/2025	28	280.00	14.95	15.15	15.15	30.20	30.10	13.40	291.3	51470	III	Uso de capi
17	3	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	8/04/2025	28	280.00	14.95	15.00	15.05	30.00	29.80	12.40	317.1	56040	III	Uso de capi
18	4	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	15.05	15.00	15.05	29.90	29.95	12.20	305.7	54030	III	Uso de capi
19	5	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	8/04/2025	28	280.00	15.00	14.95	14.90	29.80	29.90	12.30	300.3	53060	III	Uso de capi
20	6	R-280-6-0.8-VA	6.00	0.80	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	15.02	14.97	15.03	29.95	30.00	12.50	305.5	53990	III	Uso de capi
21	1	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	26/02/2025	5/03/2025	7	280.00	14.95	15.05	14.95	29.95	29.90	12.30	246.8	43620	III	Uso de capi
22	2	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	26/02/2025	5/03/2025	7	280.00	14.90	15.00	14.95	29.90	29.95	12.30	231.8	40960	III	Uso de capi
23	1	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	28/03/2025	14	280.00	15.05	15.00	15.05	29.90	29.95	12.20	273.8	48380	III	Uso de capi
24	2	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	28/03/2025	14	280.00	15.05	15.00	15.05	29.85	30.00	12.20	259.0	45770	III	Uso de capi
25	1	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	11/04/2025	28	280.00	15.10	15.05	15.15	29.90	29.95	12.60	299.5	52920	III	Uso de capi
26	2	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	11/04/2025	28	280.00	14.95	15.00	14.95	30.20	30.20	12.70	284.0	50180	III	Uso de capi
27	3	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	11/04/2025	28	280.00	14.95	14.85	14.80	29.50	29.70	12.50	309.9	54760	III	Uso de capi
28	4	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	15.05	15.00	15.05	29.85	30.00	12.20	304.1	53740	III	Uso de capi
29	5	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	11/04/2025	28	280.00	15.00	15.00	15.10	30.00	30.05	12.60	293.1	51790	IIb	Uso de capi
30	6	R-280-7-0.7-VA	7.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	14.98	15.06	15.05	30.12	30.08	12.60	310.3	54830	III	Uso de capi
31	1	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	26/02/2025	5/03/2025	7	280.00	14.95	14.90	15.00	28.90	29.95	12.20	186.3	32920	III	Uso de capi
32	2	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	26/02/2025	5/03/2025	7	280.00	14.90	14.95	15.00	29.50	29.25	12.70	196.5	34720	III	Uso de capi
33	1	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	31/03/2025	14	280.00	15.05	14.90	15.04	29.95	30.00	12.40	290.8	51380	III	Uso de capi
34	2	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	31/03/2025	14	280.00	15.05	15.05	15.00	30.00	29.95	12.40	274.3	48470	IIb	Uso de capi
35	1	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	15/04/2025	29	280.00	14.95	15.00	14.95	29.95	29.95	12.70	330.6	58420	III	Uso de capi
36	2	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	15/04/2025	29	280.00	14.85	14.90	14.85	29.95	30.05	12.90	336.4	59440	III	Uso de capi
37	3	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	15/04/2025	29	280.00	14.90	14.90	14.85	29.80	29.80	12.40	304.0	53720	III	Uso de capi
38	4	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	15.05	15.00	15.10	30.30	30.40	13.00	320.4	56620	III	Uso de capi
39	5	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	15/04/2025	29	280.00	15.05	15.00	15.05	29.90	29.95	12.20	313.2	55340	IIb	Uso de capi
40	6	R-280-7-0.8-VA	7.00	0.80	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	15.04	14.98	15.05	30.05	30.07	12.30	319.3	56430	III	Uso de capi
41	1	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	27/02/2025	6/03/2025	7	280.00	15.00	14.85	14.95	29.95	30.00	12.20	244.5	43210	III	Uso de capi
42	2	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	27/02/2025	6/03/2025	7	280.00	15.05	15.00	15.10	30.30	30.40	13.00	222.6	39340	III	Uso de capi
43	1	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	31/03/2025	14	280.00	15.00	15.10	15.10	30.10	30.10	12.50	257.2	45450	IIb	Uso de capi
44	2	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	31/03/2025	14	280.00	15.10	15.10	15.15	30.15	30.20	12.40	274.1	48430	IIa	Uso de capi
45	1	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	280.00	15.10	15.10	15.20	30.20	30.20	13.20	340.0	60090	IV	Uso de capi
46	2	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	280.00	15.15	15.20	15.30	29.90	29.85	12.40	337.5	59650	III	Uso de capi
47	3	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	280.00	15.10	15.10	15.10	30.10	30.15	12.80	345.6	61070	III	Uso de capi
48	4	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	15.05	15.05	15.00	30.00	29.95	12.40	343.4	60680	III	Uso de capi
49	5	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	280.00	14.85	14.90	14.85	29.95	30.05	12.90	338.5	59810	III	Uso de capi
50	6	R-280-8-0.7-VA	8.00	0.70	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	15.09	15.02	15.05	30.10	30.07	12.60	341.8	60400	III	Uso de capi
51	1	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	27/02/2025	6/03/2025	7	280.00	14.80	14.85	14.90	29.90	29.90	12.40	223.8	39540	III	Uso de capi
52	2	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	27/02/2025	6/03/2025	7	280.00	14.90	14.90	14.90	29.80	29.60	12.30	228.2	40030	III	Uso de capi
53	1	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	1/04/2025	14	280.00	14.90	14.90	14.90	30.20	30.10	12.70	252.4	44360	IIb	Uso de capi
54	2	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	1/04/2025	14	280.00	15.00	15.00	15.05	30.20	30.10	12.80	233.8	41310	IIb	Uso de capi
55	1	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	16/04/2025	29	280.00	14.80	14.85	14.85	29.80	29.85	12.50	293.3	51830	III	Uso de capi
56	2	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	16/04/2025	29	280.00	14.80	14.75	14.85	29.80	29.75	12.40	316.4	55910	III	Uso de capi
57	3	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	16/04/2025	29	280.00	14.90	14.85	14.90	29.70	29.90	12.70	313.1	55330	III	Uso de capi
58	4	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	22/04/2025	20/05/2025	28	280.00	15.05	15.05	15.00	30.00	29.95	12.40	302.2	53410	III	Uso de capi
59	5	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	16/04/2025	29	280.00	15.10	15.05	15.15	29.90	29.95	12.60	291.7	51540	III	Uso de capi
60	6	R-280-8-0.8-VA	8.00	0.0														

**Anexo F.1-3: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 6% de microsilice y 0.7% de superplastificante de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .**

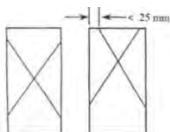
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS MTC E 704											
Tesis : "Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"											
Tesisistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo											
Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil											
Tipo de muestra : Concreto endurecido											
Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"											
F'c de diseño : Indica en la identificación											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-280-6-0.7-VA	26/02/2025	5/03/2025	7	12.30	15.00	30.06	2.00	VI	46940.00	265.6	94.86%
R-280-6-0.7-VA	26/02/2025	5/03/2025	7	12.20	15.07	30.23	2.01	Ib	45680.00	256.1	91.46%
R-280-6-0.7-VA	10/03/2025	24/03/2025	14	12.30	14.95	29.85	2.00	III	51100.00	291.1	103.96%
R-280-6-0.7-VA	10/03/2025	24/03/2025	14	12.30	14.93	29.70	1.99	III	50560.00	288.8	103.14%
R-280-6-0.7-VA	10/03/2025	7/04/2025	28	12.40	14.87	29.55	1.99	III	56780.00	327.1	116.82%
R-280-6-0.7-VA	10/03/2025	7/04/2025	28	12.30	15.11	29.60	1.96	III	58070.00	324.0	115.71%
R-280-6-0.7-VA	10/03/2025	7/04/2025	28	12.40	15.07	29.85	1.98	III	55730.00	312.6	111.64%
R-280-6-0.7-VA	10/03/2025	7/04/2025	28	12.30	14.95	29.93	2.00	III	54430.00	310.1	110.75%
R-280-6-0.7-VA	10/03/2025	7/04/2025	28	12.40	14.87	29.55	1.99	Ila	55310.00	318.6	113.79%
R-280-6-0.7-VA	10/03/2025	7/04/2025	28	12.40	15.04	30.03	2.00	III	57540.00	323.7	115.61%
Esquema de patrones de tipos de fractura											
<div><div><p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p></div><div><p>Tipo 2 Como bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p></div><div><p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p></div><div><p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p></div><div><p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de enlucado.</p></div><div><p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acuminado</p></div></div>											
Factores de corrección por relación longitud y diámetro											
9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):											
TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen											
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00							
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87							
<sup>a</sup> Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.											
Fuente: NTP 339.034											
Precisión aceptada para el ensayo											
Cilindros de 150 mm x 300 mm Condiciones de laboratorio Condiciones de Obra Cilindros de 100 mm y 200 mm Condiciones de laboratorio.	Coeficiente de variación  2,4 % 2,9 % 3,2 %	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales									
		2 Cilindros	3 Cilindros								
		6,6 % 8,0 % 9,0 %	7,8 % 9,5 % 10,6 %								
Fuente: NTP 339.034											



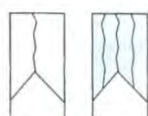
**Anexo F.1-4: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 6% de microsilíce y 0.8% de superplastificante de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .**

		<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</div> <div>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</div>									
<div>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS</div> <div>MTC E 704</div>											
<div>Tesis : "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"</div> <div>Tesistas :<div>Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan</div><div>Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo</div></div> <div>Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil</div>											
<div>Tipo de muestra : Concreto endurecido</div> <div>Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"</div> <div>F'c de diseño : Indica en la identificación</div>											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-280-6-0.8-VA	26/02/2025	5/03/2025	7	12.60	15.10	30.05	1.99	Ila	35790.00	199.9	71.39%
R-280-6-0.8-VA	26/02/2025	5/03/2025	7	12.55	15.05	30.13	2.00	III	46770.00	262.9	93.89%
R-280-6-0.8-VA	11/03/2025	25/03/2025	14	12.40	15.00	29.40	1.96	III	44210.00	250.2	89.36%
R-280-6-0.8-VA	11/03/2025	25/03/2025	14	12.50	14.87	29.60	1.99	III	52980.00	305.2	109.00%
R-280-6-0.8-VA	11/03/2025	8/04/2025	28	12.50	15.02	30.23	2.01	Ila	54330.00	306.8	109.57%
R-280-6-0.8-VA	11/03/2025	8/04/2025	28	13.40	15.08	30.15	2.00	III	51470.00	288.1	102.89%
R-280-6-0.8-VA	11/03/2025	8/04/2025	28	12.40	15.00	29.90	1.99	III	56040.00	317.1	113.25%
R-280-6-0.8-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.20	15.03	29.93	1.99	III	54030.00	304.4	108.71%
R-280-6-0.8-VA	11/03/2025	8/04/2025	28	12.30	14.95	29.85	2.00	III	53060.00	302.3	107.96%
R-280-6-0.8-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.50	15.01	29.98	2.00	III	53990.00	305.2	109.00%

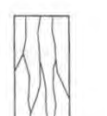
Esquema de patrones de tipos de fractura




Tipo 1  
Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas



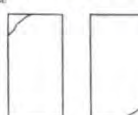
Tipo 2  
Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base




Tipo 3  
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.



Tipo 4  
Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.



Tipo 5  
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de emboñado.



Tipo 6  
Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado

Factores de corrección por relación longitud y diámetro

9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):

TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen

L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87

<sup>a</sup>Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.

Precisión aceptada para el ensayo



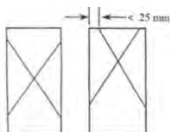
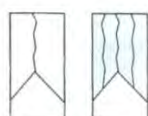
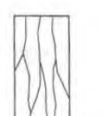
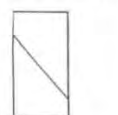
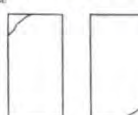
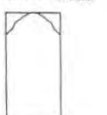
	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
Cilindros de 150 mm x 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %
Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %
Cilindros de 100 mm y 200 mm			
Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %

Fuente: NTP 339.034



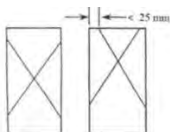
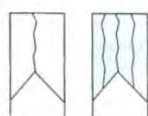
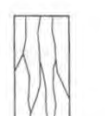



Fuente: NTP 339.034

Fuente: NTP 339.034



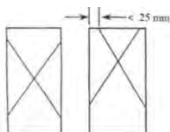
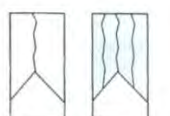

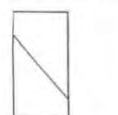


**Anexo F.1-5: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 7% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .**

		<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</div> <div>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</div>																																															
<div>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS</div> <div>MTC E 704</div>																																																	
<div>Tesis : "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"</div>																																																	
<div>Tesistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan</div> <div>Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo</div>																																																	
<div>Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil</div>																																																	
<div>Tipo de muestra : Concreto endurecido</div>																																																	
<div>Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"</div>																																																	
<div>F'c de diseño : Indica en la identificación</div>																																																	
<div>RESULTADOS</div>																																																	
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c																																						
R-280-7-0.7-VA	26/02/2025	5/03/2025	7	12.30	14.98	29.93	2.00	III	43620.00	247.4	88.36%																																						
R-280-7-0.7-VA	26/02/2025	5/03/2025	7	12.30	14.95	29.93	2.00	III	40960.00	233.3	83.32%																																						
R-280-7-0.7-VA	14/03/2025	28/03/2025	14	12.20	15.03	29.93	1.99	III	48380.00	272.6	97.36%																																						
R-280-7-0.7-VA	14/03/2025	28/03/2025	14	12.20	15.03	29.93	1.99	III	45770.00	257.9	92.11%																																						
R-280-7-0.7-VA	14/03/2025	11/04/2025	28	12.60	15.10	29.93	1.98	III	52920.00	295.5	105.54%																																						
R-280-7-0.7-VA	14/03/2025	11/04/2025	28	12.70	14.97	30.20	2.02	III	50180.00	285.2	101.86%																																						
R-280-7-0.7-VA	14/03/2025	11/04/2025	28	12.50	14.87	29.60	1.99	III	54760.00	315.5	112.68%																																						
R-280-7-0.7-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.20	15.03	29.93	1.99	III	53740.00	302.8	108.14%																																						
R-280-7-0.7-VA	14/03/2025	11/04/2025	28	12.60	15.03	30.03	2.00	IIb	51790.00	291.8	104.21%																																						
R-280-7-0.7-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.60	15.02	30.10	2.00	III	54830.00	309.4	110.50%																																						
<div>Esquema de patrones de tipos de fractura</div> <div><div><p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p></div><div><p>Tipo 2 Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p></div><div><p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p></div><div><p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p></div><div><p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.</p></div><div><p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p></div></div>												<div>Factores de corección por relación longitud y diámetro</div> <div>9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):</div> <div><div>TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen</div><table><tr><td>L/D<sup>a</sup></td><td>1,75</td><td>1,50</td><td>1,25</td><td>1,00</td></tr><tr><td>Factor</td><td>0,98</td><td>0,96</td><td>0,93</td><td>0,87</td></tr></table><div><sup>a</sup>Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.</div></div>												L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00	Factor	0,98	0,96	0,93	0,87	<div>Fuente: NTP 339.034</div>															
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00																																													
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87																																													
<div>Precisión aceptada para el ensayo</div> <table><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">Coeficiente de variación</th><th colspan="2">Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales</th></tr><tr><th>2 Cilindros</th><th>3 Cilindros</th></tr><tr><td>Cilindros de 150 mm x 300 mm</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Condiciones de laboratorio</td><td>2,4 %</td><td>6,6 %</td><td>7,8 %</td></tr><tr><td>Condiciones de Obra</td><td>2,9 %</td><td>8,0 %</td><td>9,5 %</td></tr><tr><td>Cilindros de 100 mm y 200 mm</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Condiciones de laboratorio.</td><td>3,2 %</td><td>9,0 %</td><td>10,6 %</td></tr></table>													Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales		2 Cilindros	3 Cilindros	Cilindros de 150 mm x 300 mm				Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %	Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %	Cilindros de 100 mm y 200 mm				Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %	<div>Fuente: NTP 339.034</div>											
	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales																																															
		2 Cilindros	3 Cilindros																																														
Cilindros de 150 mm x 300 mm																																																	
Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %																																														
Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %																																														
Cilindros de 100 mm y 200 mm																																																	
Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %																																														
<div>Fuente: NTP 339.034</div>												<div>Fuente: NTP 339.034</div>																																					



**Anexo F.1-6: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 7% de microsilíce y 0.8% de superplastificante de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .**

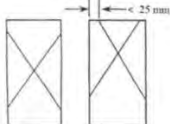
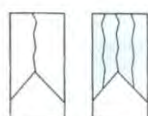

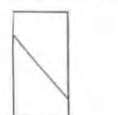
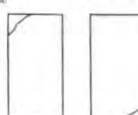

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																													
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS MTC E 704																																															
Tesis : "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"																																															
Tesisistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo																																															
Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil																																															
Tipo de muestra : Concreto endurecido																																															
Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"																																															
F'c de diseño : Indica en la identificación																																															
RESULTADOS																																															
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c																																				
R-280-7-0.8-VA	26/02/2025	5/03/2025	7	12.20	14.95	29.43	1.97	III	32920.00	187.5	66.96%																																				
R-280-7-0.8-VA	26/02/2025	5/03/2025	7	12.70	14.95	29.38	1.96	III	34720.00	197.8	70.64%																																				
R-280-7-0.8-VA	17/03/2025	31/03/2025	14	12.40	15.00	29.98	2.00	III	51380.00	290.9	103.89%																																				
R-280-7-0.8-VA	17/03/2025	31/03/2025	14	12.40	15.03	29.98	1.99	IIb	48470.00	273.1	97.54%																																				
R-280-7-0.8-VA	17/03/2025	15/04/2025	29	12.70	14.97	29.95	2.00	III	58420.00	332.1	118.61%																																				
	17/03/2025	15/04/2025	29	12.90	14.87	30.00	2.02	III	59440.00	342.4	122.29%																																				
	17/03/2025	15/04/2025	29	12.40	14.88	29.80	2.00	III	53720.00	308.8	110.29%																																				
R-280-7-0.8-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	13.00	15.05	30.35	2.02	III	56620.00	318.3	113.68%																																				
R-280-7-0.8-VA	17/03/2025	15/04/2025	29	12.20	15.03	29.93	1.99	IIb	55340.00	311.8	111.36%																																				
R-280-7-0.8-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.30	15.02	30.06	2.00	III	56430.00	318.3	113.68%																																				
Esquema de patrones de tipos de fractura																																															
<div><div><p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p></div><div><p>Tipo 2 Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p></div><div><p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p></div><div><p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p></div><div><p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.</p></div><div><p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p></div></div> <div><div>Factores de corrección por relación longitud y diámetro</div><div>9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):</div><div>TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen</div><table><tr><td>L/D<sup>a</sup></td><td>1,75</td><td>1,50</td><td>1,25</td><td>1,00</td></tr><tr><td>Factor</td><td>0,98</td><td>0,96</td><td>0,93</td><td>0,87</td></tr></table><div><sup>a</sup>Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.</div><div>Fuente: NTP 339.034</div></div> <div><div>Precisión aceptada para el ensayo</div><table><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">Coeficiente de variación</th><th colspan="2">Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales</th></tr><tr><th>2 Cilindros</th><th>3 Cilindros</th></tr><tr><td>Cilindros de 150 mm x 300 mm</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Condiciones de laboratorio</td><td>2,4 %</td><td>6,6 %</td><td>7,8 %</td></tr><tr><td>Condiciones de Obra</td><td>2,9 %</td><td>8,0 %</td><td>9,5 %</td></tr><tr><td>Cilindros de 100 mm y 200 mm</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Condiciones de laboratorio.</td><td>3,2 %</td><td>9,0 %</td><td>10,6 %</td></tr></table><div>Fuente: NTP 339.034</div></div> <div><div>Fuente: NTP 339.034</div><div>Fuente: NTP 339.034</div></div>												L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00	Factor	0,98	0,96	0,93	0,87		Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales		2 Cilindros	3 Cilindros	Cilindros de 150 mm x 300 mm				Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %	Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %	Cilindros de 100 mm y 200 mm				Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00																																											
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87																																											
	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales																																													
		2 Cilindros	3 Cilindros																																												
Cilindros de 150 mm x 300 mm																																															
Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %																																												
Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %																																												
Cilindros de 100 mm y 200 mm																																															
Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %																																												

**Anexo F.1-7: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsílíce y 0.7% de superplastificante de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .**

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																																			
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS MTC E 704																																					
Tesis : "Influencia de la microsílíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"																																					
Tesisistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo																																					
Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeneiria Civil																																					
Tipo de muestra : Concreto endurecido																																					
Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"																																					
F'c de diseño : Indica en la identificación																																					
RESULTADOS																																					
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c																										
R-280-8-0.7-VA	27/02/2025	6/03/2025	7	12.20	14.93	29.98	2.01	III	43210.00	246.7	88.11%																										
R-280-8-0.7-VA	27/02/2025	6/03/2025	7	13.00	15.05	30.35	2.02	III	39340.00	221.1	78.96%																										
R-280-8-0.7-VA	17/03/2025	31/03/2025	14	12.50	15.07	30.10	2.00	IIb	45450.00	254.9	91.04%																										
R-280-8-0.7-VA	17/03/2025	31/03/2025	14	12.40	15.12	30.18	2.00	IIa	48430.00	269.8	96.36%																										
R-280-8-0.7-VA	17/03/2025	15/04/2025	29	13.20	15.13	30.20	2.00	IV	60090.00	334.1	119.32%																										
R-280-8-0.7-VA	17/03/2025	15/04/2025	29	12.40	15.22	29.88	1.96	III	59650.00	328.0	117.14%																										
R-280-8-0.7-VA	17/03/2025	15/04/2025	29	12.80	15.10	30.13	2.00	III	61070.00	341.0	121.79%																										
R-280-8-0.7-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.40	15.03	29.98	1.99	III	60680.00	341.9	122.11%																										
R-280-8-0.7-VA	17/03/2025	15/04/2025	29	12.90	14.87	30.00	2.02	III	59810.00	344.6	123.07%																										
R-280-8-0.7-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.60	15.05	30.09	2.00	III	60400.00	339.4	121.21%																										
Esquema de patrones de tipos de fractura																																					
<div><div><p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p></div><div><p>Tipo 2 Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p></div><div><p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p></div><div><p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p></div><div><p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.</p></div><div><p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p></div></div>																																					
Fuente: NTP 339.034																																					
Factores de corección por relación longitud y diámetro																																					
9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):																																					
TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen																																					
<table><tr><td>L/D*</td><td>1,75</td><td>1,50</td><td>1,25</td><td>1,00</td></tr><tr><td>Factor</td><td>0,98</td><td>0,96</td><td>0,93</td><td>0,87</td></tr></table>												L/D*	1,75	1,50	1,25	1,00	Factor	0,98	0,96	0,93	0,87																
L/D*	1,75	1,50	1,25	1,00																																	
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87																																	
*Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.																																					
Fuente: NTP 339.034																																					
Precisión aceptada para el ensayo																																					
<table><tr><th rowspan="2"></th><th rowspan="2">Coeficiente de variación</th><th colspan="2">Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales</th></tr><tr><th>2 Cilindros</th><th>3 Cilindros</th></tr><tr><td>Cilindros de 150 mm x 300 mm</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Condiciones de laboratorio</td><td>2.4 %</td><td>6,6 %</td><td>7,8 %</td></tr><tr><td>Condiciones de Obra</td><td>2.9 %</td><td>8,0 %</td><td>9,5 %</td></tr><tr><td>Cilindros de 100 mm y 200 mm</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Condiciones de laboratorio.</td><td>3.2 %</td><td>9,0 %</td><td>10,6 %</td></tr></table>													Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales		2 Cilindros	3 Cilindros	Cilindros de 150 mm x 300 mm				Condiciones de laboratorio	2.4 %	6,6 %	7,8 %	Condiciones de Obra	2.9 %	8,0 %	9,5 %	Cilindros de 100 mm y 200 mm				Condiciones de laboratorio.	3.2 %	9,0 %	10,6 %
	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales																																			
		2 Cilindros	3 Cilindros																																		
Cilindros de 150 mm x 300 mm																																					
Condiciones de laboratorio	2.4 %	6,6 %	7,8 %																																		
Condiciones de Obra	2.9 %	8,0 %	9,5 %																																		
Cilindros de 100 mm y 200 mm																																					
Condiciones de laboratorio.	3.2 %	9,0 %	10,6 %																																		
Fuente: NTP 339.034																																					

**Anexo F.1-8: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsilice y 0.8% de superplastificante de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .**

		<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</div> <div>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</div>									
<div>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS</div> <div>MTC E 704</div>											
<div>Tesis : "Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"</div> <div>Tesistas :<div>Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan</div><div>Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo</div></div> <div>Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil</div>											
<div>Tipo de muestra : Concreto endurecido</div> <div>Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"</div> <div>F'c de diseño : Indica en la identificación</div>											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-280-8-0.8-VA	27/02/2025	6/03/2025	7	12.40	14.82	29.85	2.01	III	39540.00	229.3	81.89%
R-280-8-0.8-VA	27/02/2025	6/03/2025	7	12.30	14.90	29.70	1.99	III	40330.00	231.3	82.61%
R-280-8-0.8-VA	18/03/2025	1/04/2025	14	12.70	14.90	30.15	2.02	IIb	44600.00	255.8	91.36%
R-280-8-0.8-VA	18/03/2025	1/04/2025	14	12.80	15.02	30.15	2.01	IIb	41310.00	233.2	83.29%
R-280-8-0.8-VA	18/03/2025	16/04/2025	29	12.50	14.83	29.83	2.01	III	51830.00	299.9	107.11%
R-280-8-0.8-VA	18/03/2025	16/04/2025	29	12.40	14.80	29.78	2.01	III	55910.00	325.0	116.07%
R-280-8-0.8-VA	18/03/2025	16/04/2025	29	12.70	14.88	29.80	2.00	III	55330.00	318.0	113.57%
R-280-8-0.8-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.40	15.03	29.98	1.99	III	53410.00	300.9	107.46%
R-280-8-0.8-VA	18/03/2025	16/04/2025	29	12.60	15.10	29.93	1.98	III	51540.00	287.8	102.79%
R-280-8-0.8-VA	22/04/2025	20/05/2025	28	12.60	15.04	30.03	2.00	III	53110.00	298.8	106.71%

Esquema de patrones de tipos de fractura	
	
<p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p>	<p>Tipo 2 Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p>
	
<p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p>	
	
<p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p>	<p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de emboñado.</p>
	
<p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p>	

Factores de corección por relación longitud y diámetro				
9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):				
TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen				
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87
<sup>a</sup> Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.				

Fuente: NTP 339.034



Precisión aceptada para el ensayo			
	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
Cilindros de 150 mm x 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %
Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %
Cilindros de 100 mm y 200 mm			
Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %

Fuente: NTP 339.034

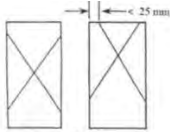
Fuente: NTP 339.034

Fuente: NTP 339.034

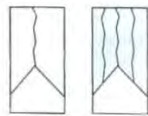
**Anexo F.1-9: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 0% de microsilice y 0.0% de superplastificante de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .**

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS											
MTC E 704											
Tesis : "Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"											
Tesistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo											
Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeneiria Civil											
Tipo de muestra : Concreto endurecido											
Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"											
F'c de diseño : Indica en la identificación											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R280-0-0-VA	24/03/2025	21/04/2025	28	12.70	14.87	30.00	2.02	Va	17360.00	100.0	35.71%
R280-0-0-VA	24/03/2025	21/04/2025	28	13.10	15.17	30.03	1.98	III	12160.00	67.3	24.04%


Esquema de patrones de tipos de fractura




Tipo 1  
Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas




Tipo 2  
Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base



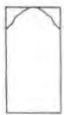
Tipo 3  
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.



Tipo 4  
Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.



Tipo 5  
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren conjuntamente con las capas de embonado.



Tipo 6  
Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado

Factores de corección por relación longitud y diámetro

9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1.75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):

TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen

L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87

<sup>a</sup>Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.

Fuente: NTP 339.034

Precisión aceptada para el ensayo



Cilindros de 150 mm x 300 mm Condiciones de laboratorio Condiciones de Obra Cilindros de 100 mm y 200 mm Condiciones de laboratorio.	Coefficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
	2,4 % 2,9 % 3,2 %	6,6 % 8,0 % 9,0 %	7,8 % 9,5 % 10,6 %

Fuente: NTP 339.034

Fuente: NTP 339.034



## Anexo F.2: Ensayo de resistencia a la compresión de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

### Anexo F.2-1: Registro de resumen de datos de la resistencia a la compresión de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

<div><div></div><div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</div><div></div></div>														
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS														
MTC E 704														
RESUMEN														
Tesis :		"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"												
Tesisistas :		Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo												
Ubicación :		Laboratorio de la facultad de Ingenieria Civil												
Fecha :		jueves, 10 de Abril de 2025												
Metodo de ensayo :		Norma de Referencia NTP 339.034:2013												
Velocidad de ensayo :		450 Kg-f/sec												
N°	O*	Codigo	% de aditivo		Fecha de		Dias	Diametro prom (cm)	Altura prom (cm)	Densidad (gr/cm3)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Promedio de Esfuerzo (Kg/cm2)	Esfuerzo requerido (Kg/cm2)	Tipo de fallo
			Microsilice	Superplastificante	Vaciado	Rotura								
1	1	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	27/02/2025	7	14.99	30.04	2.32	260.50	251.35	245.00	III
2	2	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	27/02/2025	7	14.93	30.23	2.29	242.20			IIb
3	1	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	6/03/2025	14	14.89	29.87	2.37	286.50	276.35	280.00	IIa
4	2	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	6/03/2025	14	14.91	29.90	2.34	266.20			IIa
5	1	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	20/03/2025	28	14.76	29.77	2.44	327.80	330.08	350.00	III
6	2	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	20/03/2025	28	15.09	29.68	2.32	342.60			III
7	3	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	20/03/2025	28	15.03	29.91	2.45	329.80			IV
7	4	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	20/03/2025	28	15.00	30.04	2.36	325.30			III
7	5	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	15.07	30.08	2.39	329.40			III
7	6	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	15.07	30.04	2.33	325.60			III
8	1	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	25/02/2025	4/03/2025	7	15.10	30.11	2.32	237.90	250.20	245.00	IIb
9	2	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	25/02/2025	4/03/2025	7	15.01	30.14	2.37	262.50			IV
10	1	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	10/03/2025	14	14.86	28.80	2.48	318.10	318.60	280.00	III
11	2	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	10/03/2025	14	14.78	29.60	2.46	319.10			III
12	1	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	15.02	30.23	2.30	366.50	371.27	350.00	IIb
13	2	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	15.07	30.27	2.45	355.30			IV
14	3	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	15.00	29.84	2.28	381.20			Vb
14	4	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	14.93	29.90	2.39	372.50			III
14	5	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	14.76	29.77	2.40	386.40			III
14	6	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	21/04/2025	19/05/2025	28	14.99	29.98	2.36	365.70			III
15	1	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	11/03/2025	7	15.01	29.95	2.34	294.50	292.25	245.00	III
16	2	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	11/03/2025	7	14.94	29.95	2.34	290.00			IV
17	1	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	18/03/2025	14	15.01	29.95	2.30	335.40	330.65	280.00	IV
18	2	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	18/03/2025	14	15.03	29.92	2.30	325.90			IV
19	1	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	15.08	29.92	2.49	360.00	354.28	350.00	IIb
20	2	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	14.98	30.19	2.48	352.20			III
21	3	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	15.02	30.00	2.44	345.40			IIa
21	4	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	15.00	30.04	2.37	362.90			III
21	5	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	15.01	30.14	2.37	358.80			III
21	6	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	15.03	30.05	2.38	346.40			III
22	1	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	14/03/2025	9	14.95	29.42	2.36	319.50	314.55	245.00	IV
23	2	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	14/03/2025	9	14.95	29.37	2.56	309.60			IV
24	1	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	19/03/2025	14	15.02	29.99	2.33	319.20	331.80	280.00	IV
25	2	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	19/03/2025	14	15.03	30.00	2.33	344.40			Vb
26	1	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	14.96	29.96	2.41	368.00	360.65	350.00	VI
27	2	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	14.86	30.00	2.48	347.50			IIa
28	3	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	14.88	29.80	2.39	366.40			III
28	4	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	15.03	30.00	2.40	345.20			III
28	5	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	14.98	30.04	2.38	368.40			IIa
28	6	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	21/04/2025	19/05/2025	28	15.02	29.90	2.36	368.40			III
29	1	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	14/03/2025	8	14.92	29.99	2.33	338.90	324.10	245.00	III
30	2	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	14/03/2025	8	15.05	30.34	2.41	309.30			III
31	1	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	20/03/2025	14	15.08	30.12	2.29	352.70	339.45	280.00	IV
32	2	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	20/03/2025	14	15.11	30.18	2.29	326.20			Vb
33	1	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.13	30.19	2.43	362.50	359.97	350.00	Vb
34	2	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.24	29.87	2.28	359.10			VI
35	3	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.11	30.15	2.37	353.60			IIb
35	4	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.05	30.09	2.37	367.10			III
35	5	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.08	30.13	2.40	356.20			III
35	6	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	15.09	30.04	2.35	361.30			III
36	1	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	14/03/2025	7	14.82	29.79	2.37	309.60	301.50	245.00	III
37	2	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	14/03/2025	7	14.90	29.84	2.36	293.40			III
38	1	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	10/03/2025	24/03/2025	14	14.91	30.13	2.51	338.20	336.75	280.00	III
39	2	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	10/03/2025	24/03/2025	14	15.00	30.18	2.33	335.30			III
40	1	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	14.82	29.81	2.43	419.50	394.90	350.00	III
41	2	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	14.80	29.78	2.42	399.20			III
42	3	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	14.90	29.90	2.50	381.00			III
42	4	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	15.03	30.00	2.40	390.50			III
42	5	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	14.98	30.06	2.38	406.20			Vb
42	6	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	21/04/2025	19/05/2025	28	15.05	30.04	2.36	373.00			III
43	1	R350-0-0-VA	0.00	0.00	19/03/2025	16/04/2025	28	14.86	30.12	2.43	110.20	112.10	350.00	III
44	2	R350-0-0-VA	0.00	0.00	19/03/2025	16/04/2025	28	15.21	29.84	2.42	114.00			III





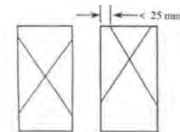
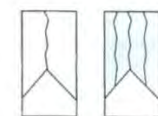
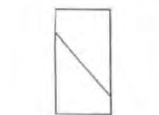

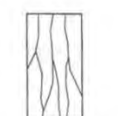
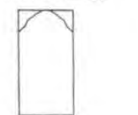
## Anexo F.2-2: Registro de datos de la resistencia a la compresión de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

		<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL DEL CUSCO</div> <div>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES</div>																		
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS																				
MTC E 704																				
HOJA DE DATOS																				
Tesis :		*Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024*																		
Testistas :		Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo																		
Ubicación :		Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil																		
Fecha :		10/04/2025																		
Metodo de ensayo :		Norma de Referencia NTP 339.034:2013																		
Velocidad de ensayo :		450 Kg-f/seg																		
N°	O*	Codigo	% de aditivo		Fecha de		Dias	Res. De Diseño (Kg/cm2)	Diámetro			Altura		Masa (Kg)	Lectura (Kg/cm2)	Carga máxima (Kg)	Tipo de falla	Observaciones		
			Microsilice	Superplastificante	Vaciado	Rotura			1 (cm)	2(cm)	3(cm)	1 (cm)	2(cm)							
1	1	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	27/02/2025	7	350.00	15.05	14.91	15.02	30.05	30.02	12.30	260.3	46000	III	Uso de capi		
2	2	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	27/02/2025	7	350.00	14.92	14.95	14.93	30.10	30.35	12.10	240.0	42420	IIb	Uso de capi		
3	1	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	6/03/2025	14	350.00	15.00	14.81	14.85	29.85	29.89	12.30	282.1	49860	Ia	Uso de capi		
4	2	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	6/03/2025	14	350.00	14.91	14.85	14.96	29.91	29.88	12.20	262.9	46460	IIa	Uso de capi		
5	1	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	20/03/2025	28	350.00	14.71	14.81	14.75	29.75	29.78	12.40	317.2	56060	III	Uso de capi		
6	2	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	20/03/2025	28	350.00	15.12	15.08	15.08	29.71	29.65	12.30	346.9	61300	III	Uso de capi		
7	3	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	20/03/2025	28	350.00	15.05	14.98	15.05	29.94	29.88	13.00	331.0	58490	IV	Uso de capi		
8	4	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	20/03/2025	28	350.00	14.95	15.05	15.00	30.05	30.02	12.50	325.3	57490	III	Uso de capi		
9	5	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	350.00	15.10	15.10	15.00	30.05	30.10	12.80	332.3	58730	III	Uso de capi		
10	6	R-350-6-0.6-VA	6.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	350.00	15.05	15.10	15.05	30.05	30.02	12.50	328.5	58050	III	Uso de capi		
11	1	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	25/02/2025	4/03/2025	7	350.00	15.12	14.96	15.21	30.21	30.00	12.50	241.0	42590	IIb	Uso de capi		
12	2	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	25/02/2025	4/03/2025	7	350.00	14.98	15.02	15.03	30.12	30.15	12.65	262.9	46450	IV	Uso de capi		
13	1	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	10/03/2025	14	350.00	14.82	14.91	14.85	28.50	29.10	12.40	312.2	55170	III	Uso de capi		
14	2	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	10/03/2025	14	350.00	14.79	14.81	14.75	29.70	29.50	12.50	309.9	54770	III	Uso de capi		
15	1	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	350.00	15.04	14.98	15.05	30.24	30.22	12.30	367.7	64970	IIb	Uso de capi		
16	2	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	350.00	14.91	15.15	15.15	30.25	30.28	13.20	358.7	63380	IV	Uso de capi		
17	3	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	350.00	14.98	15.07	14.95	29.81	29.86	12.00	381.2	67360	Vb	Uso de capi		
18	4	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	350.00	14.91	14.85	15.04	29.91	29.88	12.50	369.2	65240	III	Uso de capi		
19	5	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	24/03/2025	28	350.00	14.71	14.81	14.75	29.75	29.78	12.20	373.9	66980	III	Uso de capi		
20	6	R-350-6-0.7-VA	6.00	0.70	21/04/2025	19/05/2025	28	350.00	15.02	14.97	14.98	29.95	30.00	12.50	365.2	64530	III	Uso de capi		
21	1	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	11/03/2025	7	350.00	14.98	15.08	14.97	29.95	29.94	12.40	294.9	52120	III	Uso de capi		
22	2	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	11/03/2025	7	350.00	14.89	14.98	14.95	29.94	29.96	12.30	287.7	50840	IV	Uso de capi		
23	1	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	18/03/2025	14	350.00	15.01	14.97	15.05	29.95	29.94	12.20	335.9	59350	IV	Uso de capi		
24	2	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	18/03/2025	14	350.00	15.03	15.00	15.05	29.85	29.98	12.20	327.0	57790	IV	Uso de capi		
25	1	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	350.00	15.05	15.05	15.15	29.88	29.95	13.30	364.0	64330	IIb	Uso de capi		
26	2	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	350.00	14.98	15.00	14.96	30.18	30.20	13.20	351.3	62080	III	Uso de capi		
27	3	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	350.00	15.02	14.98	15.07	29.98	30.01	13.00	346.5	61230	IIa	Uso de capi		
28	4	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	350.00	14.95	15.05	15.00	30.05	30.02	12.60	362.9	64130	III	Uso de capi		
29	5	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	350.00	14.98	15.02	15.03	30.12	30.15	12.65	359.3	63490	III	Uso de capi		
30	6	R-350-7-0.6-VA	7.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	350.00	15.02	15.04	15.1	30.02	30.08	12.70	347.8	61460	III	Uso de capi		
31	1	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	14/03/2025	9	350.00	14.95	14.89	15.01	28.89	29.95	12.20	317.4	56090	IV	Uso de capi		
32	2	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	14/03/2025	9	350.00	14.89	14.95	15.00	29.48	29.26	13.20	307.4	54330	IV	Uso de capi		
33	1	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	19/03/2025	14	350.00	15.05	14.97	15.03	29.95	30.03	12.40	320.0	56540	IV	Uso de capi		
34	2	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	19/03/2025	14	350.00	15.05	15.05	14.98	30.01	29.98	12.40	345.6	61080	Vb	Uso de capi		
35	1	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	350.00	14.95	14.98	14.95	29.95	29.97	12.70	366.0	64680	Vb	Uso de capi		
36	2	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	350.00	14.85	14.91	14.83	29.95	30.05	12.90	341.2	60300	IIa	Uso de capi		
37	3	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	350.00	14.91	14.88	14.85	29.81	29.78	12.40	360.6	63720	III	Uso de capi		
38	4	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	350.00	15.05	14.98	15.07	29.98	30.01	12.80	346.8	61280	III	Uso de capi		
39	5	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	350.00	14.90	15.05	15.00	30.05	30.02	12.60	367.5	64950	IIa	Uso de capi		
40	6	R-350-7-0.7-VA	7.00	0.70	21/04/2025	19/05/2025	28	350.00	15.04	14.98	15.05	29.85	29.94	12.50	369.5	65300	III	Uso de capi		
41	1	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	14/03/2025	8	350.00	14.97	14.85	14.95	29.95	30.02	12.20	335.4	59270	III	Uso de capi		
42	2	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	14/03/2025	8	350.00	15.05	15.00	15.11	30.28	30.39	13.00	311.5	55040	III	Uso de capi		
43	1	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	20/03/2025	14	350.00	15.02	15.11	15.10	30.12	30.12	12.30	356.3	62960	IV	Uso de capi		
44	2	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	20/03/2025	14	350.00	15.06	15.12	15.15	30.15	30.20	12.40	331.0	58490	Vb	Uso de capi		
45	1	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	350.00	15.11	15.06	15.22	30.17	30.21	13.20	368.8	65180	Vb	Uso de capi		
46	2	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	350.00	15.15	15.23	15.34	29.89	29.84	12.40	370.7	65510	Vb	Uso de capi		
47	3	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	350.00	15.12	15.11	15.11	30.10	30.20	12.80	359.0	63440	IIb	Uso de capi		
48	4	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	350.00	15.05	15.02	15.07	30.11	30.07	12.70	369.4	65270	III	Uso de capi		
49	5	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	350.00	15.10	15.05	15.10	30.10	30.15	12.90	360.2	63650	III	Uso de capi		
50	6	R-350-8-0.6-VA	8.00	0.60	21/04/2025	19/05/2025	28	350.00	15.08	15.07	15.11	30.00	30.08	12.60	365.5	64590	III	Uso de capi		
51	1	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	14/03/2025	7	350.00	14.82	14.79	14.85	29.75	29.82	12.20	302.2	53410	III	Uso de capi		
52	2	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	14/03/2025	7	350.00	14.88	14.90	14.93	29.81	29.86	12.30	289.6	51180	III	Uso de capi		
53	1	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	10/03/2025	24/03/2025	14	350.00	14.91	14.89	14.92	30.12	30.13	13.20	334.0	59020	III	Uso de capi		
54	2	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	10/03/2025	24/03/2025	14	350.00	14.98	14.97	15.04	30.20	30.15	12.40	335.2	59230	III	Uso de capi		
55	1	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	350.00	14.77	14.85	14.85	29.78	29.83	12.50	409.6	72390	III	Uso de capi		
56	2	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	350.00	14.79	14.75	14.86	29.78	29.77	12.40	388.6	68670	III	Uso de capi		
55	3	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	350.00	14.90	14.89	14.90	29.90	29.89	13.00	375.7	66400	III	Uso de capi		
56	4	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	350.00	15.05	14.98	15.07	29.98	30.01	12.80	392.3	69320	III	Uso de capi		
56	5	R-350-8-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	350.00	15.07	15.06	15.									



**Anexo F.2-3: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 6% de microsilíce y 0.6% de superplastificante de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS MTC E 704											
Tesis : "Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"											
Tesistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo											
Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeneiria Civil											
Tipo de muestra : Concreto endurecido											
Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"											
F'c de diseño : Indica en la identificación											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-350-6-0.6-VA	20/02/2025	27/02/2025	7	12.30	14.99	30.04	2.00	III	46000.00	260.5	74.43%
R-350-6-0.6-VA	20/02/2025	27/02/2025	7	12.10	14.93	30.23	2.02	Ib	42420.00	242.2	69.20%
R-350-6-0.6-VA	20/02/2025	6/03/2025	14	12.30	14.89	29.87	2.01	Ia	49860.00	286.5	81.86%
R-350-6-0.6-VA	20/02/2025	6/03/2025	14	12.20	14.91	29.90	2.01	Ila	46460.00	266.2	76.06%
R-350-6-0.6-VA	20/02/2025	20/03/2025	28	12.40	14.76	29.77	2.02	III	56060.00	327.8	93.66%
R-350-6-0.6-VA	20/02/2025	20/03/2025	28	12.30	15.09	29.68	1.97	III	61300.00	342.6	97.89%
R-350-6-0.6-VA	20/02/2025	20/03/2025	28	13.00	15.03	29.91	1.99	IV	58490.00	329.8	94.23%
R-350-6-0.6-VA	20/02/2025	20/03/2025	28	12.50	15.00	30.04	2.00	III	57490.00	325.3	92.94%
R-350-6-0.6-VA	21/04/2025	19/05/2025	28	12.80	15.07	30.08	2.00	III	58730.00	329.4	94.11%
R-350-6-0.6-VA	21/04/2025	19/05/2025	28	12.50	15.07	30.04	1.99	III	58050.00	325.6	93.03%

Esquema de patrones de tipos de fractura	
	
Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas	Tipo 2 Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base
	
Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo I.	Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de enlucado.
	
Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.	Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acortado



Factores de corección por relación longitud y diámetro				
9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):				
TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen				
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87
<sup>a</sup> Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.				
Fuente: NTP 339.034				

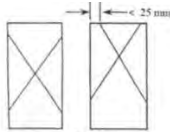
Precisión aceptada para el ensayo			
Cilindros de 150 mm x 300 mm Condiciones de laboratorio Condiciones de Obra Cilindros de 100 mm y 200 mm Condiciones de laboratorio.	Coeficiente de variación  2,4 % 2,9 %  3,2 %	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
		6,6 % 8,0 % 9,0 %	7,8 % 9,5 % 10,6 %

Fuente: NTP 339.034

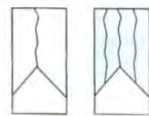
Fuente: NTP 339.034

**Anexo F.2-4: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 6% de microsilice y 0.7% de superplastificante de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

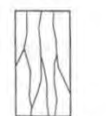
		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS MTC E 704											
Tesis : "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"											
Tesistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo											
Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil											
Tipo de muestra : Concreto endurecido											
Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"											
F'c de diseño : Indica en la identificación											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-350-6-0.7-VA	25/02/2025	4/03/2025	7	12.50	15.10	30.11	1.99	Ib	42590.00	237.9	67.97%
R-350-6-0.7-VA	25/02/2025	4/03/2025	7	12.65	15.01	30.14	2.01	IV	46450.00	262.5	75.00%
R-350-6-0.7-VA	24/02/2025	10/03/2025	14	12.40	14.86	28.80	1.94	III	55170.00	318.1	90.89%
R-350-6-0.7-VA	24/02/2025	10/03/2025	14	12.50	14.78	29.60	2.00	III	54770.00	319.1	91.17%
R-350-6-0.7-VA	24/02/2025	24/03/2025	28	12.30	15.02	30.23	2.01	Ib	64970.00	366.5	104.71%
R-350-6-0.7-VA	24/02/2025	24/03/2025	28	13.20	15.07	30.27	2.01	IV	63380.00	355.3	101.51%
R-350-6-0.7-VA	24/02/2025	24/03/2025	28	12.00	15.00	29.84	1.99	Vb	67360.00	381.2	108.91%
R-350-6-0.7-VA	24/02/2025	24/03/2025	28	12.50	14.93	29.90	2.00	III	65240.00	372.5	106.43%
R-350-6-0.7-VA	24/02/2025	24/03/2025	28	12.20	14.76	29.77	2.02	III	66080.00	386.4	110.40%
R-350-6-0.7-VA	21/04/2025	19/05/2025	28	12.50	14.99	29.98	2.00	III	64530.00	365.7	104.49%



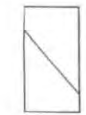
Tipo 1  
Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas



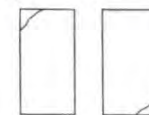
Tipo 2  
Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base




Tipo 3  
Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.



Tipo 4  
Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.



Tipo 5  
Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.



Tipo 6  
Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado

Factores de corrección por relación longitud y diámetro

9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1.75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):

TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen

L/D <sup>a</sup>	1.75	1.50	1.25	1.00
Factor	0.98	0.96	0.93	0.87

<sup>a</sup>Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.

Fuente: NTP 339.034

Precisión aceptada para el ensayo



	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
Cilindros de 150 mm x 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2.4 %	6.6 %	7.8 %
Condiciones de Obra	2.9 %	8.0 %	9.5 %
Cilindros de 100 mm y 200 mm			
Condiciones de laboratorio.	3.2 %	9.0 %	10.6 %

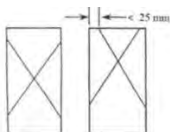
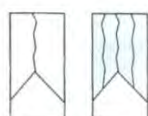
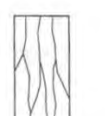

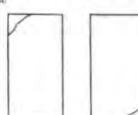

Fuente: NTP 339.034

Fuente: NTP 339.034

Fuente: NTP 339.034

**Anexo F.2-5: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 7% de microsílíce y 0.6% de superplastificante de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

		<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</div> <div>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</div>									
<div>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS</div> <div>MTC E 704</div>											
<div>Tesis : "Influencia de la microsílíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"</div> <div>Tesistas :<div>Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan</div><div>Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo</div></div> <div>Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeneiria Civil</div>											
<div>Tipo de muestra : Concreto endurecido</div> <div>Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"</div> <div>F'c de diseño : Indica en la identificación</div>											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-350-7-0.6-VA	4/03/2025	11/03/2025	7	12.40	15.01	29.95	2.00	III	52120.00	294.5	84.14%
R-350-7-0.6-VA	4/03/2025	11/03/2025	7	12.30	14.94	29.95	2.00	IV	50840.00	290.0	82.86%
R-350-7-0.6-VA	4/03/2025	18/03/2025	14	12.20	15.01	29.95	2.00	IV	59350.00	335.4	95.83%
R-350-7-0.6-VA	4/03/2025	18/03/2025	14	12.20	15.03	29.92	1.99	IV	57790.00	325.9	93.11%
R-350-7-0.6-VA	4/03/2025	1/04/2025	28	13.30	15.08	29.92	1.98	IIb	64330.00	360.0	102.86%
R-350-7-0.6-VA	4/03/2025	1/04/2025	28	13.20	14.98	30.19	2.02	III	62080.00	352.2	100.63%
R-350-7-0.6-VA	4/03/2025	1/04/2025	28	13.00	15.02	30.00	2.00	IIa	61230.00	345.4	98.69%
R-350-7-0.6-VA	21/04/2025	19/05/2025	28	12.60	15.00	30.04	2.00	III	64130.00	362.9	103.69%
R-350-7-0.6-VA	4/03/2025	1/04/2025	28	12.65	15.01	30.14	2.01	III	63490.00	358.8	102.51%
R-350-7-0.6-VA	21/04/2025	19/05/2025	28	12.70	15.03	30.05	2.00	III	61460.00	346.4	98.97%

Esquema de patrones de tipos de fractura	
	
<p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p>	<p>Tipo 2 Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p>
	
<p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p>	
	
<p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p>	<p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.</p>
	
<p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p>	



Factores de corección por relación longitud y diámetro				
9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):				
TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen				
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87
<sup>a</sup> Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.				
Fuente: NTP 339.034				

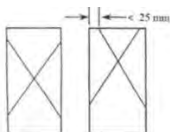
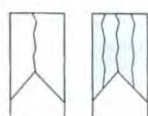
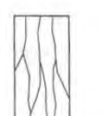

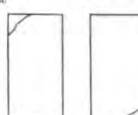

Precisión aceptada para el ensayo			
Cilindros de 150 mm x 300 mm Condiciones de laboratorio Condiciones de Obra Cilindros de 100 mm y 200 mm Condiciones de laboratorio.	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
	2,4 %	6,6 %	7,8 %
	2,9 %	8,0 %	9,5 %
3,2 %	9,0 %	10,6 %	

Fuente: NTP 339.034

Fuente: NTP 339.034

**Anexo F.2-6: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 7% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS MTC E 704											
Tesis : "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"											
Tesistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo											
Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil											
Tipo de muestra : Concreto endurecido											
Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"											
F'c de diseño : Indica en la identificación											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	14/03/2025	9	12.20	14.95	29.42	1.97	IV	56090.00	319.5	91.29%
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	14/03/2025	9	13.20	14.95	29.37	1.96	IV	54330.00	309.6	88.46%
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	19/03/2025	14	12.40	15.02	29.99	2.00	IV	56540.00	319.2	91.20%
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	19/03/2025	14	12.40	15.03	30.00	2.00	Vb	61080.00	344.4	98.40%
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	2/04/2025	28	12.70	14.96	29.96	2.00	VI	64680.00	368.0	105.14%
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	2/04/2025	28	12.90	14.86	30.00	2.02	Ila	60300.00	347.5	99.29%
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	2/04/2025	28	12.40	14.88	29.80	2.00	III	63720.00	366.4	104.69%
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	2/04/2025	28	12.80	15.03	30.00	2.00	III	61280.00	345.2	98.63%
R-350-7-0.7-VA	5/03/2025	2/04/2025	28	12.60	14.98	30.04	2.00	Ila	64950.00	368.4	105.26%
R-350-7-0.7-VA	21/04/2025	19/05/2025	28	12.50	15.02	29.90	1.99	III	65300.00	368.4	105.26%

Esquema de patrones de tipos de fractura	
	
<p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p>	<p>Tipo 2 Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p>
	
<p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p>	
	
<p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p>	<p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.</p>
	
<p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p>	



Factores de corrección por relación longitud y diámetro				
9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):				
TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen				
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87
<sup>a</sup> Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.				

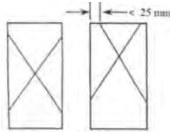
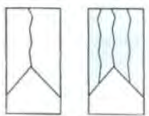
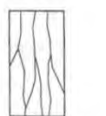



Fuente: NTP 339.034

Precisión aceptada para el ensayo			
Cilindros de 150 mm x 300 mm Condiciones de laboratorio Condiciones de Obra Cilindros de 100 mm y 200 mm Condiciones de laboratorio.	Coeficiente de variación  2,4 % 2,9 % 3,2 %	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
		6,6 % 8,0 % 9,0 %	7,8 % 9,5 % 10,6 %

Fuente: NTP 339.034

**Anexo F.2-7: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsilice y 0.6% de superplastificante de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

		UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS MTC E 704											
Tesis : "Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"											
Testistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo											
Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeineiria Civil											
Tipo de muestra : Concreto endurecido											
Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"											
F'c de diseño : Indica en la identificación											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	14/03/2025	8	12.20	14.92	29.99	2.01	III	59270.00	338.9	96.83%
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	14/03/2025	8	13.00	15.05	30.34	2.02	III	55040.00	309.3	88.37%
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	20/03/2025	14	12.30	15.08	30.12	2.00	IV	62960.00	352.7	100.77%
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	20/03/2025	14	12.40	15.11	30.18	2.00	Vb	58490.00	326.2	93.20%
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	3/04/2025	28	13.20	15.13	30.19	2.00	Vb	65180.00	362.5	103.57%
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	3/04/2025	28	12.40	15.24	29.87	1.96	VI	65510.00	359.1	102.60%
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	3/04/2025	28	12.80	15.11	30.15	1.99	IIb	63440.00	353.6	101.03%
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	3/04/2025	28	12.70	15.05	30.09	2.00	III	65270.00	367.1	104.89%
R-350-8-0.6-VA	6/03/2025	3/04/2025	28	12.90	15.08	30.13	2.00	III	63650.00	356.2	101.77%
R-350-8-0.6-VA	21/04/2025	19/05/2025	28	12.60	15.09	30.04	1.99	III	64590.00	361.3	103.23%

Esquema de patrones de tipos de fractura	
	
<p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p>	<p>Tipo 2 Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido en la otra base</p>
	
<p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p>	
	
<p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p>	<p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.</p>
	
<p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p>	



Factores de corección por relación longitud y diámetro				
9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):				
TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen				
L/D*	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87
*Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.				
Fuente: NTP 339.034				

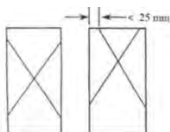
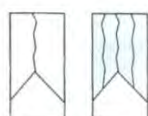
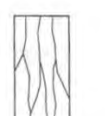

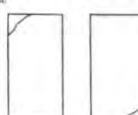

Precisión aceptada para el ensayo			
	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
Cilindros de 150 mm x 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %
Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %
Cilindros de 100 mm y 200 mm			
Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %

Fuente: NTP 339.034

Fuente: NTP 339.034

**Anexo F.2-8: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 8% de microsilíce y 0.7% de superplastificante de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

		<div>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</div> <div>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</div> <div>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</div>									
<div>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS</div> <div>MTC E 704</div>											
<div>Tesis : "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidraulicas, Cusco - 2024"</div> <div>Tesistas :<div>Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan</div><div>Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo</div></div> <div>Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeneiria Civil</div>											
<div>Tipo de muestra : Concreto endurecido</div> <div>Presentación : Especímenes cilíndricos de 6" x 12"</div> <div>F'c de diseño : Indica en la identificación</div>											
RESULTADOS											
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c
R-350-8-0.7-VA	7/03/2025	14/03/2025	7	12.20	14.82	29.79	2.01	III	53410.00	309.6	88.46%
R-350-8-0.7-VA	7/03/2025	14/03/2025	7	12.30	14.90	29.84	2.00	III	51180.00	293.4	83.83%
R-350-8-0.7-VA	10/03/2025	24/03/2025	14	13.20	14.91	30.13	2.02	III	59020.00	338.2	96.63%
R-350-8-0.7-VA	10/03/2025	24/03/2025	14	12.40	15.00	30.18	2.01	III	59230.00	335.3	95.80%
R-350-8-0.7-VA	7/03/2025	4/04/2025	28	12.50	14.82	29.81	2.01	III	72390.00	419.5	119.86%
R-350-8-0.7-VA	7/03/2025	4/04/2025	28	12.40	14.80	29.78	2.01	III	68670.00	399.2	114.06%
R-350-8-0.7-VA	7/03/2025	4/04/2025	28	13.00	14.90	29.90	2.01	III	66400.00	381.0	108.86%
R-350-8-0.7-VA	7/03/2025	4/04/2025	28	12.80	15.03	30.00	2.00	III	69320.00	390.5	111.57%
R-350-8-0.7-VA	7/03/2025	4/04/2025	28	12.60	14.98	30.06	2.01	Vb	71630.00	406.2	116.06%
R-350-8-0.7-VA	21/04/2025	19/05/2025	28	12.60	15.05	30.04	2.00	III	66330.00	373.0	106.57%

Esquema de patrones de tipos de fractura	
	
<p>Tipo 1 Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p>	<p>Tipo 2 Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p>
	
<p>Tipo 3 Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p>	
	
<p>Tipo 4 Fractura diagonal sin grietas en las bases; golpear con martillo para diferenciar del tipo I.</p>	<p>Tipo 5 Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren comúnmente con las capas de embonado.</p>
	
<p>Tipo 6 Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p>	

Factores de corección por relación longitud y diámetro				
9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1,75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):				
TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen				
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87
<sup>a</sup> Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.				

Fuente: NTP 339.034

Precisión aceptada para el ensayo			
Cilindros de 150 mm x 300 mm Condiciones de laboratorio Condiciones de Obra Cilindros de 100 mm y 200 mm Condiciones de laboratorio.	Coeficiente de variación  2,4 % 2,9 %  3,2 %	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
		6,6 % 8,0 %  9,0 %	7,8 % 9,5 %  10,6 %

Fuente: NTP 339.034



**Anexo F.2-9: Ensayo de la resistencia a la compresión de la combinación de 0% de microsilíce y 0.0% de superplastificante de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .**

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div> </div>																						
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE TESTIGOS CILINDRICOS</b> <b>MTC E 704</b>																						
<b>Tesis :</b> "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de coconcretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"																						
<b>Tesistas :</b> Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo																						
<b>Ubicación :</b> Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil																						
<b>Tipo de muestra :</b> Concreto endurecido																						
<b>Presentación :</b> Especímenes cilíndricos de 6" x 12"																						
<b>F'c de diseño :</b> Indica en la identificación																						
RESULTADOS																						
Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Edad (días)	Masa (Kg)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Relación (Altura / Diámetro)	Tipo de falla	Carga máxima (Kg)	Esfuerzo	% F'c											
R350-0-0-VA	19/03/2025	16/04/2025	28	12.70	14.86	30.12	2.03	III	19120.00	110.2	31.49%											
R350-0-0-VA	19/03/2025	16/04/2025	28	13.10	15.21	29.84	1.96	III	20700.00	114.0	32.57%											
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p style="text-align: center;"><b>Esquema de patrones de tipos de fractura</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Tipo 1</b> Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Tipo 2</b> Conos bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, como no bien definido en la otra base</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Tipo 3</b> Grietas verticales columnares en ambas bases, conos o bien formados.</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Tipo 4</b> Fractura diagonal sin grietas en las bases, golpear con martillo para diferenciar del tipo 1.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Tipo 5</b> Fracturas de lado en las bases (superior o inferior) ocurren conjuntamente con las capas de embonado.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Tipo 6</b> Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado</p> </div> </div> </div> </div> <div style="width: 48%;"> <p style="text-align: center;"><b>Factores de corrección por relación longitud y diámetro</b></p> <p>9.2 Si la relación de la longitud del espécimen al diámetro es 1.75 o menor, corregir el resultado obtenido en 9.1 multiplicando por un factor apropiado de corrección mostrado en la siguiente tabla (Nota 13):</p> <p style="text-align: center;"><b>TABLA 3 – Relación longitud a diámetro del espécimen</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td>L/D<sup>a</sup></td> <td>1,75</td> <td>1,50</td> <td>1,25</td> <td>1,00</td> </tr> <tr> <td>Factor</td> <td>0,98</td> <td>0,96</td> <td>0,93</td> <td>0,87</td> </tr> </table> <p><sup>a</sup>Use la interpolación para determinar los factores de corrección para los valores L/D indicados en la tabla.</p> <p style="text-align: right;">Fuente: NTP 339.034</p> </div>													L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00	Factor	0,98	0,96	0,93	0,87
L/D <sup>a</sup>	1,75	1,50	1,25	1,00																		
Factor	0,98	0,96	0,93	0,87																		

**Precisión aceptada para el ensayo**

	Coeficiente de variación	Rango aceptable de resistencia de cilindros individuales	
		2 Cilindros	3 Cilindros
Cilindros de 150 mm x 300 mm			
Condiciones de laboratorio	2,4 %	6,6 %	7,8 %
Condiciones de Obra	2,9 %	8,0 %	9,5 %
Cilindros de 100 mm y 200 mm			
Condiciones de laboratorio.	3,2 %	9,0 %	10,6 %

Fuente: NTP 339.034

## Anexo G: Ensayos De Resistencia A La Flexión.

### Anexo G.1: Ensayo de resistencia a la flexion de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .


#### Anexo G.1-1: Registro de datos del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

MTC E 709

DATOS

Tesis

:

"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"

Tesistas

:

Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan

Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo

Ubicación

:

Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil

Fecha

:

jueves, 17 de Abril de 2025

Metodo de ensayo

:

Norma de Referencia NTP 339.078

Velocidad de ensayo

:

1 Mpa/ min

N°	Identificación de la muestra	% de aditivo		Fecha de		Edad (días)	Ancho promedio de la muestra (cm)		Altura promedio de la muestra (cm)		Longitud libre de la luz de la muestra (mm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg)	Módulo de rotura (kg/cm2)
		Microsilíce	Superplastificante	Vaciado	Rotura									
1	R280-6.0-0.7-VA-1	6.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	15.30	15.20	15.10	15.00	45.00	Tercio central	2135.06	27.82
2	R280-6.0-0.7-VA-2	6.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	15.10	15.20	15.20	15.30	45.00	Tercio central	4119.98	52.62
3	R280-6.0-0.8-VA-1	6.00	0.80	13/03/2025	10/04/2025	28	14.90	15.10	15.10	15.00	45.00	Tercio central	3264.05	43.23
4	R280-6.0-0.8-VA-2	6.00	0.80	13/03/2025	10/04/2025	28	15.00	15.00	15.10	15.10	45.00	Tercio central	4093.67	53.86
5	R280-7.0-0.7-VA-1	7.00	0.70	14/03/2025	11/04/2025	28	15.20	15.20	15.00	15.20	45.00	Tercio central	3443.22	44.71
6	R280-7.0-0.7-VA-2	7.00	0.70	14/03/2025	11/04/2025	28	15.10	15.20	15.20	15.20	45.00	Tercio central	2992.80	38.48
7	R280-7.0-0.8-VA-1	7.00	0.80	14/03/2025	11/04/2025	28	15.00	15.10	15.20	15.10	45.00	Tercio central	2613.15	34.04
8	R280-7.0-0.8-VA-2	7.00	0.80	14/03/2025	11/04/2025	28	15.00	15.20	15.40	15.20	45.00	Tercio central	3425.53	43.61
9	R280-8.0-0.7-VA-1	8.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	15.10	15.10	15.50	15.20	45.00	Tercio central	2991.90	37.84
10	R280-8.0-0.7-VA-2	8.00	0.70	17/03/2025	15/04/2025	29	15.00	15.10	15.20	15.10	45.00	Tercio central	3139.31	40.90
11	R280-8.0-0.8-VA-1	8.00	0.80	18/03/2025	16/04/2025	29	15.10	15.20	15.10	15.20	45.00	Tercio central	3088.51	39.97
12	R280-8.0-0.8-VA-2	8.00	0.80	18/03/2025	15/04/2025	28	15.40	15.20	15.30	15.10	45.00	Tercio central	3983.90	50.72
13	R280-0.00-0.00-VA	0.00	0.00	20/03/2025	17/04/2025	28	15.20	15.10	15.10	15.10	45.00	Tercio central	1789.88	23.32



**Anexo G.1-2: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 6% de microsilice y 0.7%-0.8% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R280-6.00-0.70-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilice (%)	6.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.70	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R280-6.0-0.7-VA-1	10/03/2025	7/04/2025	15.25	15.05	45.00	Tercio central	2135.06	27.82
R280-6.0-0.7-VA-2	10/03/2025	7/04/2025	15.15	15.25	45.00	Tercio central	4119.98	52.62

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01		Muestra 02	
	Ubicación de la falla	Fotografía de la muestra	Ubicación de la falla	Fotografía de la muestra

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R280-6.00-0.80-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilice (%)	6.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.80	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R280-6.0-0.8-VA-1	13/03/2025	10/04/2025	15.00	15.05	45.00	Tercio central	3264.05	43.23
R280-6.0-0.8-VA-2	13/03/2025	10/04/2025	15.00	15.10	45.00	Tercio central	4093.67	53.86

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01		Muestra 02	
	Ubicación de la falla	Fotografía de la muestra	Ubicación de la falla	Fotografía de la muestra

Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC

**Anexo G.1-3: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 7% de microsilíce y 0.7%-0.8% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R280-7.00-0.70-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilíce (%)	7.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.70	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R280-7.0-0.7-VA-1	14/03/2025	11/04/2025	15.20	15.10	45.00	Tercio central	3443.22	44.71
R280-7.0-0.7-VA-2	14/03/2025	11/04/2025	15.15	15.20	45.00	Tercio central	2992.80	38.48

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01	Muestra 02
Ubicación de la falla	Fotografía de la muestra	Ubicación de la falla
	Fotografía de la muestra	

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R280-7.00-0.80-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilíce (%)	7.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.80	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R280-7.0-0.8-VA-1	14/03/2025	11/04/2025	15.05	15.15	45.00	Tercio central	2613.15	34.04
R280-7.0-0.8-VA-2	14/03/2025	11/04/2025	15.10	15.30	45.00	Tercio central	3425.53	43.61

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01	Muestra 02
Ubicación de la falla	Fotografía de la muestra	Ubicación de la falla
	Fotografía de la muestra	

Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC



**Anexo G.1-4: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 8% de microsilice y 0.7%-0.8% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R280-8.00-0.70-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilice (%)	8.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.70	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R280-8.0-0.7-VA-1	17/03/2025	15/04/2025	15.10	15.35	45.00	Tercio central	2991.90	37.84
R280-8.0-0.7-VA-2	17/03/2025	15/04/2025	15.05	15.15	45.00	Tercio central	3139.31	40.90

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01	Muestra 02
	 Ubicación de la falla	 Ubicación de la falla
	 Fotografía de la muestra	 Fotografía de la muestra

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R280-8.00-0.80-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilice (%)	8.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.80	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R280-8.0-0.8-VA-1	18/03/2025	16/04/2025	15.15	15.15	45.00	Tercio central	3088.51	39.97
R280-8.0-0.8-VA-2	18/03/2025	15/04/2025	15.30	15.20	45.00	Tercio central	3983.90	50.72

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01	Muestra 02
	 Ubicación de la falla	 Ubicación de la falla
	 Fotografía de la muestra	 Fotografía de la muestra

Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC

**Anexo G.1-5: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de  $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 0% de microsilíce y 0.0% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;">             UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO              FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL              ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL           </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R280-0.00-0.00-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilíce (%)	0.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.00	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min


RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R280-0.00-0.00-VA	20/03/2025	17/04/2025	15.15	15.10	45.00	Tercio central	1789.88	23.32

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01
<p style="font-size: small;">Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">               Ubicación de la falla           </div> <div style="text-align: center;">               Fotografía de la muestra           </div> </div>

## Anexo G.2: Ensayo de resistencia a la flexión de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .


### Anexo G.2-1: Registro de datos del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO

MTC E 709

DATOS

Tesis

:

"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"

Tesistas

:

Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan

Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo

Ubicación

:

Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil

Fecha

:

jueves, 17 de Abril de 2025

Metodo de ensayo

:

Norma de Referencia NTP 339.078

Velocidad de ensayo

:

1 Mpa/ min

N°	Identificación de la muestra	% de aditivo		Fecha de		Edad (días)	Ancho promedio de la muestra (cm)		Altura promedio de la muestra (cm)		Longitud libre de la luz de la muestra (mm)	Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg)	Módulo de rotura (kg/cm2)
		Microsilíce	Superplastificante	Vaciado	Rotura									
1	R350-6.0-0.6-VA-1	6.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.30	15.10	15.20	15.00	45.00	Tercio central	3331.18	43.25
2	R350-6.0-0.6-VA-2	6.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.20	15.00	15.10	15.10	45.00	Tercio central	2372.74	31.01
3	R350-6.0-0.7-VA-1	6.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	15.20	15.30	15.30	15.00	45.00	Tercio central	2940.19	37.80
4	R350-6.0-0.7-VA-2	6.00	0.70	7/03/2025	4/04/2025	28	15.00	15.00	15.00	15.30	45.00	Tercio central	3143.85	41.09
5	R350-7.0-0.6-VA-1	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	15.40	15.20	15.40	15.20	45.00	Tercio central	2705.23	33.99
6	R350-7.0-0.6-VA-2	7.00	0.60	4/03/2025	1/04/2025	28	15.00	15.10	15.00	15.20	45.00	Tercio central	3506.72	45.99
7	R350-7.0-0.7-VA-1	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	15.10	15.10	15.20	15.40	45.00	Tercio central	3543.01	45.11
8	R350-7.0-0.7-VA-2	7.00	0.70	5/03/2025	2/04/2025	28	15.20	15.20	15.10	15.00	45.00	Tercio central	2936.56	38.38
9	R350-8.0-0.6-VA-1	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.40	15.20	15.40	15.50	45.00	Tercio central	4177.13	51.47
10	R350-8.0-0.6-VA-2	8.00	0.60	6/03/2025	3/04/2025	28	15.20	15.00	15.10	15.10	45.00	Tercio central	3221.87	42.11
11	R350-8.0-0.7-VA-1	8.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	15.10	15.20	15.00	15.20	45.00	Tercio central	4102.29	53.44
12	R350-8.0-0.7-VA-2	8.00	0.70	10/03/2025	7/04/2025	28	15.20	15.40	15.20	15.10	45.00	Tercio central	3749.40	48.05
13	R350-0.00-0.00-VA	0.00	0.00	20/03/2025	21/04/2025	32	15.30	15.10	15.00	15.30	45.00	Tercio central	2602.26	33.57



**Anexo G.2-3: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  con 6% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;">             UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO              FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL              ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL           </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R350-6.00-0.60-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	350	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilíce (%)	6.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.60	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R350-6.0-0.6-VA-1	6/03/2025	3/04/2025	15.20	15.10	45.00	Tercio central	3331.18	43.25
R350-6.0-0.6-VA-2	6/03/2025	3/04/2025	15.10	15.10	45.00	Tercio central	2372.74	31.01

**Esquema para ensayo de flexión de concreto**

Muestra 01		Muestra 02	
 Ubicación de la falla	 Fotografía de la muestra	 Ubicación de la falla	 Fotografía de la muestra

<div style="display: inline-block; text-align: center;">             UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO              FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL              ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL           </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R350-6.00-0.70-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	350	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilíce (%)	6.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.70	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R350-6.0-0.7-VA-1	7/03/2025	4/04/2025	15.25	15.15	45.00	Tercio central	2940.19	37.80
R350-6.0-0.7-VA-2	7/03/2025	4/04/2025	15.00	15.15	45.00	Tercio central	3143.85	41.09

**Esquema para ensayo de flexión de concreto**

Muestra 01		Muestra 02	
 Ubicación de la falla	 Fotografía de la muestra	 Ubicación de la falla	 Fotografía de la muestra

**Anexo G.2-4: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de  $f'_c=350 \text{ kg/cm}^2$  con 7% de microsilice y 0.6%-0.7% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R350-7.00-0.60-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	350	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilice (%)	7.00	Presentación	Specimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.60	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R350-7.0-0.6-VA-1	4/03/2025	1/04/2025	15.30	15.30	45.00	Tercio central	2705.23	33.99
R350-7.0-0.6-VA-2	4/03/2025	1/04/2025	15.05	15.10	45.00	Tercio central	3506.72	45.99

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01	Muestra 02
	Ubicación de la falla	Ubicación de la falla
	Fotografía de la muestra	Fotografía de la muestra

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709	
Tesis :	"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"
Tesistas :	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil
Código :	R350-7.00-0.70-VA

DATOS DE PRISMA			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	350	Tipo de muestra	Concreto endurecido
Microsilice (%)	7.00	Presentación	Specimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm
Superplastificante (%)	0.70	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min

RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R350-7.0-0.7-VA-1	5/03/2025	2/04/2025	15.10	15.30	45.00	Tercio central	3543.01	45.11
R350-7.0-0.7-VA-2	5/03/2025	2/04/2025	15.20	15.05	45.00	Tercio central	2936.56	38.38

Esquema para ensayo de flexión de concreto	Muestra 01	Muestra 02
	Ubicación de la falla	Ubicación de la falla
	Fotografía de la muestra	Fotografía de la muestra

Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC



**Anexo G.2-5: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de  $f'_c=350 \text{ kg/cm}^2$  con 8% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>							
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709							
Tesis :	"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"						
Testistas :	Bach. Ramos Valderrama, Iñonatan Bach. Umiyauri Chile, José Guillermo						
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil						
Código :	R350-8.00-0.60-VA						
<b>DATOS DE PRISMA</b>							
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	350						
Microsilíce (%)	8.00						
Superplastificante (%)	0.60						
Tipo de muestra	Concreto endurecido						
Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm						
Velocidad de ensayo	1 Mpa/min						
<b>RESULTADOS</b>							
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones		Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
R350-8.0-0.6-VA-1	6/03/2025	3/04/2025	Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz		
R350-8.0-0.6-VA-2	6/03/2025	3/04/2025	15.30	15.45	45.00	Tercio central	4177.13
			15.10	15.10	45.00	Tercio central	3221.87
<b>Esquema para ensayo de flexión de concreto</b>		<b>Muestra 01</b>		<b>Muestra 02</b>			
<p style="font-size: small;">Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC</p>		<p style="text-align: center;">Ubicación de la falla</p>		<p style="text-align: center;">Ubicación de la falla</p>		<p style="text-align: center;">Fotografía de la muestra</p>	

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>							
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709							
Tesis :	"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"						
Testistas :	Bach. Ramos Valderrama, Iñonatan Bach. Umiyauri Chile, José Guillermo						
Ubicación :	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil						
Código :	R350-8.00-0.70-VA						
<b>DATOS DE PRISMA</b>							
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	350						
Microsilíce (%)	8.00						
Superplastificante (%)	0.70						
Tipo de muestra	Concreto endurecido						
Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm						
Velocidad de ensayo	1 Mpa/min						
<b>RESULTADOS</b>							
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones		Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
R350-8.0-0.7-VA-1	10/03/2025	7/04/2025	Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz		
R350-8.0-0.7-VA-2	10/03/2025	7/04/2025	15.15	15.10	45.00	Tercio central	4102.29
			15.30	15.15	45.00	Tercio central	3749.40
<b>Esquema para ensayo de flexión de concreto</b>		<b>Muestra 01</b>		<b>Muestra 02</b>			
<p style="font-size: small;">Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC</p>		<p style="text-align: center;">Ubicación de la falla</p>		<p style="text-align: center;">Ubicación de la falla</p>		<p style="text-align: center;">Fotografía de la muestra</p>	



**Anexo G.2-6: Formato del ensayo de la resistencia a la flexión de la resistencia de  $f'_c=350 \text{ kg/cm}^2$  con 0% de microsilíce y 0.0% de superplastificante.**


		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>						
RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO MTC E 709								
<b>Tesis</b>	:	"Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"						
<b>Tesistas</b>	:	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo						
<b>Ubicación</b>	:	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil						
<b>Código</b>	:	R350-0.00-0.00-VA						
DATOS DE PRISMA								
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )		350	Tipo de muestra	Concreto endurecido				
Microsilíce (%)		0.00	Presentación	Especimen prismático de 15cm x 15 cm x 60cm				
Superplastificante (%)		0.00	Velocidad de ensayo	1 Mpa/min				
RESULTADOS								
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de rotura	Dimensiones			Ubicación de la falla	Carga en el punto de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )	Módulo de rotura (Kg/cm <sup>2</sup> )
			Ancho promedio	Altura promedio	Longitud libre de la luz			
R350-0.00-0.00-VA	20/03/2025	21/04/2025	15.20	15.15	45.00	Tercio central	2602.26	33.57
<b>Esquema para ensayo de flexión de concreto</b> 			<b>Muestra 01</b> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   Ubicación de la falla </div> <div style="text-align: center;">   Fotografía de la muestra </div> </div>					

Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC

## Anexo H: Ensayos De Permeabilidad.

### Anexo H.1: Ensayo de permeabilidad de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .


#### Anexo H.1-1: Registro de datos del ensayo de permeabilidad de la resistencia de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483

RESUMEN

Tesis

"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"

Tesistas

Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan

Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo

Ubicación

Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil

Fecha

lunes, 28 de Abril de 2025

Metodo de ensayo

Norma de Referencia NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483

N°	Identificación de la muestra	% de aditivo		Fecha de		Edad (días)	Profundidad de penetración (mm)	Profundidad media de penetración (mm)	Porosidad del concreto	Coeficiente de permeabilidad al agua	Promedio de coeficiente de permeabilidad al agua	Clasificación (NTC 4483)
		Microsilice	Superplastificante	Vaciado	Rotura							
1	R280-6.0-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	16/04/2025	37	11.50	11.50	3.10%	1.19E-13	1.19E-13	BAJA
2	R280-6.0-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	16/04/2025	37	10.50			9.90E-14		BAJA
3	R280-6.0-0.7-VA	6.00	0.70	10/03/2025	16/04/2025	37	12.50			1.40E-13		BAJA
4	R280-6.0-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	16/04/2025	36	12.50	11.83	3.27%	1.48E-13	1.33E-13	BAJA
5	R280-6.0-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	16/04/2025	36	10.50			1.04E-13		BAJA
6	R280-6.0-0.8-VA	6.00	0.80	11/03/2025	16/04/2025	36	12.50			1.48E-13		BAJA
7	R280-7.0-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	21/04/2025	38	10.00	10.50	2.61%	7.54E-14	8.33E-14	BAJA
8	R280-7.0-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	21/04/2025	38	11.00			9.13E-14		BAJA
9	R280-7.0-0.7-VA	7.00	0.70	14/03/2025	21/04/2025	38	10.50			8.31E-14		BAJA
10	R280-7.0-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	21/04/2025	35	11.50	10.67	3.02%	1.15E-13	9.97E-14	BAJA
11	R280-7.0-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	21/04/2025	35	10.50			9.63E-14		BAJA
12	R280-7.0-0.8-VA	7.00	0.80	17/03/2025	21/04/2025	35	10.00			8.73E-14		BAJA
13	R280-8.0-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	25/04/2025	39	8.50	8.00	2.45%	5.11E-14	4.54E-14	BAJA
14	R280-8.0-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	25/04/2025	39	8.00			4.53E-14		BAJA
15	R280-8.0-0.7-VA	8.00	0.70	17/03/2025	25/04/2025	39	7.50			3.98E-14		BAJA
16	R280-8.0-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	25/04/2025	38	9.00	9.00	2.65%	6.21E-14	6.22E-14	BAJA
17	R280-8.0-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	25/04/2025	38	8.50			5.54E-14		BAJA
18	R280-8.0-0.8-VA	8.00	0.80	18/03/2025	25/04/2025	38	9.50			6.92E-14		BAJA

**Anexo H.1-2: Formato del ensayo de permeabilidad de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 6% de microsilice y 0.7%-0.8% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>							
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483							
<b>Tesis</b>	“Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024”						
<b>Testistas</b>	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo						
<b>Ubicación</b>	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil						
DATOS DEL ESPECIMEN							
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Edad de probetas (días)	37 - 36				
Microsilice (%)	6.00	Presión promedio de agua (MPa)	0.5				
Superplastificante (%)	0.70 - 0.80	Duración de la presión de agua (días)	4				
RESULTADOS							
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de inicio de ensayo	Fecha de rotura	Porosidad del concreto	Profundidad de penetración (mm)	Coefficiente de permeabilidad al agua	Clasificación (NTC 4483)
R280-6.0-0.7-VA	10/03/2025	11/04/2025	16/04/2025	3.10%	11.50	1.19E-13	BAJA
R280-6.0-0.7-VA	10/03/2025	11/04/2025	16/04/2025		10.50	9.90E-14	BAJA
R280-6.0-0.7-VA	10/03/2025	11/04/2025	16/04/2025		12.50	1.40E-13	BAJA
R280-6.0-0.8-VA	11/03/2025	11/04/2025	16/04/2025	3.27%	12.50	1.48E-13	BAJA
R280-6.0-0.8-VA	11/03/2025	11/04/2025	16/04/2025		10.50	1.04E-13	BAJA
R280-6.0-0.8-VA	11/03/2025	11/04/2025	16/04/2025		12.50	1.48E-13	BAJA



Muestra	Massa seca	Massa después de la inmersión y ebullición	Massa aparente después de la inmersión y ebullición
1	4221.05	4281.10	2554.7
2	4787.18	4851.73	2850.3

Profundidad media de penetración (mm) =	Specimen	Profundidad de penetración (mm)	Clasificación (NTC 4483)
	1	11	
	2	10	
	3	12	
	Promedio	11.50	





Muestra	Massa seca	Massa después de la inmersión y ebullición	Massa aparente después de la inmersión y ebullición
1	4288.64	4345.79	2504.4
2	3527.02	3579.07	2064.9

Profundidad media de penetración (mm) =	Specimen	Profundidad de penetración (mm)	Clasificación (NTC 4483)
	1	12	
	2	11	
	3	12	
	Promedio	11.67	



**Anexo H.1-3: Formato del ensayo de permeabilidad de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 7% de microsilíce y 0.7%-0.8% de superplastificante.**

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA</b> <b>NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483</b>		

**Tesis :** "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"  
**Tesistas :** Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan  
 Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo  
**Ubicación :** Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil

DATOS DEL ESPECIMEN			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Edad de probetas (días)	35 - 35
Microsilíce (%)	7.00	Presión promedio de agua (MPa)	0.5
Superplastificante (%)	0.70 - 0.80	Duración de la presión de agua (días)	4

RESULTADOS							
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de inicio de ensayo	Fecha de rotura	Porosidad del concreto	Profundidad de penetración (mm)	Coefficiente de permeabilidad al agua	Clasificación (NTC 4483)
R280-7-0-0.7-VA	14/03/2025	16/04/2025	21/04/2025	2.61%	10.00	7.54E-14	BAJA
R280-7-0-0.7-VA	14/03/2025	16/04/2025	21/04/2025		11.00	9.13E-14	BAJA
R280-7-0-0.7-VA	14/03/2025	16/04/2025	21/04/2025		10.50	8.31E-14	BAJA
R280-7-0-0.8-VA	17/03/2025	16/04/2025	21/04/2025	3.02%	11.50	1.15E-13	BAJA
R280-7-0-0.8-VA	17/03/2025	16/04/2025	21/04/2025		10.50	9.63E-14	BAJA
R280-7-0-0.8-VA	17/03/2025	16/04/2025	21/04/2025		10.00	8.73E-14	BAJA

**PANEL FOTOGRAFICO**



Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	4096.37	4138.32	2502.8
2	4258.56	4304.61	2558.2

Profundidad media de penetración (mm) =	Especimen	Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	10	10	
	2	11	11	
	3	11	10	
	Promedio	10.50		BAJA



Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	3911.73	3954.29	2280.7
2	4380.19	4436.38	2508.1

Profundidad media de penetración (mm) =	Especimen	Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	12	11	
	2	10	11	
	3	10	10	
	Promedio	10.67		BAJA

**Anexo H.1-4: Formato del ensayo de permeabilidad de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 8% de microsilice y 0.7%-0.8% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>							
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA</b> <b>NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483</b>							
<b>Tesis</b>	“Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024”						
<b>Tesistas</b>	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo						
<b>Ubicación</b>	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil						
DATOS DEL ESPECIMEN							
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	280	Edad de probetas (días)	39 - 38				
Microsilice (%)	8.00	Presión promedio de agua (MPa)	0.5				
Superplastificante (%)	0.70 - 0.80	Duración de la presión de agua (días)	4				
RESULTADOS							
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de inicio de ensayo	Fecha de rotura	Porosidad del concreto	Profundidad de penetración (mm)	Coefficiente de permeabilidad al agua	Clasificación (NTC 4483)
R280-S-0-0.7-VA	17/03/2025	21/04/2025	25/04/2025	2.45%	8.50	5.11E-14	BAJA
R280-S-0-0.7-VA	17/03/2025	21/04/2025	25/04/2025		8.00	4.53E-14	BAJA
R280-S-0-0.7-VA	17/03/2025	21/04/2025	25/04/2025		7.50	3.98E-14	BAJA
R280-S-0-0.8-VA	18/03/2025	21/04/2025	25/04/2025	2.65%	9.00	6.21E-14	BAJA
R280-S-0-0.8-VA	18/03/2025	21/04/2025	25/04/2025		8.50	5.54E-14	BAJA
R280-S-0-0.8-VA	18/03/2025	21/04/2025	25/04/2025		9.50	6.92E-14	BAJA

**PANEL FOTOGRAFICO**

R280-S-0-0.7-VA

R280-S-0-0.8-VA

Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	4087.17	4134.85	2332.1
2	3987.62	3616.93	2198.7

Profundidad media de penetración (mm) =	Especimen		Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	9	8	BAJA	
	2	8	8	BAJA	
	3	7	8	BAJA	
	Promedio		8.00	BAJA	



Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	4208.52	4257.10	2479.7
2	3811.95	3853.42	2237.5

Profundidad media de penetración (mm) =	Especimen		Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	9	9	BAJA	
	2	8	9	BAJA	
	3	9	10	BAJA	
	Promedio		9.00	BAJA	





## Anexo H.2: Ensayo de permeabilidad de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

### Anexo H.2-1: Registro de datos del ensayo de permeabilidad de la resistencia de $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$ .

<div>  <div> UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO  FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL </div>  </div>												
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483												
RESUMEN												
Tesis	"Influencia de la microsilice y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"											
Tesistas	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo											
Ubicación	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil											
Fecha	Lunes, 14 de Abril de 2025											
Metodo de ensayo	Norma de Referencia NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483											
N°	Identificación de la muestra	% de aditivo		Fecha de		Edad (días)	Profundidad media de penetración (mm)	Profundidad media de penetración (mm)	Porosidad del concreto	Coeficiente de permeabilidad al agua	Promedio del coeficiente de permeabilidad al agua	Clasificación (NTC 4483)
		Microsilice	Superplastificante	Vaciado	Rotura							
1	R350-6.0-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	28/03/2025	36	14.00	14.00	3.47%	1.97E-13	1.97E-13	BAJA
2	R350-6.0-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	28/03/2025	36	13.50			1.83E-13		BAJA
3	R350-6.0-0.6-VA	6.00	0.60	20/02/2025	28/03/2025	36	14.50			2.11E-13		BAJA
4	R350-6.0-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	28/03/2025	32	14.50	13.67	3.42%	2.08E-13	1.86E-13	BAJA
5	R350-6.0-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	28/03/2025	32	12.50			1.55E-13		BAJA
6	R350-6.0-0.7-VA	6.00	0.70	24/02/2025	28/03/2025	32	14.00			1.94E-13		BAJA
7	R350-7.0-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	7/04/2025	34	11.50	13.33	3.30%	1.26E-13	1.72E-13	BAJA
8	R350-7.0-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	7/04/2025	34	13.00			1.61E-13		BAJA
9	R350-7.0-0.6-VA	7.00	0.60	4/03/2025	7/04/2025	34	15.50			2.29E-13		BAJA
10	R350-7.0-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	7/04/2025	33	13.50	13.17	3.04%	1.60E-13	1.53E-13	BAJA
11	R350-7.0-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	7/04/2025	33	13.00			1.49E-13		BAJA
12	R350-7.0-0.7-VA	7.00	0.70	5/03/2025	7/04/2025	33	13.00			1.49E-13		BAJA
13	R350-8.0-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	11/04/2025	36	10.50	10.50	2.79%	8.91E-14	8.96E-14	BAJA
14	R350-8.0-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	11/04/2025	36	9.50			7.29E-14		BAJA
15	R350-8.0-0.6-VA	8.00	0.60	6/03/2025	11/04/2025	36	11.50			1.07E-13		BAJA
16	R350-8.0-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	11/04/2025	35	9.50	9.67	2.74%	7.14E-14	7.40E-14	BAJA
17	R350-8.0-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	11/04/2025	35	10.00			7.92E-14		BAJA
18	R350-8.0-0.7-VA	8.00	0.70	7/03/2025	11/04/2025	35	9.50			7.14E-14		BAJA

**Anexo H.2-2: Formato del ensayo de permeabilidad de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  con 6% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante.**

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b> <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA</b> <b>NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483</b>		

Tesis : "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"

Testistas : Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan  
Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo

Ubicación : Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil

DATOS DEL ESPECIMEN							
Resistencia de diseño (Kg/cm2)	350		Edad de probetas (días)		36 - 32		
Microsilíce (%)	6.00		Presión promedio de agua (MPa)		0.5		
Superplastificante (%)	0.60 - 0.70		Duración de la presión de agua (días)		4		
RESULTADOS							
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de inicio de ensayo	Fecha de rotura	Porosidad del concreto	Profundidad de penetración (mm)	Coefficiente de permeabilidad al agua	Clasificación (NTC 4483)
R350-6.0-0.6-VA	20/02/2025	24/03/2025	28/03/2025	3.47%	14.00	1.97E-13	BAJA
R350-6.0-0.6-VA	20/02/2025	24/03/2025	28/03/2025		13.50	1.83E-13	BAJA
R350-6.0-0.6-VA	20/02/2025	24/03/2025	28/03/2025		14.50	2.11E-13	BAJA
R350-6.0-0.7-VA	24/02/2025	24/03/2025	28/03/2025	3.42%	14.50	2.08E-13	BAJA
R350-6.0-0.7-VA	24/02/2025	24/03/2025	28/03/2025		12.50	1.55E-13	BAJA
R350-6.0-0.7-VA	24/02/2025	24/03/2025	28/03/2025		14.00	1.94E-13	BAJA



Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	3570.15	3422.14	1994.3
2	4188.53	4227.66	2379

Profundidad media de penetración (mm) =	Esapcimen	Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	15	14	
	2	13	12	
	3	15	13	
	Promedio	13.87		

Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	2966.01	3010.20	1749.8
2	4031.87	4091.73	2346.9

Profundidad media de penetración (mm) =	Esapcimen	Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	15	13	
	2	14	13	
	3	15	14	
	14.00			



**Anexo H.2-3: Formato del ensayo de permeabilidad de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  con 7% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>	
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483	
<b>Tesis</b>	“Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024”
<b>Tesistas</b>	Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo
<b>Ubicación</b>	Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil

DATOS DEL ESPECIMEN			
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	350	Edad de probetas (días)	34 - 35
Microsilíce (%)	7.00	Presión promedio de agua (MPa)	0.5
Superplastificante (%)	0.60 - 0.70	Duración de la presión de agua (días)	4

RESULTADOS							
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de inicio de ensayo	Fecha de rotura	Porosidad del concreto	Profundidad de penetración (mm)	Coefficiente de permeabilidad al agua	Clasificación (NTC 4483)
R350-7.0-0.6-VA	4/03/2025	1/04/2025	7/04/2025	3.50%	11.50	1.28E-13	BAJA
R350-7.0-0.6-VA	4/03/2025	1/04/2025	7/04/2025		13.00	1.61E-13	BAJA
R350-7.0-0.6-VA	4/03/2025	1/04/2025	7/04/2025		15.50	2.29E-13	BAJA
R350-7.0-0.7-VA	5/03/2025	1/04/2025	7/04/2025	3.04%	13.50	1.60E-13	BAJA
R350-7.0-0.7-VA	5/03/2025	1/04/2025	7/04/2025		13.00	1.49E-13	BAJA
R350-7.0-0.7-VA	5/03/2025	1/04/2025	7/04/2025		13.00	1.49E-13	BAJA

**PANEL FOTOGRÁFICO**

R350-7.0-0.6-VA

R350-7.0-0.7-VA

Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	2169.92	2201.48	1264.7
2	4204.77	4263.71	2436.5

Profundidad media de penetración (mm) =	Espejimen	Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	12	11	BAJA
	2	12	14	BAJA
	3	15	18	BAJA
	Promedio	13.33		BAJA

Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	2229.58	2259.13	1293.7
2	3585.73	3632.9	2073.6

Profundidad media de penetración (mm) =	Espejimen	Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	14	13	BAJA
	2	12	14	BAJA
	3	13	13	BAJA
	Promedio	13.17		BAJA



**Anexo H.2-4: Formato del ensayo de permeabilidad de  $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$  con 8% de microsilíce y 0.6%-0.7% de superplastificante.**

<div style="display: inline-block; text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL</b>  <b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b> </div>							
MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DEL CONCRETO AL AGUA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4483							
<b>Tesis</b>	: "Influencia de la microsilíce y aditivo superplastificante en la permeabilidad y consistencia de concretos para estructuras hidráulicas, Cusco - 2024"						
<b>Testistas</b>	: Bach. Ramos Valderrama, Jhonatan Bach. Umiyauri Chile, Jose Guillermo						
<b>Ubicación</b>	: Laboratorio de la facultad de Ingeniería Civil						
DATOS DEL ESPECIMEN							
Resistencia de diseño (Kg/cm <sup>2</sup> )	350	Edad de probetas (días)	36 - 35				
Microsilíce (%)	8.00	Presión promedio de agua (MPa)	0.5				
Superplastificante (%)	0.60 - 0.70	Duración de la presión de agua (días)	4				
RESULTADOS							
Identificación de la muestra	Fecha de vaciado	Fecha de inicio de ensayo	Fecha de rotura	Porosidad del concreto	Profundidad de penetración (mm)	Coefficiente de permeabilidad al agua	Clasificación (NTC 4483)
R350-8.0-0.6-VA	6/03/2025	7/04/2025	11/04/2025	2.79%	10.50	8.91E-14	BAJA
R350-8.0-0.6-VA	6/03/2025	7/04/2025	11/04/2025		9.50	7.29E-14	BAJA
R350-8.0-0.6-VA	6/03/2025	7/04/2025	11/04/2025		11.50	1.07E-13	BAJA
R350-8.0-0.7-VA	7/03/2025	7/04/2025	11/04/2025	2.74%	9.50	7.14E-14	BAJA
R350-8.0-0.7-VA	7/03/2025	7/04/2025	11/04/2025		10.00	7.92E-14	BAJA
R350-8.0-0.7-VA	7/03/2025	7/04/2025	11/04/2025		9.50	7.14E-14	BAJA



Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	4001.38	4044.54	1672.1
2	2831.06	2867.1	2402.7

Muestra	Masa seca	Masa después de la inmersión y ebullición	Masa parente después de la inmersión y ebullición
1	4091.66	4140.02	2402.7
2	3253.16	3290.45	1903.4

Profundidad media de penetración (mm) =	Especimen	Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	10	11	BAJA
	2	9	10	BAJA
	3	11	12	BAJA
	Promedio	10.50		BAJA

Profundidad media de penetración (mm) =	Especimen	Profundidad de penetración (mm)		Clasificación (NTC 4483)
	1	10	9	BAJA
	2	10	10	BAJA
	3	10	9	BAJA
	Promedio	9.67		BAJA

## Anexo I: Matriz De Consistencia.

*Título:* “INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO - 2024”

**Tabla N°150.**

*Desarrollo de matriz de consistencia.*

Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variables	Dimensiones	Metodología
¿Cómo influye la microsilíce y el aditivo superplastificante en el concreto vaciado bajo agua en estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la microsilíce y el aditivo superplastificante en el concreto vaciado bajo agua en estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	La adición de microsilíce y el aditivo superplastificante tienen un impacto significativo en las estructuras hidráulicas vaciadas bajo agua en la ciudad de Cusco, 2024.	Variable independiente X. Microsilíce y aditivo superplastificante	Dimensiones de la variable independiente  X1. Agregado (Requisitos de calidad de agregados) X2. Microsilíce X3. Aditivo Superplastificante	- <i>Tipo de investigación:</i> Aplicado - <i>Nivel de investigación:</i> Descriptivo y correlacional - <i>Enfoque de investigación:</i> Cuantitativo - <i>Diseño de investigación:</i> Descriptivo correlacional
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>			
¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la consistencia del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.			
¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la	Determinar la influencia de la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la	La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad			Recolección de datos Fichas, formatos, instrumentos y

propiedad de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	propiedad de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	de resistencia a la pérdida de finos del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.			equipos de laboratorios.
¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad de resistencia a la compresión del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	Variable dependiente Y. Concreto para estructuras hidráulicas	Dimensiones de la variable dependiente Y1. Consistencia de la mezcla (Capacidad de llenado, capacidad de paso y viscosidad). Y2. Resistencia a la pérdida de finos. Y3. Temperatura. Y4. Permeabilidad. Y5. Resistencia a la compresión. Y6. Resistencia a la flexión.	
¿Cómo influye la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024?	Determinar la influencia de la adición de microsilíce y aditivo superplastificante en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.	La adición de microsilíce y aditivo superplastificante influyen en la propiedad de permeabilidad del concreto vaciado bajo agua para estructuras hidráulicas en la ciudad de Cusco, 2024.			

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

## Anexo J: Matriz De Operacionalización.

Tabla N°151

Desarrollo de matriz de operacionalización.

Variables independientes	Dimensiones	Indicadores	Definición conceptual	Definición operacional
X: Microsílice y aditivo superplastificante.	X1: Agregado	X11: Requisitos de calidad de agregados	<b>Microsílice</b> La microsílice, un subproducto industrial ultrafino, mejora significativamente el concreto. Al añadirla, se hace más denso, resistente y duradero, controlando también la segregación y viscosidad en el concreto autocompactante.	Porcentaje en peso de micro sílice adicionado al cemento Portland en la mezcla de concreto autocompactante, expresado como proporción del peso del cemento (%). Se evaluará en diferentes niveles experimentales: X%, Y% y Z%.
	X2: Microsílice	X21: Dosificaciones de microsílice.		
	X3: Aditivo Superplastificante	X31: Dosificaciones del aditivo superplastificante.	<b>Aditivo Superplastificante</b> El superplastificante es un compuesto químico que aumenta la fluidez del concreto al dispersar las partículas de cemento. En concretos autocompactantes, permite lograr alta trabajabilidad y auto compactación sin necesidad de vibrado, manteniendo una baja relación agua/cemento y evitando la segregación.	Dosis de aditivo superplastificante añadido en relación con el peso del cemento, expresado en porcentaje (%) respecto a la masa de cemento de la mezcla. Se medirá en niveles definidos por la norma del fabricante (ej. R%, S% y T%).
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Definición conceptual	Definición operacional
Y: Permeabilidad y consistencia del concreto.	Y1: Consistencia de mezclas.	Y11: Capacidad de llenado	<b>Consistencia</b> La consistencia del concreto es la medida de su fluidez o trabajabilidad. En el caso del concreto autocompactante, se refiere a la capacidad de la mezcla fresca de fluir y llenar el encofrado por acción de su propio peso, sin necesidad de vibración externa y manteniendo homogeneidad.	Se medirá mediante ensayos propios de concreto autocompactante: capacidad de llenado, capacidad de paso, viscosidad y resistencia a la pérdida de finos.
		Y12: Capacidad de paso		
		Y13: Viscosidad		
	Y2: Resistencia a la pérdida de finos.	Y21: %	<b>Permeabilidad</b> La permeabilidad del concreto es la capacidad que tiene el material endurecido para permitir el paso de fluidos a través de su microestructura. En el caso del concreto autocompactante, la combinación de alta cohesión y baja relación agua/cemento reduce significativamente la permeabilidad, favoreciendo la durabilidad en estructuras hidráulicas.	Se medirá mediante el ensayo para determinar la permeabilidad del concreto al agua. El resultado se expresará en profundidad de penetración (mm) o coeficiente de permeabilidad (m/s).
	Y3: Temperatura.	Y31: °C		
	Y4: Permeabilidad.	Y41: m/s		
	Y5: Resistencia a la compresión.	Y51: Kg/cm2		
	Y6: Resistencia a la flexión.	Y61: Kg/cm2		
	Y7: Método de colocación Tremie	Y71: Kg/cm2		

Nota: Fuente: Elaboración propia.

## Anexo K: Matriz De Análisis De Costos Unitarios.

Tabla N°152

Análisis de costos unitarios del concreto patrón de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ .

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS					
<b>Tesis:</b>	"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"				
<b>Tesistas:</b>	Bach. Jhonatan Ramos Valderrama Bach. Jose Guillermo Umiyauri Chile				
<b>Fecha:</b>	13/06/2025				
<b>Partida:</b>	01.01.01 Vaciado del concreto patrón de $f'c=280\text{kg/cm}^2$				
<b>Especificaciones:</b>	Preparación con mezcladora de 9-11 p3, 2 vibradores a gasolina de 2,0" 4HP para vaciado.				
<b>Cuadrilla:</b>	Preparado y vaciado: 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones				
<b>Rendimiento:</b>	Preparado y vaciado: 20,0 m3/día				
				<b>Unidad:</b>	m3
<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento Portland Tipo HS	bls.	11.51	22.46	258.49	
Agregado grueso	m3	0.71	50.85	35.98	
Agregado fino	m3	0.30	67.80	20.21	
Agua	m3	0.22	4.53	0.99	
<b>Costo de Material</b>					315.66
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	0.80	20.67	16.54	
Oficial	hh	0.80	17.50	14.00	
Peón	hh	4.00	15.88	63.52	
<b>Costo de Mano de Obra</b>					94.06
<b>Equipo de herramientas</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	0.40	8.00	3.20	
Herramientas (3% M.O.)		0.03	94.06	2.82	
Vibrador de 2,0" 4HP	hm	0.40	3.50	1.40	
<b>Costo de Equipo, Herramientas</b>					7.42
				<b>TOTAL</b>	<b>417.14</b>

**Tabla N°153**

*Análisis de costos unitarios del concreto de  $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con 8% de microsilice y 0.7% de superplastificante.*

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS					
<b>Tesis:</b>	"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"				
<b>Tesistas:</b>	Bach. Jhonatan Ramos Valderrama Bach. Jose Guillermo Umiyauri Chile				
<b>Fecha:</b>	13/06/2025				
<b>Partida:</b>	01.01.01 Vaciado del concreto de $f'c=280\text{kg/cm}^2+8.0\%$ de microsilice + 0.7% de superplastificante				
<b>Especificaciones:</b>	Preparación con mezcladora de 9-11 p3 para vaciado				
<b>Cuadrilla:</b>	Preparado y vaciado: 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones				
<b>Rendimiento:</b>	Preparado y vaciado: 20,0 m3/día				
				<b>Unidad:</b>	m3
Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total
<b>Materiales</b>					
Cemento Portland Tipo HS	bls.	9.29	22.46	208.72	
Agregado grueso	m3	0.55	50.85	27.99	
Agregado fino	m3	0.56	67.80	37.89	
Agua	m3	0.17	4.53	0.79	
Aditivo microsilice	kg	31.60	6.10	192.76	
Adit. Superplastificante	kg	2.77	10.17	28.17	
<b>Costo de Material</b>					496.32
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	0.80	20.67	16.54	
Oficial	hh	0.80	17.50	14.00	
Peón	hh	4.00	15.88	63.52	
<b>Costo de Mano de Obra</b>					94.06
<b>Equipo de herramientas</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	0.40	8.00	3.20	
Herramientas (3% M.O.)		0.03	94.06	2.82	
<b>Costo de Equipo, Herramientas</b>					6.02
				<b>TOTAL</b>	<b>596.40</b>

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°154**

*Análisis de costos unitarios del concreto patrón de  $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$ .*

ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS					
<b>Tesis:</b>	"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"				
<b>Tesistas:</b>	Bach. Jhonatan Ramos Valderrama Bach. Jose Guillermo Umiyauri Chile				
<b>Fecha:</b>	13/06/2025				
<b>Partida:</b>	01.01.01 Vaciado del concreto patrón de $f_c=350\text{kg/cm}^2$				
<b>Especificaciones:</b>	Preparación con mezcladora de 9-11 p3, 2 vibradores a gasolina de 2,0"4HP para vaciado.				
<b>Cuadrilla:</b>	Preparado y vaciado: 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones				
<b>Rendimiento:</b>	Preparado y vaciado: 20,0 m3/día				
				<b>Unidad:</b>	m3
<b>Descripción</b>	<b>Unid.</b>	<b>Cantidad</b>	<b>P. Unitario</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total</b>
<b>Materiales</b>					
Cemento Portland Tipo HS	bls.	13.55	22.46	304.30	
Agregado grueso	m3	0.71	50.85	35.98	
Agregado fino	m3	0.24	67.80	16.47	
Agua	m3	0.22	4.53	0.99	
<b>Costo de Material</b>					357.74
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	0.80	20.67	16.54	
Oficial	hh	0.80	17.50	14.00	
Peón	hh	4.00	15.88	63.52	
<b>Costo de Mano de Obra</b>					94.06
<b>Equipo de herramientas</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	0.40	8.00	3.20	
Herramientas (3% M.O.)		0.03	94.06	2.82	
Vibrador de 2,0" 4HP	hm	0.40	3.50	1.40	
<b>Costo de Equipo, Herramientas</b>					7.42
				<b>TOTAL</b>	<b>459.21</b>

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla N°155**

Análisis de costos unitarios del concreto de  $f_c=350 \text{ kg/cm}^2$  con 8% de microsilíce y 0.7% de superplastificante.

ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS					
<b>Tesis:</b>	"INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO – 2024"				
<b>Tesistas:</b>	Bach. Jhonatan Ramos Valderrama Bach. Jose Guillermo Umiyauri Chile				
<b>Fecha:</b>	13/06/2025				
<b>Partida:</b>	01.01.01 Vaciado del concreto de $f_c=350\text{kg/cm}^2+8.0\%$ de microsilíce + 0.7% de superplastificante				
<b>Especificaciones:</b>	Preparación con mezcladora de 9-11 p3 para vaciado				
<b>Cuadrilla:</b>	Preparado y vaciado: 2 operarios + 2 oficiales + 10 peones				
<b>Rendimiento:</b>	Preparado y vaciado: 20,0 m3/día				
				<b>Unidad:</b>	m3
Descripción	Unid.	Cantidad	P. Unitario	Parcial	Total
<b>Materiales</b>					
Cemento Portland Tipo HS	bls.	12.00	22.46	269.49	
Agregado grueso	m3	0.51	50.85	25.78	
Agregado fino	m3	0.50	67.80	33.90	
Agua	m3	0.19	4.53	0.84	
Aditivo microsilíce	kg	40.80	6.10	248.95	
Adit. Superplastificante	kg	3.57	10.17	36.31	
<b>Costo de Material</b>					615.26
<b>Mano de obra</b>					
Operario	hh	0.80	20.67	16.54	
Oficial	hh	0.80	17.50	14.00	
Peón	hh	4.00	15.88	63.52	
<b>Costo de Mano de Obra</b>					94.06
<b>Equipo de herramientas</b>					
Mezcladora de 9-11 p3	hm	0.40	8.00	3.20	
Herramientas (3% M.O.)		0.03	94.06	2.82	
<b>Costo de Equipo, Herramientas</b>					6.02
				<b>TOTAL</b>	<b>715.34</b>

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.



## Anexo L: Costo Hora – Hombre Del Gobierno Regional Del Cusco

### GOBIERNO REGIONAL CUSCO

#### ANEXO N° 01

#### ESCALA DE JORNALES

#### PERSONAL OBRERO COMPRENDIDO EN EL RÉGIMEN ESPECIAL DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

I. OPERARIO				COSTO	
ORDEN	CONCEPTO	DÍAS	CONDICION	DIARIO	MENSUAL
1	Jornal Básico	27		52.46	1,586.42
2	Descanso Semanal Obligatorio	4			282.07
3	Beneficiación Unificada de Construcción (BUC)	27	32% IB	18.39	585.65
4	Beneficiación por movilidad	27		8.00	216.00
5	Compensación por tiempo de servicios	27	15% IB	9.37	252.96
6	Gratificación por Fiestas Patrias y Navidad	30		16.13	483.90
7	Beneficiación a las gratificaciones	30	9% Gratif.	3.45	103.55
8	Compensación vacacional	27	10% IB	5.25	156.64
9	Asignación Escolaridad (2 hijos)	27	30 IB*2/DL	14.12	381.24
TOTAL JORNAL				117.76	4,053.44
OBLIGACIONES DEL EMPLEADOR					
ESSALUD 9% (1+2+3+8)				7.77	240.82
S.C.T.R. PENSION Y SALUD 5.37% (1+2+3+8)				4.64	143.69
APORTE AFP 1% (1+2+3+8)				0.86	26.76
Total Obligaciones Empleador				13.27	411.27
COSTO TOTAL					4,464.71

CONDICIONES	
Días Labor.	27
Dominical	4
Mrs. Fijos	2

II. OFICIAL				COSTO	
ORDEN	CONCEPTO	DÍAS	CONDICION	DIARIO	MENSUAL
1	Jornal Básico	27		53.95	1,456.65
2	Descanso Semanal Obligatorio	4			242.78
3	Beneficiación Unificada de Construcción (BUC)	27	30% IB	16.19	437.09
4	Beneficiación por movilidad	27		8.00	216.00
5	Compensación por tiempo de servicios	27	15% IB	8.09	218.50
6	Gratificación por Fiestas Patrias y Navidad	30		12.65	379.60
7	Beneficiación a las gratificaciones	30	3% Gratif.	1.14	34.18
8	Compensación vacacional	27	10% IB	5.40	145.67
9	Asignación Escolaridad (2 hijos)	27	30 IB*2/DL	11.05	299.16
TOTAL JORNAL				116.59	3,429.77
OBLIGACIONES DEL EMPLEADOR					
ESSALUD 9% (1+2+3+8)				6.63	205.39
S.C.T.R. PENSION Y SALUD 5.37% (1+2+3+8)				3.95	122.55
APORTE AFP 1% (1+2+3+8)				0.74	22.67
Total Obligaciones Empleador				11.31	350.61
COSTO TOTAL					3,780.46

III. PEON				COSTO	
ORDEN	CONCEPTO	DÍAS	CONDICION	DIARIO	MENSUAL
1	Jornal Básico	27		48.68	1,314.36
2	Descanso Semanal Obligatorio	4			219.06
3	Beneficiación Unificada de Construcción (BUC)	27	30% IB	14.60	394.31
4	Beneficiación por movilidad	27		8.00	216.00
5	Compensación por tiempo de servicios	27	15% IB	7.30	197.15
6	Gratificación por Fiestas Patrias y Navidad	30		11.39	341.70
7	Beneficiación a las gratificaciones	30	9% Gratif.	1.07	30.73
8	Compensación vacacional	27	10% IB	5.87	151.44
9	Asignación Escolaridad (2 hijos)	27	30 IB*2/DL	9.36	248.52
TOTAL JORNAL				105.83	3,113.69
OBLIGACIONES DEL EMPLEADOR					
ESSALUD 9% (1+2+3+8)				5.98	165.32
S.C.T.R. PENSION Y SALUD 5.37% (1+2+3+8)				3.57	110.58
APORTE AFP 1% (1+2+3+8)				0.65	20.59
Total Obligaciones Empleador				10.21	316.49
COSTO TOTAL					3,430.18

#### ANEXO N° 02

COSTO HORA HOMBRE PERSONAL CONSTRUCCION CIVIL	
CATEGORIA	COSTO HORA - HOMBRE
OPERARIO	20.67*
OFICIAL	17.50
PEON	15.88

\* NOTA: Los montos de Hora - Hombre pueden variar en los meses de Julio y Diciembre según ley que aprueba montos de gratificación.

## Anexo M: Fichas Técnicas De Los Componentes

### Anexo M.1: Fichas técnica de la Microsilice



CONSTRUYENDO CONFIANZA

## HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

# SikaFume®

### Adición mineral - Microsilíce

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFume® es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de sílice.

#### USOS

SikaFume® se utiliza en concreto proyectado, estructural, prefabricado y otros campos de construcción de concreto en los que se requieren altas exigencias a la calidad en estado fresco y endurecido.

#### CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaFume® contiene dióxido de silicio reactivo extremadamente fino. La presencia de esta sustancia imparte una gran cohesión interna y retención de agua en el concreto fresco. La capacidad de bombeo se mejora sustancialmente así como el comportamiento reológico. En el concreto endurecido, el humo de sílice forma un enlace químico con la cal libre (CaOH<sub>2</sub>). La formación adicional de productos de hidratación da como resultado una matriz cementicia final significativamente más densa.

Con el uso de SikaFume®, el concreto mostrará las siguientes propiedades:

- Alta estabilidad del hormigón fresco.
- Mayor durabilidad.
- Excelente resistencia a la congelación y la sal de deshielo.
- Mayores resistencias finales.
- Mayor resistencia a la abrasión.
- Mayor estanqueidad en el concreto endurecido.
- Reducción a la penetración de cloruros.

SikaFume® no contiene cloruros ni otras sustancias que promueven la corrosión del acero y, por lo tanto, se puede usar sin ninguna restricción para la construcción de concreto reforzado y pretensado.

#### CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFume® cumple los requisitos de las normas EN 13263-1 y ASTM C1240.

#### INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

<b>Empaques</b>	Bolsa de 25 kg Bolsa de 20 kg
<b>Vida Útil</b>	36 meses de vida útil a partir de la fecha de producción, si se almacena correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.
<b>Condiciones de Almacenamiento</b>	Almacenamiento en un ambiente seco.
<b>Apariencia / Color</b>	polvo gris o crema
<b>Specific gravity</b>	Peso específico: 2,200 kg/m³

#### INFORMACIÓN TÉCNICA

<b>Guía de Vaciado de Concreto</b>	Se deben seguir las reglas estándar de buenas prácticas relativas a la pro-
------------------------------------	---

Hoja De Datos Del Producto  
SikaFume®  
Marzo 2022, Versión 01.03  
021403031000000019

ducción y la colocación de concreto. Las pruebas de laboratorio deben llevarse a cabo en el sitio para realizar los ajustes que sean necesarios, consulte con el soporte técnico de Sika en tanto sea necesario.

<b>Diseño de la Mezcla de Concreto</b>	Cuando se usa SikaFume®, se debe tener en cuenta un diseño de mezcla adecuado y se deben probar y acondicionar su desempeño con los materiales locales.
<b>Condiciones de Curado</b>	Sugerimos, como en todos los concretos, seguir las instrucciones dadas en el ACI 308 para un correcto curado del concreto.
<b>Compatibilidad</b>	Compatible con todos los productos Sika.

## INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

<b>Dosificación Recomendada</b>	5 - 10% en peso de cemento.
---------------------------------	-----------------------------

## NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

## ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

## INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

### MEZCLADO

Se dosifica y adiciona en la planta de concreto en forma similar al cemento u otros materiales cementicios. Puede dosificarse en una mezcladora central o mixer. Seguir el procedimiento indicado en la norma ASTM C94 o NTP 339.114, Especificación estándar para concreto premezclado.

### RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

## NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web [www.sika.com.pe](http://www.sika.com.pe). La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú  
Habilitación Industrial  
El Lúcumo Mt. "B" Lote 6  
Lurín, Lima  
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto  
SikaFume®  
Marzo 2022, Versión 01.03  
021403031000000019

SikaFume-es-PE-(03-2022)-1-3.pdf





## Anexo M.2: Fichas técnica del aditivo Superplastificante



### R-2027

REDUCTOR DE AGUA DE ALTO RANGO PARA CONCRETOS ESPECIALES

Fecha de Emisión: May 31, 23  
Revisión: 0  
Fecha de Revisión: Set 07, 23  
Página : 1 de 1

Industrias Ulmen S.A. Aditivos Nanotecnológicos

#### DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El R-2027 es un nanoaditivo en estado líquido de alta actividad por las nano materias de última generación que lo componen.

Pertenece a la línea Gaia Nanosilice, donde las reacciones químicas en la mezcla permiten que las nanopartículas de sílice se convierten en nanopartículas de cemento.

Según las normas ASTM C494 y NTP 334.088, cumple con la clasificación TIPO F – Aditivo Reductor de Agua de Alto Rango.

#### CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS

- Permite reducir el agua de diseño en 15% a 48%, según dosis de uso.
- Debido a su composición en base a solución de nanosilice, incrementa las resistencias mecánicas y durabilidad del concreto.
- Brinda una pérdida lenta de la consistencia sin retardar el proceso de fraguado, pues genera elevadas resistencias iniciales.
- Permite obtener una mezcla con elevada consistencia sin alterar o disminuyendo la relación A/C.
- Está libre de cloruros, por ello no promoverá la corrosión.
- Modifica la reología de la mezcla, brindando una alta fluidez y adecuada trabajabilidad para construcciones modulares.
- Modifica la viscosidad, incrementando la resistencia a la segregación en concreto altamente fluidos.

#### CAMPOS DE APLICACIÓN

El R-2027 es ideal para concretos con baja relación agua – cementante. Se puede aplicar en concretos de altas exigencias, ya que brinda una mantención prologada, altas resistencias iniciales y mejora la durabilidad ante agentes químicos nocivos. Por las propiedades reológicas que brinda al concreto se puede aplicar en concretos autonivelantes y rheoplásticos en general. Debido a su robustez nos permite trabajar con cualquier tipo de cemento.

#### DOSIFICACIÓN

El R-2027 puede ser utilizado en dosis desde 0.3% a 2% con respecto al peso del cemento. Se recomienda realizar pruebas previas para validar la dosis óptima. El producto debe de ser diluido en el agua efectiva y adicionado a la mezcla durante el proceso de mezclado.

Estas recomendaciones pueden sufrir variaciones debido a materiales de mala calidad, condiciones de obra y/o incorrecta metodología de uso, por ello se recomienda contactar a nuestros asesores técnicos ULMEN.

#### PROPIEDADES FÍSICAS

Apariencia	Líquida
Color	Café
Densidad	1,11 ± 0,02 g/mL

#### PRESENTACIÓN

Se suministra en:

- IBC de 1200 Kg
- Cilindro de 220 Kg
- Garrafas de 60 Kg
- Baldes de 20 Kg

#### DURACIÓN Y ALMACENAMIENTO

6 meses almacenado en un lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO9001.

#### INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Para información y consejo sobre seguridad en la manipulación y disposición de productos químicos, los usuarios deben referirse a la Hoja de Datos de Seguridad vigente, la cual contiene datos físicos, ecológicos toxicológicos y otros datos relativos a la seguridad.

Cooperativa las Vertientes, Calle 4, Mz C-1 Sub Lt 2-F Villa El Salvador – Lima

Teléfonos (01) 719-4126 / 719-4127

[www.cognoscibletechnologies.com](http://www.cognoscibletechnologies.com)

[www.ulmen.cl](http://www.ulmen.cl)

[atencionalcliente@ulmen.cl](mailto:atencionalcliente@ulmen.cl)

### Anexo M.3: Fichas técnica del Cemento tipo HS

### DESCRIPCIÓN

**EL CEMENTO ANTI-SALITRE DE ULTRA IMPERMEABILIDAD YURA HS** cuenta con diversas propiedades para su utilización en todo tipo de construcciones de concreto, expuestas a zonas húmedas, brisa marina, suelos saliferosos, alta presencia de sulfatos, cloruros y otras sustancias químicas.

Resistencia al salitre	Protege al concreto del ataque de sulfatos salitre, cloruros y agua de mar,
Impermeabilidad	La adición de puzolana y su elevado grado de finura disminuyen la porosidad capilar, logrando una mayor impermeabilidad, protegiendo el acero que se encuentra en el interior de la construcción.

### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

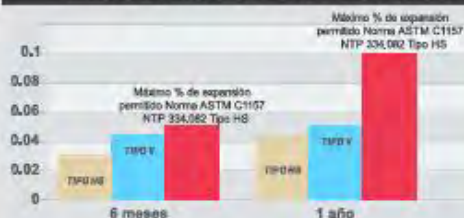
REQUISITOS FÍSICOS	Requisitos Norma Técnica NTP 334 082 ASTM C 1157	CEMENTO ANTISALITRE YURA TPO HS
Peso específico (gr/cm³)	-	2.70 a 2.80
Superficie específica Blaine (cm²/gr)	-	4800 a 5200
Expansión en autoclave (%)	0.80 Máximo	-0.07 a -0.02
Fraguado Vicat inicial (minutos)	45 a 420	190 a 270
Contenido aire Mortero (%)	12 Máximo	3.0 a 8.0

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	NTP Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	CEMENTO ANTI-SALITRE Kg/cm <sup>2</sup>	MPa	RESISTENCIA A LOS SULFATOS	NTP % de Expansión	CEMENTO ANTI-SALITRE % de Expansión
3 días	112	11	165 a 195	16.2 a 19.1	6 meses	0.05 máximo	< 0.035
7 días	184	18	210 a 230	20.6 a 22.5	1 año	0.10 máximo	< 0.045
28 días	255	25	280 a 320	27.4 a 31.4			

El cemento Yura ANTI SALITRE, TIPO HS, supera AMPLIAMENTE las resistencias al ataque de sulfatos del cemento tipo V y las indicaciones en la norma NTP 334.009 (ASTM C150) por lo que reemplaza a tipo V, donde está especificado técnicamente.

### EQUIVALENCIA O CARACTERÍSTICAS SIMILARES A OTROS TIPOS DE CEMENTOS

### COMPARACIÓN RESISTENCIAS A LOS SULFATOS CEMENTO ANTISALITRE TIPO HS VS CEMENTO TIPO V



- CEMENTO  
ANTI-SALITRE  
TIPO HS
- CEMENTO  
YURATIPO V

**MÁXIMO % DE EXPANSIÓN EN LA NORMA ASTM C1157 NTP 334.082**

\*El cemento SALITRE, Tipo HS, tiene mayor resistencia al ataque de sulfatos, en comparación al cemento Tipo V, debido a su menor porcentaje de expansión.



**PROPIEDADES**

EL CEMENTO YURA ANTI-SALITRE TIPO HS, por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades:

- Alta resistencia al ataque de sulfatos.
- Aumento de impermeabilidad.
- Resistencia a los cloruros.
- Menor calor de hidratación.
- Inhibe la reacción nociva álcali - agregado.

**BENEFICIOS AMBIENTALES**

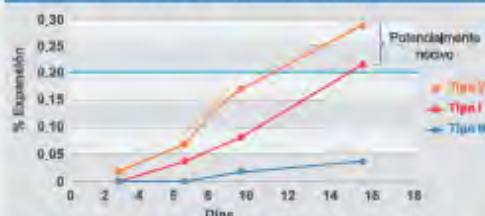
- Menor emisión de gases de efecto invernadero durante su fabricación.

**INHIBE LA REACCIÓN NOCIVA ÁLCALI - AGREGADO**

La puzolana de Yura remueve los álcalis de la pasta de cemento antes que estos puedan reaccionar con los agregados evitando así la fisuración del concreto debido a la reacción expansiva álcali - agregado, ante la presencia de agregados álcali reactivos. El ensayo de expansión de mortero es un requisito opcional de los cementos portland puzolánicos y se solicita cuando el cemento es utilizado con agregados álcali reactivos. EL CEMENTO YURA ANTI-SALITRE TIPO HS, cumple con este requisito opcional demostrado en ensayos de laboratorio. Así se demuestra la efectividad de su puzolana en controlar la expansión causada por la reacción entre los agregados reactivos y los álcalis del cemento.

**ENSAYO DE COMPROBACIÓN DEL CEMENTO YURA ANTI-SALITRE TIPO HS QUE INHIBE LA REACCIÓN ÁLCALI-AGREGADO**

Comparación de potencial de reactividad alcalina de los cementos tipos I, V y HS según método de la norma ASTM C1260-07

**EXPANSIÓN PROVOCADA POR LA REACCIÓN ÁLCALI - AGREGADO**

EL CEMENTO YURA ANTI-SALITRE TIPO HS inhibe esta reacción protegiendo al concreto contra este tipo de ataque.

Expansión Nociva de la pasta de mortero			
Días	Cemento tipo I	Cemento tipo V	Cemento tipo HS
3 días	0	0.01	0
7 días	0.03	0.07	0
10 días	0.08	0.16	0.01
16 días	0.21*	0.28*	0.02**

\*Los cementos tipo I y V presentan un porcentaje de expansión mayor de 0.20 a los 16 días lo cual se les considera potencialmente dañino.

\*\*Bajo riesgo de expansión en condiciones de campo.

**RECOMENDACIONES DE USO**

- Curado adecuado con abundante agua.
- Mantener humedada la superficie para lograr la mayor resistencia y evitar fisuramiento por excesivo secado.
- Tomar precauciones para el adecuado curado en vaciados cuando se presentan bajas temperaturas.
- Asesorarse siempre con un profesional de la construcción/ingeniero civil.

**RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD**

- El contacto con este producto provoca irritación cutánea e irritación ocular grave, evite el contacto directo en piel y mucosas.
- En caso de contacto con los ojos, lavar con abundante agua limpia.
- En caso de contacto con la piel, lavar con agua y jabón.
- Para su manipulación es obligatorio el uso de los siguientes elementos de protección:



Botas impermeables



Protección Respiratoria



Guantes impermeables



Protección Ocular

**ALMACENAMIENTO**

Para mantener el cemento en óptimas condiciones, se recomienda:

- Almacenar en un ambiente seco, bajo techo, separado del suelo y de las paredes.
- Protegerlos contra la humedad o corriente de aire húmedo.
- En caso de almacenamiento prolongado, cubrir el cemento con polietileno.
- No apilar más de 10 bolsas o en 2 pallet de altura.

**PRESENTACIONES DISPONIBLES**

<b>Bolsas 42.5 Kg</b>	Ideal para proyectos medianos y pequeños, o con accesos complicados y pocas áreas de almacenamiento.
<b>Big Bag 1,0 TM</b>	Para proyectos de constructoras que tienen planta de concreto. Facilita la manipulación de grandes volúmenes.
<b>Big Bag 1,5 TM</b>	Para proyectos mineros y de gran construcción, requiere la utilización de equipos de carga.
<b>Granel</b>	Abastecido en bombonas para descargar en silos contenedores.

**NORMAS TÉCNICAS**

EL CEMENTO YURA ANTI-SALITRE, cumple con la norma internacional ASTM C1157 y la Norma Peruana NTP 334.082.

**DURACIÓN**

Almacenar y consumir de acuerdo a la fecha de producción utilizando el más antiguo. Se recomienda que el cemento sea utilizado antes de 90 días de la fecha de envasado indicada en la bolsa, luego de esa fecha, verifique la calidad del mismo.

## Anexo N: Certificado de laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la facultad de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES  
Av. de la cultura Nro. 733 – Escuela Profesional de Ingeniería Civil



### CERTIFICADO DE USO DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES PARA TESIS DE INVESTIGACIÓN

EL QUE SUSCRIBE JEFE DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.

#### HACE CONSTAR:

Que los testistas; conducentes a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil; Bach. JHONATAN RAMOS VALDERRAMA y Bach. JOSE GUILLERMO UMIYAUURI CHILE, hizo uso del laboratorio para ejecución de la tesis de investigación: "INFLUENCIA DE LA MICROSÍLICE Y ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE EN LA PERMEABILIDAD Y CONSISTENCIA DE CONCRETOS PARA ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS, CUSCO - 2024"

Los ensayos que realizaron son los siguientes:

Nro	ENSAYO	NORMA	CANT
01	Muestreo para materiales de construcción	MTC E 201	02
02	Cantidad de Material Fino que pasa por el tamiz (Nº 200)	MTC E 202	02
03	Ensayo de Peso Unitario y Vacíos de los agregados	MTC E 203	08
04	Análisis Granulométrico de agregado Grueso y Fino	MTC E 204	02
05	Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino	MTC E 205	03
06	Ensayo de Gravedad Específica y Absorción de Agregados Grueso	MTC E 206	03
07	Abrasión los Angeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaños menores de 37.5 mm	MTC E 207	01
08	Método de ensayo para Contenido de Humedad total de los Agregados por secado	MTC E 215	06
09	Toma de Muestras de Concreto Fresco	MTC E 701	178
10	Hormigón Autocompactante - Caracterización de la Fluidez. Ensayo de escurrimiento	UNE 88361	48
11	Hormigón Autocompactante - Caracterización de la Fluidez en presencia de barras. Método de la caja en L	UNE 88363	48
12	Hormigón Autocompactante - Determinación de Tiempo de Flujo. Ensayo de embudo en V	UNE 88364	48
13	Método de ensayo para determinar la Resistencia del concreto en estado Fresco al lavado en agua	CRD - C61	42
14	Elaboración y curado en Laboratorio de Muestras de Concreto	MTC E 702	202
15	Refregado de Testigos de Concreto	MTC E 703	176
16	Resistencia a la Compresión de testigos Cilíndricos	MTC E 704	176
17	Ensayo para determinar el Asentamiento del Concreto (SLUMP)	MTC E 705	08
18	Resistencia a la Flexión del Concreto. Método de la viga simple cargada en los tercios de la luz	MTC E 709	26
19	Elaboración y curado Muestras de concreto en obra	MTC E 723	176
20	Ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto	MTC E 724	12
21	Método de ensayo para determinar la permeabilidad del concreto	MTC 4483	42

Se le expide la presente constancia a solicitud escrita por los interesados; con fines académicos para la tesis de investigación.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO  
Facultad de Ingeniería Civil  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

*[Firma]*  
Ing. Luz Marlene Nieto Palomino  
Jefe de Laboratorio



Cusco, 07 de julio del 2025



## Anexo Ñ: Panel fotográfico

### Anexo Ñ.1: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia de la resistencia

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

*Anexo Ñ.1-1: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 6% de microsilice y 0.7% de superplastificante.*



**Figura. N°25.**Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°26.**Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.





**Figura. N°27.** Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 305g, Final: 2 055g).

**Anexo Ñ.1-2: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 6% de microsilice y 0.8% de superplastificante.**



**Figura. N°28.** Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°29.** Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°30.** Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 150g, Final: 1 885g).



**Anexo Ñ.1-3: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 7% de microsilice y 0.7% de superplastificante.**



**Figura. N°31.**Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°32.**Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°33.**Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 315g, Final: 2 155g).



**Anexo Ñ.1-4: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 7% de microsilice y 0.8% de superplastificante.**



**Figura. N°34.**Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°35.**Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°36.**Resistencia a la perdida de finos (Inicial: 2 495g, Final: 2 245g).

**Anexo Ñ.1-5: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 8% de microsilíce y 0.7% de superplastificante.**



**Figura. N°37.** Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°38.** Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°39.** Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 165g, Final: 2 015g).



**Anexo Ñ.1-6: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 8% de microsilíce y 0.8% de superplastificante.**



**Figura. N°40.**Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad



**Figura. N°41.**Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°42.**Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 280g, Final: 2 110g).

**Anexo Ñ.2: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia de la resistencia**  
 $f'c=350\text{kg/cm}^2$ .

*Anexo Ñ.2-1: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 6% de microsilice y 0.6% de superplastificante.*



**Figura. N°43.** Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°44.** Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas



**Figura. N°45.** Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 425g, Final: 2 285g).



**Anexo Ñ.2-2: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 6% de microsilice y 0.7% de superplastificante.**



**Figura. N°46.**Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°47.**Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°48.**Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 125g, Final: 1 995g).



**Anexo Ñ.2-3: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 7% de microsilice y 0.6% de superplastificante.**



**Figura. N°49.** Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°50.** Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°51.** Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 875g, Final: 2 735g).



**Anexo Ñ.2-4: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 7% de microsilice y 0.7% de superplastificante.**



**Figura. N°52.** Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°53.** Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°54.** Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 100g, Final: 1 970g).



**Anexo Ñ.2-5: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 8% de microsilice y 0.6% de superplastificante.**



**Figura. N°55.** Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°56.** Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.



**Figura. N°57.** Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 070g, Final: 1 980g).



**Anexo Ñ.2-6: Panel fotográfico de los ensayos de consistencia con 8% de microsílíce y 0.7% de superplastificante.**



**Figura. N°58.** Ensayos de consistencia: Capacidad de paso, capacidad de llenado y viscosidad.



**Figura. N°59.** Vaciado bajo agua de briquetas y viguetas.

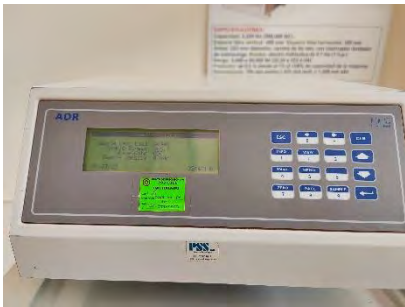









**Figura. N°60.** Resistencia a la pérdida de finos (Inicial: 2 145g, Final: 2 015g).

**Anexo Ñ.3: Panel fotográfico de los ensayos de la resistencia a compresión de**  
 **$f'c=280\text{kg/cm}^2$ .**







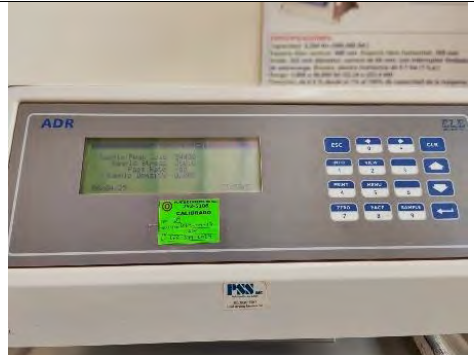

**Tabla N°156**

*Rotura de código de identificación: R-280-6.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p><b>Muestra:</b>  <b>01</b>  Carga de rotura  <b>(Kg): 46940</b>  Tipo de Falla:  <b>VI</b></p>
		<p><b>Muestra:</b>  <b>02</b>  Carga de rotura  <b>(Kg): 45580</b>  Tipo de Falla:  <b>Ib</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p><b>Muestra:</b>  <b>01</b>  Carga de rotura  <b>(Kg): 51100</b>  Tipo de Falla:  <b>III</b></p>
		<p><b>Muestra:</b>  <b>02</b>  Carga de rotura  <b>(Kg): 50560</b>  Tipo de Falla:  <b>III</b></p>










## Resistencia a la compresión a los 28 días

		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>56780</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>58070</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>55730</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>54430</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>









**Tabla N°157**

*Rotura de código de identificación: R-280-6.0-0.8-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>35790</b> Tipo de Falla: <b>IIa</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>46770</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>44210</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>52980</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>






## Resistencia a la compresión a los 28 días



		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>54330</b> Tipo de Falla: <b>IIa</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>51470</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>56040</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>54030</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>











**Tabla N°158**

*Rotura de código de identificación: R-280-7.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>43620</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>40960</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>

Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>48380</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>45770</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>









## Resistencia a la compresión a los 28 días

		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>52920</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>50180</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>54760</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>53740</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>



**Tabla N°159**

*Rotura de código de identificación: R-280-7.0-0.8-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>32920</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>34720</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>51380</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>48470</b> Tipo de Falla: <b>IIb</b></p>

## Resistencia a la compresión a los 28 días

		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>58420</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>59440</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>53720</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>56620</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>







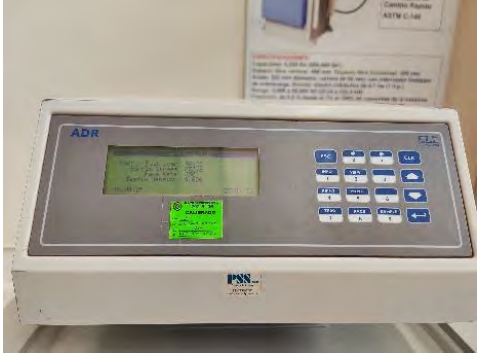



**Tabla N°160**

*Rotura de código de identificación: R-280-8.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>43210</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>39340</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>45450</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>Iib</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>48430</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>Ila</b></p>





## Resistencia a la compresión a los 28 días





 <p>A digital scale with a green display showing '60090'. The scale is white with a black keypad and a small screen. A green label is attached to the front.</p>	 <p>A concrete cylinder specimen is being tested in a compression machine. The specimen is white and shows signs of cracking. A label is attached to the base of the specimen.</p>	<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>60090</b> Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
 <p>A digital scale with a green display showing '59650'. The scale is white with a black keypad and a small screen. A green label is attached to the front.</p>	 <p>A concrete cylinder specimen is being tested in a compression machine. The specimen is white and shows signs of cracking. A label is attached to the base of the specimen.</p>	<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>59650</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
 <p>A digital scale with a green display showing '61070'. The scale is white with a black keypad and a small screen. A green label is attached to the front.</p>	 <p>A concrete cylinder specimen is being tested in a compression machine. The specimen is white and shows signs of cracking. A label is attached to the base of the specimen.</p>	<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>61070</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
 <p>A digital scale with a green display showing '60680'. The scale is white with a black keypad and a small screen. A green label is attached to the front.</p>	 <p>A concrete cylinder specimen is being tested in a compression machine. The specimen is white and shows signs of cracking. A label is attached to the base of the specimen.</p>	<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>60680</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>



**Tabla N°161**









*Rotura de código de identificación: R-280-8.0-0.8-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>39540</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>40330</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>

Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>44600</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IIb</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>41310</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IIb</b></p>




## Resistencia a la compresión a los 28 días

		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>51830</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>55910</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>55330</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>53410</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>









**Anexo Ñ.4: Panel fotográfico de los ensayos de la resistencia a compresión de**  
 **$f'c=350\text{kg/cm}^2$ .**

**Tabla N°162**

*Rotura de código de identificación: R-350-6.0-0.6-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra:  <b>01</b>  Carga de rotura  <b>(Kg): 46000</b>  Tipo de Falla:  <b>III</b></p>
		<p>Muestra:  <b>02</b>  Carga de rotura  <b>(Kg): 42420</b>  Tipo de Falla:  <b>Ib</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra:  <b>01</b>  Carga de rotura  <b>(Kg): 49860</b>  Tipo de Falla:  <b>Ia</b></p>
		<p>Muestra:  <b>02</b>  Carga de rotura  <b>(Kg): 46460</b>  Tipo de Falla:  <b>IIa</b></p>









## Resistencia a la compresión a los 28 días









		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>56060</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>61300</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>58490</b> Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>57490</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>



**Tabla N°163**

*Rotura de código de identificación: R-350-6.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>42590</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>Ib</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>46450</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>55170</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>54770</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>









Resistencia a la compresión a los 28 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>64970</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>Ib</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>63380</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>67360</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>Vb</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>65240</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>



**Tabla N°164**

*Rotura de código de identificación: R-350-7.0-0.6-VA a los 7, 14 y 28 días*



Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>52120</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>50840</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>59350</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>57790</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IV</b></p>

Resistencia a la compresión a los 28 días		
		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>64330</b> Tipo de Falla: <b>Iib</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>62080</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>61230</b> Tipo de Falla: <b>Iia</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>64130</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>











**Tabla N°165**

*Rotura de código de identificación: R-350-7.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>56090</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>54330</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>56540</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>61080</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>Vb</b></p>

## Resistencia a la compresión a los 28 días

		<p><b>Muestra:</b> <b>01</b></p> <p><b>Carga de rotura (Kg):</b> <b>64680</b></p> <p><b>Tipo de Falla:</b> <b>VI</b></p>
		<p><b>Muestra:</b> <b>02</b></p> <p><b>Carga de rotura (Kg):</b> <b>60300</b></p> <p><b>Tipo de Falla:</b> <b>IIa</b></p>
		<p><b>Muestra:</b> <b>03</b></p> <p><b>Carga de rotura (Kg):</b> <b>63720</b></p> <p><b>Tipo de Falla:</b> <b>III</b></p>
		<p><b>Muestra:</b> <b>04</b></p> <p><b>Carga de rotura (Kg):</b> <b>61280</b></p> <p><b>Tipo de Falla:</b> <b>III</b></p>





**Tabla N°166**

*Rotura de código de identificación: R-350-8.0-0.6-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>59270</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>55040</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>62960</b> Tipo de Falla: <b>IV</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>58490</b> Tipo de Falla: <b>Vb</b></p>








## Resistencia a la compresión a los 28 días

		<p>Muestra: <b>01</b> Carga de rotura (Kg): <b>65180</b> Tipo de Falla: <b>Vb</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b> Carga de rotura (Kg): <b>65510</b> Tipo de Falla: <b>VI</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b> Carga de rotura (Kg): <b>63440</b> Tipo de Falla: <b>I Ib</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b> Carga de rotura (Kg): <b>65270</b> Tipo de Falla: <b>III</b></p>











**Tabla N°167**

*Rotura de código de identificación: R-350-8.0-0.7-VA a los 7, 14 y 28 días*

Resistencia a la compresión a los 7 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>53410</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>51180</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
Resistencia a la compresión a los 14 días		
		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>59020</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>59230</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>

## Resistencia a la compresión a los 28 días

		<p>Muestra: <b>01</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>72390</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>02</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>68670</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>03</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>66400</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>
		<p>Muestra: <b>04</b></p> <p>Carga de rotura (Kg): <b>69320</b></p> <p>Tipo de Falla: <b>III</b></p>



**Anexo Ñ.5: Panel fotográfico de los ensayos de permeabilidad de  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .**



**Figura. N°61.** Presión del agua a 0.5 MPa al diseño de mezclas de  $f'c$  280  $\text{kg/cm}^2$ .



**Figura. N°62.** Muestras rotas producto de la penetración del agua  $f'c$  280  $\text{kg/cm}^2$ .



**Anexo Ñ.6: Panel fotográfico de los ensayos de permeabilidad de  $f'c=350\text{kg/cm}^2$ .**

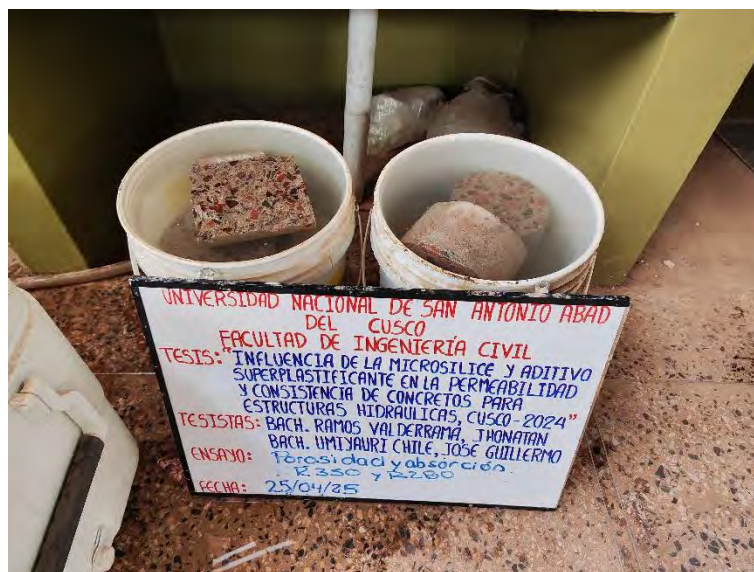


**Figura. N°63.** Presión del agua a 0.5 MPa al diseño de mezclas de  $f'c$  350  $\text{kg/cm}^2$ .



**Figura. N°64.** Muestras rotas producto de la penetración del agua  $f'c$  350  $\text{kg/cm}^2$ .

**Anexo Ñ.7: Panel fotográfico de los ensayos de densidad, absorcion y vacios en el concreto endurecido.**



**Figura. N°65.** Muestra en inmersión para porosidad y absorción.



**Figura. N°66.** Muestra en inmersión para porosidad del concreto.





**Figura. N°67.** Muestra en inmersión para peso sumergido del concreto.

### **Anexo Ñ.8: Panel fotográfico de la aplicación en campo**



**Figura. N°68.** Inicio de la excavación de la zanja.



**Figura. N°69.** Dosificación por volumen de componentes de la mezcla con posterior muestreo de mezcla de concreto.



**Figura. N°70.** Vertido de la mezcla mediante el sistema del tubo Tremie.





**Figura. N°71.** Inmersión directa de concreto bajo agua.