



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DEL PORCENTAJE, TIPO Y DOSIFICACIÓN DE MICROSÍLICE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y CAPILARIDAD EN MORTEROS ELABORADOS CON CEMENTO TIPO V, TRUJILLO 2017.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera civil

Autor:

Bach. Jimena Virginia Mendoza Jicaro

Asesor:

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por la Bachiller **Jimena Virginia Mendoza Jicaro**, denominada:

“INFLUENCIA DEL PORCENTAJE, TIPO Y DOSIFICACIÓN DE MICROSÍLICE EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y CAPILARIDAD EN MORTEROS ELABORADOS CON CEMENTO TIPO V, TRUJILLO 2017.”

Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro
R. CIP 123509
ASESOR

MBA. Ing. Josualdo Villar Quiroz
JURADO CIP 106997
PRESIDENTE

Ing. Alberto Vásquez Díaz
JURADO CIP 166228

Ing. Carlos Fernández Fernández
JURADO CIP 66291

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de investigación a mis padres, siempre serán los pilares primordiales de mi vida, siendo ejemplo de superación y dedicación ya que ellos siempre estuvieron ahí apoyándome en todos los proyectos de mi vida, gracias Lady Jesús Jicaro Peña y Francisco Martín Mendoza Saldarriaga, esta tesis es para ustedes, una muestra inigualable de su esfuerzo realizado con éxito.

A mis hermanos, que siempre han sido excelentes profesionales, ellos me demostraron que todo se puede realizar si haces lo que más amas, Andrea Mendoza Jicaro, siempre has sacado mi aptitud musical y sin ti, no hubiera descubierto que aptitudes tenía para la ingeniería, Alvaro Mendoza Jicaro, eres claro ejemplo de superación, ya que a pesar de todas las adversidades que te puso la vida, eres un gran profesional y estoy muy orgulloso de ti.

A la pequeña Gianna, que con tu llegada me diste un motivo más para seguir superándome como profesional, tanto a ti como a mí, te espera un futuro brillante lleno de muchos éxitos, siempre teniendo en cuenta la importancia de la educación en la vida y los valores infundados de nuestros respectivos padres.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, les agradezco de corazón en haberme apoyando a seguir mis proyectos personales, sin duda jamás les fallaré en la vida, y por ustedes seré una excelente profesional.

A Viktor R. te agradezco infinitamente por estar ahí para mí, siempre cuento con tu amor y apoyo, eres una excelente persona y un gran profesional.

A mi hermana, contigo pude comprender los pequeños baches que se nos presentan en la universidad y como superarlo de manera victoriosa, a pesar de nuestros altos y bajos, seguimos compartiendo el mismo amor por la música.

Al Ing. Iván Vásquez, gracias por su apoyo y motivación que me permitió culminar esta investigación, por su vocación de enseñanza y por siempre abrirle las puertas a los jóvenes que desean crecer profesionalmente; también agradezco infinitamente al equipo del laboratorio de materiales de la UNT.

Al Ing. Wiston Azañedo, director de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, por apoyar a los jóvenes que comienzan su carrera profesional, gracias por la guía en estos 5 años de aprendizaje y la enseñanza dada.

A los Ingenieros Josualdo Villar, Alberto Vásquez y Carlos Fernández; por haberme apoyado en el camino final de mi tesis de investigación, y haber sido guías en mi vida profesional y universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------------|
| APROBACIÓN DE LA TESIS..... | ii |
| DEDICATORIA..... | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | v |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | vii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT | xi |
| CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1.Realidad problemática..... | 11 |
| 1.2.Formulación del problema..... | 15 |
| 1.3.Justificación | 15 |
| 1.4.Limitaciones..... | 17 |
| 1.5.Objetivos..... | 18 |
| 1.5.1.Objetivo general..... | 18 |
| 1.5.2.Objetivos específicos..... | 18 |
| CAPÍTULO 2.MARCO TEÓRICO | 18 |
| 2.1.Antecedentes | 18 |
| 2.2.Bases teóricas | 21 |
| 2.2.1.Mortero | 21 |
| 2.2.2.Microsílice..... | 28 |
| 2.2.3.Shotcrete vía húmeda | 29 |
| 2.2.4.Ensayos para el mortero | 30 |
| 2.2.5.Forma de medición y cálculo de la resistencia de compresión..... | 32 |
| 2.2.6.Ensayo de capilaridad ASTM C1585 | 33 |
| 2.3.Hipótesis | 34 |
| 2.3.1.Planteamiento de la hipótesis..... | 34 |
| CAPÍTULO 3.METODOLOGÍA..... | 36 |
| 3.1.Operacionalización de variables | 36 |
| 3.1.1.Variable independiente | 36 |
| 3.1.2.Variables dependientes | 36 |
| 3.2.Diseño de investigación | 36 |
| 3.3.Unidad de estudio | 37 |
| 3.4.Población..... | 37 |
| 3.5.Muestra (muestreo o selección) | 37 |
| 3.6.Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos..... | 39 |
| 3.6.1.Técnicas de recolección de datos | 39 |

| | |
|--|------------|
| 3.6.2.Instrumentos de recolección de datos..... | 39 |
| 3.6.3.Proceso experimental..... | 40 |
| 3.6.2.2.1.Análisis granulométrico del agregado fino según NTP 400.012 | 41 |
| 3.6.2.2.2.Peso específico según NTP 400.022 | 43 |
| 3.6.2.2.3.Peso unitario agregados según NTP 400.017 | 44 |
| 3.6.2.2.4.Humedad total evaporable de agregados por secado según NTP 339.185 | 46 |
| 3.6.3.Tipos de microsíllice..... | 47 |
| 3.6.4.Dosificación | 47 |
| 3.6.5.Conformación de probetas cúbicas y curadas | 48 |
| 3.6.6.Resistencia a la compresión ASTM C109..... | 48 |
| 3.6.7.Capilaridad ASMT C39..... | 49 |
| 3.7.Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos..... | 50 |
| 3.7.1.Método de análisis de datos..... | 50 |
| 4.RESULTADOS..... | 55 |
| 4.1.Caracterización de la materia prima | 55 |
| 5.DISCUSIÓN..... | 79 |
| CONCLUSIONES..... | 103 |
| RECOMENDACIONES | 105 |
| REFERENCIAS..... | 106 |
| APÉNDICE | 109 |
| ANEXOS | 137 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla N.º1: Comparativa de normas de resistencia a la compresión de diferentes países. | 11 |
| Tabla N.º2: Comparativa de normas de capilaridad de diferentes países..... | 12 |
| Tabla N.º3: Especificación de los morteros por propiedad (ASTM C270, 2010)..... | 22 |
| Tabla N.º4: Guía de morteros de mampostería (ASTM C270, 2010)..... | 23 |
| Tabla N.º5: Componentes del cemento portland (Flavio Abanto, 2013). | 24 |
| Tabla N.º6 : Valor máximo admisible en el concreto (Flavio Abanto Castillo, 2013)..... | 26 |
| Tabla N.º7: Propiedades químicas de la microsíllice (SIKA, 2014). | 29 |
| Tabla N.º8: Matriz de hipótesis general. | 35 |
| Tabla N.º9: Matriz de hipótesis específica 1. | 35 |
| Tabla N.º10: Matriz de hipótesis específica 2. | 35 |
| Tabla N.º11: Operacionalización de la variable independiente. | 36 |
| Tabla N.º12: Operacionalización de las variables dependientes..... | 36 |
| Tabla N.º13: Niveles de variables. | 37 |
| Tabla N.º14: Matriz de diseño. | 39 |
| Tabla N.º15: Análisis granulométrico. | 42 |
| Tabla N.º16: Peso específico. | 44 |
| Tabla N.º17: Peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco. | 46 |
| Tabla N.º18: Contenido de humedad. | 47 |
| Tabla N.º19: Mezclas de mortero al 0% - 10% de microsíllice. | 48 |
| Tabla N.º20: Arena gruesa – muestra 02..... | 55 |
| Tabla N.º21: Resultados del ensayo de contenido de humedad de las muestras 01, 02, 03. | 56 |
| Tabla N.º22: Resultados obtenidos del peso específico..... | 56 |
| Tabla N.º23: Resultados peso unitario suelto seco. | 56 |
| Tabla N.º24: Resistencias de morteros de cemento : arena. | 57 |
| Tabla N.º25: Absorvancia promedio patrón de morteros cemento : arena..... | 57 |
| Tabla N.º26: Absorvencia Qsi y Sika relación 1 : 3 / porcentaje de microsíllice. | 58 |
| Tabla N.º27: Absorvencia Qsi y Sika relación 1:4 / porcentaje de microsíllice. | 59 |
| Tabla N.º28: Análisis de datos Qsi relación 1:3 y 1:4 a 7 días de curado. | 60 |
| Tabla N.º29: Análisis de datos Sika relación 1:3 y 1:4 a 7 días de curado. | 60 |
| Tabla N.º30: Análisis de datos Qsi relación 1:3 y 1:4 a 28 días de curado. | 61 |
| Tabla N.º31: Análisis de datos Sika relación 1:3 y 1:4 a 28 días de curado. | 61 |
| Tabla N.º32: Análisis de datos Qsi relación 1:3 y 1:4 a 56 días de curado. | 62 |
| Tabla N.º33: Análisis de datos Sika relación 1:3 y 1:4 a 56 de curado. | 62 |
| Tabla N.º34: Pruebas de normalidad. | 63 |
| Tabla N.º35: Análisis descriptivos. | 63 |
| Tabla N.º36: Prueba de homogeneidad de varianzas. | 63 |
| Tabla N.º37: ANOVA..... | 64 |
| Tabla N.º38: Test de Duncan. | 64 |
| Tabla N.º39: Prueba de normalidad. | 64 |
| Tabla N.º40: Análisis descriptivos. | 65 |
| Tabla N.º41: Prueba de homogeneidad de varianzas. | 65 |
| Tabla N.º42: Pruebas robustas de igualdad de medias..... | 65 |
| Tabla N.º43: Comparaciones múltiples. | 65 |
| Tabla N.º44: Pruebas de normalidad. | 66 |
| Tabla N.º45: Análisis descriptivos. | 66 |
| Tabla N.º46: Prueba de homogeneidad de varianzas. | 66 |
| Tabla N.º47: Pruebas robustas de igualdad de medias..... | 66 |
| Tabla N.º48: Comparaciones múltiples. | 67 |
| Tabla N.º49: Pruebas de normalidad. | 67 |
| Tabla N.º50: Comparaciones múltiples. | 67 |
| Tabla N.º51: Prueba de homogeneidad de varianzas. | 68 |
| Tabla N.º52: ANOVA..... | 68 |
| Tabla N.º53: Test de Duncan. | 68 |
| Tabla N.º54: Pruebas de normalidad. | 69 |
| Tabla N.º55: Análisis descriptivos. | 69 |
| Tabla N.º56: Prueba de homogeneidad de varianzas. | 70 |
| Tabla N.º57: ANOVA..... | 70 |

| | |
|--|-----|
| Tabla N.°58: Test de Duncan para 24 hrs..... | 70 |
| Tabla N.°59: Test de Duncan para 8 días..... | 71 |
| Tabla N.°60: Pruebas de normalidad..... | 71 |
| Tabla N.°61: Análisis descriptivos..... | 72 |
| Tabla N.°62: Prueba de homogeneidad de varianzas..... | 72 |
| Tabla N.°63: ANOVA..... | 72 |
| Tabla N.°64: Test de Duncan para 24 hrs..... | 73 |
| Tabla N.°65: Test de Duncan para 8 días..... | 73 |
| Tabla N.°66: Prueba de normalidad..... | 74 |
| Tabla N.°67: Análisis descriptivos..... | 74 |
| Tabla N.°68: Prueba de homogeneidad de varianzas..... | 75 |
| Tabla N.°69: ANOVA..... | 75 |
| Tabla N.°70: Test de Duncan para 24 hrs..... | 75 |
| Tabla N.°71: Test de Duncan para 8 días..... | 76 |
| Tabla N.°72: Prueba de normalidad..... | 76 |
| Tabla N.°73: Análisis descriptivos..... | 77 |
| Tabla N.°74: Prueba de homogeneidad de varianzas..... | 77 |
| Tabla N.°75: ANOVA..... | 77 |
| Tabla N.°76: Test de Duncan para 24 hrs..... | 78 |
| Tabla N.°77: Test de Duncan para 8 días..... | 78 |
| Tabla N.°78: Características de la arena gruesa..... | 79 |
| Tabla N.°79: Comparativa de resistencias de tipos de cementos, (Cemento Pacasmayo, 2018)..... | 82 |
| Tabla N.°80: Características físicas del cemento portland tipo V. (Cemento Pacasmayo, 2018)..... | 83 |
| Tabla N.°81: Ventajas de microsílces sika fume y silica fume qs (Sika y QSI, 2017)..... | 84 |
| Tabla N.°82: Datos técnicos de la microsíllice sika fume (Sika, 2017)..... | 86 |
| Tabla N.°83: Uso de accelguard 80 en el concreto. (Química Suiza Industrial del Perú, 2017)..... | 87 |
| Tabla N.°84: Arena Gruesa – Muestra 01..... | 109 |
| Tabla N.°85: Arena Gruesa – Muestra 02..... | 110 |
| Tabla N.°86: Arena Gruesa – Muestra 03..... | 111 |
| Tabla N.°87: Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad de las Muestras 01, 02, 03..... | 112 |
| Tabla N.°88: Resultados Peso Unitario Suelto Seco..... | 112 |
| Tabla N.°89: Resultados Peso Unitario Suelto Compactado..... | 112 |
| Tabla N.°90: Resultados Obtenidos del Peso Específico..... | 113 |
| Tabla N.°91: Análisis de precios unitarios con 0% de adición..... | 113 |
| Tabla N.°92: Análisis de precios unitarios con microsíllice qsi..... | 113 |
| Tabla N.°93: Análisis de precios unitarios con microsíllice sika..... | 114 |
| Tabla N.°94: Resistencias a 7 días – 1 (cemento) : 3 (arena) y 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 115 |
| Tabla N.°95: Resistencias a 7 días–qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 116 |
| Tabla N.°96: Resistencias a 7 días– qsi – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 117 |
| Tabla N.°97: Resistencias a 7 días – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 118 |
| Tabla N.°98: Resistencias a 7 días – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 119 |
| Tabla N.°99: Resistencias a 28 días – qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 120 |
| Tabla N.°100: Resistencias a 28 días – qsi – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 121 |
| Tabla N.°101: Resistencias a 28 días – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 122 |
| Tabla N.°102: Resistencias a 28 días – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 123 |
| Tabla N.°103: Resistencias a 56 días – qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 124 |
| Tabla N.°104: Resistencias a 56 días – qsi – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 125 |
| Tabla N.°105: Resistencias a 56 días – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 126 |
| Tabla N.°106: Resistencias a 56 días – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 127 |
| Tabla N.°107: Capilaridad – relación 1 (cemento) : 3 (arena) y 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 128 |
| Tabla N.°108: Capilaridad – qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 129 |
| Tabla N.°109: Capilaridad – qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 130 |
| Tabla N.°110: Capilaridad – qsi– relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 131 |
| Tabla N.° 111: Capilaridad – qsi – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 132 |
| Tabla N.°112: Capilaridad – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 133 |
| Tabla N.°113: Capilaridad – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena)..... | 134 |
| Tabla N.°114: Capilaridad – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 135 |
| Tabla N.°115: Capilaridad – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena)..... | 136 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura N.º 1: Cemento pacasmayo tipo v (Cementos Pacasmayo)..... | 25 |
| Figura N.º 2: Shotcrete vía húmeda en muros pantalla (UNICON, 2014). | 29 |
| Figura N.º 3: Uso correcto del lanzado del húmeda en túneles (UNICON 2014). | 30 |
| Figura N.º 4: Esquema de colocación de probeta para capilaridad (ASTM C1585)..... | 34 |
| Figura N.º 5: Esquema gráfico de una probeta cúbica de mortero..... | 38 |
| Figura N.º 6: Esquema gráfico del ensayo de capilaridad. | 38 |
| Figura N.º 7: Diagrama de bloques del procedimiento experimental..... | 40 |
| Figura N.º 8: Figura en 3D de una probeta cúbica de 5cmx5cmx5cm. | 49 |
| Figura N.º 9: Absorvencia – tiempo para capilaridad..... | 50 |
| Figura N.º 10: Curva granulométrica – arena gruesa promedio. | 55 |
| Figura N.º 11: Dispersión de partículas de humo de sílice entre los granos de cemento. | 85 |
| Figura N.º 12: Relación agua – cemento sobre resistencia a la compresión. | 87 |
| Figura N.º 13: Resistencia a 7 días de la microsíllice QS (izquierda) y SIKA FUME (derecha). | 89 |
| Figura N.º 14: Resistencia a 7 días de la microsíllice QS relación 1:3 y 1:4. | 90 |
| Figura N.º 15: Resistencia a 7 días de la microsíllice SIKA relación 1:3 y 1:4. | 91 |
| Figura N.º 16: Resistencia a 28 días de la microsíllice QS (izquierda) y SIKA FUME (derecha). ... | 92 |
| Figura N.º 17: Resistencia a 28 días de la microsíllice QS relación 1:3 y 1:4. | 93 |
| Figura N.º 18: Resistencia a 28 días de la microsíllice SIKA relación 1:3 y 1:4. | 94 |
| Figura N.º 19: Resistencia a 56 días de la microsíllice QS (izquierda) y SIKA FUME (derecha). ... | 95 |
| Figura N.º 20: Resistencia a 56 días de la microsíllice QS relación 1:3 y 1:4. | 96 |
| Figura N.º 21: Resistencia a 56 días de la microsíllice SIKA relación 1:3 y 1:4. | 97 |
| Figura N.º 22: Capilaridad de probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm – QS - 1:3..... | 98 |
| Figura N.º 23: Capilaridad de probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm – QS - 1:4..... | 99 |
| Figura N.º 24: Capilaridad de probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm –sika - 1:3..... | 100 |
| Figura N.º 25: Capilaridad de probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm – sika - 1:4..... | 101 |
| Figura N.º 26: Costos de probetas cubicas 1:3, r=0.65. | 102 |
| Figura n.º 27: Curva Granulométrica – Arena Gruesa Muestra 01..... | 109 |
| Figura n.º 28: Curva Granulométrica – Arena Gruesa Muestra 02..... | 110 |
| Figura n.º 29: Curva Granulométrica – Arena Gruesa Muestra 03..... | 111 |
| Figura N.º 30: (a) Envasado del agregado fino; (b) Aditivo accelguard 80; (c) Microsíllice Sika fume; (d) Tamizador, laboratorio UNT..... | 137 |
| Figura N.º 31: (e) Ensayo de humedad, estufa; (f) Ensayo de peso específico; (g) Pesaje de muestra en balanza electrónica; (h) Muestras en fiola con agua, laboratorio UNT..... | 138 |
| Figura N.º 32: (i) Peso unitario, pesaje; (j) Probetas de prueba; (k) Curado de morteros cúbicos; (l) Ensayo de capilaridad, laboratorio UNT. | 139 |
| Figura N.º 33: (m) Ensayo de capilaridad; (n) Ensayo de capilaridad con hoja de control; (o) Ultima probeta desmoldada; (p) Autora de tesis con Ing. asesor, laboratorio UNT..... | 140 |
| Figura N.º 34: (q) Refrendado con azufre caliente; (r) Probetas para compresión; (s) Maquina de resistencia a la compresión; (t) Estructura de probeta cúbica después de la compresión, laboratorio UNT. | 141 |

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad evaluar la influencia de la adición de microsíllice industrial como Sika Fume y Silica Fume QS, sobre la resistencia a la compresión y capilaridad, en morteros elaborados con cemento tipo V, con relación cemento : arena de 1:3 y 1:4, con porcentajes adición respecto al cemento de 0% al 10%, con una relación agua/cemento de 0.65 y 0.70; adicionando a la vez el aditivo acelerante Accelguard 80 de QSI con 1.5% de adición, utilizando arena gruesa de la cantera "Lekersa" de Huanchaco. Desarrollándolo bajo las normas: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) e Instituto Americano del Concreto (ACI), granulometría (ASTM C136 y NTP 400.012), humedad (ASTM 566 y NTP 339.185), peso específico y absorción (ASTM C128 y NTP 400.022), peso unitario seco suelto y compactado (ASTM C29 y NTP 400.017), compresión (ASTM C109) y capilaridad (ASTM C1585).

Se elaboraron probetas de 5cm x 5cm x 5 cm, donde fueron curados en solución de hidróxido de calcio a 7, 28 y 56 días, con un total de 756 probetas cubicas, obteniendo como resultado, que la que mejor resistencia a 28 días en mortero convencional, fue la dosificación c:a de 1:3, con 259 kg/cm², las probetas a 28 días, agregadas con microsíllice Sika Fume tuvieron una mejor resistencia siendo el de 8% el porcentaje más óptimo con 401 kg f/cm² con relación 1:3, aumentando 54.2% de resistencia en base a la resistencia patrón, concluyendo que el mortero adicionado con microsíllice sika fume tiene altas resistencias iniciales con una baja absorvencia que disminuye el fleco capilar en el mortero. Por otro lado, el mortero adicionado con microsíllice silica fume QS, tiene buenos resultados a 28 días con 8% de adición con 385 kgf/cm² de resistencia siendo un mortero de buena calidad, pero de crecimiento inestable, su capilaridad llega a ser de absorvencia media, esto es debido al tamaño de partículas de la microsíllice, haciendo que se absorba más agua. La capilaridad de menor absorvencia está en el 8% de adición y en dosificaciones ente el 6% y 9% de adición, del grupo de morteros adicionados con microsíllice Sika Fume y aditivo acelerador Accelguard 80, obteniendo mezclas de mortero de baja absorvencia.

ABSTRACT

The purpose of this research is to evaluate the influence of the addition of industrial microsilica such as Sika Fume and Silica Fume QS, on the resistance to compression and capillarity, in mortars made with type V cement, with cement: sand ratio of 1: 3 and 1: 4, with percentages in addition to cement from 0% to 10%, with a water / cement ratio of 0.65 and 0.70; adding at the same time the accelerator additive Accelguard 80 of QSI with 1.5% addition, using coarse sand from the quarry "Lekersa" of Huanchaco. Developed under the standards: American Society for Testing and Materials (ASTM) and American Concrete Institute (ACI), granulometry (ASTM C136 and NTP 400.012), humidity (ASTM 566 and NTP 339.185), specific gravity and absorption (ASTM C128 and NTP 400.022), loose and compacted dry unit weight (ASTM C29 and NTP 400.017), compression (ASTM C109) and capillarity (ASTM C1585).

Test pieces of 5cm x 5cm x 5cm were prepared, where they were cured in calcium hydroxide solution at 7, 28 and 56 days, with a total of 756 cube specimens, obtaining as a result, the best resistance to 28 days in mortar. conventional, was the dosage c: a of 1: 3, with 259 kg / cm², the specimens at 28 days, added with Sika Fume microsilica had a better resistance being 8% the most optimal percentage with 401 kg f / cm² with a 1: 3 ratio, increasing 54.2% resistance based on the resistance pattern, concluding that the mortar added with sika microsilica fume improves has high initial resistance with a low absorbency that decreases the capillary fringe in the mortar. On the other hand, the mortar added with silica fume silica QS, has good results at 28 days with 8% addition with 385 kgf / cm² of resistance being a mortar of good quality, but of unstable growth, its capillarity becomes absorbency medium, this is due to the particle size of the microsilica, causing more water to be absorbed. The capillarity of lower absorbency is in 8% addition and in dosages between 6% and 9% addition, from the group of mortars added with Sika Smoke microscope and Accelguard 80 accelerator additive, obtaining mortar mixtures of low absorbency.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En el mundo, se han resuelto bastantes dificultades en el campo de la construcción y la ingeniería, gracias a la investigación y tecnología del día a día; sin embargo, se ha dado más cabida al estudio del concreto que al mortero, dada que sus partidas las componen elementos estructurales; sin saber que el motero puede mejorar, y hasta reemplazar algunas partidas donde se usa el concreto mismo, por un simple mortero mejorado.

En diferentes países del mundo, se realizan ensayos de resistencia a la compresión y capilaridad, con un fin único, pero de diferente manera, cada país va modificando su propia norma de acuerdo a sus propios estudios, tipo de material y ambiente; mejorando y haciéndonos ver de otra manera como se ensaya el concreto y el mortero en cada uno de estos países, en nuestro caso, la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.034 es la norma peruana del ensayo que determina la resistencia a la compresión en concreto, esta norma basada en la American Society for Testing and Materials (ASTM) C39, del ensayo normalizado de resistencia a la compresión de cilindros de concreto; también se le hace mención a la ASTM C109, que viene a ser el ensayo normalizado de resistencia a la compresión en morteros hidráulicos, en éste caso, se realizó una comparación, entre la norma americana, española y chilena, por ser países con diferente ubicación e intensidad de los sismos.

Tabla N.º1: Comparativa de normas de resistencia a la compresión de diferentes países (ASTM C109, UNE-EN196-1, NCh158).

| | Norma Americana | Norma Española | Norma Chilena |
|------------------------------------|--|--|---|
| | ASTM C109/C109M-11 | UNE-EN 196 – 1 : 2005 | NCh158 |
| Moldes y herramientas | | | |
| Moldes para mortero | Moldes Cúbicos de 5x5x5cm | Moldes prismáticos de 4x4x16cm | Probetas prismáticas 16x4x4cm |
| Elementos para compactación | Apisonador de madera o goma | Compactadora automática. | Compactadora de mesa eléctrico, constituida por una plancha metálica horizontal, dando 60 golpes. |
| Tinas de curado | - | Diferentes depósitos por cada tipo de cemento. | Moldes cúbicos |
| Materiales para la mezcla | | | |
| Arena | Granulometría más fina | Granulometría más gruesa | Granulometría más fina |
| Procedimientos y ensayos | | | |
| Relación A : C | Se determina por ensayo de consistencia en base a ensayos de diferentes proporciones | Indica únicamente 0.5 | Se hacen prueba con 3 relaciones distintas, con la misma docilidad que exige la obra |
| Velocidad de rotura | Entre 900 y 1800 N/s | Entre 2400 +/- 200 N/s | La velocidad de carga será tal que la presión sobre la probeta aumente entre 10 y 20 Kg/cm2/s |

Cabe recalcar que para la norma americana y española indican utilizar los mismos materiales para la elaboración de la mezcla del concreto, en cambio, para la norma chilena el concepto de composición es cemento, agua y/o aditivos.

En capilaridad, las diferencias son más notorias, se realizó una comparación de cómo se elabora este ensayo de acuerdo a 3 normas:

Tabla N.º2: Comparativa de normas de capilaridad de diferentes países (ASTM 1585, UNE-EN 1025, NMX-C-486-ONNCCE-2014).

| | Norma Americana | Norma Española | Norma Mexicana |
|------------------------------|--|--|--|
| | ASTM 1585 | UNE-EN 1025-18:2003 | NMX-C-486-ONNCCE-2014 |
| Moldes y herramientas | | | |
| Moldes para mortero | Cubos de mortero de 50x50 mm | Cubos de 70 y 50 mm de arista | Cubos de mortero de 50x50 mm |
| Tiempos de absorción | Medidas iniciales desde 0s hasta 1hr, luego se toma cada 24 hrs. por 8 días | 7 medidas durante una hora, a diferentes tiempos 1, 3, 5, 10, 15, 30 y 60 minutos | 7 medidas durante una hora, a diferentes tiempos 1, 3, 5, 10, 15, 30 y 60 minutos |
| Recipiente del ensayo | Recipiente de vidrio llenado con agua, los cubos deben estar forrados con cera caliente o cinta en las 5 caras, dejando la cara de la parte inferior descubierta | Recipiente de agua (nivelado horizontalmente con una rejilla metálica en el interior para sumergir las probetas en agua sólo 3 mm) | Recipiente sin paredes laterales, con una profundidad de 1mm en la superficie, solo se colocan los especímenes sin ningún tipo de tarugo o soporte |

En el Perú, se tiene un problema grave en las obras públicas, donde existe un círculo vicioso para la ejecución de éstas, ya que en el desarrollo de las especificaciones técnicas que contempla el expediente técnico, no consideran el uso de aditivos que mejoren los morteros, por simple desconocimiento o por hacer la partida más común que siempre se realiza, obteniendo poca durabilidad del producto terminado, dando origen a mayores costos directos y gastos generales en un presupuesto, por mantenimiento o reconstrucción.

En la construcción se pueden corregir o mejorar diferentes patologías, como por ejemplo en obras viales, donde en un túnel con paredes laterales inestables, se puede reforzar la zona de la bóveda con un mortero mejorado con adiciones; crear un sostén eficaz en taludes donde siempre hay deslizamientos, perjudicando el tránsito en carreteras; o peor aún, surgir una tragedia si es que estos desmoronamientos caen sobre un vehículo o persona; o también colocando una capa protectora en los taludes de tierra para que ante altas precipitaciones pluviales, ésta no se desmorone, y así, evitando los huaicos como hace poco ha ocurrido en la ciudad de Trujillo, considerando que éste mortero es resistente ante agentes orgánicos o en contacto con el terreno natural, a diferencia del concreto armado, que la idea, es proteger

al acero ante agentes agresivos, gracias a la adición de diferentes aditivos al mortero convencional.

El uso del concreto armado es casi irremplazable, sin embargo, en casos como cuando una estructura del concreto presenta desgastamiento o necesita un reforzamiento, pues la solución más común que se realiza, es reemplazarla por completo, o en todo caso, realizar un complejo encofrado y vaciado para su reforzamiento, en consecuencia, un mayor gasto en el presupuesto y mayor tiempo de ejecución; es aquí donde entra a tallar el mortero mejorado con aditivos, donde éste puede revestir a la estructura de concreto armado, dándole una capa protectora estructural, y de ésta manera recuperar la estructura.

Hoy en día encontramos más investigaciones sobre el mejoramiento del concreto que del mortero, reutilizando residuos sólidos, sobrantes o reciclados de otros procesos; existen investigaciones de adición al concreto y al mortero, con cascarilla quemada de arroz, fibra de vidrio, fibra de acero, vidrio molido, caucho, bagazo de caña de azúcar, inclusive reciclaje del mismo concreto, etc.; que permiten que éstas adiciones mejoren el impacto ambiental por la reutilización, el impacto económico por ser materiales que tienen poco o nada de valor, e innovan con el fin de seguir experimentando con nuevos materiales que puedan mejorar las propiedades del concreto y mortero; Sin embargo, existen productos procesados industrialmente, la cual ya están certificados y homologados para ser un aditivo o adición al concreto y mortero, pero la demanda es mínima para éstos nuevos aditivos, producto de su falta de información, desactualización, o por el simple hecho de que el cliente considera de que comprando éstos aditivos o adiciones industriales, la partida tendrá un valor más alto, y económicamente no lo llegan a comprar o ni siquiera proponer.

El mortero convencional está compuesto por arena gruesa, agua y cemento; el cemento es un material polvoso compuesto por Clinker más yeso, que al mezclarse con agua forma una pasta trabajable, usado comúnmente en la construcción para la adherencia entre diferentes materiales, dentro de la clasificación del cemento, en la ciudad de Trujillo encontramos varias marcas de cemento comerciales: Cemento Pacasmayo, Inka, Mochica, comercializando los cementos tipo I, tipo V, anti salitre tipo MS y extraforte.; también encontramos los aditivos del concreto, materiales que se añaden a la mezcla durante o después de la formación de la pasta de cemento modificando la hidratación, el endurecimiento e incluso la estructura interna del concreto, los diferentes tipos que encontramos vendrían a ser los aditivos acelerantes que está compuesto en su mayoría de cloruro de calcio (CaCl_2), con ventajas como el desencofrado en menor tiempo, reducción del tiempo de espera para dar acabado superficial, reducción del tiempo de curado, adelanto en la puesta en servicio de las estructuras, posibilidad de combatir rápidamente las fugas de agua en estructuras hidráulicas, reducción de presiones sobre los encofrados posibilitando mayores alturas de vaciado, contrarrestar el

efecto de las bajas temperaturas), este aditivo lo encontramos distribuido en dos grupos, acelerantes sin cloruros: Accelguard 80, Chema 3, SikaCem®-1 Acelerante en polvo, Sika®-2, SikaRapid®-5, SikaRapid®-1, y con cloruros: Chema 5, Sika®-3, SikaCem® Acelerante PE, muchos de estos aditivos acelerantes son comercializados por empresas como Sika, Quimica Suiza Industrial del Perú QSI, Chema, Z aditivos, donde todos estos aditivos cumplen con las normas ASTM 494 y ASTM C260.

La microsíllice extraída directamente de los arcos eléctricos en las fábricas de acero, se puede usar como adición al concreto y mortero, obteniendo buenos resultados en la mejora de sus propiedades, sin embargo, necesitan estar certificados y ensayados a precisión para todo el volumen de concreto que se utilizará en obra; muy aparte, existen recomendaciones de muchos profesionales con experiencia y diferentes asesores comerciales de éstos aditivos industriales, de que éste tipo de aditivos no se debe premezclar en campo, sino, que debe ser dosificado en la misma planta concretera, ya que existe en riesgo de realizar una mala mezcla entre el concreto y el aditivo, a comparación de la planta concretera, donde todo está computarizado y controlado digitalmente, con exactitud en cada proporción de cada material en la mezcla de concreto y mortero; y, para que la planta concretera te programe concreto con aditivos o adiciones, se tiene que enviar el producto con anticipación a la planta, para que el área de calidad pueda realizar las pruebas y ensayos correspondientes, donde ellos exigen productos certificados y con garantía de uso, por la cual, una empresa ejecutora o constructora no podría usar aditivos artesanales o directamente reciclados; he aquí donde entra a tallar el uso de esta microsíllice industrial, de marcas reconocidas como lo es SIKA, y QUIMICA SUIZA.

La microsíllice es un material polvoso compuesto mayormente de óxido de silicio (SiO_2), este material ultra fino llena las micro estructuras porosas del mortero, reaccionando con el mismo para formar gel de silicato de calcio para mejorar la resistencia y la impermeabilidad del mortero, hoy en día encontramos diferentes microsíllices comerciales: microsíllica Z de la marca Z Aditivos, SikaFume de la marca Sika, Silica Fume QS de la marca Química Suiza Industrial del Perú y Chema fume de la marca Chema, a nivel nacional se han realizado bastantes investigaciones con microsíllices reciclados, como Morejón (2015) menciona, se viene utilizando el mortero en la construcción como revestimiento, pero poco uso se le da como sostenimiento ante deslizamientos de rocas o en taludes, por lo que una de las alternativas más frecuentes es el concreto premezclado para este tipo de construcciones como por ejemplo, levantar muros de contención de concreto armado, donde son demasiado caros y de mayor tiempo de ejecución, sin tener en cuenta que el mortero puede llegar a tener las mismas propiedades de un concreto a un menor costo y más aún en zonas donde carecen de agregado grueso; en el caso de los túneles, lo mencionado en la investigación de la Pontífice Universidad Católica del Perú (2015), en el Perú, encontramos pocas construcciones

de túneles ya que estos tienden a ser de construcción muy prolongada y de alto presupuesto, y en el peor de los casos por el poco mantenimiento éstos tienden a tener problemas de desmoronamiento, sin embargo; empresas como UNICON suelen participar en las construcciones de estos túneles al utilizar morteros de mediana resistencia, mortero modificado con un aditivo especial no comercializable y por esas razones adquirir este mortero suele tener un alto costo, pero tiene características como: mejora de adherencia, la cantidad es controlada en el cual también facilita la colocación de la mezcla, reduce la polución en beneficio de los trabajadores en el área subterránea; y también no necesita vibrado, compactación, ni encofrado.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye el porcentaje, tipo y dosificación de microsíllice en la resistencia a la compresión y capilaridad en morteros elaborados con cemento tipo v?

1.3. Justificación

Esta investigación tiene como finalidad examinar la influencia de la adición de microsíllice industrial, en porcentajes del 1 al 10% de adición, elaborados con cemento portland tipo V, agua y arena gruesa proveniente de la cantera “lekera”, ésta cantera es vecina de la cantera “los mellizos”, cantera utilizada en el trabajo de investigación de Villaroel, J. (2017), presentando un módulo de finura aceptable de 2.45; se escogió el cemento tipo V y no el cemento portland tipo I, ya que el cemento portland tipo I suele tener resistencias hasta 406 kg/cm² y es utilizado frecuentemente en obras en general, también se decidió por el cemento portland tipo V por tener alta resistencia a los sulfatos, ideal para la aplicación directa en suelo natural, ya que el mortero estaría sometido a agentes orgánicos y sulfatos, además este cemento tiene altas resistencias iniciales, pero a 28 días su resistencia llega a ser de 366 kg/cm² según lo indicado en su ficha técnica del producto, evaluando la influencia de la microsíllice en un cemento de resistencia limitada y fraguado lento; se utilizarán las microsíllices Sika Fume de la marca Sika y Silica Fume QS de la marca Química Suiza, en la cual se estudiará la influencia de adición de dichas marcas en el mortero convencional, la microsíllice sika fume con dosificación en base a su ficha técnica recomienda usar una dosificación de 1 al 10% del peso del cemento, donde también ya ha sido estudiada en el trabajo de investigación de Córdova, M. y Portugal, J. (2014), dando resistencias de hasta 520 kg/cm² con solo 3% de adición, más no ha sido comparada con otra microsíllice del mercado actual, también se escogió la microsíllice Silica Fume QS por su limitación del uso de aplicación del 5% al 10% según su ficha técnica, evaluando su resistencia y capilaridad del 1% al 10% de dosificación de la microsíllice, sobre el peso del cemento, y se escogió el aditivo ACCELGUARD 80, un aditivo acelerante tipo E y C según ASTM C494-17; donde según lo mencionado en su ficha técnica, este aditivo reduce la cantidad de agua en la mezcla

de mortero y aumenta la resistencia a cualquier edad para el fraguado y resistencias tempranas sin cloruros, aplicado al 1.5% por indicación de la ficha técnica, esto debido a que a mayor porcentaje de aditivo, la mezcla se tiende a segregar; previamente trabajaremos con dos tipos de dosificaciones “cemento : arena” siendo 1:3 la dosificación recomendada para revestimientos y 1:4 dosificación que tiene menos cantidad de cemento, donde han sido seleccionadas en la pre evaluación de dosificaciones para esta investigación; se evaluaron dosificaciones 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5 y 1:6, eligiéndose de todas la dosificación 1:3 y 1:4 por ser las más cómodas en consistencia, fluidez, asentamiento y reduce costos por la cantidad de cemento en la mezcla.

Según la ASTM, la clasificación de mezclas de mortero son: cemento y cal, mampostería, cemento para mortero de pega, para esta investigación se escogió el mortero de mampostería por ser conformado principalmente de cemento y arena gruesa destinado a revestimientos y enlucidos, éste mortero por sus propiedades se distribuyen en 4 tipos: tipo M con resistencia mínima de 175 kg/cm², con un 18% de contenido de aire incorporado, tipo S con resistencia mínima de 125 kg/cm², con un 18% de contenido de aire incorporado, tipo N con resistencia mínima a 55 kg/cm², con un 20% de contenido de aire incorporado y de tipo O con resistencia mínima de 15 kg/cm² con un 20% de contenido de aire incorporado, los 4 tipos también tienen un 75% de retención de agua; en ésta investigación se escogió el mortero de mampostería de tipo M por su resistencia mínima de 175 kg/cm², éste mortero estará conformado por cemento tipo v, arena gruesa y agua, adicionado con aditivo acelerante tipo E y C y microsíllice; donde se someterá a pruebas de resistencia a la compresión a 7, 28 y 56 días con una resistencia diseño de 280 kg/cm², esto es debido a la resistencia promedio del trabajo de investigación de Alcántara V. y Maceda P. (2014), dato tomado por haber sido ejecutado en la ciudad de Trujillo y para evaluar el porcentaje de aumento a partir de esta resistencia hasta llegar a más de 366 kg/cm² que es la resistencia alcanzada por influencia del cemento tipo v, en este caso se evaluará la influencia de la microsíllice y el aditivo acelerante, evaluando si la influencia de la microsíllice aumenta la resistencia inicial a más de 28 días, esto permitirá conocer cuál es el porcentaje más óptimo en la mezcla de mortero; la capilaridad la cual nos permite conocer el aumento de masa, siendo un indicador de la cantidad de agua absorbe por cada lapso de tiempo, evaluando si las partículas de las microsíllices Sika Fume y silica fume QS pueden lograr llenar espacios vacíos en la pasta de la mezcla de mortero.

Al adicionar microsíllice al mortero, mejora las propiedades físicas y mecánicas como: aumento de la resistencia mecánica, resistencia química, mejora en la adherencia, aumento de la durabilidad frente a agentes agresivos; y muchos beneficios para los sistemas constructivos.

Esta investigación servirá para la mejora de obras mineras y civiles, el mortero con la adición de microsíllice sika fume y silica fume qs se aplicará como un revestimiento encima del sustrato, previniendo su desmoronamiento y su protección ante el agua pluvial para taludes, cortes de tierra, túneles y todo tipo de construcción que requiera protección ante deslizamientos y desmoronamiento de tierra.

Por lo tanto, con el desarrollo de este proyecto podemos obtener resultados favorables en el ámbito constructivo, económico y ambiental, la aplicación de la microsíllice en el mortero podría disminuir la cantidad de cemento, reduciendo así la emisión del CO₂, agente químico producido en la obtención del clinkers.

También esta investigación tiene un impacto económico, pues al mejorar las propiedades del mortero, éste aumentará su tiempo de vida útil y se reducirá el costo de mantenimiento del mortero puesto en obra; reduciendo la dosificación de cemento en la mezcla, esto en volúmenes grandes logra ser un ahorro para el proceso constructivo.

En el área profesional, esta investigación permite tener nuevas alternativas en los morteros modificados, con la adición de microsíllice, dando una alternativa de bajo costo y de bajo mantenimiento, con materiales alternos que se puedan utilizar en la construcción, y en diferentes tipos de aplicaciones, como vendría a ser el shotcrete, se podría utilizar este mortero modificado sin necesidad de utilizar la bomba de lanzado ya que este mortero puesto en obra tendrá un mejor acomodo.

1.4. Limitaciones

El proyecto de tesis se desarrolló adicionando microsíllice industrial al mortero convencional y realizando la mezcla manualmente, hoy en día existen diferentes sistemas a utilizar para la proyección del mortero como lo es la aplicación vía shotcrete, donde hubiese sido preferente realizar ensayos con esta aplicación u obtener resultados de quienes tienen procesos y cálculos ya estandarizados con esta aplicación para asemejarlo más a la realidad, por lo cual una limitante importante fue el no poder conocer de cerca el proceso constructivo y cálculo que este sistema suele aplicar en el manejo de un shotcrete.

Otro punto importante, es que los proveedores de microsíllice e ingenieros con amplia experiencia aconsejan, que si el volumen de mortero es importante, pues la mezcla debería hacerse en la misma planta concretera, dada que se tiene una mala mezcla de cada material si ésta se hace manualmente en campo, de esta manera se genera otra limitación, ya que no se realizó los ensayos de una forma industrial como es el proceso en una planta concretera, o en todo caso, no se pudo tener una comparación con los resultados de ésta, ya que las plantas concreteras locales no han realizado mezclas con este aditivo; de igual forma, como

el volumen de mortero es mínimo para éste trabajo esto no quitará importancia el gran aporte de ésta investigación a la ingeniería.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Determinar la influencia del porcentaje, tipo y dosificación de microsilíce sobre la resistencia a la compresión y capilaridad en morteros elaborados con cemento tipo V, Trujillo 2017.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar el porcentaje más óptimo de dosificación de la microsilíce Sika Sume y microsilíce Silica Fume QS en el diseño de un mortero convencional.
- Analizar y realizar la resistencia a la compresión de morteros a 7 días, 28 días, 56 días, adicionando en diferentes porcentajes de Sika Fume y Silica Fume QS.
- Analizar el comportamiento de la capilaridad del mortero adicionado con microsilíce Sika Fume y Silica fume QS.
- Comparar los costos, entre un mortero convencional tipo M y un mortero con adiciones de microsilíce.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- Córdova, M. y Portugal, J. (2014) en su investigación: determinación y obtención de la curva esfuerzo sobre tiempo de un concreto de alta resistencia mediante la adición de microsilíce y superplastificante en la mezcla, utilizando agregados, de la cantera Flores y cemento chimborazo, realizado en Riobamba – Ecuador, se diseñó según la ACI 211 para una mezcla de concreto de alta resistencia a 28 días de curado, adicionado con la microsilíce SIKA® FUME y el superplastificante SIKA ViscoCrete 2100 junto al cemento Chimborazo, con una relación a/c de 0.32. Tiene como objetivo realizar la obtención de la curva de resistencia sobre tiempo de un concreto de alta resistencia, con adición de microsilíce y superplastificantes, para ser comparado con el concreto normal, y de esta manera obtener resultados efectivos de este tipo de concreto para así determinar sus beneficios y propiedades. El autor concluyó que al 3% de adición de microsilíce y superplastificante se alcanzó una resistencia de 520 kg/cm² aumentando la resistencia en un 30%, para esta nueva investigación se aportó la utilización de diferentes porcentajes de microsilíce en la mezcla de concreto, y el uso de un aditivo para mejorar las propiedades del concreto, en este caso al haber usado el superplastificante, redujo la relación agua/cemento, mejoro la adherencia y aumento la resistencia, dado que su

porcentaje con mayor resistencia del 3% de dosificación, entendiéndose que el uso de la microsíllice sika tiene buena trabajabilidad con todo tipo de aditivo, no solo con el aditivo acelerante.

- Morejón, L. (2015) en su investigación: morteros de cemento con adiciones de humo de sílice y nanosíllice, realizado en Madrid - España, uso aditivos superplastificantes, cemento tipo I, con una relación a/c de 0.5, donde elaboró un mortero de alta resistencia y obtuvo una resistencia patrón de 258 kg/cm² en probetas con 0% de adición de microsíllice y 0% de adición de nanosíllice a 28 días; su resistencia máxima fue de 492 kg/cm² al 6% de dosificación de microsíllice y 1% de dosificación de nanosíllice a 28 días, concluyendo que la influencia del humo de sílice y nanosíllice en porcentajes de 8%, 6%, 4% y 0%, 1% y 2% respectivamente en el mortero aumento un 50% más en resistencia, esto es debido al proceso de compactación, la baja hidratación y el uso de superplastificantes, hace que la mezcla sea muy fluida, para la investigación se aportó la variación de porcentajes y la implementación de dos nuevos materiales en el mortero, considerando el uso de aditivo superplastificante para mejorar la hidratación y trabajabilidad de la mezcla, porque al usar dos materiales de un tamaño de partícula menor a la del cemento, esto aumenta el volumen del mortero y vuelve la mezcla muy seca.
- Montaña C. y Carmona R. (2015) en su investigación: impacto de las adiciones para concreto en la reducción de la permeabilidad al ión cloruro sobre la relación agua cemento, realizado en Bogotá - Colombia, cuyo objetivo fue crear concretos reforzados con metacaolin y microsíllice en dosificaciones de 0%, 5%, 10% y 30% (solo en mezclas con filler) con un cemento tipo V, obteniendo mejor resultado con la microsíllice al 5% de adición con una relación a/c de 0.25, analizó un concreto reforzado expuesto al ion cloruro, para determinar si estos logran penetrar a través del concreto para así lograr la corrosión del acero, para esto deben reforzar el concreto de tal manera que sea impermeable, con la conclusión que al 10% de adición se obtuvo una resistencia de 1047 kg/cm² a los 28 días de curado obteniendo una capilaridad de 324.5 de carga coulombs, la adición que presentó un mejor aporte en las mezclas de concreto fue la Microsíllice 1. A su vez, disminuye de manera considerable la permeabilidad del concreto al ión cloruro, clasificándola a las diferentes relaciones a/c entre muy baja y baja, siendo este muy buen resultado para proyectos en los cuales se necesite ejercer este tipo de control y mitigación de este fenómeno, para la investigación se aportó la influencia del ión cloruro en la permeabilidad y el uso del cemento tipo V en la mezcla de concreto, mejorando considerablemente las características del concreto, como se sabe el cemento tipo V tiene buenas resistencias a los sulfatos, pero la resistencia a largo plazo suele disminuir, la influencia de la microsíllice logra mejorar esta propiedad y en este caso el ion cloruro fue un reemplazo del aditivo superplastificante que se ha venido utilizando en los

antecedentes para esta investigación, ya que muchos de los aditivos que se suelen emplear en el concreto son hechos a base de cloruros.

- Alcantara, V. y Maceda, P. (2014), en su investigación influencia del porcentaje de reemplazo de ceniza volante sobre la resistencia a la compresión, actividad puzolánica y reactividad álcali-sílice en la fabricación de morteros de cemento tipo I, realizado en Trujillo - Perú, cuyo objetivo fue la determinación de la influencia de diversos porcentajes de ceniza volante en la creación de un mortero en 10%, 20% y 30% en reemplazo del cemento con una relación a/c de 0.484, cemento tipo I, con la conclusión de que la resistencia más alta fue de 282.7 kg/cm² con 20% de adición la resistencia a la compresión y que el índice de actividad puzolánica alcanzó un máximo en 20% de ceniza volante con 118.4% en el rango investigado, para la investigación se aportó la variación de porcentajes en un rango de 10% - 30%, esto se debe a que la ceniza volante en sus ensayos de caracterización determinaron que el material se clasificó como puzolana al igual que los componentes de la microsíllice, dado que en su reacción química con el mortero elaborado aumento su resistencia inicial, también la reacción de la ceniza volante con el cemento y agregados hizo que el volumen se expanda en un 10%.
- Vilca, M. (2012) en su investigación: incidencia del porcentaje de microsíllice en un concreto autocompactante, realizado en Cajamarca - Perú, cuyo objetivo fue la realización de la mezcla de concreto con cemento tipo ICo, microsíllice Rheomac SF100, con la adición del superplastificante Glenium 3200 HES, creando mezclas en porcentajes del 0% al 16% de adición, con la conclusión de que la adición de la microsíllice al 12% de dosificación da una resistencia a la compresión de 390 kg/cm² a la edad de 28 días y que al 16% de dosificación, su resistencia mecánica disminuye considerablemente, dando a entender de que su porcentaje más óptimo esta entre el 5% y 12%. Para la investigación en estudio se aportó la variación de porcentajes de la microsíllice y el uso del cemento tipo ICo, cemento cuyo valor agregado es la modificación de sus propiedades mejoradas por la combinación de la materia caliza y el Clinker aportando moderado calor de hidratación y mejora la trabajabilidad, sin embargo para esta investigación se utilizará un cemento no modificado en sus propiedades, para tener una mejor comparación y así investigar si la mejora logra ser aportado directamente por la influencia de la microsíllice.
- Villaroel, J. (2017), en su investigación: evaluación del porcelanato reciclado y dosificación en mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo, Trujillo 2017, realizado en Trujillo - Perú, cuyo objetivo fue determinar la influencia del porcelanato molido en porcentajes de 0%, 15%, 30%, 45%, 60%, 75% y 90%, trabajado en una relación agua/cemento de 0.65 conformado con cemento portland

tipo Ico, agua potable de la ciudad de Trujillo, porcelanato molido y arena de la cantera “Los Mellizos” de Huanchaco, con la conclusión en la relación 1:3 sustituyendo entre el 75% al 90%, teniendo como resistencia de 343 kg/cm², flujo de 29% a 28%, absorción de 9.6% a 8.9% y densidad de 1876 kg/cm³, entendiéndose que peso específico disminuyo ya que el porcelanato presenta menos peso siendo de valor 2.35 g/cm³ y 2.61 g/cm³, para la investigación se aporta la variación de porcentajes, en valores del 0 al 90% de adición del porcelanato reciclado, la influencia del aditivo impermeabilizante en la capilaridad, y el uso de la relación agua/cemento de 0.65, ya que esta relación, tiene buena hidratación y plasticidad en el mortero, también hace que las partículas de cemento no queden esparcidas entre sí como viene ocurriendo al aumentar la relación, el uso del aditivo impermeabilizante mejora la distribución de partículas del porcelanato molido gracias a su gel incorporado, haciendo que estas logren acomodarse en los vacíos de la mezcla.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mortero

Según Salamanca (2011), Mortero, en su definición más general es toda mezcla de [cemento + arena + agua]. Él puede tener función estructural, o no tenerla. Los pañetes, por ejemplo, no poseen función estructural; los morteros usados en mampostería (pega o relleno), o los usados para fundir elementos estructurales, sí poseen tal función.

- De acuerdo con su origen, los morteros pueden ser premezclados en planta, premezclados secos, o elaborados en obra.
- De acuerdo con su dosificación ha sido costumbre hablar de morteros de relación 1:n (1:3 ó 1:4), queriendo indicar partes de cemento: arena.
- Varios morteros con la misma relación 1: n, y con igual manejabilidad, pueden arrojar diferentes resistencias a compresión a los 28 días, en razón de la granulometría de la arena utilizada.

Clasificación

De acuerdo con la norma ASTM 270, los morteros se clasifican, bien por sus propiedades, o por sus proporciones. Toda especificación debe hacerse por una sola categoría de las indicadas, pero no por ambas (son excluyentes).

- Morteros Premezclados Húmedos: Son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados, agua y eventualmente aditivos, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. Puede tratarse de morteros convencionales o morteros de larga vida que permiten su almacenamiento en estado fresco hasta 48 horas, de forma que su

proceso de fraguado sólo se inicia una vez entra en contacto con las unidades de mampostería.

- Morteros Premezclados secos: son los morteros constituidos por materiales cementantes, agregados secos y aditivos en polvo, los cuales son proporcionados y mezclados en planta. El proceso de mezclado del mortero seco debe concluirse en el sitio de la obra, con la adición controlada de agua, siguiendo recomendaciones del fabricante.

Se clasifica a los morteros de acuerdo a cuatro tipos, designándolos como M, S, N, O. Estos pueden ser especificados por proporción o por propiedades, pero no por ambos casos. La especificación por proporción rige siempre que se hace referencia a la norma ASTM C-270 y no se menciona un método específico. La clasificación del tipo de mortero bajo la especificación de propiedades depende de la resistencia a la compresión, la retención de agua y el contenido de aire.

Tabla N.°3: Especificación de los morteros por propiedad (ASTM C270, 2010).

| Mortero | Tipo | Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días kg/cm ² | Retención mínima de agua (%) | Contenido máximo de aire (%) | Relación de agregados (medida en condición húmeda y suelta) |
|------------------------|------|---|------------------------------|------------------------------|--|
| Cemento - cal | M | 176 | 75 | 12 | No menor que 2.25 y no mayor que 3.5 veces la suma de los volúmenes separados de materiales cementantes. |
| | S | 127 | 75 | 12 | |
| | N | 53 | 75 | 14 | |
| | O | 25 | 75 | 14 | |
| Cemento de mampostería | M | 176 | 75 | 18 | |
| | S | 127 | 75 | 18 | |
| | N | 53 | 75 | 20 | |
| | O | 25 | 75 | 20 | |

- El tipo M es una mezcla de alta resistencia que ofrece más durabilidad que otros morteros, se utiliza en mampostería reforzada o sin refuerzo sujeta a grandes cargas de compresión, acción severa de congelación, altas cargas laterales de adobe, vientos fuertes o temblores. Debido a su durabilidad superior, el tipo M debe usarse en estructuras en contacto con el suelo tales como cimentaciones, muros de contención, aceras, tuberías de agua servidas y pozos.
- El tipo S alcanza alta resistencia de adherencia, la más alta que un mortero puede alcanzar, se utiliza para estructuras sujetas a cargas compresivas normales, que a la vez requieren alta resistencia de adherencia, también se utiliza donde el mortero es el único

agente de adherencia con la pared, como en el caso de revestimientos o para pegar baldosas de barro cocido.

- El tipo N es un mortero de propósito general, utilizado en estructuras de mampostería sobre el nivel del suelo. Es bueno para paredes internas y divisiones. Este mortero de mediana resistencia representa la mejor combinación de resistencia, trabajabilidad y economía.
- El tipo O es un mortero de baja resistencia y mucha cal, se debe utilizar en paredes, divisiones sin carga, y para el revestimiento exterior que no se congela cuando está húmedo. El mortero tipo O se usa a menudo en residencias de uno y dos pisos. Es el favorito de los albañiles porque tiene excelente trabajabilidad y bajo costo.

Tabla N.º4: Guía de morteros de mampostería (ASTM C270, 2010).

| Localización | Segmento constructivo | Tipo de mortero | |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------|-------------|
| | | Recomendado | Alternativo |
| Exterior sobre el terreno | Paredes de carga | N | S o M |
| | Paredes sin carga | O | N o S |
| Exterior bajo el terreno | Muros de cimentación | S | M o N |
| | Muros de contención | | |
| | Pozos, descargas de aguas negras | | |
| Interior | Paredes de carga | N | S o M |
| | Divisiones sin carga | O | N |

2.2.1.1. Propiedades importantes de los morteros

- Manejabilidad: Especialmente importante en morteros de relleno de celdas. Depende principalmente del contenido de agua, del uso de aditivos, de la forma y textura de los agregados y de la finura del cemento. Se evalúa mediante ensayo de mesa de flujo o método del cono de penetración.
- Retención de agua: Debe ser alta, para evitar agrietamientos y pérdida de resistencias. Se logra con el uso de la cal o aditivos.
- Retracción de Secado: Es alta en morteros (alto contenido de pasta) y por tanto debe tratar de disminuirse. Se recomienda emplear bajos contenidos de cemento, bajo contenido de finos y en lo posible cementos adicionados. Debe ser curado tan rigurosamente como el concreto.

2.2.1.2. Componentes del mortero

Arena Gruesa

Según el manual del maestro constructor (2015), define a la arena gruesa como un material cuyas partículas tienen un tamaño máximo nominal de 5mm y se utiliza en la preparación de la mezcla para asentar los ladrillos y en la preparación del concreto.

Consideraciones:

- La arena gruesa debe estar libre de polvo, de sales o de materia orgánica (raíces, tallos, excrementos, etc.). En consecuencia, es recomendable comprarla en canteras conocidas, y una vez que llegue a la obra, debe almacenarse en zonas limpias y libres de desperdicios.
- Cuando se utilice en la mezcla para asentar ladrillos, debe estar seca antes de su uso. Así impedirá que al entrar en contacto con el cemento se inicie la fragua (endurecimiento de la mezcla) antes de tiempo.

Cemento Portland

La definición más exacta la describe el libro tecnología del concreto de Flavio Abanto Castillo (2013), sobreentendiendo que el cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un Clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.

Las materias primas, finamente molidas e íntimamente mezcladas, se calientan hasta principio de la fusión (1400-1450 °C), usualmente en grandes hornos giratorios, que pueden llegar a medir más de 200 mts de longitud y 5.50 mts de diámetro.

Al material parcialmente fundido que sale del horno se le denomina “Clinker” (pequeñas esferas de color gris negruzco, duras y de diferentes tamaños).

El Clinker enfriado y molido a polvo muy fino, es lo que contribuye el cemento portland comercial. Durante la molienda se agrega una pequeña cantidad de yeso (3 o 4 %), para regular la fragua del cemento.

Tabla N.°5: Componentes del cemento portland (Flavio Abanto, 2013).

| Nomenclatura | Abreviación |
|--|-------------------|
| Silicato tricálcico (3CaO SiO ₂) | C ₃ S |
| Silicato dicálcico (2CaO SiO ₂) | C ₂ S |
| Aluminato tricálcico (3CaO Al ₂ O ₃) | C ₃ A |
| Alumino férrica tricálcico (4CaO Al ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃) | C ₄ AF |

Cada uno de los cuatro compuestos principales del cemento portland contribuye en el comportamiento del cemento, cuando pasa del estado plástico al endurecido después de la hidratación.

El Silicato tricálcico (C₃S): Es el que produce la alta resistencia inicial del cemento portland hidratado. La reacción del C₃S con agua desprende gran cantidad de calor (Calor de

hidratación). La rapidez de endurecimiento de la pasta de cemento es directamente proporcional con el calor de hidratación.

El Silicato dicálcico (C_2S): Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

El Aluminato tricálcico (C_3A): El yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con el C_3A para controlar el tiempo de fraguado, también esto genera fraguado violento.

La Alumino férrica tricálcico (C_4AF): Es el semejante al C_3A porque se hidrata con rapidez y sólo desarrolla baja resistencia.

Clasificación del Cemento Portland

El cemento portland se fabrica en cinco tipos cuyas propiedades se han normalizado sobre la base de la especificación ASTM de normas para el cemento portland (C 150).

- Tipo I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.
- Tipo II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo I o tipo II.
- Tipo IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de alcalisis y estructuras expuestas al agua de mar.

El cemento tipo V según Pacasmayo lo define como un cemento de alta resistencia a los sulfatos, ideal para obras que estén expuestas al daño por sulfatos. Este cemento se fabrica mediante la molienda conjunta de clínker Tipo V (con bajo contenido de aluminato tricálcico <5%) y yeso.



Figura N.º 1: Cemento pacasmayo tipo v (Cementos Pacasmayo).

Agua

La definición más clara del agua la define el libro tecnología del concreto de Flavio Abanto Castillo (2013), como elemento fundamental es la preparación del concreto, estando relacionado con la resistencia, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido.

El agua a emplearse en la preparación del concreto, deberá ser limpia y estará libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser nocivas al concreto o al acero.

Si se tuvieran dudas de la calidad del agua a emplearse en la preparación (De una mezcla de concreto, será necesario realizar un análisis de ésta, para comparar los resultados como los valores máximos admisibles de las sustancias existentes en el agua a utilizarse en la preparación del concreto que a continuación indicamos:

Tabla N.°6 : Valor máximo admisible en el concreto (Flavio Abanto Castillo, 2013).

| Sustancias disueltas | Valor máximo admisible |
|--|------------------------|
| Cloruros | 500 ppm máximo |
| Ambiente húmedo, elementos embutidos de aluminio | 1000 ppm máximo |
| Sulfatos | 3000 ppm máximo |
| Alkalís | 600 ppm máximo |
| Sólidos disueltos totales | 50,000 ppm máximo |

También deberá hacerse ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días, preparando testigos con agua destilada o potable y con el agua cuya calidad se quiere evaluar, considerándose como satisfactorias aquellas que arrojen una resistencia mayor o igual a 90% que la del concreto preparado con agua potable.

Aditivo

Según la ASTM C494 clasifica a los aditivos según sus tipos:

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

Aditivo acelerante

Sustancia que reducen el tiempo normal de endurecimiento de la pasta de cemento y/o aceleran el tiempo normal de desarrollo de la resistencia, tiene ventajas como:

- Desencofrado en menor tiempo del usual.
- Reducción del tiempo de espera necesario para dar acabado superficial
- Reducción del tiempo de curado.
- Adelanto en la puesta en servicio de las estructuras.
- Posibilidad de combatir rápidamente las fugas de agua en estructuras hidráulicas.
- Reducción de presiones sobre los encofrados posibilitando mayores alturas de vaciado.
- Contrarrestar el efecto de las bajas temperaturas en clima frío desarrollado con mayor velocidad el calor de hidratación, incrementando la temperatura del concreto y consecuentemente la resistencia.

Características del aditivo acelerante

- Una particularidad que se debe tener muy presente en los acelerante es que si bien provocan un incremento en la resistencia inicial en comparación con un concreto normal, por lo general producen resistencias menores a 28 días. Mientras más acelerante se emplea para lograr una mayor resistencia inicial, se sacrifica acentuadamente la resistencia a largo plazo.
- Tienen a reducir la trabajabilidad si se emplean solo, pero usados conjuntamente con incorporadores de aire, la mejoran, ya que contribuyen a incrementar el contenido de aire incorporado y su acción lubricante.
- Disminuyen la exudación, pero contribuyen a que aumente la contracción por secado y consecuentemente la fisuración si no se cura el concreto apropiadamente. Tienen una gran cantidad de álcalis por lo que aumenta el riesgo de reactividad alcalina con cierto tipo de agregados.
- Los concretos con acelerantes provocan una menor resistencia a los sulfatos y son más sensibles a los cambios volumétricos por temperatura.
- Los convencionales usualmente tienen en su composición cloruros, carbonatos, silicatos, fluorsilicatos e hidróxidos, así como algunos compuestos orgánicos como trietanolamina, siendo la proporción normal de uso del orden del 1% al 2% del peso del cemento.
- Los no convencionales se componen de carbonato de sodio, aluminato de sodio, hidróxido de calcio o silicatos y su proporción de uso es variable. Sea que se suministren líquidos o en polvo, deben emplearse diluidos en el agua de mezcla para asegurar su uniformidad y el efecto controlado.
- El riesgo de usar cloruro de calcio reside en que aumenta la posibilidad de corrosión en el acero de refuerzo por lo que su empleo debe efectuarse en forma muy controlada.

2.2.2. Microsílice

La definición más exacta de microsilice lo menciona el Instituto Americano del Concreto – ACI, Guía del Contratista para la Construcción en concreto de calidad (2015), que la Microsílice está clasificado también como puzolana y es subproducto derivado de la producción de metales que contienen silicón. Las partículas de microsilice son 1/100 del tamaño de las partículas de cemento. Por su extremada finura los métodos prácticos para adicionar microsilice al mortero son en forma de fluido o por compactación.

El beneficio primordial del microsilice es un aumento de la durabilidad. Aumenta la protección contra la corrosión del refuerzo al hacer el mortero menos permeable dando como resultado una mayor resistencia a la penetración de agentes agresivos como los cloruros.

2.2.2.1. Beneficios de la microsilice en el cemento

Según el artículo de investigación de la empresa Koprino (2015), los principales beneficios de su uso en cemento son:

- Mejorar la durabilidad: El uso de microsilica en el cemento prolonga su vida útil.
- Aumenta la resistencia a la corrosión: La reducida permeabilidad de la microsilica sirve como protección contra los iones cloruro ya que aumenta el tiempo que los iones necesitan para alcanzar la barra de acero e iniciar la corrosión
- Aumenta la resistencia al ataque químico: Su resistencia a la penetración de iones cloruro la hace adecuada para estructuras expuestas a un ambiente con cloro como es el caso de estructuras expuestas a aguas salinas. También es muy utilizado en estructuras expuestas a químicos agresivos. En el caso de la industria alimenticia soporta ácidos grasos y ácidos. En la industria química resiste exposición a ácidos minerales, fosfatos, nitratos, petroquímicos, entre otros.
- Protege contra la abrasión y erosión: La microsilica hace que el mortero tenga alta resistencia a la abrasión y sea más resistente al desgaste prolongando su vida útil.
- Disminuye la permeabilidad al agua: Modifica la reología y reacciona con los productos de hidratación del cemento.
- Mejora la resistencia a los sulfatos: El mortero con microsilica tiene una baja permeabilidad y alta resistencia química que brinda una mejor protección contra los sulfatos.
- Reduce la fluorescencia: Al reducir el contenido de hidróxido de calcio en el mortero, éste no se combina tan fácilmente con el dióxido de carbono para formar la sal soluble que causa la fluorescencia.

El uso de la microsilica mejora de manera notable las propiedades y características del cemento por lo que se deben evaluar los beneficios que este aditivo puede dar en un proyecto determinado y hacer pruebas para ver cuál es la composición ideal que proporcionara las mejores propiedades y ahorros para el proyecto.

2.2.2.2. Propiedades químicas de la microsílíce

Extraídos de los datos técnicos de SIKA (2014):

Tabla N.º7: Propiedades químicas de la microsílíce (SIKA, 2014).

| Análisis químico | | Finura (diámetro promedio) | Porcentaje pasando 45 Mm | Partícula | Forma | Norma |
|--|-------------|----------------------------|--------------------------|-----------|--------|---------------------------------------|
| Dióxido de silicio (SiO ₂) | 93.0 % mín. | 0.1 – 0.2 mm | 95 – 100 % | Esférica | Amorfa | Cumple con la norma CSA – A 3001 – 03 |
| Trióxido de dihierro (Fe ₂ O ₃) | 0.80 % máx. | | | | | |
| Trióxido de dialuminio (Al ₂ O ₃) | 0.40 % máx. | | | | | |
| Monóxido de calcio (CaO) | 0.60 % máx. | | | | | |
| Monóxido de magnesio (MgO) | 0.60 % máx. | | | | | |
| Monóxido de disodio (Na ₂ O) | 0.20 % máx. | | | | | |
| Monóxido de dipotasio (K ₂ O) | 1.2 % máx. | | | | | |
| Carbono(C) | 2.0 % máx. | | | | | |
| Trióxido de azufre (SO ₃) | 0.40 % máx. | | | | | |

2.2.3. Shotcrete vía húmeda

El shotcrete definido por el Comité ACI 506 (2014) como un mortero o concreto proyectado neumáticamente a alta velocidad sobre una superficie, proveniente de la palabra shot + concrete lanzar o disparar más concreto.



Figura N.º 2: Shotcrete vía húmeda en muros pantalla (UNICON, 2014).

2.2.3.1. Aplicación del shotcrete

La velocidad de colocación es función de:

- El caudal de concreto.
- Presión y caudal del aire.
- Diámetro de la tubería.
- Longitud de la tubería.
- Tipo y posición de boquilla.
- Angulo de proyección perpendicular a la superficie
- Movimientos circulares

Se realiza para determinar la cantidad de shotcrete que no se adhiere a la superficie sobre la cual se está lanzando, respecto al concreto total lanzado.

Se lanza un volumen determinado de una misma bachada (un viaje) y al final del proceso de lanzado, se recupera el concreto que esté en el piso, el cual previamente debe tener un plástico o carpa para que el concreto no se contamine.

Se compara en peso la cantidad que se recoja respecto al total lanzado y se lleva a porcentaje.

Un porcentaje de rebote adecuado puede estar entre el 5% y el 10%

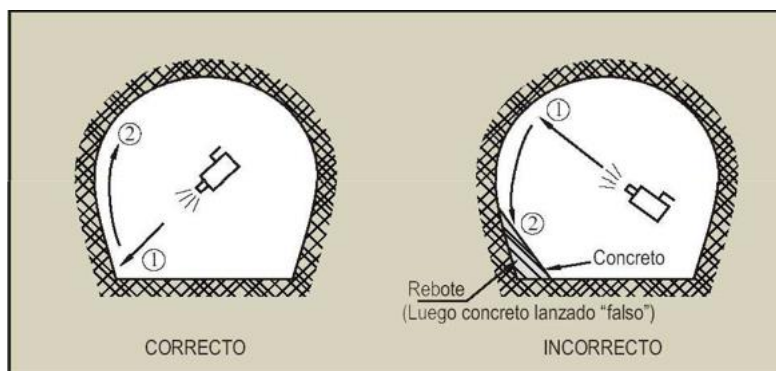


Figura N.º 3: Uso correcto del lanzado del húmeda en túneles (UNICON 2014).

2.2.4. Ensayos para el mortero

2.2.4.1. Resistencia a la compresión del mortero

Según la National Ready Mixed Concrete Association (2010). La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras.

La resistencia a la compresión se mide tronando probetas cilíndricas de concreto en una máquina de ensayos de compresión, en tanto la resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida entre el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en megapascales (MPa) en unidades SI. Se controla mediante la elaboración de cubos de mortero de 5 cm de arista, o de cilindros de 7.5 cm (3") de diámetro y 15 cm (6") de altura; o de cilindros de 10 cm (4") de diámetro y 20 cm (8") de altura. El uso de los cubos, siendo un procedimiento dispendioso y de cuidado, más apropiado para laboratorio, no es recomendable en obra. Es preferible el uso de cilindros, fundidos en tres capas, 25 golpes, varilla redondeada de 9.5 mm, mazo de caucho, etc.; los ensayos usuales son a 7 y 28 días de edad. Las mezclas de mortero se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas y de durabilidad que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura. La resistencia a la compresión se calcula a partir de la carga de ruptura dividida por el área de la sección que resiste a la carga y se reporta en unidades de libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) en unidades corrientes utilizadas en EEUU o en megapascales (MPa) en unidades SI. Los requerimientos para la resistencia a la compresión pueden variar desde 2.500 psi (17 MPa) para concreto residencial hasta 4.000 psi (28 MPa) y más para estructuras comerciales. Para determinadas aplicaciones se especifican resistencias superiores hasta de 10.000 psi (70 MPa) y más.

Factores que Influyen sobre la Resistencia a la Compresión

Gilkey y Walker (S.F), demostraron que la resistencia era función de cuatro factores:

- Relación Agua-cemento
- Relación Cemento-Agregado
- Granulometría, dureza, perfil y textura superficial del agregado
- Tamaño máximo del agregado

Requisitos para la resistencia a edad temprana

ACI (2015), requieren un mortero de resistencia inicial alta para algún uso especial. El contratista debe investigar si puede usar otras alternativas como por ejemplo adicionar un acelerante. Si se usa un acelerante para mortero se recomienda que no contenga cloruros. Siempre que se especifica un cemento especial el contratista debe notificar de inmediato al proveedor de concreto premezclado.

- Relación agua – material cementante (a/c), El valor máximo de la relación a/c se especifica con base en la exposición del mortero a ciclos de congelamiento y deshielo, a químicos descongelantes, a sulfatos y a abrasión. Otra situación donde puede especificarse una relación a/c baja están relacionadas con una baja permeabilidad del concreto para impedir la migración de la humedad a través de las losas y muros o para proteger el acero de refuerzo contra la corrosión.
- Contenido mínimo de cemento, Contenido mínimo de cemento Cuando se especifican tanto resistencia como un contenido mínimo de cemento ambas especificaciones deben cumplirse aún si la resistencia puede ser obtenida con menos cemento del especificado. Si el contenido mínimo de cemento no es suficiente para lograr la resistencia requerida se tendrá que adicionar más cemento a la mezcla. Debe advertirse, sin embargo, que el contenido más alto de cementantes tiende a aumentar la retracción y el alabeo de la losa. Cuando la resistencia especificada parece no ser adecuada para el contenido mínimo de cemento requerido debe consultarse con el redactor de las especificaciones la posibilidad de modificar el requisito. Cuando se especifica una máxima relación a/c la resistencia a la compresión obtenida usualmente será más alta que la resistencia a la compresión requerida por el diseño estructural. Esta es la razón por la cual una especificación de resistencia a la compresión puede ser inadecuada cuando la durabilidad es la preocupación primordial. De igual manera, una especificación de la relación a/c puede ser antieconómica cuando la durabilidad no es crítica.
- Aire Incorporado, El aire incorporado siempre debe especificarse aire incorporado para morteros expuestos a congelación y deshielo, Si está expuesto a congelación y deshielo en presenta de químicos anticongelantes el mortero se va y no es que quizás o probablemente. es que se va a descascarar a no ser que al mortero se la haya adicionado

aire incorporado Para morteros expuestos a condiciones climáticas el contenido de aire incorporado debe ser de 5 a 8% para mezclas con agregados cuyo tamaño máximo sea de 3/4 a 1 pulg. (19 a 25 mm). El contenido de aire incorporado se aumenta en mezclas con agregados de menor tamaño y puede reducirse ligeramente cuando el agregado es de mayor tamaño sin ser nunca inferior al 4% en el mortero que va a estar expuesto a congelamiento, deshielo y químicos anticongelantes.

- Aditivos químicos, la especificación debe contener una referencia a ASTM C 494 "standard specification for chemical admixtures for concrete" y otras normas de ASTM y de AASHTO cuando sean aplicables. La libertad de utilizar diferentes aditivos es muy importante para el contratista y el fabricante de morteros premezclado, Los aditivos pueden afectar la calidad, costo del mortero y los métodos disponibles de colocación para el contratista. Comúnmente se utilizan reductores de agua, retardantes, acelerantes, retardantes reductores de agua, acelerantes reductores de agua y reductores de agua de alto rango (superplastificantes).

2.2.5. Forma de medición y cálculo de la resistencia de compresión

2.2.5.1. Ensayos mecánicos mediante probetas enmoldadas

Nilson (2009), detalla: La principal medida de la calidad estructural del mortero es su resistencia a la compresión. Los ensayos para medir esta propiedad se realizan sobre especímenes cilíndricos de altura igual a dos veces el diámetro y cúbicos, usualmente 15cm x 30cm y 5cm x 5cm x 5cm respectivamente. Los moldes impermeables de esta configuración se llenan de mortero durante la operación de colocación tal y como lo especifica la norma ASTM C172, "standard method of sampling freshly mixed concrete" y la norma ASTM C31, "standard practice for making and curing concrete test specimens in the field". Los cubos se curan en agua por 28 días, y posteriormente se ensayan en el laboratorio a la tasa de carga especificada.

Jimenez (2001), explica: Que las probetas destinadas al control de calidad de la resistencia del concreto deben quedar en los moldes al menos por 24 horas, conservándose a una temperatura comprendida entre 16°C y 27°C hasta el momento de ser transportadas a la cámara de conservación.

Cuando se trate de determinar la resistencia real u otras cualidades del concreto en obra, las probetas deben conservarse en unas condiciones como sea posible a las de la estructura objeto del ensayo, en caso que las caras planas de carga de las probetas destinadas al ensayo de rotura por compresión que tengan imperfecciones superiores a 0.1mm, deben ser refrentadas.

Métodos de ensayo de probetas de mortero ASTM C109

Jimenez (2001), explica: Que los ensayos de las probetas pueden efectuarse en cualquier máquina de ensayo, de capacidad suficiente, siempre que la carga se aplique de una manera continua y sin saltos. El error máximo de la máquina, dentro del campo de cargas utilizable, n debe ser superior a +/- 1 por 100.

- La prensa para ensayos de compresión estará provista de platos de acero, cuyo espesor será suficiente para evitar toda deformación y cuyas caras tendrá una dureza inferior a 55.
- Las dimensiones de las probetas deben medirse con error menor de un milímetro, para determinar la superficie de la sección de ensayo.
- Una vez preparada la prensa, se limpiarán tanto las superficies de carga de los dos platos como las caras de la probeta. Primero se debe centrar la probeta sobre el plato inferior, después se lleva el plato superior hasta que quede en contacto con ella.
- La carga debe aplicarse de una manera continua y sin saltos, a una velocidad constante tal que tal incremento de la carga por segundo produzca un aumento de tensión.
- No debe introducirse ninguna corrección a los mandos de la máquina de ensayo, cuando la probeta se deforma rápidamente momentos antes de la rotura.
- Se continuará el ensayo hasta la rotura, registrando la carga máxima soportada por la probeta.

2.2.6. Ensayo de capilaridad ASTM C1585

La definición más completa lo describe la ASTM C1585 (2007), donde se determina el índice de absorción del agua en el concreto - mortero para medir el aumento en la masa de un espécimen resultando la absorción de agua cronometrada. La superficie expuesta del espécimen no saturado es sumergida en agua, el concreto tiene la capilaridad de succión durante el contacto inicial con agua.

La porosidad está reconocida en todo el mundo como uno de los parámetros en el concreto endurecido de mayor influencia en los mecanismos de transporte de los agentes agresivos hacia el interior de su estructura. Más específicamente dentro del estado poroso-capilar del concreto es la porosidad efectiva, o sea la porosidad interconectada y conectada a su vez con el exterior, la que tiene una influencia decisiva en el intercambio de humedad con el entorno y por lo tanto en la materialización de dichos mecanismos de transporte. El porcentaje de porosidad efectiva de los hormigones está considerado una medida del grado de durabilidad de las estructuras frente a los agentes agresivos. Además, se ha comprobado que cuando el árido utilizado es poroso (lo que se caracteriza por su elevada absorción de agua), se incrementará con ello la porosidad y permeabilidad del concreto.

El concreto sometido a muchos agresores externos es una de las pruebas principales, en gran medida, de penetrabilidad del sistema de poro. El concreto no saturado, el índice de ingreso del agua u otros líquidos son en gran parte controlado por absorción debido a capilaridad en aumento.

La absorción de agua de una superficie de concreto depende de muchos factores incluyendo:

- Proporciones de la mezcla de concreto.
- La presencia de químico adicionado y suplementario de materiales cementicios.
- La composición física de las características del cemento y sus componentes.
- El contenido de aire.
- El tiempo de curado.
- El grado de hidratación y edad de los materiales.
- La presencia de microfisuras.
- La presencia de tratamientos de superficies como selladores.

Este método permite determinar la susceptibilidad de un concreto no saturado a la penetración de agua. En general, el índice de absorción de concreto en la superficie difiere del índice de absorción de una muestra tomada del interior. La superficie exterior es a menudo sometida a menos de curación pretendida y está expuesto la mayoría a condiciones potencialmente adversas. Este método de prueba suele medir el índice de absorción del agua de ambas la superficie de concreto y su interior, la absorción puede ser evaluada en distancias diferentes de la superficie expuesta.

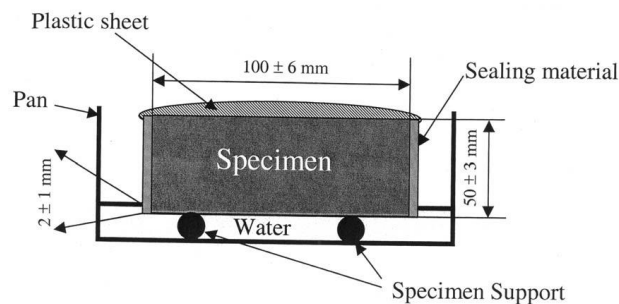


Figura N.º 4: Esquema de colocación de probeta para capilaridad (ASTM C1585).

2.3. Hipótesis

2.3.1. Planteamiento de la hipótesis

A mayor porcentaje de microsíllice incrementará la resistencia a la compresión y disminuirá la capilaridad en los morteros arena – cemento para una relación agua/cemento 0.65 y 0.70 elaborados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2017.

Tabla N.º8: Matriz de hipótesis general.

| Hipótesis | Componentes metodológicos | | | Componentes referenciales | |
|--|---|------------------------|---------------------------|--|-----------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores | El espacio | El tiempo |
| A mayor porcentaje de microsilíce incrementará la resistencia a la compresión y disminuirá la capilaridad en los morteros arena – cemento para una relación agua/cemento 0.65 y 0.70 elaborados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2018. | Microsilíce | Especímenes de mortero | Incrementará y disminuirá | Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo | Año 2017 |
| | Resistencia a la compresión y capilaridad | | | | |
| | | | | | |

Tabla N.º9: Matriz de hipótesis específica 1.

| Hipótesis | Componentes metodológicos | | Componentes referenciales | | |
|--|-----------------------------|------------------------|---------------------------|--|-----------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores | El espacio | El tiempo |
| A mayor porcentaje de microsilíce incrementará la resistencia a la compresión en los morteros arena – cemento para una relación agua/cemento 0.65 y 0.70 elaborados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2018. | Microsilíce | Especímenes de mortero | Incrementará | Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo | Año 2017 |
| | Resistencia a la compresión | | | | |
| | | | | | |

Tabla N.º10: Matriz de hipótesis específica 2.

| Hipótesis | Componentes metodológicos | | Componentes referenciales | | |
|--|---------------------------|------------------------|---------------------------|--|-----------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores | El espacio | El tiempo |
| A mayor porcentaje de microsilíce disminuirá la capilaridad en los morteros arena – cemento para una relación agua/cemento 0.65 y 0.70 elaborados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2018. | Microsilíce | Especímenes de mortero | Disminuirá | Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo | Año 2017 |
| | Capilaridad | | | | |
| | | | | | |

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

3.1.1. Variable independiente

Microsílice:

La dosificación de la microsíllice está comprendida en 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10% ($n_0, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, n_8, n_9, n_{10}$) del volumen total. Este material tiene un tamaño de 0.1 – 0.2 mm.

Tabla N.°11: Operacionalización de la variable independiente.

| Variable | Definición conceptual | Dimensiones | Indicadores | Items |
|-------------|--|---------------------|-----------------------|----------------------|
| Microsílice | Es un aditivo en polvo compuesto por microsíllice. | Propiedades físicas | Tamaño granulométrico | (mm) |
| | | | Densidad | (kg/m ³) |
| | | | Composición | |

3.1.2. Variables dependientes

- Resistencia a la compresión (A):

Para lo cual se elaboran probetas rectangulares de 5cm x 5cm x 5 cm, su medida será en kg/cm².

- Capilaridad (B)

Para lo cual se elaboran probetas rectangulares de 5cm x 5cm x 5 cm, su medida será en mm.

Tabla N.°12: Operacionalización de las variables dependientes.

| Variable | Definición conceptual | Dimensiones | Indicadores | Items |
|---------------------------------|--|-----------------------|-----------------|----------------------|
| Resistencia a la compresión (A) | Carga de ruptura dividida por el área de la sección. | Propiedades mecánicas | Carga de rotura | (kg) |
| | | | Área bruta | (cm ²) |
| Capilaridad (B) | Cantidad de espacios vacíos que quedan inmersos dentro de la masa del material | Propiedades físicas | Peso | (kg) |
| | | | Volumen | (m ³) |
| | | | Densidad | (kg/m ³) |

3.2. Diseño de investigación

- **Cuasi - experimental:** Es un diseño cuasi – experimental, por lo que se manipula la variable independiente para ver su efecto en las variables que dependen de esta, y se trabaja con una observación, después de la aplicación del estímulo o variable independiente.

Diseño de cuasi – experimental:

G1: X - O1

G2: X - O2

En el grupo 1 tenemos a la O1, que es la resistencia a compresión y capilaridad de las probetas cubicas de mortero elaboradas con cemento tipo V adicionado con microsíllice y la

O2 es la resistencia a compresión y capilaridad de las probetas cúbicas de mortero elaboradas con cemento Tipo V (patrón), sin habersele aplicado la microsíllice, X es la variable independiente, en este caso la microsíllice.

En esta investigación se aplicó el diseño experimental del tipo bifactorial, con una variable independiente, se muestran las variables en la tabla N°. 8.

Tabla N.°13: Niveles de variables.

| Variable independiente de estudio | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| Factores de estudio | Niveles de estudio | | | | | | | | | | |
| A: Porcentaje de microsíllice | 0% | 1% | 2% | 3% | 4% | 5% | 6% | 7% | 8% | 9% | 10% |
| | A0 | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 |
| Variables dependientes de estudio | | | | | | | | | | | |
| Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | | | | | | | | |
| Capilaridad (mm) | | | | | | | | | | | |

3.3. Unidad de estudio

- Una probeta cúbica de mortero.

3.4. Población

- Morteros de cemento con microsíllice.

3.5. Muestra (muestreo o selección)

- Definimos como la población a las probetas cúbicas elaboradas con morteros modificados, en 2 dosificaciones 1:3 y 1:4 de cemento : arena gruesa, se prepararán 18 probetas patrón, 180 probetas cúbicas con microsíllice sika fume de la empresa Sika Perú S.A. en porcentajes del 0 al 10% de adición y 180 probetas cúbicas con Microsíllice QSI de la empresa Quimica Suiza Industrial del Peru S.A., probetas curadas a 7, 28 días de edad para determinar el porcentaje óptimo de microsíllice en el mortero y 56 días de edad.

N° de muestra:

$$N^{\circ} \text{ muestra} = (\text{V.I.} \times \text{Sub niveles}) \times (\text{V.D}) \times (\text{replicas}) + \text{patrón}$$

$$N^{\circ} \text{ muestra} = (1 \times 10) \times (1 \times 2) \times (9) + 18 = 198 \text{ muestras}$$

De las cuales 18 será patrón destinadas al ensayo de resistencia a la compresión y capilaridad.

De las cuales 180 serán destinadas al ensayo de resistencia a la compresión.

De las cuales 180 serán destinadas al ensayo de capilaridad.

- Para la presente investigación se tendrán 378 probetas cúbicas de mortero, considerando los porcentajes de adición de la Microsíllice en la mezcla y también los días de curado.

Resistencia a la compresión: 180 probetas de mortero adicionados con microsíllice con los diferentes porcentajes de 5cm x 5 cm x 5cm, las que fueron preparadas y curadas, este ensayo está normalizado bajo la ASTM C109.

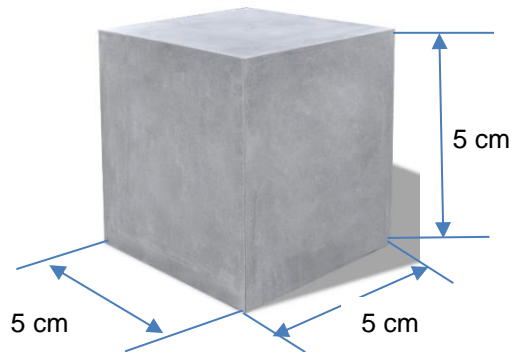


Figura N.º 5: Esquema gráfico de una probeta cúbica de mortero.

Capilaridad: 180 probetas de mortero adicionados con microsíllice con los diferentes porcentajes de 5cm x 5 cm x 5cm, las que fueron preparadas y curadas, este ensayo está normalizado bajo la ASTM C1585.

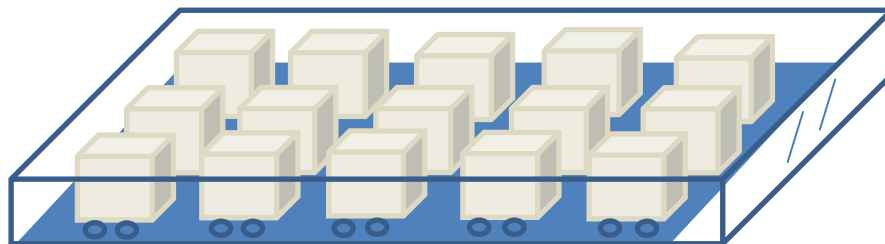


Figura N.º 6: Esquema gráfico del ensayo de capilaridad.

Tipo de Muestreo:

- Muestreo Probabilístico

Variable Cualitativa: (Para proporción poblacional)

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2} - Ec (1)$$

Dónde:

Z = Distribución normal estandarizada para un nivel de confianza; 95% confiabilidad = 1.96 valor obtenido del cuadro del nivel de confianza Z (según anexo 3), debido a que se tiene 9 probetas por cada porcentaje de adición.

S = Desviación estándar de la variable fundamental del estudio o de interés para el investigador. Obtenida por estudios anteriores, muestra piloto, criterio de experto o distribución de la variable de interés; 280 kg/cm², resistencia a la compresión promedio del trabajo de investigación de Alcántara y Maceda (2014), dato tomado por haber sido ejecutado en la ciudad de Trujillo.

E = % del estimador o en valor absoluto (unidades). Fijada por el investigador; 180 kg/cm² resistencia a la compresión límite del trabajo de investigación de Alcántara y Maceda (2014), dato tomado por haber sido ejecutado en la ciudad de Trujillo.

n_0 = Tamaño de muestra

Calculando la formula con los siguientes datos obtenemos:

$$n_0 = \frac{1.96^2 \times 280^2}{180^2}$$

$$n_0 = 9.29 \approx 9 \text{ probetas}$$

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica empleada es la observación, teniendo como característica en ser un hecho irreplicable, debiendo ser registrado en el acto, y solo en ese momento, porque los acontecimientos de la realidad, nunca son iguales, aun cuando el escenario aparentemente sea el mismo, los objetos a observar nunca serán los mismos ni las circunstancias; en este caso siendo el registro la resistencia a la compresión y la capilaridad, como un escenario único e irreplicable.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos utilizados en la recolección de datos es la guía de observación, lo que permitió registrar en el acto los resultados de los ensayos en cada porcentaje adicionado (0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%).

Tabla N.°14: Matriz de diseño.

| | C1 | | | | C2 | | | |
|-----|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | a1 | | a2 | | b1 | | b2 | |
| | a ₁₁ | a ₁₂ | a ₂₁ | a ₂₂ | b ₁₁ | b ₁₂ | a ₂₁ | a ₂₂ |
| n0 | a ₁₁ n ₀ | a ₁₂ n ₀ | a ₂₁ n ₀ | a ₂₂ n ₀ | b ₁₁ n ₀ | b ₁₂ n ₀ | b ₂₁ n ₀ | b ₂₂ n ₀ |
| n1 | a ₁₁ n ₁ | a ₁₂ n ₁ | a ₂₁ n ₁ | a ₂₂ n ₁ | b ₁₁ n ₁ | b ₁₂ n ₁ | b ₂₁ n ₁ | b ₂₂ n ₁ |
| n2 | a ₁₁ n ₂ | a ₁₂ n ₂ | a ₂₁ n ₂ | a ₂₂ n ₂ | b ₁₁ n ₂ | b ₁₂ n ₂ | b ₂₁ n ₂ | b ₂₂ n ₂ |
| n3 | a ₁₁ n ₃ | a ₁₂ n ₃ | a ₂₁ n ₃ | a ₂₂ n ₃ | b ₁₁ n ₃ | b ₁₂ n ₃ | b ₂₁ n ₃ | b ₂₂ n ₃ |
| n4 | a ₁₁ n ₄ | a ₁₂ n ₄ | a ₂₁ n ₄ | a ₂₂ n ₄ | b ₁₁ n ₄ | b ₁₂ n ₄ | b ₂₁ n ₄ | b ₂₂ n ₄ |
| n5 | a ₁₁ n ₅ | a ₁₂ n ₅ | a ₂₁ n ₅ | a ₂₂ n ₅ | b ₁₁ n ₅ | b ₁₂ n ₅ | b ₂₁ n ₅ | b ₂₂ n ₅ |
| n6 | a ₁₁ n ₆ | a ₁₂ n ₆ | a ₂₁ n ₆ | a ₂₂ n ₆ | b ₁₁ n ₆ | b ₁₂ n ₆ | b ₂₁ n ₆ | b ₂₂ n ₆ |
| n7 | a ₁₁ n ₇ | a ₁₂ n ₇ | a ₂₁ n ₇ | a ₂₂ n ₇ | b ₁₁ n ₇ | b ₁₂ n ₇ | b ₂₁ n ₇ | b ₂₂ n ₇ |
| n8 | a ₁₁ n ₈ | a ₁₂ n ₈ | a ₂₁ n ₈ | a ₂₂ n ₈ | b ₁₁ n ₈ | b ₁₂ n ₈ | b ₂₁ n ₈ | b ₂₂ n ₈ |
| n9 | a ₁₁ n ₉ | a ₁₂ n ₉ | a ₂₁ n ₉ | a ₂₂ n ₉ | b ₁₁ n ₉ | b ₁₂ n ₉ | b ₂₁ n ₉ | b ₂₂ n ₉ |
| n10 | a ₁₁ n ₁₀ | a ₁₂ n ₁₀ | a ₂₁ n ₁₀ | a ₂₂ n ₁₀ | b ₁₁ n ₁₀ | b ₁₂ n ₁₀ | b ₂₁ n ₁₀ | b ₂₂ n ₁₀ |

Factor A: Marcas de Microsílice

a₁= Sika fume; a₂= silica fume qs

Factor B: Porcentaje de Microsílice

n₀=0%, n₁=1%, n₂=2%, n₃=3%, n₄=4%, n₅=5% n₆=6%, n₇=7%, n₈=8%, n₉=9%,
n₁₀=10%

Factor C: Proporción

C1= 1:3

C2= 1:4

3.6.3. Proceso experimental

Se muestra un diagrama de flujo del procedimiento experimental llevado a cabo en esta investigación.

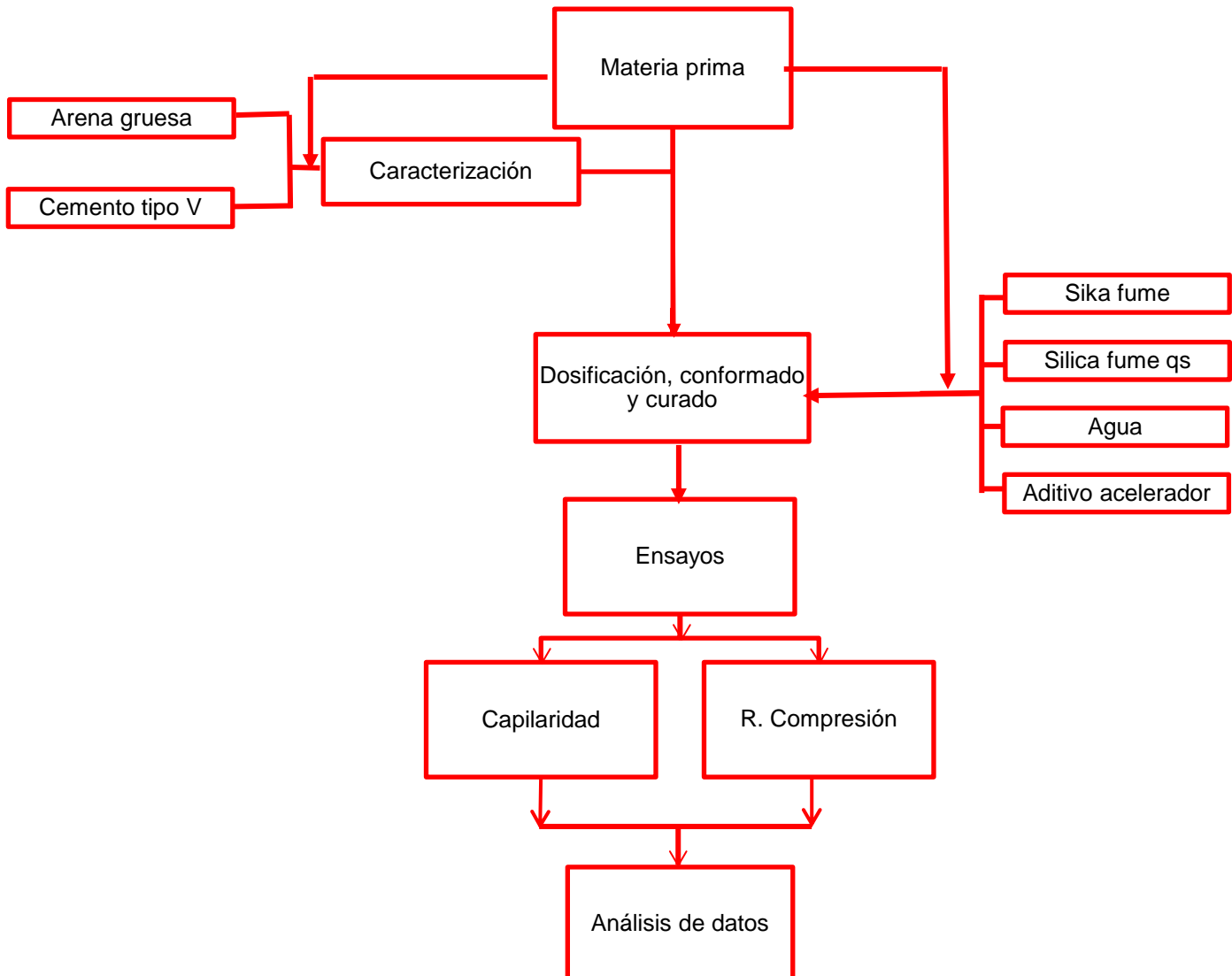


Figura N.º 7: Diagrama de bloques del procedimiento experimental.

3.6.3.1. Materia Prima

Para la elaboración de las probetas cúbicas de mortero, se emplearon los siguientes materiales:

- El cemento utilizado es el cemento Portland Tipo V, fabricado por Cemento Pacasmayo.
- La arena gruesa de la cantera “Lekersa” de Huanchaco, Trujillo.
- El agua de curado y mezclado es el agua potable utilizada en la ciudad de Trujillo; la cual es utilizada frecuentemente para realizar concreto en laboratorio.
- El aditivo acelerador es obtenido de la empresa Química Suiza Industrial del Perú (QSI), siendo el producto Accelguard 80, QSI señala que para morteros trabajables y de impermeabilidad, la dosis de este aditivo debe estar comprendido en los rangos

de 1.0 % - 2.0 % del peso del cemento. De acuerdo a ensayos se determinó que el porcentaje óptimo para este diseño es el 1.5% del peso del cemento.

3.6.3.2. Caracterización de los agregados

3.6.2.2.1. Análisis granulométrico del agregado fino según NTP 400.012

- Secar la muestra a peso constante a una temperatura de $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- Se seleccionarán tamaños adecuados de tamices para proporcionar la información requerida por las especificaciones que cubran el material a ser ensayado. El uso de tamices adicionales puede ser necesario para obtener otra información, tal como módulo de fineza o para regular la cantidad de material sobre un tamiz. Encajar los tamices en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo y colocar la muestra sobre el tamiz superior. Agitar los tamices manualmente o por medio de un aparato mecánico por un período suficiente, establecido por tanda o verificado por la medida de la muestra ensayada.
- Limitar la cantidad de material sobre el tamiz utilizado de tal manera que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar la abertura del tamiz un número de veces durante la operación de tamizado. Para tamices con aberturas menores que 4,75 mm (Nº 4), la cantidad retenida sobre alguna malla al completar el tamizado no excederá a 7 kg/m² de área superficial de tamizado- Para tamices con aberturas de 4,75 mm (Nº 4) y mayores, la cantidad retenida en kg no deberá sobrepasar el producto de 2,5 x (abertura del tamiz en mm x (área efectiva de tamizado, m²)). Esta cantidad se muestra en la Tabla 1 para 5 dimensiones de tamices de uso común. En ningún caso la cantidad retenida será mayor como para causar deformación permanente al tamiz.
- Colocar un tamiz adicional con abertura intermedia entre el tamiz que va a ser sobrecargado y el tamiz inmediatamente superior en la disposición original de tamices.
- Separar la muestra en dos o más porciones, tamizando cada porción individual. Combinar las masas de cada porción retenidas sobre un tamiz especificado antes de calcular el porcentaje de la muestra sobre el tamiz.
- Utilizar tamices de mayor armazón que provean mayor área de tamizado.
- Continuar el tamizado por un período suficiente, de tal manera que al final no más del 1 % de la masa del residuo sobre uno de los tamices, pasará a través de él durante 1 min de tamizado manual como sigue: Sostener firmemente el tamiz individual con su tapa y fondo bien ajustado en posición ligeramente inclinada en una mano. Golpear el filo contra el talón de la otra mano con un movimiento hacia arriba y a una velocidad de cerca de 150 veces por min, girando el tamiz un sexto de una revolución por cada 25 golpes. En la determinación de la eficacia del tamizado para medidas mayores de 4,75 mm (Nº 4), limitar a una capa simple de partículas sobre el tamiz.

$$\% \text{ Retenido parcial} = \frac{(100 \times \text{peso retenido}_i)}{\text{Total}} - E_c \quad (2)$$

$$\% \text{ Retenido acumulado} = \% \text{ retenido parcial}_i + \% \text{ retenido acumulado}_i - Ec \quad (3)$$

$$\% \text{ Que pasa} = 100 + \% \text{ retenido acumulado}_i - Ec \quad (5)$$

$$\text{Módulo de finura} = \frac{(\sum \% \text{ retenido acumulados en las mallas } N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100} - Ec \quad (4)$$

$$\% \text{ Arenas} = \sum \% \text{ retenido parcial} - Ec \quad (5)$$

$$\% \text{ Finos} = \text{fondo} + \% \text{ retenido parcial } N^{\circ} 200 - Ec \quad (5)$$

Después de tener la muestra seca por el previo ensayo, la muestra de 500gr pasa a través de los tamices N° 4,10,16,40,60,100,200 (tara).

Tabla N.°15: Análisis granulométrico.

| Tamices ASTM | Abertura (mm) | Peso retenido (kg) | % Retenido parcial | % Retenido acumulado | % Que pasa |
|-------------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| N°4 | 4.76 | | | | |
| N°10 | 2.00 | | | | |
| N°16 | 1.19 | | | | |
| N°40 | 0.43 | | | | |
| N°60 | 0.25 | | | | |
| N°100 | 0.16 | | | | |
| N°200 | 0.08 | | | | |
| Fondo | | | | | |
| Total (Kg) | | | | | |
| | | | | Módulo de finura: | |
| | | | | % Arenas: | |
| | | | | % Finos: | |
| | | | | Total: | |

Calcular el porcentaje que pasa, los porcentajes totales retenidos, o los porcentajes sobre cada tamiz, aproximando al 0,1% más cercano de la masa seca inicial de la muestra. Si la misma muestra fue primero ensayada por el método de ensayo que se describe en la NTP 400.018, incluir la masa de material más fino que la malla de 75 µm (N°200) calculada por el método de lavado y utilizar el total de la masa de la muestra seca previa al lavado descrito en el método de ensayo de la NTP 400.018, como base para calcular todos los porcentajes.

Cuando se requiera, calcular el módulo de fineza, sumando el porcentaje acumulado retenido de material de cada uno de los siguientes tamices (porcentaje acumulado retenido) y dividir la suma entre 100: 150 µm (N° 100); 300 µm (N° 50); 600 µm (N° 30); 1,18 mm (N° 16); 2,36 mm (N° 8); 4,75 mm (N° 4); 9,5 mm (3/8 de pulgada); 19,0 mm (3/4 de pulgada); 37,5 mm (1 1/2 pulgada) y mayores; incrementando en la relación 2 a 1.

3.6.2.2.2. Peso específico según NTP 400.022

- Se sumergió el agregado en agua a temperatura ambiente durante un tiempo de 24 horas, luego de haber el agregado, expandir la muestra sobre la superficie de una bandeja para secar el agregado uniformemente (Esta operación se repetirá hasta que los granos del agregado estén sueltos). (B)
- Colocar la muestra de ensayo en un recipiente adecuado y secar en la estufa hasta una masa constante a una temperatura $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dejar que se enfríe a temperatura apropiada de manipulación (aproximadamente $50\text{ }^{\circ}\text{C}$). (A)
- Colocamos la arena gruesa suelta en un molde cónico, aplicando 25 golpes con un pisón sobre la superficie, levantamos el molde verticalmente, hasta que un cuarto del cono se desmorone, entonces la arena estará superficialmente seca.
- Algunos agregados finos con partículas predominantemente en forma angular o con una alta proporción de finos no se asientan en el ensayo del cono, al llegar a la condición de superficie seca. Probar dejando caer un puñado de agregado fino de la prueba de cono en una superficie desde una altura de 100 mm a 150 mm, y para observar los finos en suspensión en el aire; la presencia de finos en el aire indica este problema.
- Se vuelve a tomar la muestra de 500 gr de arena gruesa colocándolo en una fiola y llenarlo con 500 ml de agua, tomamos el peso de la fiola en la balanza anotando su respectivo valor. (C)
- Decantar el exceso de agua con cuidado para evitar la pérdida de finos, extender la muestra sobre una superficie plana no absorbente expuesta a una corriente suave de aire caliente y moverla con frecuencia para garantizar el secado homogéneo.
- Después de haber introducido todos los agregados finos, colocar el tapón en la fiola y rodar la fiola en posición inclinada o suavemente girar en un círculo horizontal para desplazar todo el aire atrapado, continuando hasta que no haya más burbujas que suban a la superficie. Tomar una lectura final con el matraz y su contenido dentro de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ de la temperatura original.
- Para la determinación de la absorción, usar una porción separada del agregado fino de saturada seca superficialmente de $500\text{ g} \pm 10\text{ g}$, secar hasta masa constante y determinar la masa seca.

$$\text{Peso del agua} = (\text{peso.fiola+arena seca}) - (\text{peso.fiola+arena seca+agua}) - Ec (6)$$

$$\text{Peso suelto seco} = (\text{peso.tara} + \text{muestra seca}) - (\text{peso.tara}) - Ec (7)$$

$$\text{Peso específico de masa} = \frac{A}{B+S-C} - Ec (8)$$

$$\text{Peso superficialmente seco} = \frac{A}{B-D} - Ec (9)$$

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{A}{B+A-C} - Ec (10)$$

$$\text{Absorción (\%)} = \left(\frac{S-A}{A} \right) \times 100 (\%) - E_c \quad (11)$$

Dónde:

A=Peso de la muestra seca en la estufa (g), paso 12

B=Peso de la fiola lleno de agua (g), paso 6

C=Peso total de la fiola aforado con muestra y llena de agua (g), paso 4

S=Peso de la muestra saturada, con superficie seca (g), paso 3 y 1

D= Peso del agua

Tabla N.°16: Peso específico.

| Valores de ensayo | Und. | Promedio |
|--|------|----------|
| Etiquetado de fiola | | |
| 1. Peso. fiola | gr. | |
| 2. Peso. fiola + 500ml agua | gr. | |
| 3. Peso. fiola + muestra de arena superficialmente seca | gr. | |
| 4. Peso. fiola + agua + muestra de arena superficialmente seca | gr. | |
| 5. Peso. del agua | gr. | |
| 6. Vol. de fiola | ml | |
| Valores obtenidos después de 1 día en el horno | | |
| 7. Tara N° | | |
| 8. Peso. tara | | |
| 10. Peso. tara + muestra seca | gr. | |
| 12. Peso suelo seco: | gr. | |
| Cálculos | | |
| 13. Peso específico de masa: | gr. | |
| 14. Peso específico superficialmente seco: | gr. | |
| 15. Peso específico aparente: | gr. | |
| 16. Absorción %: | % | |

3.6.2.2.3. Peso unitario agregados según NTP 400.017

Procedimiento del peso Unitario Suelto Seco:

- Se pesa el molde (T) y se coloca el molde en un sitio nivelado.
- Luego se llenó por medio de una cuchara o pala a una altura que no excedía de 2" por encima del borde superior del molde hasta que el material rebose éste; teniendo el cuidado de evitar en la medida de lo posible la segregación.
- Se niveló la superficie con una regla enrasadora (en agregado fino o grueso) teniendo el cuidado de no presionar mucho para no compactar ligeramente su estado suelto o nivelando directamente con los dedos (en agregado grueso) de forma tal que ninguna pieza se proyecte o balancee los huecos en la superficie por debajo del borde del recipiente la medida de lo posible la segregación. (G)

- Después se procedió a realizar los cálculos respectivos.

$$\text{Volumen del recipiente} = \frac{\text{Peso del agua contenida en el recipiente}}{\text{Factor del agua a } 23^{\circ}\text{C (997.5 kg/cm}^3\text{)}} - Ec (12)$$

$$\text{PUSS} = \frac{\text{Peso del agregado suelto (G)} - \text{Peso del recipiente (T)}}{\text{Volumen del recipiente (V)}} - Ec (13)$$

Gs: Peso unitario del agregado suelto + peso del recipiente. (kg)

T: Peso del recipiente. (kg)

V: Volumen del recipiente. (m³)

PUSS: Peso unitario suelto. (kg/m³)

Procedimiento del peso Unitario Suelto Compactado:

- Se pesa el molde (T) y se hecha la arena en el molde hasta 1/3 de su capacidad.
- Luego con la varilla se golpea 25 veces en forma de espiral de afuera hacia adentro, Se sigue agregando la muestra hasta los 2/3 de la capacidad del recipiente y nuevamente se golpea 25 veces.
- Se golpea 12 veces el mole para el acomodo del material.
- Finalmente, se llena el recipiente hasta que desborde y se compacta con 25 apisonadass (PUCS).
- Luego se quita con cuidado el excedente, para que este esté al nivel del recipiente y se les da 2 golpes a los lados para terminar de compactar.
- Se mueve y limpia el exceso del agregado con la brocha.
- Finalmente se pesa la muestra.

$$\text{Volumen del recipiente} = \frac{\text{Peso del agua contenida en el recipiente}}{\text{Factor del agua a } 23^{\circ}\text{C (997.5 kg/cm}^3\text{)}} - Ec (14)$$

$$\text{PUCS} = \frac{\text{Peso del agregado suelto (G)} - \text{Peso del recipiente (T)}}{\text{Volumen del recipiente (V)}} - Ec (15)$$

Gc: Peso unitario del agregado compactado + peso del recipiente. (kg)

T: Peso del recipiente. (kg)

V: Volumen del recipiente. (m³)

PUCS: Peso unitario compactado. (kg/m³)

Tabla N.º17: Peso unitario suelto seco y peso unitario compactado seco.

| Ensayo | Recipiente N°: | Promedio |
|-------------------------------|--|----------|
| | Volumen del recipiente (m ³) (V) | |
| | Peso de recipiente (kg) (T) | |
| Peso unitario suelto seco | Peso de recipiente + muestra suelta (kg) | |
| | Peso de la muestra suelta (kg) (Gc) | |
| | Peso unitario suelto (kg) | |
| Peso unitario compactado seco | Peso de recipiente + muestra suelta (kg) | |
| | Peso de la muestra compactada (kg) (Gc) | |
| | Peso unitario compactado (kg) | |

También puede utilizarse para la determinación de la relación masa/volumen para conversiones, en acuerdo con el comprado ya que no se conoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad de transporte o depósito y aquella contiene humedad absorbida y superficial (que posteriormente puede afectar la capacidad), mientras que este método determina el peso unitario seco.

Se incluye un procedimiento para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas del agregado a partir de este método de peso unitario.

Precisión para un sólo operador (REPETIBILIDAD): La desviación típica ha sido establecida en 14 kg/m³ (0,88 lb/p³). Luego los resultados de dos ensayos realizados por un sólo operador con un mismo material no diferirán en más de 40 kg/m³ (2,5 lb/p³).

3.6.2.2.4. Humedad total evaporable de agregados por secado según NTP 339.185

- Determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1 %, pesar la muestra completamente en estado natural. (Ph).
- Secar la muestra completamente en el recipiente por medio de la fuente de calor elegida, teniendo cuidado de evitar la pérdida de las partículas. Un secado muy rápido puede causar que exploten algunas partículas resultando en pérdidas de partículas. (Ps)
- Usar un horno de temperatura controlada cuando el calor excesivo puede alterar las características del agregado o cuando se requiera una medición más precisa. Si se usa una fuente de calor diferente al horno de temperatura controlada revolver la muestra durante el secado para acelerar la operación y evitar sobrecalentamiento localizado. Cuando se use un horno microondas, es opcional el revolver la muestra
- Precaución: cuando se utiliza un horno microondas, los minerales aliados ocasionalmente presentes en los agregados pueden causar que el material se sobrecaliente y explote. Si esto ocurre puede dañar el microondas.
- Cuando se use una plancha o cocina, el secado puede acelerarse mediante el siguiente procedimiento: Añadir suficiente alcohol anhidro hasta cubrir la muestra húmeda.
- Revolver y permitir que el material suspendido se asiente. Decantar la mayor cantidad posible de alcohol sin perder ninguna partícula de la muestra. Encender el alcohol

remanente y permitir que arda hasta que se consuma durante el secado de la muestra sobre la plancha o cocina.

- La muestra estará suficientemente seca cuando la aplicación de calor adicional cause o pueda causar menos de 0,1 % de pérdida adicional de masa.
- Determinar la masa de la muestra seca con una aproximación de 0,1 % después que se haya secado y enfriado lo suficiente para no dañar la balanza.

$$W\% = \left[\frac{Ph - Ps}{Ps} \right] \times 100 - Ec \quad (16)$$

Dónde:

Ph = peso natural del material.

Ps = Peso seco del material.

Tabla N.º18: Contenido de humedad.

| Datos (g) | Promedio |
|--------------------------------|----------|
| Recipiente N°: | |
| Peso suelo húmedo + recipiente | |
| Peso suelo seco + recipiente | |
| Peso de recipiente (g) | |
| Peso del agua (g) | |
| Peso seco (g) (Ps) | |
| Humedad (%) | |

3.6.3. Tipos de microsíllice

Las microsíllices sika fume de la marca Sika y silica fume qs de la marca Química Suiza Industrial del Perú, la cual se estudiará la influencia de adición de dichas marcas en el mortero, la microsíllice sika fume con dosificación recomendada por sus fichas técnicas del 1 al 10% del peso del cemento, anteriormente ya ha sido estudiada en el trabajo de investigación de Córdova, M. y Portugal, J. (2014), más no ha sido comparada con otra microsíllice, en este caso se escogió la microsíllice silica fume qs por su limitación del uso de aplicación del 5% al 10% según su ficha técnica, evaluando su resistencia y capilaridad del 1% al 10% de dosificación sobre el peso del cemento.

3.6.4. Dosificación

Previamente se toma a partir de probar cada relación cemento/arena en morteros, siendo estas de 1:1, 1:2, 1:3, 1:4... teniendo en cuenta de que los más utilizados para revestimiento es la de 1:3.

Después de elegir qué relación utilizaremos para la elaboración de morteros con porcentajes de micro sílice, calculamos a partir de 1000g iniciales para distribuirlos en el molde de cubos de 5x5x5, moldes de capacidad de 9 cubos, dejando 1 espacio vacío para su fácil desencofrado.

A partir de esa relación se pudo calcular el volumen que ocupa cada mezcla de mortero en los moldes de cubos, donde se obtuvo 6 cubos por cada mezcla de mortero en diferentes porcentajes, con eso se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla N.°19: Mezclas de mortero al 0% - 10% de microsíllice.

| % Microsíllice | Relación arena/cemento | Relación a/c | Peso para 9 Cubos (gr): 2550 | | | |
|----------------|------------------------|--------------|------------------------------|--------|-------|--------------|
| | | | Cemento | Arena | Agua | Microsíllice |
| 0% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 0.00 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 0.00 |
| 1% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 6.4 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 5.1 |
| 2% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 12.8 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 10.2 |
| 3% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 19.1 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 15.3 |
| 4% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 25.5 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 20.4 |
| 5% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 31.9 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 25.5 |
| 6% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 38.3 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 30.6 |
| 7% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 44.6 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 35.7 |
| 8% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 51.0 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 40.8 |
| 9% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 57.4 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 45.9 |
| 10% | 1 : 3 | 0.65 | 637.5 | 1912.5 | 414.4 | 63.8 |
| | 1 : 4 | 0.70 | 510.0 | 2040.0 | 357.0 | 51.0 |

3.6.5. Conformación de probetas cúbicas y curadas

- Se comenzó pesando los materiales en una balanza electrónica de 5 kg con un error de 0.1g para tener la exacta distribución de materiales a mezclar.
- Luego se procedió a mezclar los materiales, primero teniendo como base el cemento, para evitar la pérdida de partículas, luego agregando la arena gruesa, luego la Microsíllice y al final agregado agua de a pocos para tener una mejor consistencia.
- Los moldes son aceitados y luego se deja una casilla en sin llenar para evitar la combinación de la mezcla en las demás casillas.
- Luego se conforman las probetas cubicas en el molde en dos capas con 25 golpes cada una, después se moja un plástico para cubrir el molde y así dejar secar por 24 horas para luego proceder a curar las probetas con agua más cal en una mini poza de curado.

3.6.6. Resistencia a la compresión ASTM C109

- Primero se retiran las probetas cubicas de mortero de la poza de curado, de acuerdo a la edad de curado para proceder a realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

- Luego se miden los lados de cada probeta cubica con un vernier, obteniendo su largo, ancho y alto.
- Después se secan las superficies para recapar con azufre previamente derretido, las bases superior e inferior donde se someterá a cargas en la probeta.
- Se colocan las probetas en la máquina de compresión, indicando sus dimensiones para así aplicar una carga a una velocidad de 0.90 KN/seg la carga se aplica hasta que la máquina registra su resistencia máxima del cubo de mortero.

$$F_m = \frac{P}{A} - E_c \quad (17)$$

F_m= Resistencia a la compresión (N/mm² x10.19 = Kg/cm²)

P= Es la carga máxima total en (KN).

A= Área de la superficie de carga (mm)

Después de curar las probetas a 7 días, procedemos a ensayarlas para tener una relación de su resistencia inicial y corrección de errores, obteniendo los siguientes resultados:

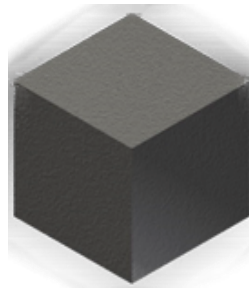


Figura N.º 8: Figura en 3D de una probeta cúbica de 5cmx5cmx5cm.

3.6.7. Capilaridad ASMT C39

- Primero se realiza a los 28 días de edad del mortero.
- Luego retiran las probetas cúbicas de mortero de la poza de curado, y se deja secar en el horno por 48 horas para tener el peso seco.
- Después se miden las caras de cada cubo con un vernier y se sella cada cara con una cinta o con cera de vela derretida.
- Inmediatamente se pesa el peso seco de cada cubo, y se colocan las probetas en un molde de vidrio de 60cmx30cm con 13cm de altura, llenándolo con agua a 1mm de altura.
- Se comienzan a pesar en lapsos de tiempo de 0s, 60s, 300s, 600s, 1200s, 1800s, 3600s, 7200s, 10800s, 14400s, 18000s, 21600s, 92220s, 193200s, 268500s, 432000s, 527580s, 622200s, 691200s.
- Finalmente se pesan los cubos saturados con agua por 8 días seguidos, calculado su absorción.

$$I = \frac{m_t}{a \times d} - E_c \quad (18)$$

I = Absorvencia

m_t = El cambio en la masa de la muestra en gramos, en el momento t.

a = el área expuesta de la muestra, en mm²

d = la densidad del agua en g / mm²

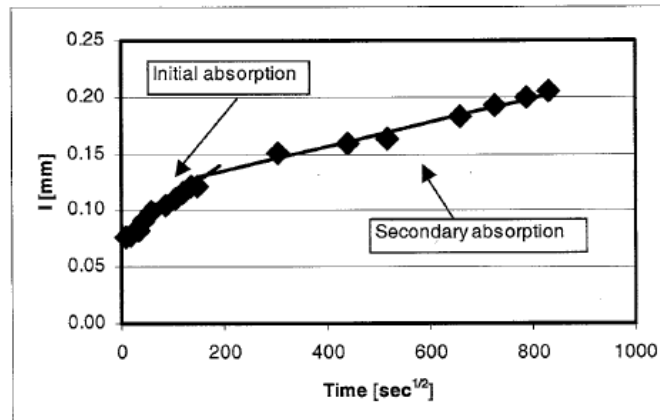


Figura N.º 9: Absorvencia – tiempo para capilaridad.

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

3.7.1. Método de análisis de datos

El método de análisis de datos de la presente investigación, se basará en el método de inferencia estadística, este método permite inducir a través de una muestra, el comportamiento de una determinada población, de la misma manera se estudia también el grado de fiabilidad de los resultados extraídos del estudio.

3.7.2. Instrumento de análisis de datos

Evaluando previamente la normalidad mediante la prueba de Shapiro – Wilk, mediante el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), comprobando la normalidad, se procede a realizar las pruebas paramétricas, siendo el instrumento a utilizar el Analysis of Variance (ANOVA), que permite determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de tres o más grupos, en cuanto al análisis de los resultados obtenidos de la investigación primero se clasificará los datos obtenidos de los ensayos, luego se tabulará y graficará los resultados mediante la estadística, empleándose la media como la principal medida de tendencia central y las medidas de dispersión como la varianza, desviación estándar y coeficiente de variación.

En esta investigación, se considerará como hipótesis:

- **Hipótesis nula (H₀):** Es igual a un valor hipotético; la hipótesis nula suele ser una afirmación inicial que se basa en análisis previos o en conocimiento especializado.

- **Hipótesis alterna (H_1):** Indica que un parámetro de población es más pequeño, más grande o diferente del valor hipotético de la hipótesis nula. La hipótesis alternativa es lo que se podría pensar que es cierto o espera probar que es cierto.

3.7.2.1. Test de Duncan

Es un test de comparaciones múltiples, permite comparar las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA.

3.7.2.2. Test de Games Howell

Esta prueba post hoc, está diseñada para varianzas desiguales y tamaños de muestras desiguales, se basa en la distribución estadística q .

3.7.3. Procedimiento de análisis de datos

3.7.3.1. Grados de libertad

Este valor se determina según el número de observaciones de la muestra y el número de parámetros del modelo

- Grados de libertad de la variable (A)

$$G.L = k - 1 - Ec \quad (19)$$

- Grados de libertad del error

$$G.L = N - k - Ec \quad (20)$$

Donde:

k = Número de niveles de la variable (A).

N = Número total de muestras.

3.7.3.2. Nivel de significancia

Para evaluar el nivel de significancia estadística, se examina el valor p de la prueba, si el valor p está por debajo de un nivel de significancia (α) especificado (generalmente 0.10, 0.05 o 0.01), se puede decir que la diferencia es estadísticamente significativa y rechazar la hipótesis nula de la prueba, para en este caso se tomó $\alpha = 0.05$ para un nivel de confianza de (95%).

3.7.3.3. Criterio de rechazo

Según Montgomery (2006), la hipótesis alterna H_1 se acepta si $F_0 > F_{\alpha((a-1),(n-1))}$

F_0 , se obtiene experimentalmente.

$F_{\alpha((a-1),(n-1))}$, se obtiene mediante tablas estadísticas (Anexo)

Donde:

n = Número de niveles.

a= Número de réplicas.

3.7.3.4. Intervalos de confianza

Según Montgomery (2006), los intervalos de confianza se calculan con la siguiente formula:

$$\mu = X \pm t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad Ec (21)$$

Donde:

n=Número de niveles.

σ = Desviación estándar.

X= Promedio

t= T - student.

3.7.3.5. Análisis de varianza

Según Montgomery (2006), los análisis de varianza se calculan con las siguientes formulas:

- Suma de cuadrados de tratamientos

$$SCT_{TRAT.} = \sum_{i=1}^b \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y^2}{N} \quad Ec (22)$$

- Suma de cuadrados totales

$$SCT = \sum_{i=1}^k * \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y^2}{N} \quad Ec (23)$$

- Suma de cuadrados de error

$$SC_E = SCT - SC_{TRAT.} \quad Ec (24)$$

- Suma de cuadrados medios

$$CM_{TRAT.} = \frac{SC_{TRAT.}}{K-1} \quad Ec (25)$$

$$CM_E = \frac{SC_E}{N-K} \quad Ec (26)$$

Donde:

N=Número total de réplicas.

K=Número de niveles del factor K.

B=Número de niveles del factor B.

Y =Media general de todas las observaciones.

Y_i =Media del $i^{\text{ésimo}}$ nivel del factor K.

Y_j =Media del $j^{\text{ésimo}}$ nivel del factor B.

Y_{ij} =Media del $i^{\text{ésimo}}$ nivel del factor K y el $j^{\text{ésimo}}$ nivel del factor B.

3.7.3.6. Media aritmética

La definimos como el valor característico de la serie de datos resultado de la suma de todas las observaciones dividido por el número total de datos.

Se suma todos los resultados de cada ensayo por dosificación, así como lo indica la fórmula siguiente:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} - Ec (27)$$

Donde:

\bar{x} = Media Aritmética.

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra.

n = Tamaño de la muestra.

3.7.3.7. Varianza

La varianza en estadística es la raíz cuadrada de la desviación estándar, siendo una media de las frecuencias con la media elevadas al cuadrado.

Para determinar la varianza de cada ensayo, se reemplaza los datos hallados de cada dosificación en la siguiente fórmula:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} - Ec (28)$$

Donde:

σ^2 = Varianza

Σ = Sumatoria.

x_i = Observación de la muestra.

\bar{x} = Media Aritmética.

n = Tamaño de la muestra.

3.7.3.8. Desviación estándar

La desviación estándar es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

El dato de la varianza de cada ensayo se reemplaza en la fórmula siguiente para determinar la desviación estándar:

$$DS = \sqrt{\sigma^2} - Ec (29)$$

Dónde: σ^2 = Varianza

3.7.3.9. Coeficiente de variación

El coeficiente de variación permite comparar la dispersión entre dos poblaciones distintas e incluso, comparar la variación producto de dos variables diferentes (que pueden provenir de una misma población).

El coeficiente de variación elimina la dimensionalidad de las variables y tiene en cuenta la proporción existente entre una medida de tendencia y la desviación típica o estándar.

$$CV = \frac{DS}{\bar{x}} \times 100 - Ec (30)$$

Donde:

DS = Desviación estándar

\bar{x} = Media Aritmética

3.7.4. Procedimiento de análisis de datos

El coeficiente de variación de control se realizó, para la resistencia a compresión (ASTM C109) y capilaridad (ASTM 1585), según Pasquel (2000), estos valores estipulados son para 3 réplicas de ensayo. La desviación estándar y el coeficiente de variación se determinaron de la siguiente manera:

$$\text{Desviación estándar} = \sqrt{\frac{\sum (x - p)^2}{n - 1}} - Ec (31)$$

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{\delta}{p} \times 100 - Ec (32)$$

Σ : Sumatoria.

X: Valor de un dato.

p: Valor de la media o promedio.

n: cantidad de datos.

δ : Desviación estándar.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de la materia prima

4.1.1. Arena gruesa

Granulometría

Tabla N.º20: Arena gruesa – muestra 02.

| Tamices ASTM | Abertura (Mm) | Peso retenido (Kg) | % Retenido parcial | % Retenido acumulado | % Que pasa |
|-------------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| Nº4 | 4.76 | 22.7 | 2.9 | 2.9 | 97 |
| Nº10 | 2.00 | 104.6 | 13.0 | 15.9 | 84 |
| Nº16 | 1.19 | 100.9 | 12.7 | 28.6 | 71 |
| Nº40 | 0.43 | 76.4 | 9.6 | 38.1 | 62 |
| Nº60 | 0.25 | 107.7 | 13.5 | 51.6 | 48 |
| Nº100 | 0.15 | 310.5 | 38.9 | 90.5 | 10 |
| Nº200 | 0.07 | 64.6 | 8.1 | 98.6 | 1 |
| Fondo | | 11.6 | 1.5 | 100 | 0 |
| Total (kg) | | 797.8 | 100 | - | - |
| Módulo de finura: | | | | | 2.3 |
| % Arenas: | | | | | 90 |
| % Finos: | | | | | 10 |
| Total: | | | | | 100 |

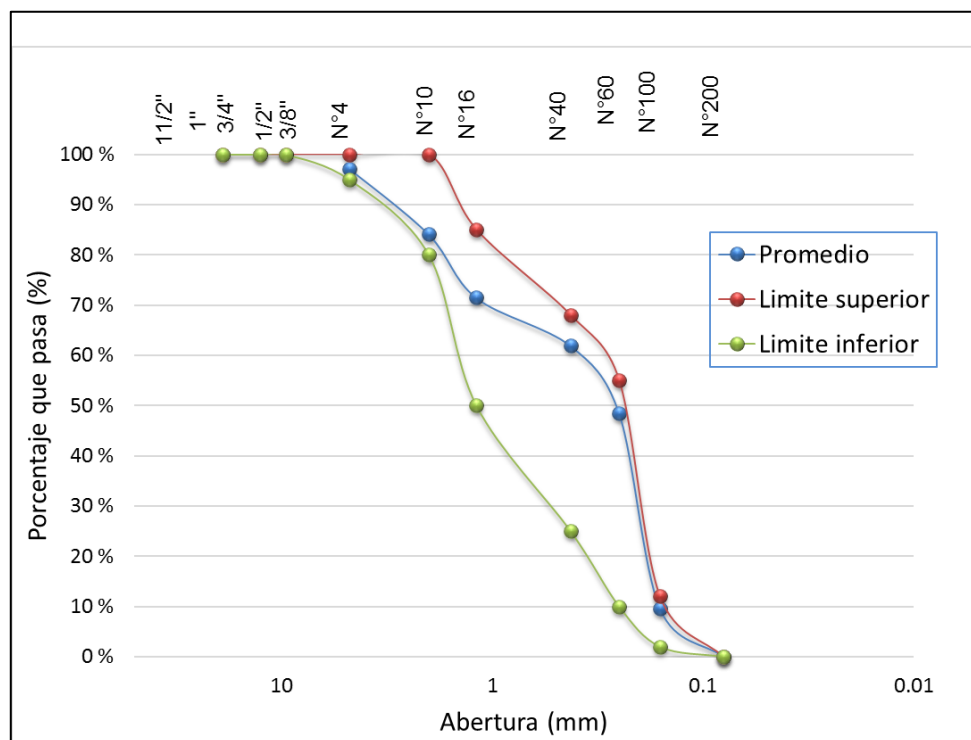


Figura N.º 10: Curva granulométrica – arena gruesa promedio.

Contenido de humedad

Tabla N.°21: Resultados del ensayo de contenido de humedad de las muestras 01, 02, 03.

| Datos | Promedio |
|------------------------------------|------------|
| Recipiente N°: | CH |
| Peso suelo húmedo + recipiente (g) | 350 |
| Peso suelo seco + recipiente (g) | 348.0 |
| Peso de recipiente (g) | 141.0 |
| Peso del agua (g) | 2.0 |
| Peso suelo seco (g) | 207.1 |
| Humedad (%) | 1.0 |

Peso específico

Tabla N.°22: Resultados obtenidos del peso específico.

| Valores de ensayo | und. | Promedio |
|--|------|----------|
| Etiquetado de fiola | | F1 |
| 1. Peso. fiola | gr. | 171.9 |
| 2. Peso. fiola + 500ml agua | gr. | 680.3 |
| 3. Peso. fiola + muestra de arena superficialmente seca | gr. | 669.4 |
| 4. Peso. fiola + agua + muestra de arena superficialmente seca | gr. | 987.6 |
| 5. Peso. del agua | gr. | 318.1 |
| 6. Vol. de fiola | ml | 500 |
| Valores obtenidos después de 1 día en el horno | | |
| 7. Tara N° | | AF2 |
| 8. Peso tara | | 116.9 |
| 10. Peso tara + muestra seca | gr. | 603.1 |
| 12. Peso suelo seco | gr. | 486.3 |
| Cálculos | | |
| 13. Peso específico de masa | gr. | 2.6 |
| 14. Peso específico superficialmente seco | gr. | 2.9 |
| 15. Peso específico aparente | gr. | 2.2 |
| 16. Absorción % | % | 2.3 |

Peso unitario

Tabla N.°23: Resultados peso unitario suelto seco.

| Ensayo | Recipiente N°: | Promedio |
|-------------------------------|--|----------|
| | Volumen del recipiente (m ³) (V) | 0.002 |
| | Peso de recipiente (kg) (T) | 6.1 |
| | Peso de recipiente + muestra suelta (kg) | 9.5 |
| Peso unitario suelto seco | Peso de la muestra suelta (kg) (Gc) | 3.4 |
| | Peso unitario suelto (kg) | 1686 |
| | Peso de recipiente + muestra suelta (kg) | 9.9 |
| Peso unitario compactado seco | Peso de la muestra compactada (kg) (Gc) | 3.8 |
| | Peso unitario compactado (kg) | 1849 |

4.2. Ensayos realizados

4.2.1. Resistencia a la compresión

Tabla N.°24: Resistencias de morteros de cemento : arena.

| Tipo de microsíllice | Resistencia a la compresión (Kg/cm ²) | | | | | | |
|----------------------|---|--------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | Microsíllice (%) | 7 días | | 28 días | | 56 días | |
| | | 1:3 | 1:4 | 1:3 | 1:4 | 1:3 | 1:4 |
| Silica fume qs | 0 | 143 | 135 | 259 | 255 | 354 | 347 |
| | 1 | 153 | 148 | 270 | 255 | 358 | 348 |
| | 2 | 162 | 155 | 296 | 270 | 360 | 350 |
| | 3 | 176 | 169 | 326 | 285 | 369 | 360 |
| | 4 | 196 | 181 | 342 | 303 | 391 | 381 |
| | 5 | 202 | 199 | 337 | 282 | 382 | 372 |
| | 6 | 222 | 205 | 319 | 336 | 378 | 368 |
| | 7 | 193 | 186 | 348 | 223 | 400 | 390 |
| | 8 | 217 | 205 | 385 | 291 | 421 | 409 |
| | 9 | 248 | 183 | 355 | 307 | 411 | 400 |
| | 10 | 270 | 185 | 341 | 311 | 376 | 366 |
| Sika fume | 1 | 266 | 159 | 286 | 266 | 368 | 285 |
| | 2 | 289 | 168 | 311 | 268 | 371 | 295 |
| | 3 | 317 | 183 | 342 | 279 | 388 | 313 |
| | 4 | 331 | 205 | 357 | 295 | 408 | 335 |
| | 5 | 327 | 232 | 352 | 313 | 396 | 315 |
| | 6 | 310 | 244 | 335 | 292 | 385 | 367 |
| | 7 | 335 | 257 | 362 | 275 | 420 | 327 |
| | 8 | 371 | 226 | 401 | 262 | 432 | 321 |
| | 9 | 344 | 258 | 371 | 283 | 424 | 317 |
| | 10 | 331 | 221 | 357 | 248 | 389 | 307 |

4.2.2. Capilaridad

Tabla N.°25: Absorvancia promedio patrón de morteros cemento : arena.

| Muestra | | Patrón | |
|------------|---------|--------|------|
| Tiempo (s) | √Tiempo | 1:3 | 1:4 |
| 0 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 60 | 8 | 0.01 | 0.01 |
| 300 | 17 | 0.01 | 0.01 |
| 600 | 24 | 0.02 | 0.01 |
| 1200 | 35 | 0.02 | 0.01 |
| 1800 | 42 | 0.02 | 0.01 |
| 3600 | 60 | 0.02 | 0.01 |
| 7200 | 85 | 0.02 | 0.01 |
| 10800 | 104 | 0.02 | 0.01 |
| 14400 | 120 | 0.03 | 0.01 |
| 18000 | 134 | 0.03 | 0.02 |
| 21600 | 147 | 0.03 | 0.02 |
| 92220 | 304 | 0.03 | 0.02 |
| 193200 | 440 | 0.03 | 0.02 |
| 268500 | 518 | 0.03 | 0.02 |
| 432000 | 657 | 0.04 | 0.02 |
| 527580 | 726 | 0.04 | 0.02 |
| 622200 | 789 | 0.04 | 0.02 |
| 691200 | 831 | 0.04 | 0.02 |

Tabla N.º26: Absorvencia Qsi y Sika relación 1(cemento) : 3 (arena gruesa) / porcentaje de microsíllice.

| Muestra | | 1:3 / 1% | | 1:3 / 2% | | 1:3 / 3% | | 1:3 / 4% | | 1:3 / 5% | | 1:3 / 6% | | 1:3 / 7% | | 1:3 / 8% | | 1:3 / 9% | | 1:3 / 10% | |
|------------|-------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|-----------|------|
| Tiempo (s) | √Tiempo (s) | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA |
| 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 60 | 8 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| 300 | 17 | 0.01 | 0.03 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| 600 | 24 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| 1200 | 35 | 0.01 | 0.04 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 |
| 1800 | 42 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 3600 | 60 | 0.02 | 0.06 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.03 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 7200 | 85 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.04 | 0.02 | 0.06 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 10800 | 104 | 0.02 | 0.07 | 0.03 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 14400 | 120 | 0.02 | 0.08 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 18000 | 134 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 21600 | 147 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.07 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 |
| 92220 | 304 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.05 | 0.03 | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 193200 | 440 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.06 | 0.03 | 0.06 | 0.03 | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 268500 | 518 | 0.03 | 0.10 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 0.08 | 0.02 | 0.04 | 0.01 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 432000 | 657 | 0.03 | 0.10 | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 0.08 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 527580 | 726 | 0.04 | 0.10 | 0.04 | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 0.03 | 0.08 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.05 | 0.02 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 622200 | 789 | 0.04 | 0.10 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.07 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.06 | 0.02 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |
| 691200 | 831 | 0.04 | 0.11 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.07 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.05 | 0.02 | 0.06 | 0.02 | 0.06 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 |

Tabla N.º27: Absorvencia Qsi y Sika relación 1(cemento):4 (arena gruesa) / porcentaje de microsíllice.

| Muestra | | 1:4 / 1% | | 1:4 / 2% | | 1:4 / 3% | | 1:4 / 4% | | 1:4 / 5% | | 1:4 / 6% | | 1:4 / 7% | | 1:4 / 8% | | 1:4 / 9% | | 1:4 / 10% | |
|---------------|-------------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|----------|------|-----------|------|
| Tiempo (s) | √Tiempo (s) | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA | QSI | SIKA |
| 0 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 60 | 8 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 300 | 17 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 600 | 24 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 1200 | 35 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 1800 | 42 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 3600 | 60 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 |
| 7200 | 85 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01 |
| 10800 | 104 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 14400 | 120 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 18000 | 134 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 21600 | 147 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 92220 | 304 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 193200 | 440 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 268500 | 518 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 432000 | 657 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 527580 | 726 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 622200 | 789 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 691200 | 831 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

4.2.3. Análisis de datos

Tabla N.º28: Análisis de datos Qsi relación 1:3 y 1:4 a 7 días de curado.

| Días de curado | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) |
|----------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|
| 7 | 1:3 | 1 | 153 | 0.27 | 0.18 | 1:4 | 1 | 148 | 0.21 | 0.14 |
| | 1:3 | 2 | 162 | 0.20 | 0.13 | 1:4 | 2 | 155 | 0.21 | 0.14 |
| | 1:3 | 3 | 176 | 0.16 | 0.09 | 1:4 | 3 | 169 | 0.26 | 0.15 |
| | 1:3 | 4 | 196 | 0.41 | 0.21 | 1:4 | 4 | 181 | 0.41 | 0.23 |
| | 1:3 | 5 | 202 | 0.46 | 0.23 | 1:4 | 5 | 199 | 0.41 | 0.21 |
| | 1:3 | 6 | 222 | 0.27 | 0.12 | 1:4 | 6 | 205 | 0.46 | 0.22 |
| | 1:3 | 7 | 193 | 0.16 | 0.08 | 1:4 | 7 | 186 | 0.99 | 0.53 |
| | 1:3 | 8 | 217 | 0.26 | 0.12 | 1:4 | 8 | 205 | 0.33 | 0.16 |
| | 1:3 | 9 | 248 | 0.36 | 0.14 | 1:4 | 9 | 183 | 0.26 | 0.14 |
| | 1:3 | 10 | 270 | 0.36 | 0.13 | 1:4 | 10 | 185 | 0.33 | 0.18 |

Tabla N.º29: Análisis de datos Sika relación 1:3 y 1:4 a 7 días de curado.

| Días de curado | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) |
|----------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|
| 7 | 1:3 | 1 | 266 | 0.31 | 0.12 | 1:4 | 1 | 159 | 1.01 | 0.63 |
| | 1:3 | 2 | 289 | 0.37 | 0.13 | 1:4 | 2 | 168 | 0.97 | 0.57 |
| | 1:3 | 3 | 317 | 2.01 | 0.63 | 1:4 | 3 | 183 | 1.21 | 0.66 |
| | 1:3 | 4 | 331 | 0.37 | 0.11 | 1:4 | 4 | 205 | 0.84 | 0.41 |
| | 1:3 | 5 | 327 | 0.31 | 0.09 | 1:4 | 5 | 232 | 1.49 | 0.64 |
| | 1:3 | 6 | 310 | 0.41 | 0.13 | 1:4 | 6 | 244 | 0.41 | 0.17 |
| | 1:3 | 7 | 335 | 0.27 | 0.08 | 1:4 | 7 | 257 | 0.20 | 0.08 |
| | 1:3 | 8 | 371 | 0.41 | 0.11 | 1:4 | 8 | 226 | 1.49 | 0.66 |
| | 1:3 | 9 | 344 | 0.27 | 0.08 | 1:4 | 9 | 258 | 1.14 | 0.44 |
| | 1:3 | 10 | 331 | 0.27 | 0.08 | 1:4 | 10 | 221 | 0.26 | 0.12 |

Tabla N.º30: Análisis de datos Qsi relación 1:3 y 1:4 a 28 días de curado.

| Días de curado | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) |
|----------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|
| 28 | 1:3 | 1 | 270 | 0.46 | 0.17 | 1:4 | 1 | 255 | 1.86 | 0.73 |
| | 1:3 | 2 | 296 | 0.46 | 0.16 | 1:4 | 2 | 270 | 0.85 | 0.31 |
| | 1:3 | 3 | 326 | 0.87 | 0.27 | 1:4 | 3 | 285 | 0.52 | 0.18 |
| | 1:3 | 4 | 342 | 0.75 | 0.22 | 1:4 | 4 | 303 | 3.02 | 1.00 |
| | 1:3 | 5 | 337 | 0.74 | 0.22 | 1:4 | 5 | 282 | 0.06 | 0.02 |
| | 1:3 | 6 | 319 | 0.33 | 0.10 | 1:4 | 6 | 336 | 3.24 | 0.97 |
| | 1:3 | 7 | 348 | 1.10 | 0.32 | 1:4 | 7 | 223 | 2.29 | 1.03 |
| | 1:3 | 8 | 385 | 0.21 | 0.06 | 1:4 | 8 | 291 | 1.43 | 0.49 |
| | 1:3 | 9 | 355 | 1.28 | 0.36 | 1:4 | 9 | 307 | 0.16 | 0.05 |
| | 1:3 | 10 | 341 | 1.03 | 0.30 | 1:4 | 10 | 311 | 0.31 | 0.10 |

Tabla N.º31: Análisis de datos Sika relación 1:3 y 1:4 a 28 días de curado.

| Días de curado | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) |
|----------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|
| 28 | 1:3 | 1 | 286 | 0.37 | 0.13 | 1:4 | 1 | 266 | 0.46 | 0.17 |
| | 1:3 | 2 | 311 | 0.43 | 0.14 | 1:4 | 2 | 268 | 0.16 | 0.06 |
| | 1:3 | 3 | 342 | 2.18 | 0.64 | 1:4 | 3 | 279 | 0.16 | 0.06 |
| | 1:3 | 4 | 357 | 0.43 | 0.12 | 1:4 | 4 | 295 | 0.36 | 0.12 |
| | 1:3 | 5 | 352 | 0.36 | 0.10 | 1:4 | 5 | 313 | 0.41 | 0.13 |
| | 1:3 | 6 | 335 | 0.41 | 0.12 | 1:4 | 6 | 292 | 0.48 | 0.17 |
| | 1:3 | 7 | 362 | 0.27 | 0.07 | 1:4 | 7 | 275 | 0.16 | 0.06 |
| | 1:3 | 8 | 401 | 0.41 | 0.10 | 1:4 | 8 | 262 | 0.26 | 0.10 |
| | 1:3 | 9 | 371 | 0.27 | 0.07 | 1:4 | 9 | 283 | 0.21 | 0.08 |
| | 1:3 | 10 | 357 | 0.31 | 0.09 | 1:4 | 10 | 248 | 0.39 | 0.16 |

Tabla N.º32: Análisis de datos Qsi relación 1:3 y 1:4 a 56 días de curado.

| Días de curado | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) |
|----------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|
| 56 | 1:3 | 1 | 358 | 0.31 | 0.09 | 1:4 | 1 | 348 | 0.26 | 0.07 |
| | 1:3 | 2 | 360 | 0.31 | 0.09 | 1:4 | 2 | 350 | 0.31 | 0.09 |
| | 1:3 | 3 | 369 | 0.33 | 0.09 | 1:4 | 3 | 360 | 0.33 | 0.09 |
| | 1:3 | 4 | 391 | 0.31 | 0.08 | 1:4 | 4 | 381 | 0.31 | 0.08 |
| | 1:3 | 5 | 382 | 0.36 | 0.09 | 1:4 | 5 | 372 | 0.31 | 0.08 |
| | 1:3 | 6 | 378 | 0.37 | 0.10 | 1:4 | 6 | 368 | 0.37 | 0.10 |
| | 1:3 | 7 | 400 | 0.37 | 0.09 | 1:4 | 7 | 390 | 0.37 | 0.09 |
| | 1:3 | 8 | 421 | 0.20 | 0.05 | 1:4 | 8 | 409 | 0.20 | 0.05 |
| | 1:3 | 9 | 411 | 0.21 | 0.05 | 1:4 | 9 | 400 | 0.21 | 0.05 |
| | 1:3 | 10 | 376 | 0.20 | 0.05 | 1:4 | 10 | 366 | 0.20 | 0.06 |

Tabla N.º33: Análisis de datos Sika relación 1:3 y 1:4 a 56 de curado.

| Días de curado | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) | Relación a/c | Microsílice (%) | Promedio (kg/cm ²) | Desviación estándar (kg/cm ²) | Coefficiente de varianza (%) |
|----------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|--------------|-----------------|--------------------------------|---|------------------------------|
| 56 | 1:3 | 1 | 368 | 0.37 | 0.10 | 1:4 | 1 | 285 | 0.21 | 0.07 |
| | 1:3 | 2 | 371 | 0.26 | 0.07 | 1:4 | 2 | 295 | 0.50 | 0.17 |
| | 1:3 | 3 | 388 | 0.31 | 0.08 | 1:4 | 3 | 313 | 0.41 | 0.13 |
| | 1:3 | 4 | 408 | 0.36 | 0.09 | 1:4 | 4 | 335 | 0.39 | 0.12 |
| | 1:3 | 5 | 396 | 0.39 | 0.10 | 1:4 | 5 | 315 | 0.36 | 0.11 |
| | 1:3 | 6 | 385 | 0.77 | 0.20 | 1:4 | 6 | 367 | 6.21 | 1.69 |
| | 1:3 | 7 | 420 | 0.31 | 0.07 | 1:4 | 7 | 327 | 0.36 | 0.11 |
| | 1:3 | 8 | 432 | 0.43 | 0.10 | 1:4 | 8 | 321 | 0.36 | 0.11 |
| | 1:3 | 9 | 424 | 0.48 | 0.11 | 1:4 | 9 | 317 | 0.42 | 0.13 |
| | 1:3 | 10 | 389 | 0.27 | 0.07 | 1:4 | 10 | 307 | 0.20 | 0.07 |

4.2.4. Resistencia a la compresión

Para la prueba se considerará como hipótesis:

- **Hipótesis nula (H_0):** El promedio de la resistencia a la compresión es el mismo en todos los porcentajes.
- **Hipótesis alterna (H_1):** Al menos uno de los promedios de la resistencia a la compresión es diferente en todos los porcentajes.

Morteros adicionados con microsíllice QS a 28 días relación 1:3:

Tabla N.°34: Pruebas de normalidad.

| Microsíllice (%) | | Shapiro-Wilk | | |
|------------------|----|--------------|----|-------|
| | | Estadístico | gl | p |
| Resistencia | 1 | 0.996 | 3 | 0.880 |
| | 2 | 0.996 | 3 | 0.880 |
| | 3 | 0.999 | 3 | 0.930 |
| | 4 | 0.899 | 3 | 0.382 |
| | 5 | 0.943 | 3 | 0.539 |
| | 6 | 0.869 | 3 | 0.293 |
| | 7 | 0.942 | 3 | 0.535 |
| | 8 | 0.920 | 3 | 0.451 |
| | 9 | 0.999 | 3 | 0.952 |
| | 10 | 0.795 | 3 | 0.102 |

Tabla N.°35: Análisis descriptivos.

| % | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|-------|----|-------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| 1 | 3 | 270.4 | 0.5 | 0.3 | 269.2 | 271.5 | 270.0 | 270.9 |
| 2 | 3 | 296.1 | 0.5 | 0.3 | 294.9 | 297.2 | 295.6 | 296.5 |
| 3 | 3 | 326.0 | 0.9 | 0.5 | 323.8 | 328.1 | 325.1 | 326.8 |
| 4 | 3 | 342.4 | 0.8 | 0.4 | 340.5 | 344.2 | 341.5 | 343.0 |
| 5 | 3 | 336.6 | 0.7 | 0.4 | 334.8 | 338.5 | 335.8 | 337.2 |
| 6 | 3 | 318.8 | 0.3 | 0.2 | 318.0 | 319.6 | 318.5 | 319.1 |
| 7 | 3 | 347.5 | 1.1 | 0.6 | 344.8 | 350.3 | 346.6 | 348.8 |
| 8 | 3 | 384.9 | 0.2 | 0.1 | 384.3 | 385.4 | 384.7 | 385.1 |
| 9 | 3 | 355.2 | 1.3 | 0.7 | 352.0 | 358.3 | 353.9 | 356.4 |
| 10 | 3 | 341.0 | 1.0 | 0.6 | 338.4 | 343.5 | 339.8 | 341.6 |
| Total | 30 | 331.9 | 30.7 | 5.6 | 320.4 | 343.3 | 270.0 | 385.1 |

Tabla N.°36: Prueba de homogeneidad de varianzas.

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|-------|
| 1.358 | 9 | 20 | 0.271 |

Tabla N.°37: ANOVA.

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|----------|-------|
| Entre grupos | 27245.284 | 9 | 3027.254 | 4771.186 | 0.000 |
| Dentro de grupos | 12.690 | 20 | 0.634 | | |
| Total | 27257.974 | 29 | | | |

Tabla N.°38: Test de Duncan.

| Resistencia (QS - 28 días - 1:3) | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Duncan | | | | | | | | | | | |
| Microsílice (%) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 3 | 270.3933 | | | | | | | | | |
| 2 | 3 | | 296.0567 | | | | | | | | |
| 6 | 3 | | | 318.8233 | | | | | | | |
| 3 | 3 | | | | 325.9733 | | | | | | |
| 5 | 3 | | | | | 336.6267 | | | | | |
| 10 | 3 | | | | | | 340.9800 | | | | |
| 4 | 3 | | | | | | | 342.3733 | | | |
| 7 | 3 | | | | | | | | 347.5467 | | |
| 9 | 3 | | | | | | | | | 355.1733 | |
| 8 | 3 | | | | | | | | | | 384.8800 |
| Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

Morteros adicionados con microsíllice QS a 28 días dosificación 1:4:

Tabla N.°39: Prueba de normalidad.

| Microsílice (%) | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------------|----|--------------|----|-------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Resistencia | 1 | 0.816 | 3 | 0.154 |
| | 2 | 0.924 | 3 | 0.466 |
| | 3 | 0.951 | 3 | 0.575 |
| | 4 | 0.992 | 3 | 0.833 |
| | 5 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 6 | 0.803 | 3 | 0.121 |
| | 7 | 1.000 | 3 | 0.974 |
| | 8 | 0.998 | 3 | 0.919 |
| | 9 | 0.973 | 3 | 0.683 |
| | 10 | 1.000 | 3 | 0.982 |

Tabla N.º40: Análisis descriptivos.

| % | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|-------|----|----------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| 1 | 3 | 254.6500 | 1.85935 | 1.07350 | 250.0311 | 259.2689 | 252.51 | 255.87 |
| 2 | 3 | 270.4100 | 0.84788 | 0.48952 | 268.3038 | 272.5162 | 269.73 | 271.36 |
| 3 | 3 | 285.3867 | 0.52291 | 0.30190 | 284.0877 | 286.6856 | 284.81 | 285.83 |
| 4 | 3 | 302.8467 | 3.01646 | 1.74155 | 295.3534 | 310.3400 | 299.69 | 305.70 |
| 5 | 3 | 282.0933 | 0.05774 | 0.03333 | 281.9499 | 282.2368 | 282.06 | 282.16 |
| 6 | 3 | 335.6267 | 3.24254 | 1.87208 | 327.5718 | 343.6816 | 331.89 | 337.70 |
| 7 | 3 | 223.3967 | 2.29522 | 1.32515 | 217.6950 | 229.0983 | 221.12 | 225.71 |
| 8 | 3 | 291.4000 | 1.42629 | 0.82347 | 287.8569 | 294.9431 | 290.01 | 292.86 |
| 9 | 3 | 307.1600 | 0.15716 | 0.09074 | 306.7696 | 307.5504 | 307.02 | 307.33 |
| 10 | 3 | 310.5933 | 0.30501 | 0.17610 | 309.8356 | 311.3510 | 310.29 | 310.90 |
| Total | 30 | 286.3563 | 30.52771 | 5.57357 | 274.9571 | 297.7556 | 221.12 | 337.70 |

Tabla N.º41: Prueba de homogeneidad de varianzas.

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|-------|
| 3.425 | 9 | 20 | 0.010 |

Tabla N.º42: Pruebas robustas de igualdad de medias.

| | Estadístico ^a | gl1 | gl2 | Sig. |
|----------------|--------------------------|-----|-------|-------|
| Welch | 6029.851 | 9 | 7.570 | 0.000 |
| Brown-Forsythe | 951.510 | 9 | 8.338 | 0.000 |

Tabla N.º43: Comparaciones múltiples.

| Microsilíce (%) | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | | |
|-----------------|---|----------------------------|------------------------|---------|-------------------------------|-----------------|----------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | |
| Games-Howell | 6 | 1 | 80,97667 [*] | 2.15803 | 0.000 | 67.1713 | 94.7820 |
| | | 2 | 65,21667 [*] | 1.93502 | 0.002 | 48.6157 | 81.8177 |
| | | 3 | 50,24000 [*] | 1.89627 | 0.006 | 32.5569 | 67.9231 |
| | | 4 | 32,78000 [*] | 2.55689 | 0.002 | 18.5884 | 46.9716 |
| | | 5 | 53,53333 [*] | 1.87238 | 0.006 | 35.0270 | 72.0396 |
| | | 7 | 112,23000 [*] | 2.29362 | 0.000 | 98.7180 | 125.7420 |
| | | 8 | 44,22667 [*] | 2.04518 | 0.003 | 29.5341 | 58.9193 |
| | | 9 | 28,46667 [*] | 1.87428 | 0.021 | 10.0309 | 46.9024 |
| | | 10 | 25,03333 [*] | 1.88034 | 0.027 | 6.8167 | 43.2500 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Morteros adicionados con microsíllice SIKA a 28 días dosificación 1:3:

Tabla N.º44: Pruebas de normalidad.

| Microsíllice (%) | Shapiro-Wilk | | | |
|------------------|--------------|-------|------|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | |
| Resistencia | 1 | 0.945 | 3 | 0.549 |
| | 2 | 0.920 | 3 | 0.451 |
| | 3 | 0.789 | 3 | 0.087 |
| | 4 | 0.921 | 3 | 0.457 |
| | 5 | 0.994 | 3 | 0.847 |
| | 6 | 0.981 | 3 | 0.733 |
| | 7 | 0.890 | 3 | 0.355 |
| | 8 | 0.981 | 3 | 0.733 |
| | 9 | 0.890 | 3 | 0.355 |
| | 10 | 0.962 | 3 | 0.625 |

Tabla N.º45: Análisis descriptivos.

| % | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|-------|----|----------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| 1 | 3 | 286.3900 | 0.37027 | 0.21378 | 285.4702 | 287.3098 | 286.08 | 286.80 |
| 2 | 3 | 311.4400 | 0.42755 | 0.24685 | 310.3779 | 312.5021 | 311.10 | 311.92 |
| 3 | 3 | 341.5600 | 2.18467 | 1.26132 | 336.1330 | 346.9870 | 340.20 | 344.08 |
| 4 | 3 | 357.4867 | 0.42194 | 0.24361 | 356.4385 | 358.5348 | 357.15 | 357.96 |
| 5 | 3 | 352.4167 | 0.36116 | 0.20851 | 351.5195 | 353.3138 | 352.04 | 352.76 |
| 6 | 3 | 334.5133 | 0.41405 | 0.23905 | 333.4848 | 335.5419 | 334.07 | 334.89 |
| 7 | 3 | 361.5333 | 0.27025 | 0.15603 | 360.8620 | 362.2047 | 361.33 | 361.84 |
| 8 | 3 | 400.5067 | 0.41405 | 0.23905 | 399.4781 | 401.5352 | 400.13 | 400.95 |
| 9 | 3 | 371.4367 | 0.27025 | 0.15603 | 370.7653 | 372.1080 | 371.13 | 371.64 |
| 10 | 3 | 356.6000 | 0.31097 | 0.17954 | 355.8275 | 357.3725 | 356.33 | 356.94 |
| Total | 30 | 347.3883 | 30.56178 | 5.57979 | 335.9764 | 358.8003 | 286.08 | 400.95 |

Tabla N.º46: Prueba de homogeneidad de varianzas.

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|-------|
| 7.779 | 9 | 20 | 0.000 |

Tabla N.º47: Pruebas robustas de igualdad de medias.

| | Estadístico ^a | gl1 | gl2 | Sig. |
|----------------|--------------------------|-----|-------|-------|
| Welch | 12617.694 | 9 | 8.122 | 0.000 |
| Brown-Forsythe | 5024.883 | 9 | 3.122 | 0.000 |

a. F distribuida de forma asintótica

Tabla N.º48: Comparaciones múltiples.

| Microsílice (%) | | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | | |
|-----------------|---|----------------------------|----------------|---------|-------------------------------|-----------------|----------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | |
| Games-Howell | 8 | 1 | 114,11667* | 0.32069 | 0.000 | 112.3295 | 115.9039 |
| | | 2 | 89,06667* | 0.34362 | 0.000 | 87.1639 | 90.9694 |
| | | 3 | 58,94667* | 1.28377 | 0.002 | 47.2220 | 70.6714 |
| | | 4 | 43,02000* | 0.34130 | 0.000 | 41.1308 | 44.9092 |
| | | 5 | 48,09000* | 0.31721 | 0.000 | 46.3162 | 49.8638 |
| | | 6 | 65,99333* | 0.33807 | 0.000 | 64.1225 | 67.8642 |
| | | 7 | 38,97333* | 0.28546 | 0.000 | 37.2417 | 40.7050 |
| | | 9 | 29,07000* | 0.28546 | 0.000 | 27.3383 | 30.8017 |
| | | 10 | 43,90667* | 0.29896 | 0.000 | 42.1779 | 45.6354 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Morteros adicionados con microsilíce SIKA a 28 días dosificación 1:4:

Tabla N.º49: Pruebas de normalidad.

| Microsílice (%) | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------------|----|--------------|----|-------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| Resistencia | 1 | 0.996 | 3 | 0.880 |
| | 2 | 0.960 | 3 | 0.614 |
| | 3 | 0.960 | 3 | 0.614 |
| | 4 | 0.995 | 3 | 0.860 |
| | 5 | 0.981 | 3 | 0.733 |
| | 6 | 0.905 | 3 | 0.402 |
| | 7 | 0.973 | 3 | 0.683 |
| | 8 | 0.985 | 3 | 0.763 |
| | 9 | 0.933 | 3 | 0.501 |
| | 10 | 0.853 | 3 | 0.249 |

Tabla N.º50: Comparaciones múltiples.

| % | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|-------|----|----------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| 1 | 3 | 265.5267 | 0.46090 | 0.26610 | 264.3817 | 266.6716 | 265.05 | 265.97 |
| 2 | 3 | 267.5367 | 0.15822 | 0.09135 | 267.1436 | 267.9297 | 267.40 | 267.71 |
| 3 | 3 | 279.1767 | 0.15822 | 0.09135 | 278.7836 | 279.5697 | 279.04 | 279.35 |
| 4 | 3 | 295.4100 | 0.35595 | 0.20551 | 294.5258 | 296.2942 | 295.07 | 295.78 |
| 5 | 3 | 313.4833 | 0.41405 | 0.23905 | 312.4548 | 314.5119 | 313.04 | 313.86 |
| 6 | 3 | 292.3800 | 0.47823 | 0.27610 | 291.1920 | 293.5680 | 292.01 | 292.92 |
| 7 | 3 | 275.3300 | 0.15716 | 0.09074 | 274.9396 | 275.7204 | 275.16 | 275.47 |
| 8 | 3 | 261.7167 | 0.25697 | 0.14836 | 261.0783 | 262.3550 | 261.48 | 261.99 |
| 9 | 3 | 282.6467 | 0.21221 | 0.12252 | 282.1195 | 283.1738 | 282.41 | 282.82 |
| 10 | 3 | 248.4800 | 0.38432 | 0.22189 | 247.5253 | 249.4347 | 248.21 | 248.92 |
| Total | 30 | 278.1687 | 18.19759 | 3.32241 | 271.3736 | 284.9638 | 248.21 | 313.86 |

Tabla N.°51: Prueba de homogeneidad de varianzas.

| Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------------------|-----|-----|-------|
| 1.156 | 9 | 20 | 0.372 |

Tabla N.°52: ANOVA.

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|----------|-------|
| Entre grupos | 9601.268 | 9 | 1066.808 | 9944.142 | 0.000 |
| Dentro de grupos | 2.146 | 20 | 0.107 | | |
| Total | 9603.414 | 29 | | | |

Tabla N.°53: Test de Duncan.

| Microsilíce (%) | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | | |
| Duncan ^a | 10 | 3 | 248.4800 | | | | | | | | | | | |
| | 8 | 3 | | 261.7167 | | | | | | | | | | |
| | 1 | 3 | | | 265.5267 | | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | | | | 267.5367 | | | | | | | | |
| | 7 | 3 | | | | | 275.3300 | | | | | | | |
| | 3 | 3 | | | | | | 279.1767 | | | | | | |
| | 9 | 3 | | | | | | | 282.6467 | | | | | |
| | 6 | 3 | | | | | | | | 292.3800 | | | | |
| | 4 | 3 | | | | | | | | | 295.4100 | | | |
| | 5 | 3 | | | | | | | | | | 313.4833 | | |
| | Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

4.2.5. Capilaridad

Para la prueba se considerará como hipótesis:

- **Hipótesis nula (H_0):** El promedio de la capilaridad es el mismo en todos los porcentajes.
- **Hipótesis alterna (H_1):** Al menos uno de los promedios de la capilaridad es diferente en todos los porcentajes.

Morteros adicionados con microsíllice QS a 28 días relación 1:3:

Tabla N.°54: Pruebas de normalidad.

| Porcentaje | Shapiro-Wilk | | | |
|------------|--------------|-------|------|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | |
| 24 hrs | 1 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 2 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 3 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 4 | 0.893 | 3 | 0.363 |
| | 5 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 6 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 7 | 0.942 | 3 | 0.537 |
| | 8 | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | 9 | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | 10 | 0.987 | 3 | 0.780 |
| 8 días | 1 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 2 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 3 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 4 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 5 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 6 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 7 | 0.871 | 3 | 0.298 |
| | 8 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 9 | 0.993 | 3 | 0.843 |
| | 10 | 0.893 | 3 | 0.363 |

Tabla N.°55: Análisis descriptivos.

| | % | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|--------|-------|----|--------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| 24 hrs | 1 | 3 | 0.0293 | 0.00306 | 0.00176 | 0.0217 | 0.0369 | 0.03 | 0.03 |
| | 2 | 3 | 0.0307 | 0.00058 | 0.00033 | 0.0292 | 0.0321 | 0.03 | 0.03 |
| | 3 | 2 | 0.0325 | 0.00212 | 0.00150 | 0.0134 | 0.0516 | 0.03 | 0.03 |
| | 4 | 3 | 0.0260 | 0.00265 | 0.00153 | 0.0194 | 0.0326 | 0.02 | 0.03 |
| | 5 | 3 | 0.0213 | 0.00231 | 0.00133 | 0.0156 | 0.0271 | 0.02 | 0.02 |
| | 6 | 3 | 0.0133 | 0.00306 | 0.00176 | 0.0057 | 0.0209 | 0.01 | 0.02 |
| | 7 | 3 | 0.0140 | 0.00361 | 0.00208 | 0.0050 | 0.0230 | 0.01 | 0.02 |
| | 8 | 3 | 0.0080 | 0.00100 | 0.00058 | 0.0055 | 0.0105 | 0.01 | 0.01 |
| | 9 | 3 | 0.0110 | 0.00400 | 0.00231 | 0.0011 | 0.0209 | 0.01 | 0.02 |
| | 10 | 3 | 0.0093 | 0.00252 | 0.00145 | 0.0031 | 0.0156 | 0.01 | 0.01 |
| | Total | 29 | 0.0191 | 0.00926 | 0.00172 | 0.0156 | 0.0226 | 0.01 | 0.03 |
| 8 días | 1 | 3 | 0.0397 | 0.00404 | 0.00233 | 0.0296 | 0.0497 | 0.04 | 0.04 |
| | 2 | 3 | 0.0397 | 0.00058 | 0.00033 | 0.0382 | 0.0411 | 0.04 | 0.04 |

| | | | | | | | | |
|-------|----|--------|---------|---------|--------|--------|------|------|
| 3 | 2 | 0.0425 | 0.00071 | 0.00050 | 0.0361 | 0.0489 | 0.04 | 0.04 |
| 4 | 3 | 0.0320 | 0.00173 | 0.00100 | 0.0277 | 0.0363 | 0.03 | 0.03 |
| 5 | 3 | 0.0277 | 0.00462 | 0.00267 | 0.0162 | 0.0391 | 0.03 | 0.03 |
| 6 | 3 | 0.0167 | 0.00231 | 0.00133 | 0.0109 | 0.0224 | 0.01 | 0.02 |
| 7 | 3 | 0.0173 | 0.00321 | 0.00186 | 0.0093 | 0.0253 | 0.02 | 0.02 |
| 8 | 3 | 0.0123 | 0.00115 | 0.00067 | 0.0095 | 0.0152 | 0.01 | 0.01 |
| 9 | 3 | 0.0147 | 0.00351 | 0.00203 | 0.0059 | 0.0234 | 0.01 | 0.02 |
| 10 | 3 | 0.0130 | 0.00265 | 0.00153 | 0.0064 | 0.0196 | 0.01 | 0.02 |
| Total | 29 | 0.0250 | 0.01172 | 0.00218 | 0.0205 | 0.0294 | 0.01 | 0.04 |

Tabla N.°56: Prueba de homogeneidad de varianzas.

| | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|--------|-----------------------|-----|-----|-------|
| 24 hrs | 1.067 | 9 | 19 | 0.428 |
| 8 días | 2.753 | 9 | 19 | 0.030 |

Tabla N.°57: ANOVA.

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|------------------|-------------------|----|------------------|--------|-------|
| 24 hrs | Entre grupos | 0.002 | 9 | 0.000 | 34.163 | 0.000 |
| | Dentro de grupos | 0.000 | 19 | 0.000 | | |
| | Total | 0.002 | 28 | | | |
| 8 días | Entre grupos | 0.004 | 9 | 0.000 | 50.201 | 0.000 |
| | Dentro de grupos | 0.000 | 19 | 0.000 | | |
| | Total | 0.004 | 28 | | | |

Tabla N.°58: Test de Duncan para 24 hrs.

| Porcentaje | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | |
|------------|---|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 8 | 3 | 0.0080 | | | | |
| 10 | 3 | 0.0093 | 0.0093 | | | |
| 9 | 3 | 0.0110 | 0.0110 | | | |
| 6 | 3 | | 0.0133 | | | |
| 7 | 3 | | 0.0140 | | | |
| 5 | 3 | | | 0.0213 | | |
| 4 | 3 | | | 0.0260 | 0.0260 | |
| 1 | 3 | | | | 0.0293 | 0.0293 |
| 2 | 3 | | | | 0.0307 | 0.0307 |
| 3 | 2 | | | | | 0.0325 |
| Sig. | | 0.226 | 0.073 | 0.054 | 0.065 | 0.202 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,857.

Tabla N.°59: Test de Duncan para 8 días.

| Porcentaje | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|------------|---|------------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 8 | 3 | 0.0123 | | |
| 10 | 3 | 0.0130 | | |
| 9 | 3 | 0.0147 | | |
| 6 | 3 | 0.0167 | | |
| 7 | 3 | 0.0173 | | |
| 5 | 3 | | 0.0277 | |
| 4 | 3 | | 0.0320 | |
| 2 | 3 | | | 0.0397 |
| 1 | 3 | | | 0.0397 |
| 3 | 2 | | | 0.0425 |
| Sig. | | 0.074 | 0.086 | 0.276 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,857.

Morteros adicionados con microsíllice QS a 28 días relación 1:4:

Tabla N.°60: Pruebas de normalidad.

| Porcentaje | | Shapiro-Wilk | | |
|------------|---|--------------|----|-------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| 24 hrs | 1 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 2 | 0.923 | 3 | 0.463 |
| | 3 | 0.923 | 3 | 0.463 |
| | 4 | 0.842 | 3 | 0.220 |
| | 5 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 6 | 0.893 | 3 | 0.363 |
| | 7 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 8 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 9 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| 8 días | 1 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 2 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 3 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 4 | 0.855 | 3 | 0.253 |
| | 5 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 6 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 7 | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | 8 | 0.893 | 3 | 0.363 |
| | 9 | 1.000 | 3 | 1.000 |

Tabla N.°61: Análisis descriptivos.

| | | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|--------|-------|----|--------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| 24 hrs | 1 | 3 | 0.0133 | 0.00153 | 0.00088 | 0.0095 | 0.0171 | 0.01 | 0.02 |
| | 2 | 3 | 0.0113 | 0.00208 | 0.00120 | 0.0062 | 0.0165 | 0.01 | 0.01 |
| | 3 | 2 | 0.0120 | 0.00141 | 0.00100 | -0.0007 | 0.0247 | 0.01 | 0.01 |
| | 4 | 3 | 0.0120 | 0.00436 | 0.00252 | 0.0012 | 0.0228 | 0.01 | 0.02 |
| | 5 | 3 | 0.0133 | 0.00231 | 0.00133 | 0.0076 | 0.0191 | 0.01 | 0.02 |
| | 6 | 3 | 0.0100 | 0.00265 | 0.00153 | 0.0034 | 0.0166 | 0.01 | 0.01 |
| | 7 | 3 | 0.0093 | 0.00153 | 0.00088 | 0.0055 | 0.0131 | 0.01 | 0.01 |
| | 8 | 3 | 0.0117 | 0.00289 | 0.00167 | 0.0045 | 0.0188 | 0.01 | 0.02 |
| | 9 | 3 | 0.0103 | 0.00153 | 0.00088 | 0.0065 | 0.0141 | 0.01 | 0.01 |
| | 10 | 3 | 0.0100 | 0.00000 | 0.00000 | 0.0100 | 0.0100 | 0.01 | 0.01 |
| | Total | 29 | 0.0113 | 0.00236 | 0.00044 | 0.0104 | 0.0122 | 0.01 | 0.02 |
| 8 días | 1 | 3 | 0.0177 | 0.00153 | 0.00088 | 0.0139 | 0.0215 | 0.02 | 0.02 |
| | 2 | 3 | 0.0157 | 0.00153 | 0.00088 | 0.0119 | 0.0195 | 0.01 | 0.02 |
| | 3 | 2 | 0.0160 | 0.00141 | 0.00100 | 0.0033 | 0.0287 | 0.02 | 0.02 |
| | 4 | 3 | 0.0183 | 0.00379 | 0.00219 | 0.0089 | 0.0277 | 0.01 | 0.02 |
| | 5 | 3 | 0.0170 | 0.00173 | 0.00100 | 0.0127 | 0.0213 | 0.02 | 0.02 |
| | 6 | 3 | 0.0137 | 0.00306 | 0.00176 | 0.0061 | 0.0213 | 0.01 | 0.02 |
| | 7 | 3 | 0.0130 | 0.00100 | 0.00058 | 0.0105 | 0.0155 | 0.01 | 0.01 |
| | 8 | 3 | 0.0150 | 0.00265 | 0.00153 | 0.0084 | 0.0216 | 0.01 | 0.02 |
| | 9 | 3 | 0.0140 | 0.00200 | 0.00115 | 0.0090 | 0.0190 | 0.01 | 0.02 |
| | 10 | 3 | 0.0100 | 0.00000 | 0.00000 | 0.0100 | 0.0100 | 0.01 | 0.01 |
| | Total | 29 | 0.0150 | 0.00301 | 0.00056 | 0.0139 | 0.0161 | 0.01 | 0.02 |

Tabla N.°62: Prueba de homogeneidad de varianzas.

| | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|--------|-----------------------|-----|-----|-------|
| 24 hrs | 3.197 | 9 | 19 | 0.016 |
| 8 días | 2.478 | 9 | 19 | 0.046 |

Tabla N.°63: ANOVA.

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------|
| 24 hrs | Entre grupos | 0.000 | 9 | 0.000 | 1.060 | 0.433 |
| | Dentro de grupos | 0.000 | 19 | 0.000 | | |
| | Total | 0.000 | 28 | | | |
| 8 días | Entre grupos | 0.000 | 9 | 0.000 | 3.937 | 0.006 |
| | Dentro de grupos | 0.000 | 19 | 0.000 | | |
| | Total | 0.000 | 28 | | | |

Tabla N.°64: Test de Duncan para 24 hrs.

| Porcentaje | N | Subconjunto para alfa = 0.05 |
|------------|---|------------------------------|
| | | 1 |
| 7 | 3 | 0.0093 |
| 6 | 3 | 0.0100 |
| 10 | 3 | 0.0100 |
| 9 | 3 | 0.0103 |
| 2 | 3 | 0.0113 |
| 8 | 3 | 0.0117 |
| 3 | 2 | 0.0120 |
| 4 | 3 | 0.0120 |
| 1 | 3 | 0.0133 |
| 5 | 3 | 0.0133 |
| Sig. | | 0.092 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,857.

Tabla N.°65: Test de Duncan para 8 días.

| Porcentaje | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | |
|------------|---|------------------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 3 | 0.0100 | | | |
| 7 | 3 | 0.0130 | 0.0130 | | |
| 6 | 3 | 0.0137 | 0.0137 | 0.0137 | |
| 9 | 3 | 0.0140 | 0.0140 | 0.0140 | |
| 8 | 3 | | 0.0150 | 0.0150 | 0.0150 |
| 2 | 3 | | 0.0157 | 0.0157 | 0.0157 |
| 3 | 2 | | 0.0160 | 0.0160 | 0.0160 |
| 5 | 3 | | 0.0170 | 0.0170 | 0.0170 |
| 1 | 3 | | | 0.0177 | 0.0177 |
| 4 | 3 | | | | 0.0183 |
| Sig. | | 0.055 | 0.065 | 0.065 | 0.117 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,857.

Morteros adicionados con microsíllice SIKA a 28 días relación 1:3:

Tabla N.°66: Prueba de normalidad.

| Porcentaje | | Shapiro-Wilk | | |
|------------|----|--------------|----|-------|
| | | Estadístico | gl | Sig. |
| 24 hrs | 1 | 0.945 | 3 | 0.546 |
| | 2 | 0.832 | 3 | 0.194 |
| | 3 | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | 4 | 0.992 | 3 | 0.831 |
| | 5 | 0.984 | 3 | 0.762 |
| | 6 | 0.987 | 3 | 0.780 |
| | 7 | 0.932 | 3 | 0.497 |
| | 8 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 9 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 10 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| 8 días | 1 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 2 | 0.997 | 3 | 0.900 |
| | 3 | 0.842 | 3 | 0.220 |
| | 4 | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | 5 | 0.997 | 3 | 0.890 |
| | 6 | 0.994 | 3 | 0.853 |
| | 7 | 0.781 | 3 | 0.070 |
| | 8 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 9 | 0.893 | 3 | 0.363 |
| | 10 | 0.964 | 3 | 0.637 |

Tabla N.°67: Análisis descriptivos.

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | |
|--------|-------|-------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| 24 hrs | 1 | 3 | 0.0903 | 0.01595 | 0.00921 | 0.0507 | 0.1299 | 0.08 | 0.11 |
| | 2 | 3 | 0.0547 | 0.00987 | 0.00570 | 0.0302 | 0.0792 | 0.05 | 0.07 |
| | 3 | 2 | 0.0515 | 0.00354 | 0.00250 | 0.0197 | 0.0833 | 0.05 | 0.05 |
| | 4 | 3 | 0.0703 | 0.01629 | 0.00940 | 0.0299 | 0.1108 | 0.06 | 0.09 |
| | 5 | 3 | 0.0550 | 0.01706 | 0.00985 | 0.0126 | 0.0974 | 0.04 | 0.07 |
| | 6 | 3 | 0.0390 | 0.01825 | 0.01054 | -0.0063 | 0.0843 | 0.03 | 0.06 |
| | 7 | 3 | 0.0420 | 0.01100 | 0.00635 | 0.0147 | 0.0693 | 0.03 | 0.05 |
| | 8 | 3 | 0.0293 | 0.02754 | 0.01590 | -0.0391 | 0.0977 | 0.01 | 0.06 |
| | 9 | 3 | 0.0167 | 0.00306 | 0.00176 | 0.0091 | 0.0243 | 0.01 | 0.02 |
| | 10 | 3 | 0.0163 | 0.00252 | 0.00145 | 0.0101 | 0.0226 | 0.01 | 0.02 |
| | Total | 29 | 0.0463 | 0.02587 | 0.00480 | 0.0365 | 0.0562 | 0.01 | 0.11 |
| 8 días | 1 | 3 | 0.1073 | 0.01270 | 0.00733 | 0.0758 | 0.1389 | 0.10 | 0.12 |
| | 2 | 3 | 0.0687 | 0.01102 | 0.00636 | 0.0413 | 0.0960 | 0.06 | 0.08 |
| | 3 | 2 | 0.0695 | 0.00495 | 0.00350 | 0.0250 | 0.1140 | 0.07 | 0.07 |
| | 4 | 3 | 0.0840 | 0.01562 | 0.00902 | 0.0452 | 0.1228 | 0.07 | 0.10 |
| | 5 | 3 | 0.0693 | 0.01762 | 0.01017 | 0.0256 | 0.1131 | 0.06 | 0.09 |
| | 6 | 3 | 0.0513 | 0.01629 | 0.00940 | 0.0109 | 0.0918 | 0.04 | 0.07 |
| | 7 | 3 | 0.0547 | 0.01159 | 0.00669 | 0.0259 | 0.0835 | 0.04 | 0.07 |
| | 8 | 3 | 0.0357 | 0.02804 | 0.01619 | -0.0340 | 0.1053 | 0.02 | 0.07 |

| | | | | | | | | |
|-------|----|--------|---------|---------|--------|--------|------|------|
| 9 | 3 | 0.0237 | 0.00551 | 0.00318 | 0.0100 | 0.0373 | 0.02 | 0.03 |
| 10 | 3 | 0.0227 | 0.00208 | 0.00120 | 0.0175 | 0.0278 | 0.02 | 0.03 |
| Total | 29 | 0.0583 | 0.02891 | 0.00537 | 0.0473 | 0.0693 | 0.02 | 0.12 |

Tabla N.°68: Prueba de homogeneidad de varianzas.

| | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|--------|-----------------------|-----|-----|-------|
| 24 hrs | 3.355 | 9 | 19 | 0.013 |
| 8 días | 3.166 | 9 | 19 | 0.016 |

Tabla N.°69: ANOVA.

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------|
| 24 hrs | Entre grupos | 0.014 | 9 | 0.002 | 7.119 | 0.000 |
| | Dentro de grupos | 0.004 | 19 | 0.000 | | |
| | Total | 0.019 | 28 | | | |
| 8 días | Entre grupos | 0.019 | 9 | 0.002 | 9.823 | 0.000 |
| | Dentro de grupos | 0.004 | 19 | 0.000 | | |
| | Total | 0.023 | 28 | | | |

Tabla N.°70: Test de Duncan para 24 hrs.

| Porcentaje | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | |
|------------|---|------------------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 10 | 3 | 0.0163 | | | |
| 9 | 3 | 0.0167 | | | |
| 8 | 3 | 0.0293 | 0.0293 | | |
| 6 | 3 | 0.0390 | 0.0390 | | |
| 7 | 3 | 0.0420 | 0.0420 | 0.0420 | |
| 3 | 2 | | 0.0515 | 0.0515 | |
| 2 | 3 | | 0.0547 | 0.0547 | |
| 5 | 3 | | 0.0550 | 0.0550 | |
| 4 | 3 | | | 0.0703 | 0.0703 |
| 1 | 3 | | | | 0.0903 |
| Sig. | | 0.080 | 0.084 | 0.055 | 0.128 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,857.

Tabla N.º71: Test de Duncan para 8 días.

| Porcentaje | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | | |
|------------|---|------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 10 | 3 | 0.0227 | | | | |
| 9 | 3 | 0.0237 | | | | |
| 8 | 3 | 0.0357 | 0.0357 | | | |
| 6 | 3 | | 0.0513 | 0.0513 | | |
| 7 | 3 | | 0.0547 | 0.0547 | | |
| 2 | 3 | | | 0.0687 | 0.0687 | |
| 5 | 3 | | | 0.0693 | 0.0693 | |
| 3 | 2 | | | 0.0695 | 0.0695 | |
| 4 | 3 | | | | 0.0840 | 0.0840 |
| 1 | 3 | | | | | 0.1073 |
| Sig. | | 0.332 | 0.161 | 0.201 | 0.269 | 0.074 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,857.

Morteros adicionados con microsíllice SIKA a 28 días relación 1:4:

Tabla N.º72: Prueba de normalidad.

| Porcentaje | Shapiro-Wilk | | | |
|------------|--------------|-------|-------|-------|
| | Estadístico | gl | Sig. | |
| 24 hrs | 1,00 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 2,00 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 3,00 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 4,00 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 6,00 | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | 7,00 | 0.964 | 3 | 0.637 |
| | 8,00 | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | 9,00 | 0.750 | 3 | 0.000 |
| | 10,00 | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | 8 días | 1,00 | 0.855 | 3 |
| 2,00 | | 0.964 | 3 | 0.637 |
| 3,00 | | 0.964 | 3 | 0.637 |
| 4,00 | | 0.750 | 3 | 0.000 |
| 5,00 | | 1.000 | 3 | 1.000 |
| 6,00 | | 1.000 | 3 | 1.000 |
| 7,00 | | 0.923 | 3 | 0.463 |
| 8,00 | | 0.750 | 3 | 0.000 |
| 9,00 | | 0.750 | 3 | 0.000 |
| 10,00 | | 0.750 | 3 | 0.000 |

Tabla N.º73: Análisis descriptivos.

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | |
|--------|----|--------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| 24 hrs | 1 | 3 | 0.0167 | 0.00306 | 0.00176 | 0.0091 | 0.0243 | 0.01 | 0.02 |
| | 2 | 3 | 0.0113 | 0.00153 | 0.00088 | 0.0075 | 0.0151 | 0.01 | 0.01 |
| | 3 | 2 | 0.0125 | 0.00071 | 0.00050 | 0.0061 | 0.0189 | 0.01 | 0.01 |
| | 4 | 3 | 0.0140 | 0.00100 | 0.00058 | 0.0115 | 0.0165 | 0.01 | 0.02 |
| | 5 | 3 | 0.0113 | 0.00231 | 0.00133 | 0.0056 | 0.0171 | 0.01 | 0.01 |
| | 6 | 3 | 0.0107 | 0.00115 | 0.00067 | 0.0078 | 0.0135 | 0.01 | 0.01 |
| | 7 | 3 | 0.0113 | 0.00351 | 0.00203 | 0.0026 | 0.0201 | 0.01 | 0.02 |
| | 8 | 3 | 0.0080 | 0.00100 | 0.00058 | 0.0055 | 0.0105 | 0.01 | 0.01 |
| | 9 | 3 | 0.0067 | 0.00115 | 0.00067 | 0.0038 | 0.0095 | 0.01 | 0.01 |
| | 10 | 3 | 0.0083 | 0.00058 | 0.00033 | 0.0069 | 0.0098 | 0.01 | 0.01 |
| Total | 29 | 0.0110 | 0.00329 | 0.00061 | 0.0098 | 0.0123 | 0.01 | 0.02 | |
| 8 días | 1 | 3 | 0.0227 | 0.00379 | 0.00219 | 0.0133 | 0.0321 | 0.02 | 0.03 |
| | 2 | 3 | 0.0167 | 0.00153 | 0.00088 | 0.0129 | 0.0205 | 0.02 | 0.02 |
| | 3 | 2 | 0.0170 | 0.00141 | 0.00100 | 0.0043 | 0.0297 | 0.02 | 0.02 |
| | 4 | 3 | 0.0177 | 0.00115 | 0.00067 | 0.0148 | 0.0205 | 0.02 | 0.02 |
| | 5 | 3 | 0.0157 | 0.00379 | 0.00219 | 0.0063 | 0.0251 | 0.01 | 0.02 |
| | 6 | 3 | 0.0147 | 0.00153 | 0.00088 | 0.0109 | 0.0185 | 0.01 | 0.02 |
| | 7 | 3 | 0.0147 | 0.00503 | 0.00291 | 0.0022 | 0.0272 | 0.01 | 0.02 |
| | 8 | 3 | 0.0113 | 0.00058 | 0.00033 | 0.0099 | 0.0128 | 0.01 | 0.01 |
| | 9 | 3 | 0.0090 | 0.00100 | 0.00058 | 0.0065 | 0.0115 | 0.01 | 0.01 |
| | 10 | 3 | 0.0110 | 0.00173 | 0.00100 | 0.0067 | 0.0153 | 0.01 | 0.01 |
| Total | 29 | 0.0150 | 0.00440 | 0.00082 | 0.0133 | 0.0166 | 0.01 | 0.03 | |

Tabla N.º74: Prueba de homogeneidad de varianzas.

| | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|--------|-----------------------|-----|-----|-------|
| 24 hrs | 1.973 | 9 | 19 | 0.102 |
| 8 días | 2.854 | 9 | 19 | 0.026 |

Tabla N.º75: ANOVA.

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|--------|------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------|
| 24 hrs | Entre grupos | 0.000 | 9 | 0.000 | 7.136 | 0.000 |
| | Dentro de grupos | 0.000 | 19 | 0.000 | | |
| | Total | 0.000 | 28 | | | |
| 8 días | Entre grupos | 0.000 | 9 | 0.000 | 6.661 | 0.000 |
| | Dentro de grupos | 0.000 | 19 | 0.000 | | |
| | Total | 0.001 | 28 | | | |

Tabla N.°76: Test de Duncan para 24 hrs.

| Porcentaje | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | |
|------------|---|------------------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9 | 3 | 0.0067 | | | |
| 8 | 3 | 0.0080 | 0.0080 | | |
| 10 | 3 | 0.0083 | 0.0083 | | |
| 6 | 3 | | 0.0107 | 0.0107 | |
| 2 | 3 | | 0.0113 | 0.0113 | |
| 5 | 3 | | 0.0113 | 0.0113 | |
| 7 | 3 | | 0.0113 | 0.0113 | |
| 3 | 2 | | | 0.0125 | |
| 4 | 3 | | | 0.0140 | 0.0140 |
| 1 | 3 | | | | 0.0167 |
| Sig. | | 0.336 | 0.078 | 0.078 | 0.111 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,857.

Tabla N.°77: Test de Duncan para 8 días.

| Porcentaje | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | |
|------------|---|------------------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 9 | 3 | 0.0090 | | | |
| 10 | 3 | 0.0110 | 0.0110 | | |
| 8 | 3 | 0.0113 | 0.0113 | | |
| 6 | 3 | | 0.0147 | 0.0147 | |
| 7 | 3 | | 0.0147 | 0.0147 | |
| 5 | 3 | | 0.0157 | 0.0157 | |
| 2 | 3 | | | 0.0167 | |
| 3 | 2 | | | 0.0170 | |
| 4 | 3 | | | 0.0177 | |
| 1 | 3 | | | | 0.0227 |
| Sig. | | 0.327 | 0.069 | 0.239 | 1.000 |

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 2,857.

5. DISCUSIÓN

El propósito de esta investigación es determinar la influencia que tiene al utilizar la microsilíce sobre las propiedades en estado endurecido del mortero, para ello fue necesario realizar la caracterización de la materia prima (arena gruesa), donde este material pasa por un control de calidad bajo las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y las Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) caracterizando en tres muestras para tener un 95% de confiabilidad y así lograr resultados más precisos. Además, se hizo los ensayos mecánicos en estado endurecido como: compresión y capilaridad a probetas cubicas de mortero a base de cemento Pacasmayo tipo V, arena gruesa y a diferentes porcentajes de microsilíce.

5.1. Arena gruesa

En la Tabla N° 78, se observan las principales propiedades físicas de la arena gruesa, también estos resultados nos servirán para el desarrollo de la dosificación, estos resultados fueron comparados con los rangos que establece la NTP y los autores de investigaciones sobre el agregado en el concreto.

Tabla N.°78: Características de la arena gruesa.

| Ensayo | Resultado |
|---|-----------|
| Módulo de finura | 2.3 |
| Contenido de humedad (%) | 1.0 |
| Peso unitario suelto (kg/m ³) | 1690 |
| Peso unitario compactado (kg/m ³) | 1850 |
| Peso específico (g/cm ³) | 2.6 |
| Absorción (%) | 2.3 |

El agregado fino utilizado por su tamaño de partículas es la óptima para trabajos de revestimiento, al ser un material más fino presenta una mejor adherencia entre la arena gruesa y el cemento, el mecanismo de adherencia ocurre en la hidratación del cemento, en su estado plástico, como la arena es un material cristalino, no se disuelve pero forma parte esencial de la mezcla, ya que sus partículas entran en contacto con el agua y el cemento; mientras ocurre la hidratación, la arena gruesa sigue manteniéndose en el mismo estado físico, en cambio, las partículas de cemento se transforman.

Humedad (NTP 339.185)

La arena gruesa, estuvo en un ambiente al aire libre, lo cual según los valores hallados nos indicara si influye o no en la relación agua - cemento. Si bien es cierto la NTP 339.185 no establece un límite para el contenido de humedad en los agregados finos, pero se recomienda que los valores obtenidos según el ensayo deben ser menores a los de la absorción (propiedad que más influye en la consistencia del mortero). Los agregados finos generalmente

tienen niveles de humedad en estado seco al aire que varía de 0.2% al 2%, calificándolos en un estado aproximadamente seco. En la Tabla N° 78 podemos observar que el promedio de las muestras evaluadas es de 1.0% de humedad, llegando a ser de una humedad baja (nos indica que los poros de la arena estaban parcialmente secos), esto no influye en la relación agua – cemento, la hidratación se mantendrá constante y trae beneficio en la mezcla porque al agregar microsíllice, las partículas de sílice tendrán mejor acomodo entre las partículas de cemento y arena, haciendo que la mezcla no sea seca sino plástica, sin embargo, si la humedad no se mantiene constante, la relación agua – cemento variará de una amasada a otra, influyendo en la variación de otras propiedades, tales como la resistencia a la compresión y la trabajabilidad.

Granulometría (NTP 400.037, ASTM C136, ASTM C33)

En la Figura N° 27,28 y 29, se puede visualizar las curvas del análisis granulométrico de la arena gruesa, donde el mayor peso retenido fue en la malla N°100, ya que un requisito indispensable para ser un agregado fino según la NTP 400.037 es que los granos pasen por una abertura de 0.300 m y sean retenidos por un tamiz de 0.02 mm. Dicho de otra manera, Pasquel (2000) indica que la arena gruesa es todo aquel material retenido a partir de la malla #50 a la malla #200. Además, en la Tabla N°78 el promedio del módulo de finura es de 2.3, la norma indica que el módulo de finura del agregado fino debe tener un rango no menor de 2.3 ni mayor de 3.1; sin embargo también indica que el módulo de finura base no debe variar en más de 0.20, siendo este un valor típico de cantera; las muestras tienen un mayor porcentaje de finos clasificándolo correctamente como arena, presenta un módulo de finura que cumple en el rango dado y no presenta rastro de gravas, ni material orgánico, siendo este material ideal para una mezcla de mortero de alta resistencia, el módulo de finura es importante porque nos da un idea del grosor o finura del agregado, esto también va de la mano con la relación agua – cemento, ya que al haber un cambio significativo en el módulo de finura influirá en la cantidad de agua y el contenido de cemento que requiera la mezcla, esto influiría en la trabajabilidad y la resistencia. Además, la norma técnica peruana, nos menciona que, en agregados finos, el material pasante la malla #200 no debe pasar el 3%; tal y como se muestra en las Tablas N° 84,85 y 86 (anexos), el porcentaje de peso retenido son menores al 3%, cumpliendo con un requisito para ser un buen agregado, con lo cual se calificaría como una cantera con un agregado adecuado de los granos para no generar vacíos dentro de la mezcla de mortero y adquirir mejores propiedades físicas y mecánicas para su uso.

A comparación con otros resultados de módulos de finura de distintas canteras de la ciudad de Trujillo de otras investigaciones como la cantera “Los mellizos” de huanchaco donde su módulo de finura es de 2.4 de Villarroel (2017), y de la cantera de la Esperanza donde su módulo de finura es de 2.5 de Durand (2017); indica que la mayoría de las canteras de Trujillo, cumplen con el rango aceptable de módulo de finura.

Peso específico (NTP 400.022)

Teóricamente mientras mayor el peso específico de un material, mayores propiedades mecánicas aportara al mortero. Según Pasquel (2000), menciona que si $Pe < 2.5 \text{ g/cm}^3$, entonces son considerados ligeros; si $2.5 < Pe < 2.75 \text{ g/cm}^3$ son considerados normales; si $Pe > 2.75 \text{ g/cm}^3$ son considerados pesados; teniendo como resultado un promedio del peso específico de 2.6 g/cm^3 , considerándose normal para la elaboración de un mortero convencional, a más Pe se disminuye la absorción y la porosidad, siendo la arena gruesa un material de mejor comportamiento.

Absorción (NTP 400.022, ASTM C-127 Y C-128)

El porcentaje de absorción promedio de la arena gruesa fue de absorción baja con un 2.3%, de las muestras ensayadas; según Pasquel (2000) indica que la absorción del agregado fino se debe encontrar entre valores del 0.2% a 5.0%, entendiéndose que la arena gruesa, será menos porosa, siendo un antecedente útil para el ensayo de capilaridad del mortero; este ensayo es importante en la trabajabilidad y la resistencia, también se debe tener en cuenta que la absorción debe ser mayor a la humedad.

Peso unitario (NTP 400.017, ASTM C29)

El peso unitario viene a ser el peso volumétrico del agregado, peso por el cual se alcanza un determinado volumen unitario, clasificándose en dos: peso unitario suelto y peso unitario compactado. Según Pasquel (2000) el peso unitario suelto debe estar entre los rangos $1500 - 1800 \text{ kg/cm}^3$ y el peso unitario compactado entre los rangos $1600 - 1900 \text{ kg/cm}^3$, de acuerdo a estos parámetros, el peso unitario suelto de la arena gruesa promedio de 1686 kg/m^3 , este valor está dentro del rango como una agregado normal o peso normal, siendo útil para el transporte, almacenamiento y manejo del material, y el peso unitario compactado es de 1849 kg/cm^3 , esto significa que es un agregado normal, el peso unitario compactado sirve en el acomodo del material dentro de la mezcla, disminuyendo vacíos y mejorando la resistencia, así como para obtener proporciones en dosificación.

5.2. Cemento (NTP 334.082 y NTP 334.009)

La norma clasifica al cemento portland tipo V como cemento tipo HS por su resistencia a los sulfatos, esto es muy conveniente al aplicar mortero en contacto con el suelo, frente a agentes orgánicos y sulfatos.

El cemento tipo v de cementos Pacasmayo es un cemento de alta resistencia a los sulfatos, las características físicas se presentan en la Tabla N° 80; de esta tabla se puede resaltar que el contenido de aire es de 8%, siendo un valor aceptable dentro del rango de la norma que

indica que el máximo debe ser del 12%, esto no tiene beneficios en la mezcla de mortero ya que no aumentaría la cohesión y este mismo aumentaría la permeabilidad, según pasquel (2000), el contenido de aire tampoco debe superar el 3.5% cuando se utiliza aditivo porque esto reduciría la resistencia ya que la mezcla de mortero sin aditivo ya tiene su propio contenido de aire, otra de las propiedades que se describe en la Tabla N° 79, es su desempeño en la resistencia a la compresión, a diferencia del cemento tipo I, de este cemento se puede llegar hasta 406 Kg/cm² y comparado con el cemento tipo MS, la resistencia llega hasta 371 kg/cm², teniendo mejores resistencias a pesar de ser un cemento adicionado, no supera al cemento tipo I en resistencias, se caracteriza por ser un cemento con moderada resistencia a los sulfatos, en cambio en el cemento tipo v, su resistencia máxima es de 366 Kg/cm² entendiéndose este cemento no llega a altas resistencias, y a la vez se tendrá un fraguado lento de 299 min. a diferencia de otros tipos de cementos, por esta razón se verá conveniente el uso del aditivo acelerante para fraguado y la adición de microsíllice para la resistencia.

Tabla N.°79: Comparativa de resistencias de tipos de cementos, (Cemento Pacasmayo, 2018).

| Días | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | |
|------|---|---------|--------|
| | Tipo I | Tipo MS | Tipo V |
| 3 | 271 | 248 | 198 |
| 7 | 350 | 306 | 278 |
| 28 | 406 | 371 | 366 |

En base a la hidratación del cemento, se originan un conjunto de reacciones químicas como la hidratación de los silicatos de calcio, en la cual la mezcla pasa de un estado plástico al endurecido, el cemento al reaccionar con el agua forman hidróxidos e hidratos de calcio, la velocidad con la que se desarrolla la hidratación, es directamente proporcional a la finura del cemento, e inversamente proporcional al tiempo, por lo que inicialmente es muy rápida y va disminuyendo paulatinamente con el transcurso de los días, aunque nunca se llega a detener; el endurecimiento del cemento y la calidad del concreto, también depende de la temperatura, el tiempo de curado y la relación de la cantidad entre el agua y el cemento.

Tabla N.º80: Características físicas del cemento portland tipo V. (Cemento Pacasmayo, 2018).

| Propiedades físicas | Unidades | CPSAA | Requisito NTP 334.009/ AST C150 |
|--------------------------|--------------------|-------|---------------------------------|
| Contenido de aire | % | 8 | Máximo 12 |
| Expansión en autoclave | % | 0.05 | Máximo 0.80 |
| Superficie específica | cm ² /g | 3620 | Mínimo 2800 |
| Densidad | g/ml | 3.13 | No específica |
| Resistencia a compresión | | | |
| 3 días | kg/cm ² | 198 | Mínimo 82 |
| 7 días | kg/cm ² | 278 | Mínimo 153 |
| 28 días | kg/cm ² | 366 | Mínimo 214 |
| Tiempo de fraguado vicat | | | |
| Fraguado inicial | mim | 170 | Mínimo 45 |
| Fraguado final | mim | 299 | Máximo 375 |

4.1. Microsilíce

Las microsilíce utilizadas en esta investigación son: sika fume de la marca Sika, y silica fume qs de la marca Química Suiza Industrial del Perú, según lo descrito por sus fichas técnicas, ambas microsilíce tienen una densidad de 2.2 g/cm³, eso lo clasificaría como material ligero ya que esta debajo de los rangos del peso específico que es $P_e < 2.5$, también para ambas microsilíce su tiempo de vida útil es de un almacenamiento de 2 años en su envase original cerrado en lugares frescos, son de partículas esféricas, con forma amorfa, de diámetro entre el 0.1 a 0.2 mm. Según lo descrito por la Tabla N° 81 ambas microsilíce tienen ventajas similares, pero existen algunas características de la microsilíce silica fume qs que no son mencionadas en las ventajas de la microsilíce Sika fume y lo mismo sucede al revés; ambas fichas técnicas recomiendan utilizar cantidades hasta un 10% de microsilíce en peso respecto al cemento, esto provocaría una mezcla poco manejable y por lo tanto disminuiría el asentamiento siendo perjudicial para la construcción en campo; de igual manera por el aumento de la superficie en el mortero con microsilíce, se podrían necesitar cantidades de agua superiores que podrían resultar en una mezcla poco trabajable y por ende se obtendría baja resistencia a la compresión. Según la ficha técnica de silica fume qs, se basa en la norma ASTM C-1240, mientras que la ficha técnica de Sika fume se basa en la Canadian Standard Association CSA – A3001 – 03.

Las aplicaciones que se indican en la ficha técnica de la microsilíce sika fume son: para concretos bajo agua en puertos, puentes, presas, reparaciones, rellenos, concretos de alta impermeabilidad y durabilidad, concretos de alta resistencia mayor a 500 kg/cm², concretos bombeados y proyectados, morteros y lechadas de inyección, viéndose que la aplicación de esta microsilíce es más para concretos estructurales en volúmenes grandes que permitan tener un ahorro de costos, también encontramos las aplicaciones indicadas en la microsilíce silica fume qs descritas por su ficha técnica como: concretos de altas resistencias, de alta densidad, plataformas para puentes, estructuras para estacionamientos, ambientes marinos,

concreto de alta resistencia química, siendo el shotcrete la aplicación en común de estas dos microsílices.

En la microsíllice silica fume qs, se mencionan ciertos beneficios que vendrían a ser en el concreto plástico: el aumenta al cohesión y compactación, facilitando la aplicación de concretos bombeados, reduce el lavado de finos, elimina la segregación; y en concreto endurecido se tienen beneficios como: mejora las resistencias a la compresión, tracción y flexión, le da al concreto una baja permeabilidad para una mejor resistencia a la penetración de agentes deletéreos, aumenta la durabilidad, los aceros de refuerzo tienen mayor protección a la corrosión, mejor resistencia a la abrasión y a químicos para un mayor tiempo de servicio, mayores resistencias a ciclos de hielo – deshielo, y concretos de alta resistencia, teniendo esta microsíllice muchos beneficios en el concreto, que en similitud con la microsíllice sika, estas están destinadas a refuerzos estructurales y mejoras de protección ante agentes orgánicos y climáticos.

Tabla N.°81: Ventajas de microsíllices sika fume y silica fume qs (Sika y QSI, 2017).

| Ventajas | Microsíllice | |
|---|---------------|----------------|
| | Sika fume | Silica fume qs |
| Aumento de cohesión | ✓ | ✓ |
| Reduce la pérdida de finos | ✓ | ✓ |
| Concretos de altas resistencias | ✓ | ✓ |
| Mejora de resistencia a la compresión, flexión | ✓ | ✓ |
| Mejora resistencia a la abrasión | ✓ | ✓ |
| Aumento de la adherencia del acero | ✓ | ✓ |
| Aumento de la impermeabilidad | ✓ | ✓ |
| Mayores resistencias a ciclos de deshielo - hielo | No especifica | ✓ |
| Reduce el porcentaje de rebote en mortero | No especifica | ✓ |

Otra de las indicaciones presentadas en la microsíllice silica fume qs, es la recomendación de utilizar un 20% de aditivo superplastificante para tener una buena consistencia, también se recomienda utilizar un 80% de agua en el amasado, esto es debido a la demanda de agua que requiere al utilizar microsíllice, siendo también necesario el uso de un aditivo reductor de agua para mantener la fluidez y la relación baja de agua / cemento; al utilizar microsíllice silica fume qs en el mortero, se puede presentar menos exudación por ello se curar de inmediatamente para evitar la fisuración, también se puede utilizar un curador químico de altos sólidos para que se forme una membrana líquida y flexible.

De todo lo descrito anteriormente, las propiedades de ambas microsíllices son beneficiarías en esta investigación porque se mejoraría la resistencia a la compresión que se presenta al usar cemento portland tipo v, superando su valor estándar de 366 kg/cm²; como mortero lanzado en túneles, diques, sostenimiento ante deslizamientos, el uso del mortero adicionado con microsíllice y cemento tipo v beneficia en ser resistente a los sulfatos por su reducción del

rebote del mortero y la mejora de resistencia a ciclos de deshielo – hielo, ideal para tuneles de que se encuentra en zonas de altas temperaturas, por lo indicado en las fichas técnicas, a la microsíllice también se le puede agregar aditivo acelerante, eso es conveniente al tiempo de fraguado que se suele aplicar en shotcrete para tuneles, ya que se reduciría del tiempo de espera para trabajar en el campo de aplicación.

El mortero proyectado con microsíllice frecuentemente incluye fibras de acero para proporcionar una mayor resistencia a la flexión, también la microsíllice es compatible con todos los aceleradores que se usan comúnmente en el mortero proyectado.

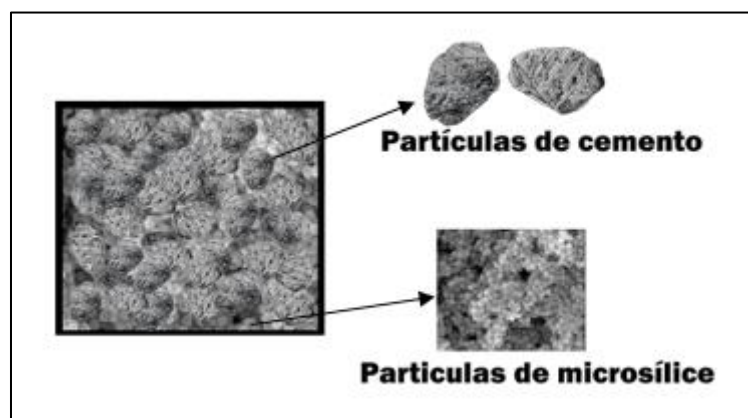


Figura N° 11: Dispersión de partículas de humo de sílice entre los granos de cemento.

La reacción física que se produce al mezclar microsíllice con el cemento tipo V, es el llenado de vacíos entre las partículas de la mezcla también conocido como microrelleno, esto es lo que produce la reducción de la permeabilidad y del tamaño del fleco capilar, en la Figura N° 11 nos muestra el concepto básico del envasado de partículas: rellenar los espacios entre los granos de cemento con partículas de humo de sílice, la microestructura del mortero cambia significativamente convirtiendo la estructura más homogénea y densa, estos cambios se producen de acuerdo a la supresión del sangrado en el mortero fresco y la capacidad de las partículas de microsíllice, al aumentar la cohesión también se mejora propiedades ya que disminuye los vacíos, para llenar los espacios en las proximidades de la superficie de los granos de arena, esta homogenización tiene una influencia considerable en el rendimiento del mortero.

Tabla N.°82: Datos técnicos de la microsíllice sika fume (Sika, 2017).

| Análisis químico | |
|--------------------------------|--------------|
| SiO ₂ | 93.0 % mín. |
| Fe ₂ O ₃ | 0.8 % máx. |
| Al ₂ O ₃ | 0.4 % máx. |
| CaO | 0.6 % máx. |
| MgO | 0.6 % máx. |
| Na ₂ O | 0.2 % máx. |
| K ₂ O | 1.2 % máx. |
| C (libre) | 2.0 % máx. |
| SO ₃ | 0.4 % máx. |
| L.O.I | 3.5 % máx. |
| Datos técnicos | |
| Finura (diámetro promedio) | 0.1 - 0.2 mm |
| Porcentaje pasando 45 mm | 95 - 100% |
| Partícula | Esférica |
| Forma | Amorfa |

La reacción mecánica que se produce al mezclar microsíllice con cemento es el aumento de cohesividad, esto produce menos rebote al momento de proyectar el mortero, permitiendo obtener un mayor espesor en la capa de mortero, mayores rendimientos en la proyección de mortero disminuyendo el desperdicio, también aumenta la resistencia a la tracción y la compresión; en su reacción química debido al contenido de dióxido de silicio (SiO₂) amorfo muy alto, la microsíllice es un material puzolánico muy reactivo en el mortero debido a que reacciona con el hidróxido de calcio derivado de la hidratación del cemento tipo V para formar más silicato de calcio con lo que se mejora la resistencia y se reduce la permeabilidad.

5.3. Aditivo acelerante (ASTM C 494)

El uso de microsíllice con el cemento portland tipo v, por sus características, el fraguado inicial será lento por el silicato dicálcico (C₂S) y por lo tanto se utilizó el aditivo accelguard 80 de tipo E y C según su clasificación en la norma y mencionado en su ficha técnica, en dosificación de 1.5% del peso del cemento, previamente se experimentó con dosificaciones al 1%, 1.2%, 1.5%, 1.8% y 2%, escogiéndose el uso del aditivo en 1.5% ya que de todas las dosificaciones esta no produjo segregación en el mortero, y a la vez está dentro del rango de 1%-2% de dosificación. Según la ficha técnica, nos dice que el aditivo accelguard 80 reduce 1 a 4 h el fraguado dependiendo el calor de hidratación, entonces significa que al utilizar el aditivo acelerante no afecta el fraguado porque no reacciona con el compuesto de aluminio tricálcico responsables de esta primera fase de hidratación; en cambio, en la segunda fase de hidratación el aditivo reacciona con el silicato tricálcico aumentando la viscosidad del concreto hasta convertirlo en una especie de gel que no se desprende, esto hace que su calor de

hidratación aumente y que comience la fase de endurecimiento de la pasta por lo cual su velocidad de hidratación aumente, también acelera el desarrollo de resistencia a compresión a edades tempranas, tomándose precauciones al usar más acelerante ya que se sacrificaría la resistencia a largo plazo, esto se comprobaría en la Tabla N°83, resultados indicados en su ficha técnica.

Tabla N.°83: Uso de accelguard 80 en el concreto. (Química Suiza Industrial del Perú, 2017).

| | Compresión | Flexión |
|--------------------|------------|---------|
| 3 días | 130% | 116% |
| 7 días | 121% | 109% |
| 28 días | 115% | 105% |
| Tiempo de fraguado | | |
| Fraguado inicial | -60 min. | |
| Fraguado final | -60 min. | |

5.4. Relación agua - cemento

Existe una estrecha relación entre agua – cemento y la resistencia a la compresión del mortero, teóricamente a menor agua/cemento, mayor será la resistencia, caso contrario a mayor agua/cemento, menor será la resistencia, en la Figura N.º 12 se demuestra que para una relación agua/cemento de 0.65 en el mortero adicionado con microsíllice a 7 días, la resistencia es de 371 Kgf/cm² y cuando la relación agua/cemento de 0.70 en el mortero adicionado con microsíllice, su resistencia es de 280 Kgf/cm²; entonces lo que se dijo anteriormente rectificamos que a mayor relación agua/cemento, disminuirá la resistencia a compresión.

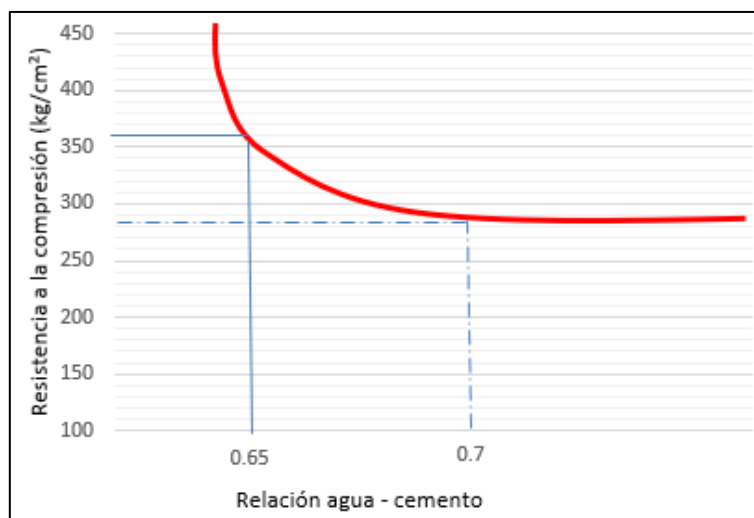


Figura N° 12: Relación agua – cemento sobre resistencia a la compresión.

También al igual que la resistencia, la durabilidad se vería afectada por la relación agua/cemento, cuando la relación es alta, las partículas de cemento están muy esparcidas entre sí, y cuando se produce el fraguado, la hidratación no cubre totalmente el espacio y quedan pequeños poros, pero con influencia de la microsíllice, dichos poros se verían llenados por las partículas de microsíllice, esto es lo que hace que la resistencia no se vea tan afectada al aumentar la relación agua – cemento. Según la norma ASTM C476 de elaboración de morteros, se debe usar una relación agua/cemento de 0.485 para todo tipo de cemento portland y 0.46 para todo tipo de cemento portland incorporador de aire; sin embargo, se realizaron ensayos previos para escoger la relación agua/cemento ensayando con: 0.40, 0.50, 0.65 y 0.70 de relación, verificando en los ensayos que una relación 0.40 y 0.50 tiende a ser muy seco y poco trabajable, por lo cual se escogió trabajar con relación 0.65 y 0.70, a la vez se eligieron estas relaciones porque al adicionar microsíllice se tendrá mejor acomodo en la mezcla.

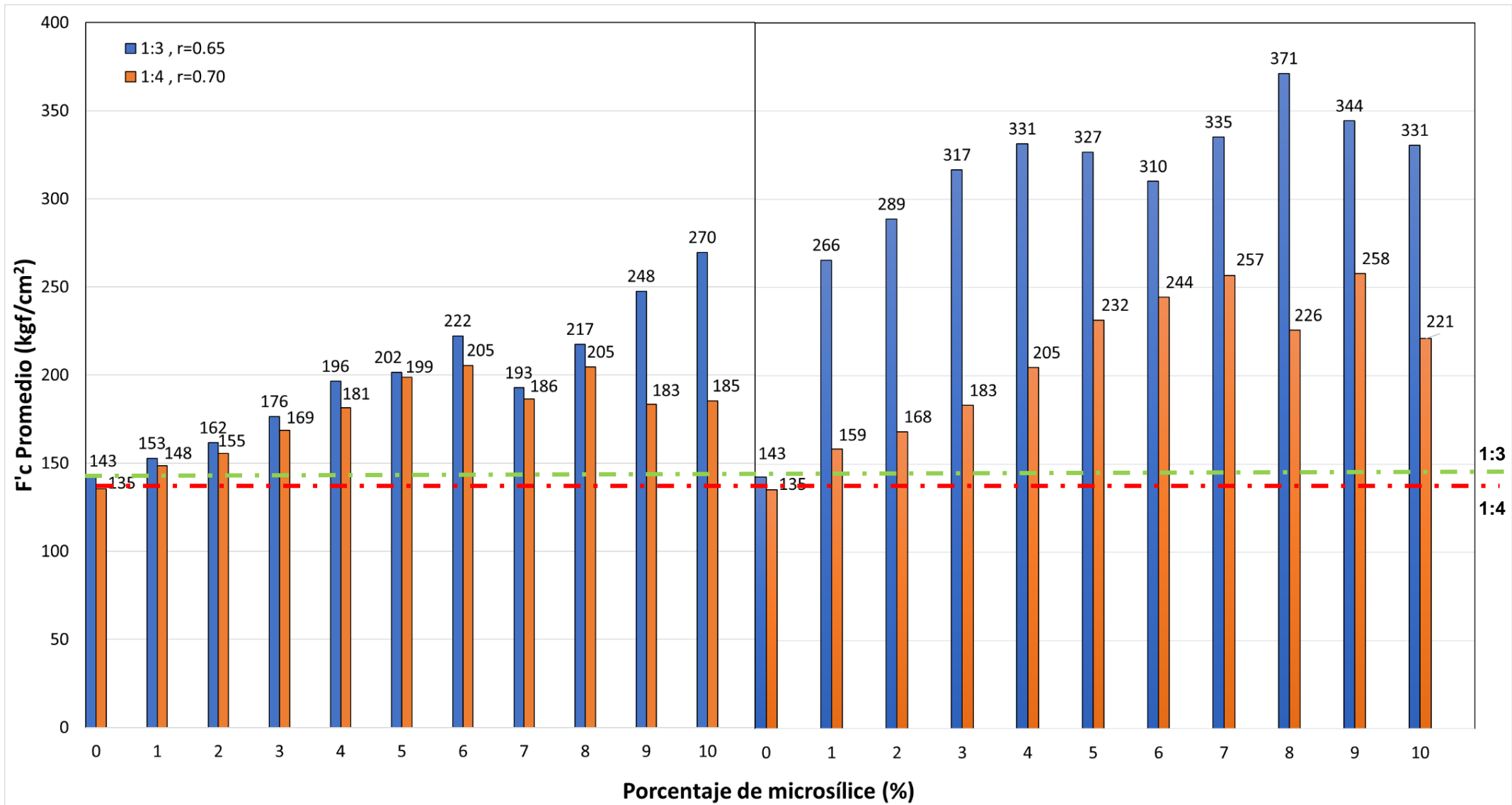


Figura N.º 13: Resistencia a 7 días de la microsíllice QS (izquierda) y SIKA FUME (derecha).

5.5. Resistencia a la compresión (ASTM C109)

Según la norma, la proporción del mortero a utilizar debe ser cemento 1: arena 2.75 de arena proporcionada en masa, sin embargo, para esta investigación se realizó pruebas de proporciones 1:1, 1:2, 1:3 y 1:4, en la que la proporción de mortero 1:1 y 1:2 no resulta factible, al tener alto contenido de cemento, esto generará un impacto económico.

Las resistencias promedio a 7 días de las dosificaciones 1:3 y 1:4 es de 143 kgf/cm² y 135 kgf/cm² respectivamente, estas resistencias llegan al 60% de resistencia diseñada, siendo la dosificación 1:3 la que tiene mejores características, porque tiene mejor adherencia, consistencia y mejor acomodo.

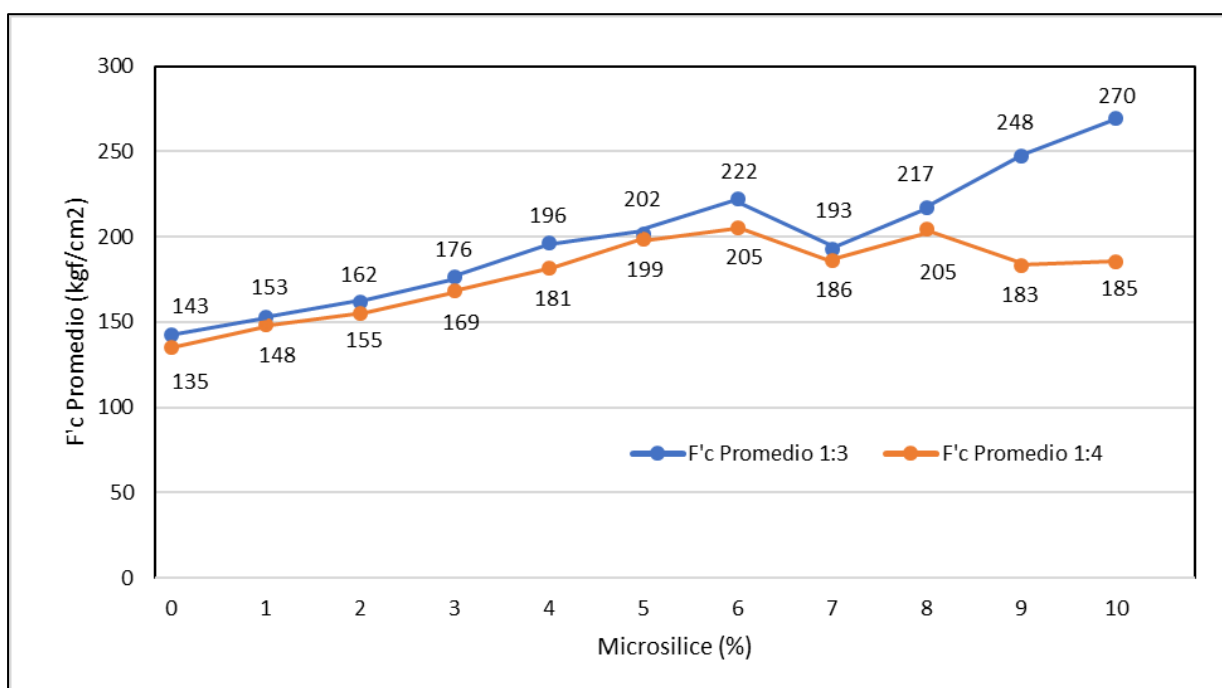


Figura N.º 14: Resistencia a 7 días de la microsilíce QS relación 1:3 y 1:4.

Se realizó la resistencia a la compresión de probetas a 7 días con adición de la microsilíce QS, según la figura N° 13 indica que la resistencia de los porcentajes de adición utilizados del 1% al 10% es mayor a la de patrón; también nos indica que al 5% de adición hasta el 10% nos da buenos valores de resistencia a compresión. La resistencia promedio más alta fue la del 10% de adición de relación 1:3 con 270 kgf/cm², esto se debe a uno de sus componentes de la microsilíce QSI que es el silicato, a lo cual reaccionaria con el silicato tricálcico aumentando su temperatura de hidratación y a la vez el fraguado va ser rápido según la ficha técnica. En la figura N° 14, las resistencias mayores se encuentran a partir del 5%, desde este porcentaje hasta llegar al 10% de dosificación la resistencia trata de tener un crecimiento.

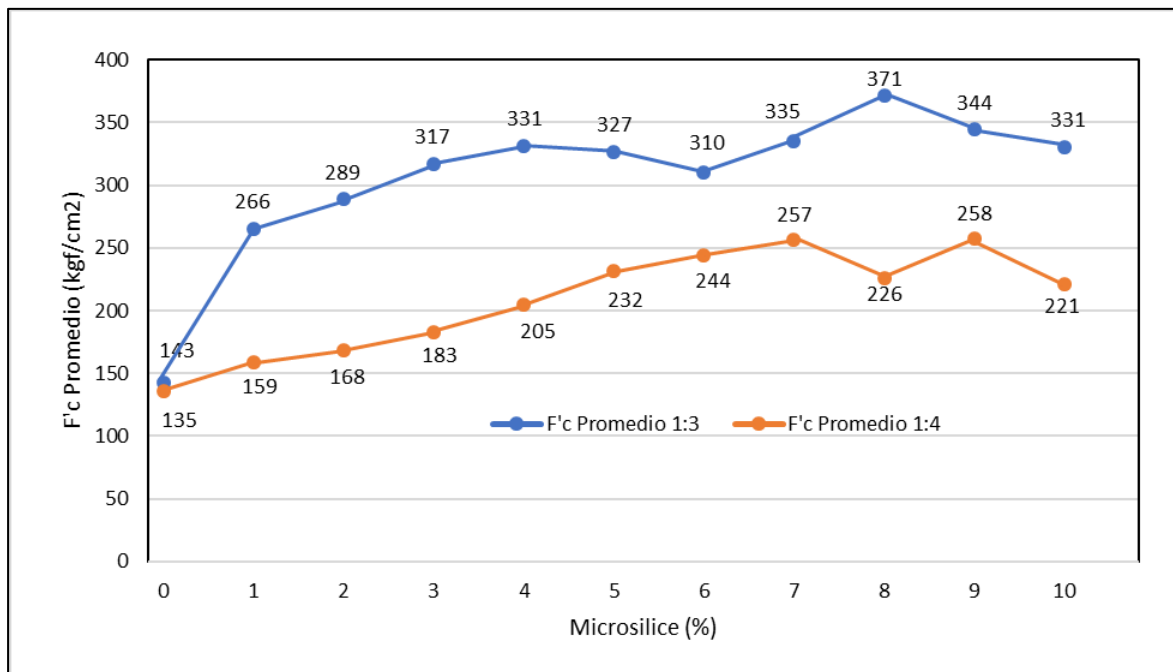


Figura N.º 15: Resistencia a 7 días de la microsíllice SIKA relación 1:3 y 1:4.

La resistencia a la compresión a la edad de 7 días con la microsíllice SIKA FUME en la dosificación 1:3 nos arroja una resistencia promedio de 371 kgf/cm² perteneciente al 8% de adición y en la dosificación 1:4, la resistencia más alta es de 258 Kgf/cm² perteneciente al 9% de adición, obteniendo un crecimiento del 49% y 19% respectivamente de la resistencia patrón.

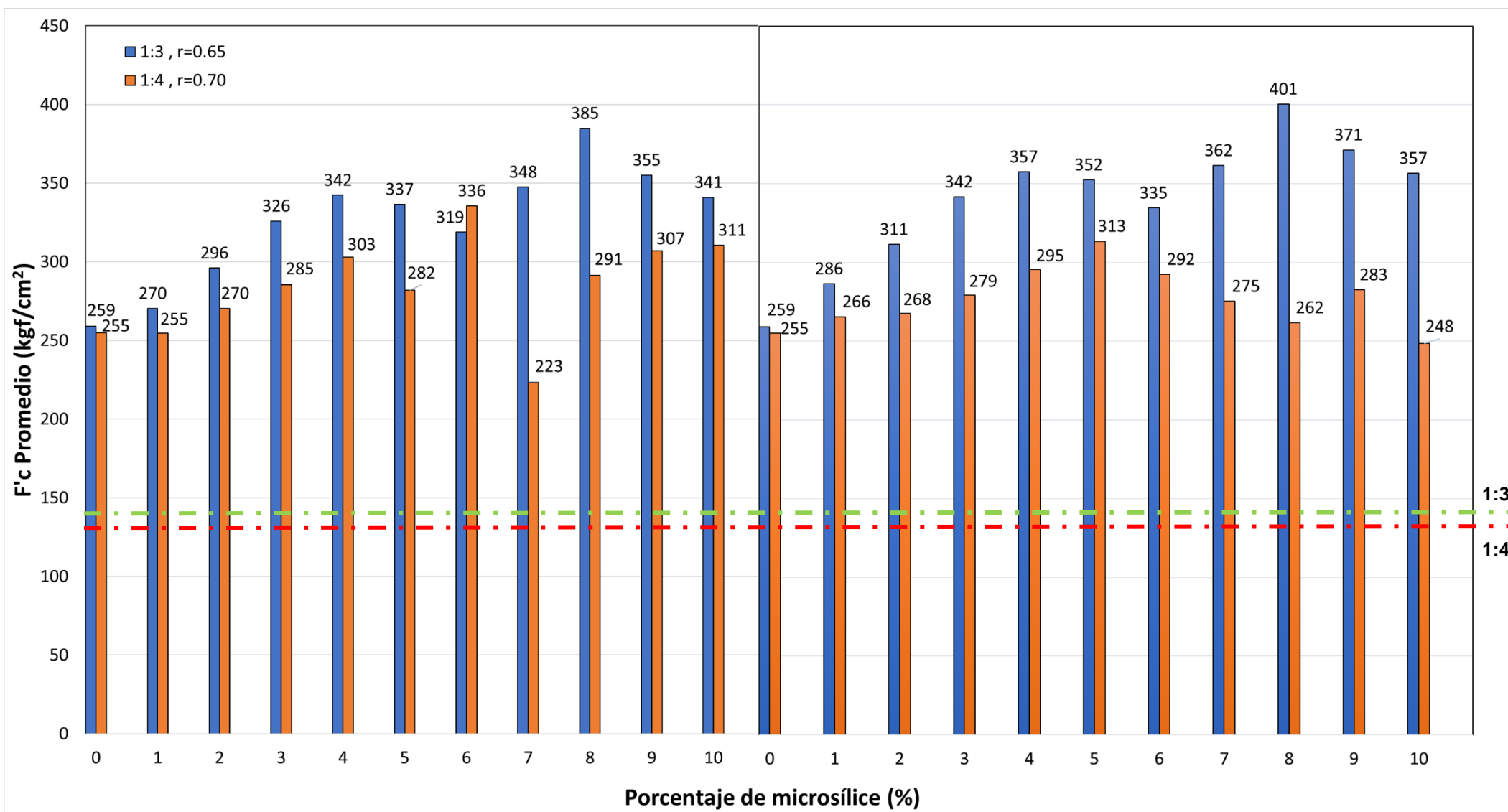


Figura N.º 16: Resistencia a 28 días de la microsíllice QS (izquierda) y SIKA FUME (derecha).

Luego a 28 días de curado las probetas con 0% de adición de microsíllice en relación 1:3 se obtiene una resistencia promedio de 259 kgf/cm² y en 1:4 se obtiene 255 kgf/cm², estas resistencias son aceptables dentro del rango proyectado aparte en la ficha técnica del cemento portland tipo V, cuyo valor máximo permisible es de 366 kgf/cm². Según norma ASTM C-270, lo clasifica como un mortero rico tipo M, que ofrece más durabilidad (se usa en contacto con el suelo), acción severa de congelación, altas cargas, vientos fuertes o temblores y una alta resistencia.

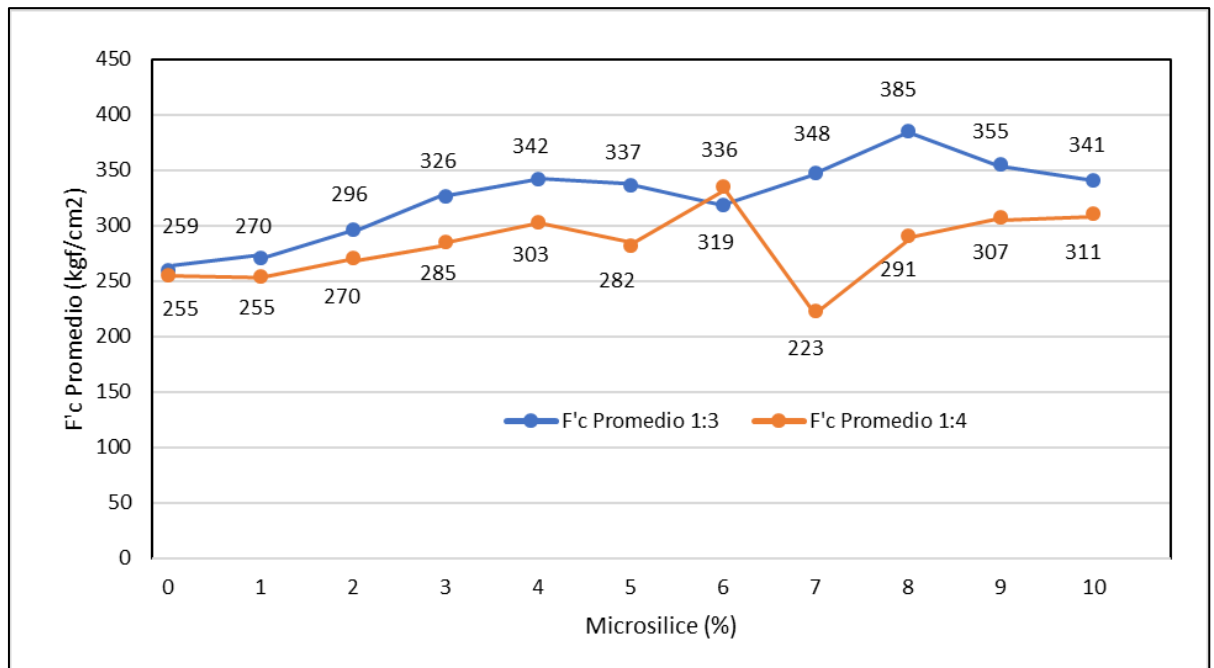


Figura N.º 17: Resistencia a 28 días de la microsíllice QS relación 1:3 y 1:4.

Según lo observado en la figura N°17 con la influencia de la microsíllice QSI a 28 días, en la relación 1:3 el 8% de adición es el porcentaje con resistencia más alta, obteniendo una resistencia promedio de 385 kgf/cm². Sin embargo a 28 días la resistencia promedio de la relación 1:4 más alta es de 336 Kgf/cm² perteneciente al 6% de adición, en comparación a las resistencias obtenidas a 28 días, estas resistencias tuvieron un aumento de un 61% más de la resistencia inicial, teniendo un crecimiento con altos y bajos en sus resistencia, esta microsíllice influye en que su aumento de resistencia es tardío, posiblemente siendo influenciada por la reacción química que ocurre en la hidratación, si se tiene mayor cantidad de arena, el uso de microsíllice sobrellenaría los espacios vacíos en el caso que se aumenta la dosificación, esto afectaría la resistencia, entendiéndose que al adicionar más porcentaje se podría comprobar que la resistencia tiene un crecimiento lento pero progresivo hasta llegar a un punto dónde comienza a decaer por el aumento de la microsíllice y también por la utilización del acelerante, ya que en la mezcla no estaba semi seca sino aun contenía agua y eso nos indicaría que su resistencia disminuirá, siendo este nuestro porcentaje limitador.

Una de las indicaciones mencionadas por la ficha técnica de la microsíllice silica fume QS, es que el rango de dosificación debe ser del 5% al 10% del peso del cemento, comprobándose que las resistencias más aceptables se dan entre el 4% y el 10% de dosificación, y los valores más altos se encuentran entre el 7% al 9% de dosificación.

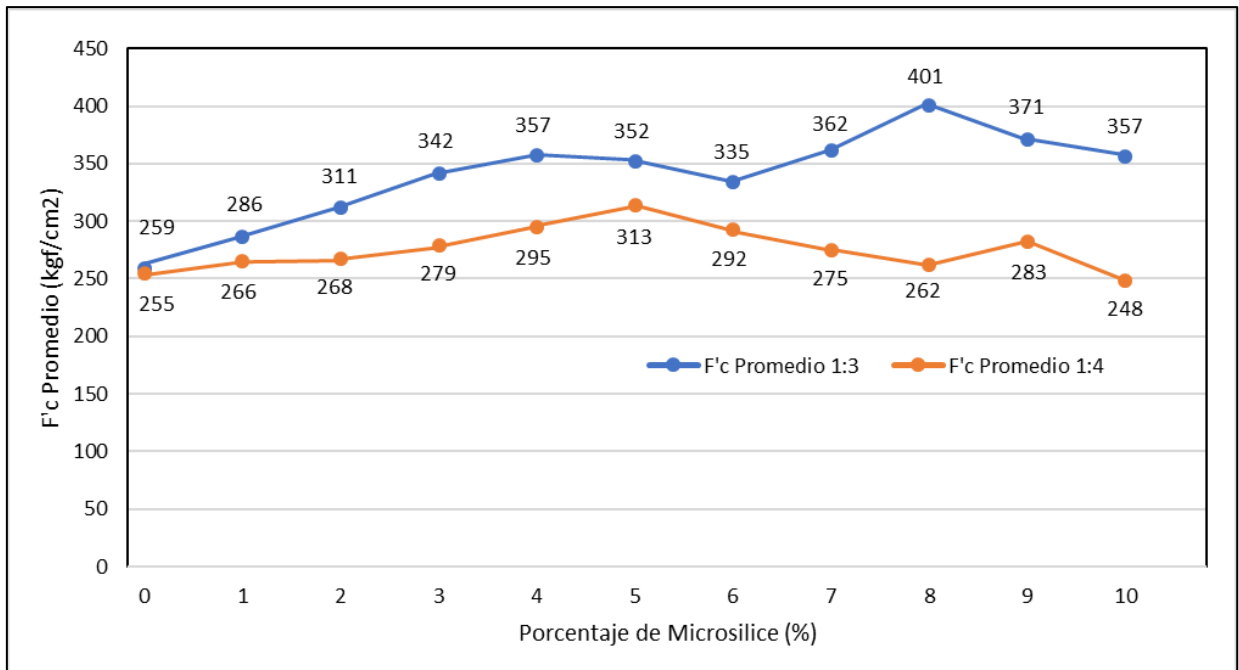


Figura N.º 18: Resistencia a 28 días de la microsíllice SIKA relación 1:3 y 1:4.

A 28 días en los morteros modificados con microsíllice SIKA la resistencia mayor obtenida en la dosificación 1:3 es de 401 Kgf/cm² perteneciente también al 8% de porcentaje adicionado, teniendo un crecimiento del 70% respecto a la resistencia patrón, en la dosificación 1:4 su resistencia mayor es de 313 Kgf/cm² perteneciente al 5% de dosificación, en cuanto a resistencia, hasta los 28 días de curado, a pesar de tener mayor cantidad de arena, en esta dosificación se tienen resistencias más altas que las que se presentaron en las resistencias elaboradas con microsíllice QSI de relación 1:4, este se debe a que las partículas de microsíllice si tienen mejor plasticidad en su elaboración.

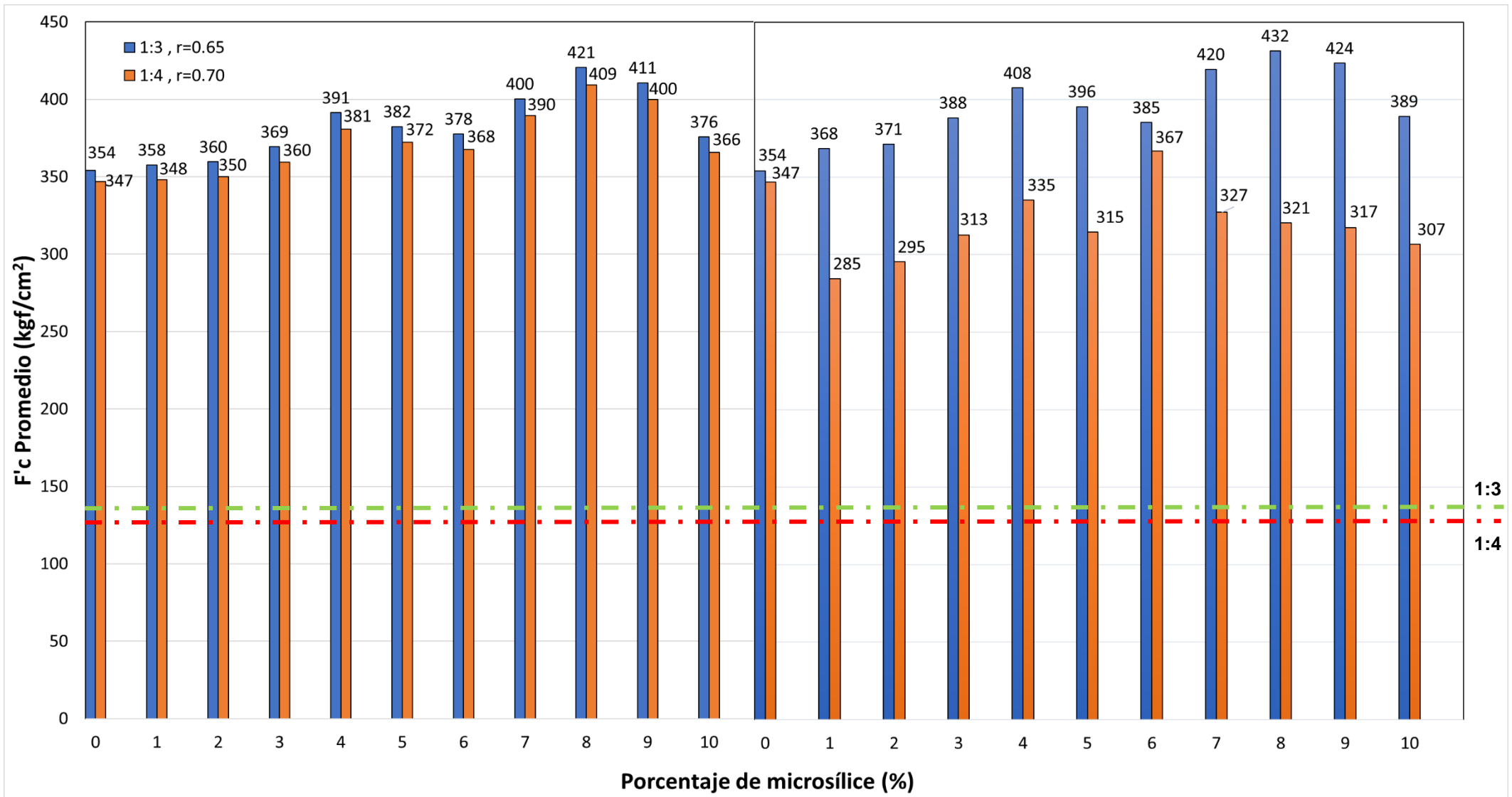


Figura N.º 19: Resistencia a 56 días de la microsíllice QS (izquierda) y SIKA FUME (derecha).

A 56 días de curado, las probetas patrones no superan resistencias a más de 400 kgf/cm² solo se aumenta la resistencia en un 74% más desde los 28 días de curado, aun así se mantiene dentro del rango máximo permisible, la máxima resistencia promedio es de 354 kgf/cm² perteneciente a la dosificación 1:3, esto se debe a que la relación a/c es de 0.65, a menor cantidad de agua, mejor hidratación y a que la arena es homogénea, tiene mejor distribución de las partículas de la arena gruesa en el mortero, por lo cual se obtienen mejores resistencias; en cambio la dosificación 1:4 por tener más cantidad de arena gruesa en la mezcla, esto convierte la mezcla menos trabajable y más seca, produciendo grietas en el aspecto del mortero.

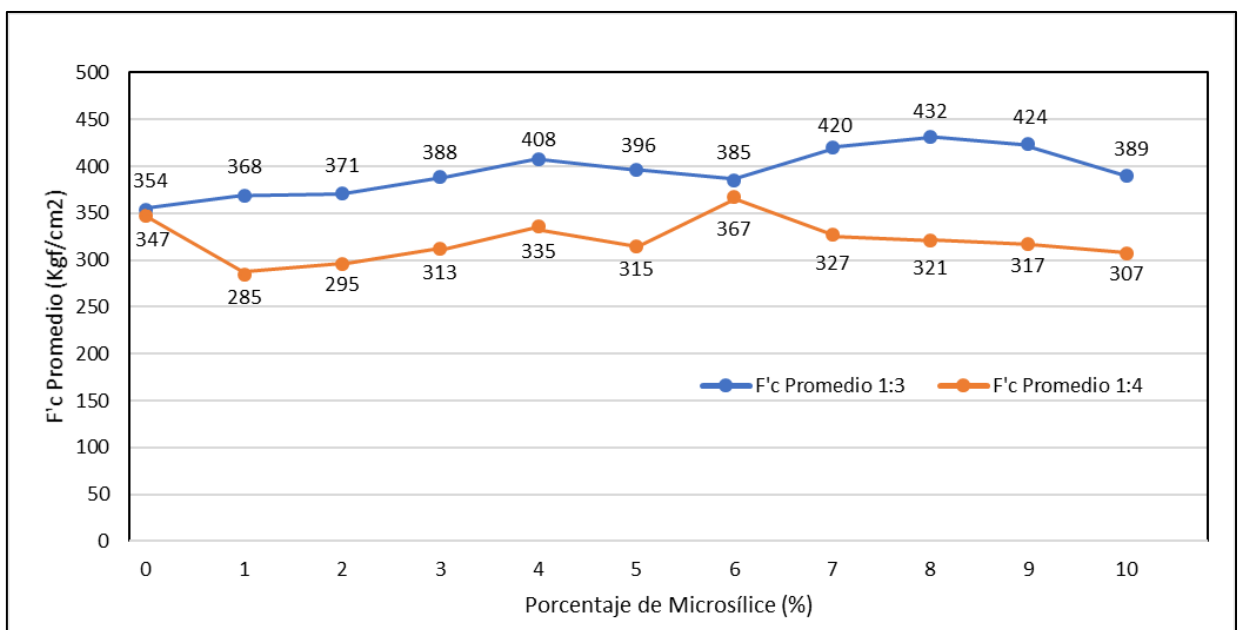


Figura N.º 20: Resistencia a 56 días de la microsílice QS relación 1:3 y 1:4.

Luego de realizar el ensayo de compresión a 28 días, se realizó el ensayo de compresión a 56 días, la mejor resistencia promedio dentro del grupo de microsílice QSI es de 421 kg/cm² del 8% de dosificación creciendo en un 55% más en sus resultados finales, esto se debe a que el tamaño de las partículas de sílice logra acomodarse en los espacios vacíos, mejorando la resistencia desde los 7 días hasta los 56 días en un 101% más de resistencia comparado con la patrón, gracias a la buena hidratación y al aditivo acelerante, se logró tener un rápido fraguado inicial; en el uso de este aditivo, las partículas de microsílice se acomodarían entre los espacios vacíos y la mezcla se volvería super seca, por ello se recomienda usar un acelerante para mejorar el tiempo de endurecimiento.

Según la figura N°20 a 56 días de curado de los morteros modificados con microsílice QS en la dosificación 1:4 tenemos una resistencia mayor de 409 kg/cm² perteneciente al 8% de

adición, a pesar de tener resistencias iniciales bajas, a largo plazo se logra superar a la mezcla diseño, en esta dosificación el aditivo acelerante no tuvo mucho efecto al inicio, pero logró superar las expectativas.

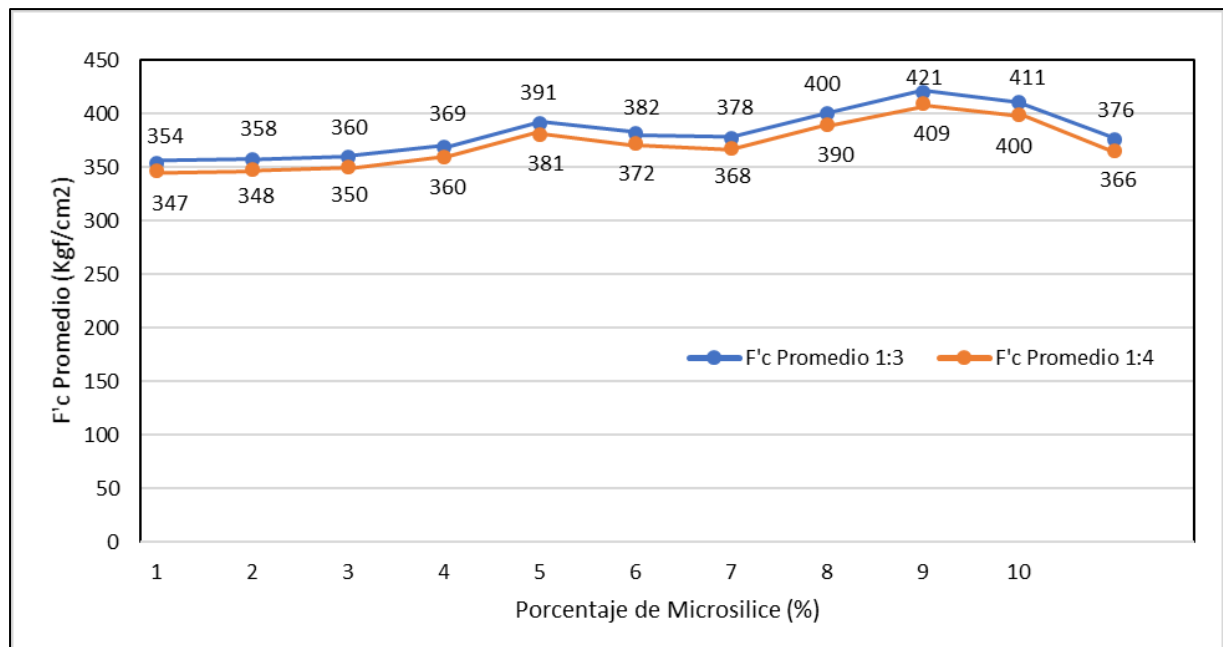


Figura N.º 21: Resistencia a 56 días de la microsilíce SIKA relación 1:3 y 1:4.

La resistencia a la compresión realizada a 56 días como ensayo de seguimiento en los mortero adicionados con microsilíce SIKA FUME tiene mejores resultados para la dosificación 1:3, siendo el 8% el porcentaje con más resistencia con un valor de 432 kgf/cm²; la mezcla en su estado fresco, gracias a la buena hidratación aportada por la relación a/c y el aditivo acelerante, tienen mejor influencia en la resistencia, ya que las partículas de la microsilíce y de la arena gruesa al ser saturadas con el agua, estas se distribuyen uniformemente en el proceso de amasado de la mezcla, al tener una pasta hidratada y de buena consistencia, estas tienden a endurecer con menos porosidad. En la dosificación 1:4 a 56 días de curado el 6% de dosificación obtuvo una resistencia de 367 Kgf/cm² como la resistencia más alta.

Comprendiéndose que la dosificación y resistencia más óptima según los ensayos de 7, 28 y 56 días es el 8% de porcentaje de microsilíce SIKA en la dosificación 1:3, al tener un crecimiento más uniforme y por el tamaño de finos que encajan correctamente con el mortero, la buena hidratación y la correcta dosificación hacen escogerlo como la más óptima para aplicar el mortero como aplicación vía shotcrete, e incluso se le puede aplicar como revestimiento de refuerzo de túneles, muros de contención, y demás aplicaciones, como mortero alternativo como shotcrete.

5.6. Capilaridad

Previamente a los ensayos de 28 días de los especímenes de mortero, se realizó el ensayo de capilaridad en base a la ASTM C1585 para evaluar el índice de absorción de agua en el mortero para el aumento de su masa, cronometrándose desde el minuto 0 hasta completar los 8 días de capilaridad, se han sometido las probetas al peso totalmente seco para medir la saturación desde el 1er minuto. El fenómeno de capilaridad se da cuando las partículas de mortero se colocan en un recipiente de menor área, el agua asciende saturando por presión a los espacios vacíos debido a la tensión superficial, si el mortero tiene absorción este es más propenso a tener problemas de resistencia.

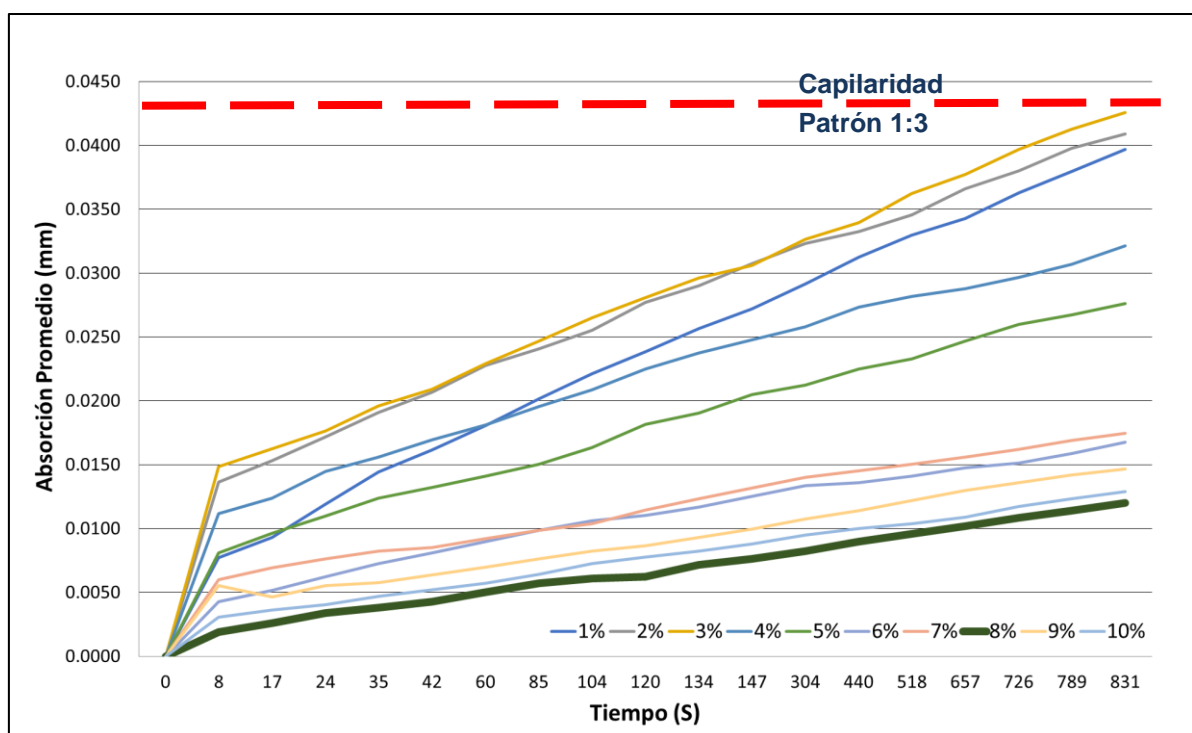


Figura N.º 22: Capilaridad de probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm – QS - 1:3.

Se realizó el ensayo de capilaridad con las probetas cúbicas patrones, de acuerdo a esto, nos arroja una capilaridad promedio de 0.042 mm en relación 1:3 y 0.022 mm en relación 1:4 siendo la relación 1:3 más permeable en comparación de la relación 1:4, esto es debido a que la dosificación tiene más cantidad de arena y gracias al módulo de finura que tiene la arena gruesa sus partículas son homogéneas, por lo que logran llenar más los espacios vacíos sin aumentar su volumen, y al tener una absorción de 2.3, esto también hace la probeta menos porosa.

Luego en la Figura N° 22 se realizó la capilaridad de las probetas cúbicas de dosificación 1:3 con las adiciones de microsílices QSI en porcentajes del 1 al 10%, viéndose que la capilaridad más permeable fue la del 3% de adición con una capilaridad de 0.041 mm y la de menos permeabilidad corresponde al 8% de adición con 0.012 mm; viéndose que a mayor porcentaje se da más impermeabilidad; esto se debe a que al utilizar el acelerante hace que la mezcla sea más trabajable, por lo cual las partículas de la arena gruesa y la microsíllice ya que su tamaño máximo nominal, llega a ser menor a la del cemento y se acomodan homogéneamente para que no haya vacíos al momento de endurecer, y sea un mortero impermeable.

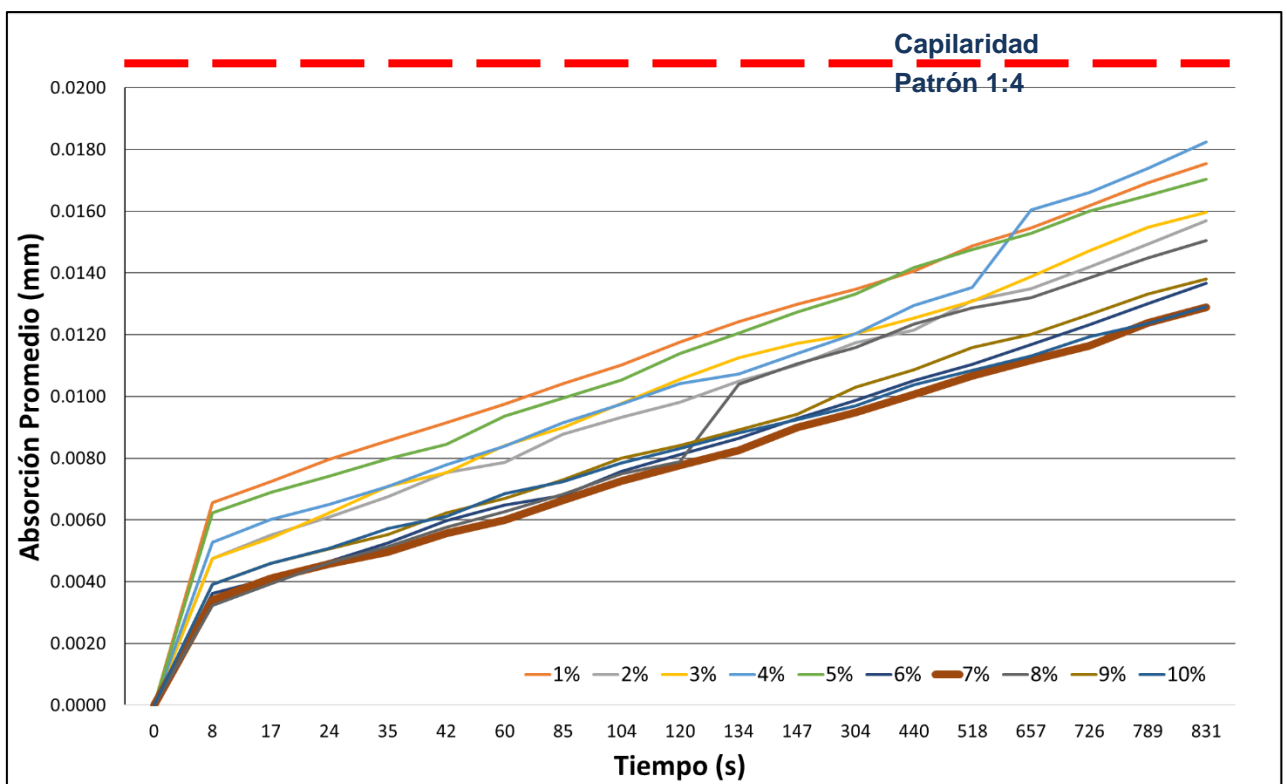


Figura N.º 23: Capilaridad de probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm – QS - 1:4.

La capilaridad en la relación 1:4 con la microsíllice QSI nos da a entender que la impermeabilidad se da entre el 6% y el 10%, en la figura N° 23 nos muestra que al 4% de adición tiene una capilaridad de 0.018 mm, nos dice que tiene una mayor permeabilidad y la de menor permeabilidad es la del 7% con una capilaridad de 0.013 mm, comparando las figuras N°13 y N°14 se comprende que la capilaridad es menor en porcentajes mayores de adición en la relación 1:4, esto se debe a la mezcla se ve influenciada por la buena hidratación y el aditivo acelerante que nos da una mejor consistencia de la pasta de mortero, ya que al 1% de adición se tenía una pasta demasiado fluida pero no tan consistente, obteniendo como resultado la dispersión de partículas haciendo más espacios vacíos, lo contrario ocurre con un porcentaje de un 8% ya que la pasta de mortero tenía un fácil acomodo dentro de las dos capas de mortero trabajadas.

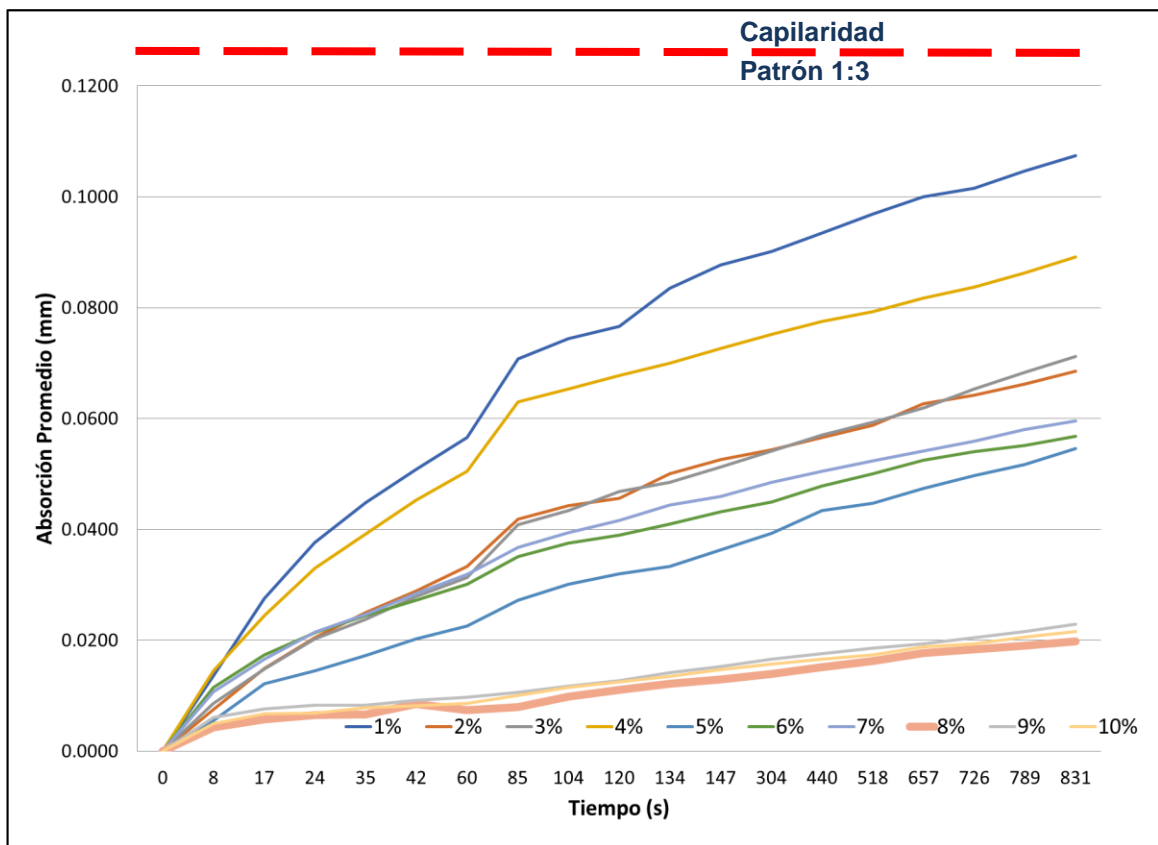


Figura N.º 24: Capilaridad de probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm –sika - 1:3.

La capilaridad que se realizó con las probetas conformadas con la adición de microsíllice SIKA nos muestra una capilaridad más impermeable en comparación con QSI, la capilaridad más impermeable se muestra en el 8% de adición de microsíllice de 0.020 mm y el 1% de adición tiene una capilaridad de 0.107 mm siendo este valor como el más alto en comparación con la capilaridad de las dos marcas de microsílices industriales, esto de igual manera no influye tanto en la resistencia, ya que la microsíllice al reaccionar con el cemento en la fase intermedia

empieza a endurecerse y da más resistencia al mortero, sin embargo al tener menor capilaridad no afectaría a su estructura por lo cual los resultados llegaron a ser mayor a su resistencia ya que el mortero es impermeable.

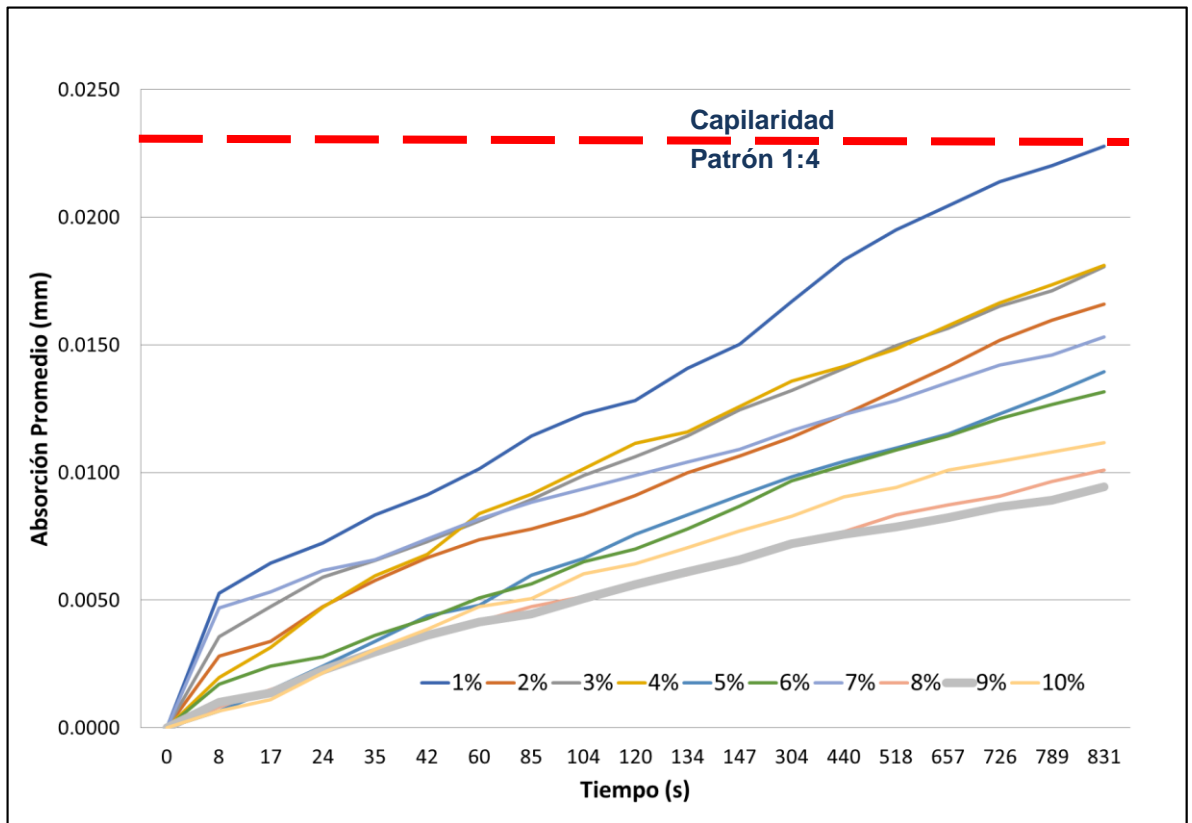


Figura N.º 25: Capilaridad de probetas cúbicas de 5cmx5cmx5cm – sika - 1:4.

En la figura N° 25 en la relación 1:4 con adición de microsíllice Sika, tiene una capilaridad de 0.0094mm del 9% de adición, este sería el valor más bajo de capilaridad en comparación con los gráficos anteriores, entendiéndose que la impermeabilidad de ambas marcas se encuentra más en la microsíllice sika fume.

5.7. Análisis de costos

Después todos los ensayos de resistencia a la compresión y capilaridad se realizó un análisis de costos, ubicado en el apéndice 1, tablas N.º91, 92 y 93, en esta investigación, no se tuvo un costo significativo al no emplearlo en volúmenes grandes, en cambio, en obra, los costos pueden variar de acuerdo al volumen requerido y específicamente a qué tipo de aplicación se empleará el mortero, esto dependerá el tipo de obra, y los análisis de costos unitarios que se emplean para tener el costo indicado, en este caso sería cada mortero adicionado con los dos tipos de microsíllice, dentro de los costos analizados en esta investigación podemos entender que el mortero adicionado con SIKA FUME con dosificación 1:3, relación a/c de 0.65 y con un aditivo acelerante constante, viene siendo el más económico, esto resulta muy conveniente ya que también obtuvo mejores resultados en cuanto resistencia y capilaridad, en una aplicación más realista esto resulta muy económico en el resane de muros o estructuras de concreto armado que fueron atacados por sulfatos por el paso del tiempo o patologías dadas por la proyección y ejecución, obstruyendo el paso de fluidos y protegiendo el mortero y al ser de alta resistencia sería más durable, también analizando los costos con el mortero adicionado con Silica Fume QS, esto solo tendría un incremento de 3% más en costos, con los resultados obtenidos en la resistencia y capilaridad, también puede resultar económico aplicarlo, pero estaría limitándose por la cantidad de dosificación de la microsíllice, solo permitiéndonos usar del 5% al 10% del peso del cemento, esto reduciría costos en la cantidad de cemento, pero demandaría más cantidad de microsíllice, esta demanda de materiales tendría más sobrecostos si se aplicará a grandes demandas de volúmenes de mortero adicionado con microsíllice, el costo de la microsíllice silica fume QS se deben a que esta microsíllice industrial viene siendo elaborada desde Brasil según lo detallado en sus especificaciones técnicas.

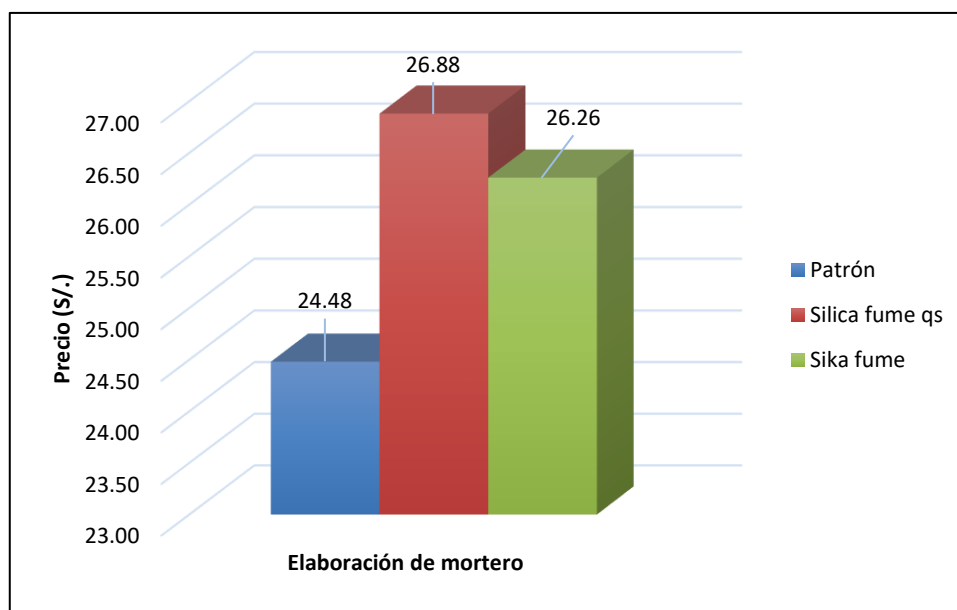


Figura N.º 26: Costos de probetas cubicas 1:3, r=0.65.

CONCLUSIONES

- Todos los ensayos de caracterización de la arena gruesa cumplieron con los parámetros estipulados por la Norma Técnica Peruana y la American Society for Testing and Materials.
- Se realizó la búsqueda de la dosificación ideal para la elaboración de la mezcla de mortero, realizando ensayos previos con dosificaciones como 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, siendo las proporciones 1:3 y 1:4 las seleccionadas por el menor contenido de cemento, ya que si se tiene un alto contenido de cemento, esto no sería viable por el costo; también se escogieron estas dosificaciones porque se tiene una buena consistencia en la elaboración de la mezcla, siendo fundamental para obra este tipo de características; siendo 1:3 la más recomendada para el uso de este revestimiento en obra, y 1:4 como un revestimiento común y económico.
- El porcentaje más óptimo de microsíllice silica fume qs en el mortero fue del 8% de dosificación con relación 1:3 teniendo una resistencia de 421 kg/cm², este es su punto más alto, el tipo de rotura se dio normalmente de tipo columnar (Ver anexo 1, figura N° 34 (t)) siendo un mortero de alta resistencia aceptable para aplicaciones en obras civiles.
- La microsíllice sika fume, al ser agregado al mortero en distintos porcentajes tiende a ser de una resistencia en crecimiento positivo, con el 8% como el porcentaje con resistencia más alta, siendo de 432 Kgf/cm² a 56 días y 401 Kgf/cm² a 28 días de curado con dosificaciones 1:3 y relación agua - cemento 0.65, con tipo de rotura columnar, la microsíllice sika fume aumentó la resistencia mecánica del mortero haciéndolo un mortero de alta resistencia que supera los 280 Kgf/cm² de resistencia a la compresión de un concreto convencional, según la RNE. E060 (2006), obteniéndose un 15% más de resistencia a 28 días y 30% más de resistencia a 56 días.
- Realizar la mezcla de mortero con microsíllice resulta siendo muy económico, ya que por cada dosificación solo se utiliza un pequeño porcentaje de microsíllice de la presentación de bolsa de 25 Kg, siendo este muy ahorrativo por lo mismo que podría reemplazar y reducir la cantidad de cemento en la mezcla, ya que se necesitaría menos bolsas del mismo al aplicarlo en volúmenes más grandes, para llegar a la resistencia deseada una de las características principales de la microsíllice Sika Fume es la disminución de pérdidas de partículas de cementos y elementos finos, resulta muy conveniente la aplicación de esta microsíllice en el mortero, siendo esta investigación útil para las empresas que estarían interesadas en aplicar un mortero de alta resistencia.
- El porcentaje de dosificación más óptimo en QSI, viene de la mano con la relación 1:3, relación agua – cemento, con un 8% de dosificación con 421 Kgf/cm² a 56 días de

curado, esta dosificación tuvo resistencia inicial baja con respecto a las probetas adicionadas con microsíllice sika fume, pero las resistencias se han venido incrementando a lo largo de los días de curado, teniendo más notoriedad a 56 días, esto es debido a como su consistencia es trabajable, por su tamaño de partículas y como estas se han venido acomodando en la mezcla.

- El porcentaje de dosificación más óptimo entre las 2 marcas de microsíllice industrial en Sika es la relación 1:3 con 8% de dosificación, se eligió este porcentaje por el crecimiento de resistencias uniformes en esta relación, si se aplicara en obras, sería de mucha utilidad porque se necesita una mezcla que tenga un rápido fraguado inicial, mejores resistencias iniciales que no disminuyan al pasar el tiempo y gracias a que el cemento utilizado es tipo V, tendría resistencia a los sulfatos.
- La capilaridad más impermeable se encontró en las probetas de mortero adicionadas de microsíllice sika fume con aditivo acelerante, debido a la ausencia de poros en las probetas y en la textura del fleco capilar, la aplicación ideal se daría en obras de revestimiento de protección de diques en canales y ríos, esta capa de mortero sería más resistente al paso del agua, también en revestimiento de túneles para la protección ante deslizamientos, por otro lado la capilaridad en las probetas elaboradas con microsíllice Silica Fume QS con aditivo acelerante, logra ser impermeable, pero por sus resistencias no logra ser óptimas a diferencia de las probetas conformadas con microsíllice sika, de igual manera también es buena opción su aplicación en obras que no se requiera el paso del agua.
- El tamaño del molde de vidrio en la cual se realizó el ensayo de capilaridad tuvo mucha influencia en los resultados, dado que a mayor espacio, la absorción se realizó de una manera más lenta, también debido a la presencia de menos espacios de vacíos y a la estructura del fleco capilar, esto se debe a la influencia del módulo de finura, el peso específico, la densidad de la arena gruesa y el tamaño de partículas de las microsíllices, estas se acomodaron en los espacios vacíos que tiene el mortero.
- Se concluye que la microsíllice sika fume si cumple con los estándares dados en su ficha técnica y que se puede emplear en obras que se deseen reducir costos, sean diques, revestimiento de túneles, taludes, cortes de tierra y en obras de edificaciones sería un buen apoyo ante cimentaciones que presente problemas en la napa freática; se utilizaría como una capa de solado de alta resistencia y de bajo precio.
- Se llegó a escoger como microsíllice ideal la microsíllice sika fume, porque tiene mejores resistencias iniciales, esto mejoró una de las características del cemento tipo V, que es tener menor resistencias iniciales comparados con otros tipos de cemento, eso no

sucedió en mortero adicionados con silica fume qs, ya que el aumento tuvo más notoriedad a 56 días de curado; dado que pasando los 28 días de curado, la microsíllice hace que el mortero siga ganando más resistencia, también se llega a escoger la microsíllice sika fume porque desde el 1% de dosificación tuvo un crecimiento casi homogéneo, esto no sucedía en los morteros con silica fume qs ya que se vio limitado por el crecimiento a partir del 5%, esto confirmaría lo dicho en su ficha técnica, que recomienda utilizar esta microsíllice en dosificaciones de 5% - 10% de dosificación.

- Si comparamos los costos de cada mortero: patrón, con microsíllice sika fume, vs. microsíllice silica fume qs ambos con aditivo acelerante, según la figura N°.26, podemos entender que se eleva el costo en un 5% más de lo que nos costaría un mortero convencional, pero si se aplicaría a un revestimiento a taludes, cortes de tierra, sostenimiento de túneles, cuyas aplicaciones en concreto suelen ser de costos más elevados, por el tipo de material, mano de obra, equipos y maquinarias; estaría siendo más conveniente aplicar mortero adicionado con microsíllice como opción destinada a aquellos que deseen tener un mortero de mayor resistencia y reducir costos y al mismo tiempo tener un producto durable y de calidad, así se necesite más mano de obra y equipos, seguiría siendo muy conveniente emplear mortero adicionado con microsíllice.

RECOMENDACIONES

- Investigar la influencia de la microsíllice con diferentes tipos de aditivos acelerantes que pueda mejorar las propiedades físicas y químicas del mortero convencional.
- Se recomienda realizar investigaciones, donde se usen dosificaciones cemento:arena comprendidos entre 1:5 a 1:8 con microsílices de diferentes marcas aún no estudiadas variando la relación agua/cemento con el fin de determinar el valor más óptimo.
- Se recomienda en estudios posteriores, realizar el ensayo de distribución de tamaño de partículas y superficie específica, determinación de la composición química, índice de actividad puzolánica, ensayos de penetración de cloruros, para las dosificaciones estudiadas, para estudiar más a profundidad las propiedades de cada material con estos ensayos, analizando la reacción química de los materiales al mezclarlos.
- Seguir esta investigación, realizando pruebas y ensayos con mortero elaboradas en plantas concreteras, para poder llegar a resultados más cercanos a las de campo.
- Seguir esta investigación, realizando pruebas y ensayos con mortero proyectado vía shotcrete, para poder asemejar los resultados más cercanos a las de campo.

REFERENCIAS

- Abanto, F. (2013). Tecnología del concreto. editorial "san marcos", Lima - Perú.
- Aceros arequipa (2015). Manual del maestro constructor. [en línea] recuperado el 26 de setiembre de 2017, de <http://www.acerosarequipa.com/manual-del-maestro-constructor/materiales-de-construccion/arena-gruesa.html>. Perú
- Alcantara, V. y Maceda, P. (2014). Influencia del porcentaje de reemplazo de ceniza volante sobre la resistencia a la compresión, actividad puzolánica y reactividad álcali-sílice en la fabricación de morteros de cemento tipo I. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo - Perú.
- Alegria, A. (2014). Manual de redacción académica. Universidad Privada Del Norte. Trujillo - Perú.
- Alegria Alegria, A. (2014). Glosario de investigación. Universidad Privada del Norte. Trujillo - Perú.
- American society for testing and materials C1585 – 13 (2013). Método de prueba estándar para la medida de índice de absorción de agua por hormigones de cemento hidráulico. Pennsylvania - Estados Unidos.
- Cementos Pacasmayo (2017). Cemento portland tipo V. [en línea] recuperado el 12 de mayo de 2017, de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/productos-y-servicios/cementos/tradicional/tipo-v>. Perú.
- Constructor civil (2013). Capilaridad en la construcción [en línea] recuperado el 01 de marzo de 2017, de <http://www.elconstructorcivil.com/2013/03/capilaridad-en-la-construccion.html>. Perú.
- Contreras, S. (2013). Peso específico y absorción de agregados finos y gruesos. [en línea] recuperado el 02 de junio 2017, de: <https://es.scribd.com/doc/308892781/peso-especifico-y-absorcion-de-agregados-finos-y-gruesos-docx>. Perú.
- Córdova, M. y Portugal, J. (2014). Determinación y obtención de la curva esfuerzo vs tiempo de un concreto de alta resistencia mediante aditamiento de microsíllice y superplastificante en la mezcla, utilizando agregados, de la cantera flores y cemento Chimborazo. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba - Ecuador.
- Díaz, J. (2014). Shotcrete vía húmeda, su importancia como elemento de sostenimiento en minería. UNICON. Lima - Perú.
- Durand, A. (2017). Influencia del óxido de calcio en la trabajabilidad, fraguado, compresión, densidad, porosidad y absorción del concreto para elementos estructurales, Trujillo 2017. Universidad Privada del Norte. Trujillo – Perú.
- Estrada, A. (2015). Determinación del contenido de humedad de los agregados. [en línea] recuperado el 07 de octubre de 2017, de:

<https://es.scribd.com/doc/310601106/Contenido-de-Humedad-Agregados-Informe>.

Juliaca – Perú.

- Instituto Americano del Concreto (2015). Guía del contratista para la construcción en concreto de calidad. ACI. Lima - Perú.
- José María Cruz Oria (2017). Comparativa de las normas de ensayo ASTM C109 y UNE-EN 196-1:2005.
- Koprino (2015). Beneficios del uso de la microsilica en el cemento [en línea] recuperado el 06 de mayo de 2017, de: <https://www.quiminet.com/articulos/beneficios-del-uso-de-microsilica-en-cemento-4112651.html>. Quiminet. México.
- Koprino (2015). Microsílice. [en línea] recuperado el 13 de mayo de 2018, de <https://www.quiminet.com/articulos/micro-silice-produccion-y-uso-808.html>. Quiminet. México.
- Marco, J. García, E., Más, M., Alcaraz, V., Luizaga, A. (2012). Estudio de la resistencia a compresión de morteros fabricados con conglomerante compuesto de polvo de vidrio, Informes de la construcción. Madrid – España.
- Montaña, C. y Carmona, R. (2015). Impacto de las adiciones para concreto en la reducción de la permeabilidad al ión cloruro vs. la relación agua cemento. Universidad Católica de Colombia. Bogotá - Colombia
- Morejón, L. (2015). Morteros de cemento con adiciones de humo de sílice y nanosílice. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid - España
- Morales, R. (2006). Diseño en concreto armado. ICG. Lima - Perú.
- National ready mixed concrete association (2015). CIP 35 – Prueba de resistencia a la compresión del concreto [en línea] recuperado el 14 de setiembre de 2017, de: <https://www.nrmca.org/aboutconcrete/cips/CIP35es.pdf>. NRMCA. Estados Unidos.
- Norma Chilena NCh1017-2009 (2009). Hormigón – Confección en obra y curado de probetas para ensayos de compresión, tracción por flexión y por hendimiento.
- Norma Chilena NCh1037.Of77 (2009). Hormigón – Ensayo de compresión de probetas cúbicas y cilíndricas.
- Norma Chilena NCh158.Of67 (2009). Hormigón – Ensayo de flexión y compresión de morteros de cemento.
- Norma Española UNE-EN-196-1 (2005). Métodos de ensayo de cementos.
- Norma Española UNE-EN-1015-18 (2003). Métodos de ensayo de los morteros para albañilería, determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad del mortero endurecido.
- Norma Mexicana NMX-C-486-ONNCCE-2014 (2014). Mortero para uso estructural.

- Normas Técnicas Peruanas 334.090 (2013). Cementos. cementos portland adicionados. requisitos. NTP. Perú.
- Normas Técnicas Peruanas 339.185 (2013). Agregados. método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Norma Técnica Peruana. Perú.
- Normas Técnicas Peruanas 400.012 (2001). Agregados. análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Norma Técnica Peruana. Perú.
- Normas Técnicas Peruanas 400.017 (1999). Agregados. método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado. Norma Técnica Peruana, Perú.
- Normas Técnicas Peruanas 400.022 (2013). Agregados. método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Norma Técnica Peruana. Perú.
- Normas Técnicas Peruanas 400.037 (2014). Agregados. especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Norma Técnica Peruana. Perú.
- Palomino, A. (2011). Caracterización física de los agregados. [en línea] recuperado el 08 de diciembre 2017, de <https://civilgeeks.com/2011/12/08/caracterizas-fisicas-de-los-agregados/>. Perú.
- Pasquel, E. (2000). Tópicos de tecnología del concreto. Colegio de ingeniero del Perú. Lima – Perú.
- Pontificia Universidad Católica del Perú (2015). La ingeniería de túneles: conceptos y situación actual en el Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2006). Norma E.060 concreto armado [en línea] recuperado el 12 de mayo de 2017, de: http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/RNE_parte%2009.pdf. RNE. Perú.
- Universidad Técnica Particular de Loja (2015). Contenido de humedad evaporable del agregado mediante secado (resumen ASTM C566). [en línea] recuperado el 29 de abril de 2017, de: <https://es.scribd.com/document/291745768/resumen-astm-c-566-pdf>.
- Vilca, M. (2012). Incidencia del porcentaje de microsíllice en un concreto autocompactante. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca - Perú.
- Villaroel, J. (2017), Evaluación del porcelanato reciclado y dosificación en mortero de asentado sobre la resistencia a compresión, absorción, densidad y flujo, Trujillo 2017. Universidad Privada del Norte. Trujillo – Perú.

APÉNDICE

APENDICE 1: Caracterización de agregados.

Granulometría

Tabla N.º84: Arena Gruesa – Muestra 01.

| Tamices ASTM | Abertura (mm) | Peso retenido (kg) | % Retenido parcial | % Retenido acumulado | % Que pasa |
|--------------------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| Nº4 | 4.76 | 19.7 | 2.5 | 2.5 | 98 |
| Nº10 | 2.00 | 98.9 | 12.4 | 14.9 | 85 |
| Nº16 | 1.19 | 105.1 | 13.2 | 28.0 | 72 |
| Nº40 | 0.43 | 77.3 | 9.7 | 37.7 | 62 |
| Nº60 | 0.25 | 72.2 | 9.0 | 46.8 | 53 |
| Nº100 | 0.16 | 339.1 | 42.5 | 89.3 | 11 |
| Nº200 | 0.08 | 72.11 | 9.0 | 98.3 | 2 |
| Fondo | | 13.6 | 1.7 | 100 | 0 |
| Total (Kg) | | 797.8 | 100 | - | - |
| Módulo de finura: | | | | | 2.2 |
| % Arenas: | | | | | 89 |
| % Finos: | | | | | 11 |
| Total: | | | | | 100 |

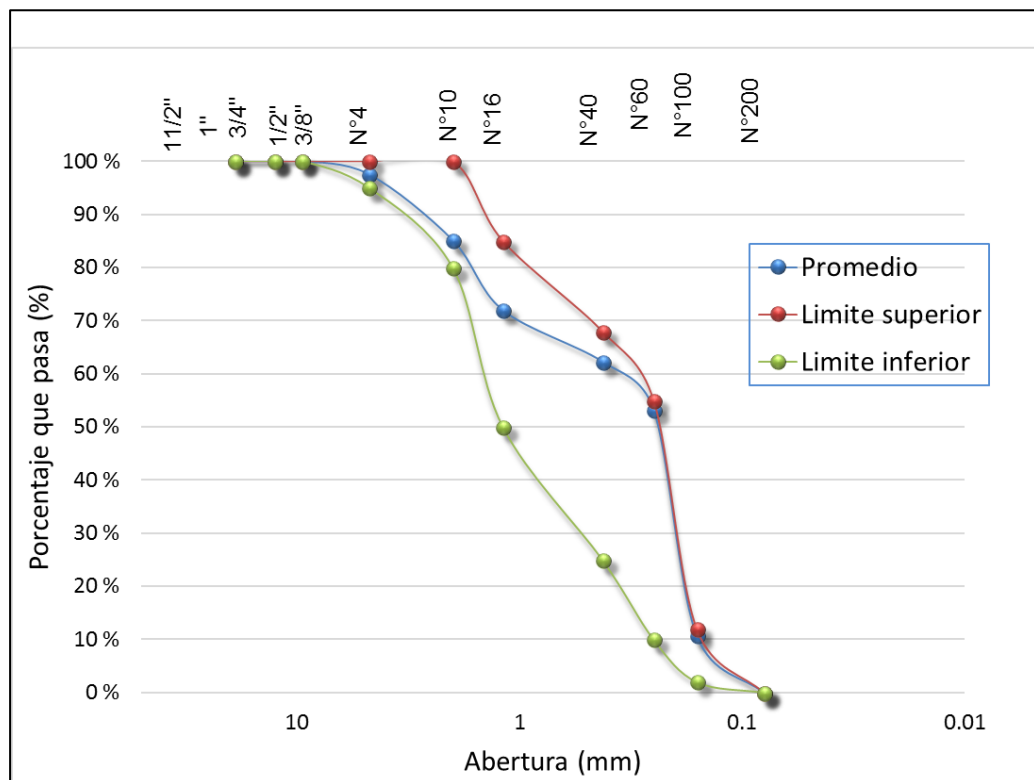


Figura n.º 27: Curva Granulométrica – Arena Gruesa Muestra 01.

Tabla N.º85: Arena Gruesa – Muestra 02.

| Tamices ASTM | Abertura (mm) | Peso retenido (kg) | % Retenido parcial | % Retenido acumulado | % Que pasa |
|-------------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| Nº4 | 4.76 | 22.7 | 2.9 | 2.9 | 97 |
| Nº10 | 2.00 | 104.6 | 13.0 | 15.9 | 84 |
| Nº16 | 1.19 | 100.9 | 12.7 | 28.6 | 71 |
| Nº40 | 0.43 | 76.4 | 9.6 | 38.1 | 62 |
| Nº60 | 0.25 | 107.7 | 13.5 | 51.6 | 48 |
| Nº100 | 0.15 | 310.5 | 38.9 | 90.5 | 10 |
| Nº200 | 0.07 | 64.6 | 8.1 | 98.6 | 1 |
| Fondo | | 11.6 | 1.5 | 100 | 0 |
| Total (kg) | | 797.8 | 100 | - | - |
| Módulo de finura: | | | | | 2.3 |
| % Arenas: | | | | | 90 |
| % Finos: | | | | | 10 |
| Total: | | | | | 100 |

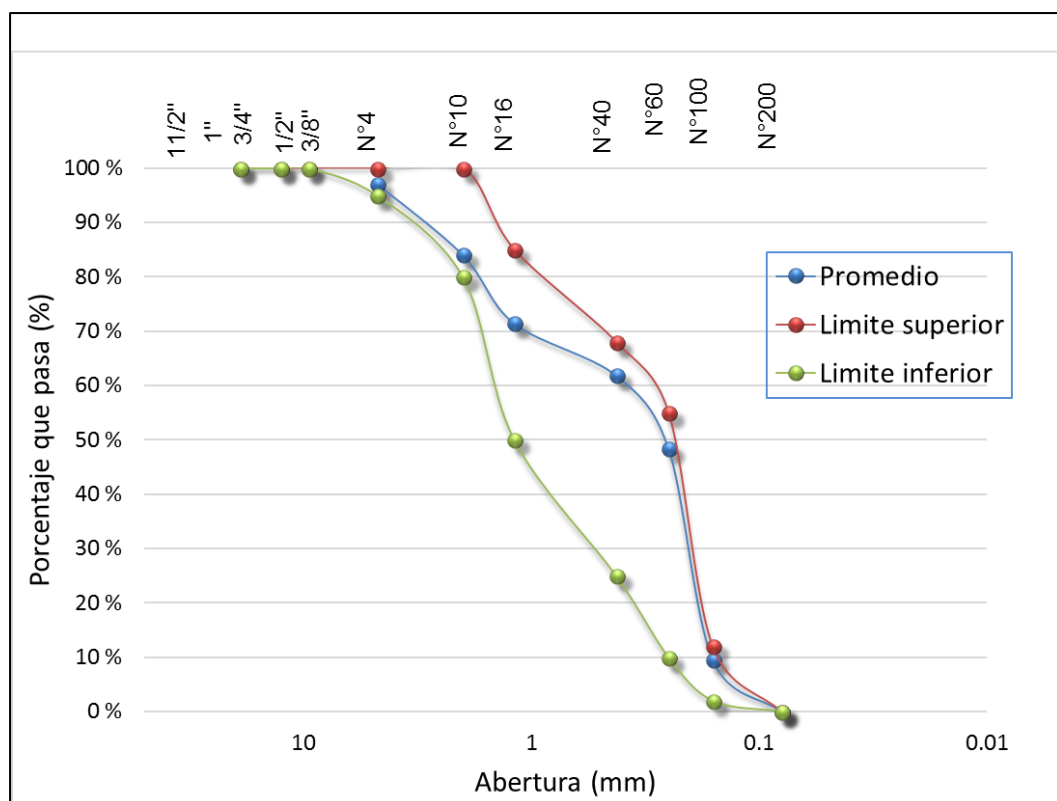


Figura n.º 28: Curva Granulométrica – Arena Gruesa Muestra 02.

Tabla N.º86: Arena Gruesa – Muestra 03.

| Tamices ASTM | Abertura (mm) | Peso retenido (kg) | % Retenido parcial | % Retenido acumulado | % Que pasa |
|-------------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------|
| Nº4 | 4.76 | 31.5 | 3.9 | 3.9 | 96 |
| Nº10 | 2.00 | 118.6 | 14.8 | 18.8 | 81 |
| Nº16 | 1.19 | 107.3 | 13.4 | 32.2 | 68 |
| Nº40 | 0.43 | 69.1 | 8.7 | 40.9 | 59 |
| Nº60 | 0.25 | 66.7 | 8.3 | 49.2 | 51 |
| Nº100 | 0.15 | 321.0 | 40.2 | 89.4 | 11 |
| Nº200 | 0.07 | 72.4 | 9.1 | 98.4 | 2 |
| Fondo | | 12.6 | 1.6 | 100 | 0 |
| Total (kg) | | 799.2 | 100 | - | - |
| Módulo de finura | | | | | 2.34 |
| % Arenas: | | | | | 89 |
| % Finos: | | | | | 11 |
| Total: | | | | | 100 |

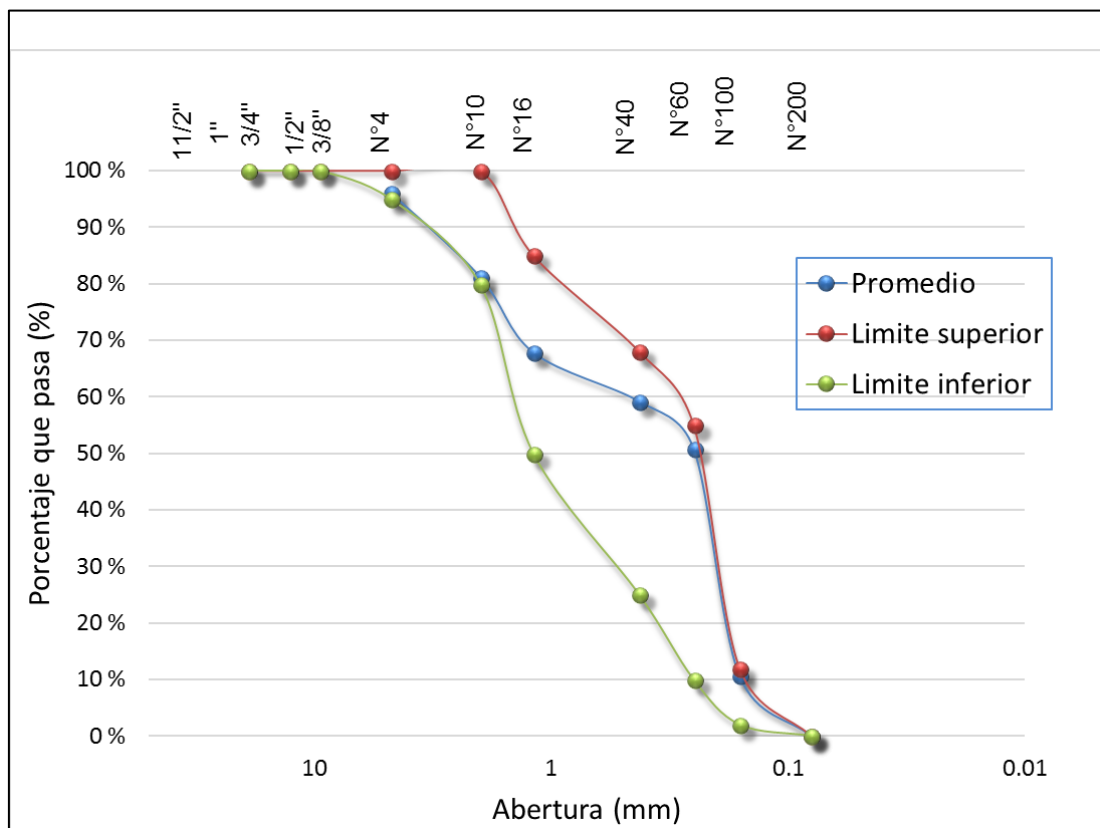


Figura n.º 29: Curva Granulométrica – Arena Gruesa Muestra 03.

Contenido de Humedad

Tabla N.°87: Resultados del Ensayo de Contenido de Humedad de las Muestras 01, 02, 03.

| Datos | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 |
|------------------------------------|------------|------------|------------|
| Recipiente N°: | CH1 | CH2 | CH3 |
| Peso suelo húmedo + recipiente (g) | 350 | 350 | 350 |
| Peso suelo seco + recipiente (g) | 348.0 | 348.1 | 348.0 |
| Peso de recipiente (g) | 141.0 | 132.2 | 155.4 |
| Peso del agua (g) | 2.0 | 1.9 | 2.0 |
| Peso suelo seco (g) | 207.1 | 215.9 | 192.6 |
| Humedad (%) | 1.0 | 0.9 | 1.1 |
| Resultados obtenidos | | | |
| Número de ensayos: | 3 | | |
| Humedad mínima (%): | 0.9 | | |
| Humedad máxima (%): | 1.1 | | |
| Humedad promedio (%): | 1.0 | | |
| Límites permisibles: | NP | | |

Peso Unitario

Tabla N.°88: Resultados Peso Unitario Suelto Seco.

| Peso Unitario Suelto Seco | | | |
|--|------------|------------|------------|
| Recipiente N° : | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 |
| Volumen del recipiente (m ³) | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| Peso de recipiente (kg) | 6.1 | 6.1 | 6.1 |
| Peso de recipiente + muestra suelta (kg) | 9.5 | 9.5 | 9.5 |
| Peso de la muestra suelta (kg) | 3.4 | 3.4 | 3.4 |
| Peso Unitario Suelto (kg) | 1701 | 1690 | 1668 |
| Promedio PUSS (kg/m³) | 1686 | | |

Tabla N.°89: Resultados Peso Unitario Suelto Compactado.

| Peso Unitario Suelto Compactado | | | |
|--|------------|------------|------------|
| Recipiente N° : | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 |
| Volumen del recipiente (m ³) | 0.002 | 0.002 | 0.002 |
| Peso de recipiente (kg) | 6.1 | 6.1 | 6.1 |
| Peso de recipiente + muestra suelta (kg) | 9.9 | 9.8 | 9.8 |
| Peso de la muestra compactada (kg) | 3.8 | 3.7 | 3.7 |
| Peso Unitario Compactado (kg) | 1881 | 1839 | 1826 |
| Promedio PUCS (kg/m³) | 1849 | | |

Peso Específico

Tabla N.°90: Resultados Obtenidos del Peso Específico.

| Valores de Ensayo | UND. | Muestra 01 | Muestra 02 | Muestra 03 | | |
|--|------|------------|------------|------------|-------------------|--------------|
| Etiquetado de Fiola | | F1 | F2 | F3 | | |
| 1. Peso. fiola | gr. | 167.7 | 171.9 | 185.5 | | |
| 2. Peso. fiola + 500ml agua | gr. | 679.7 | 680.3 | 682.9 | | |
| 3. Peso. fiola + muestra de arena superficialmente seca | gr. | 632.5 | 669.4 | 642.8 | | |
| 4. Peso. fiola + agua + muestra de arena superficialmente seca | gr. | 964.2 | 987.6 | 971.4 | | |
| 5. Peso. del agua | gr. | 331.7 | 318.1 | 328.6 | | |
| 6. Vol. De Fiola | ml | 500 | 500 | 500 | | |
| Valores Obtenidos Después de 1 Día en el Horno | | | | | Datos | |
| 7. Tara N° | | F1 | AF2 | F3 | Vol. fiola (ml) : | 500 |
| 8. Peso tara | | 216.6 | 116.9 | 116.8 | Numero de capas: | 3 |
| 10. Peso tara + muestra seca | gr. | 671.0 | 603.1 | 563.3 | Numero de golpes: | 25 |
| 12. Peso suelo seco | gr. | 454.4 | 486.3 | 446.4 | Tipo de agregado | Arena gruesa |
| Cálculos | | | | | Promedio | |
| 13. Peso específico de masa | gr. | 2.5 | 2.6 | 2.7 | 2.6 | |
| 14. Peso específico superficialmente seco | gr. | 3.0 | 2.8 | 2.9 | 2.9 | |
| 15. Peso específico aparente | gr. | 2.1 | 2.5 | 2.0 | 2.2 | |
| 16. Absorción % | % | 2.3 | 2.3 | 2.4 | 2.3 | |

Análisis de precios unitarios

Tabla N.°91: Análisis de precios unitarios con 0% de adición.

PARTIDA : ELABORACION DE MEZCLA DE MORTERO MODIFICADO

PRECIO : S/. 24.48

UNIDAD : M2

RENDIMIENTO : 17.00 M2/DIA

| DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL |
|----------------------------|--------|-----------|----------|--------|--------------|
| A)MANO DE OBRA (MO) | | | | | |
| CAPATAZ | HH | 0.1000 | 0.0471 | 24.08 | 1.13 |
| OPERARIO | HH | 1.0000 | 0.4706 | 20.07 | 9.44 |
| PEON | HH | 0.5000 | 0.2353 | 14.81 | 3.48 |
| | | | | | 14.05 |
| B)MATERIALES (MT) | | | | | |
| ANDAMIO DE MADERA | p2 | | 0.5800 | 5.48 | 3.18 |
| REGLA DE MADERA | p2 | | 0.0250 | 5.48 | 0.14 |
| CLAVOS DE 3" | kg | | 0.0220 | 2.89 | 0.06 |
| CEMENTO TIPO V | bls | | 0.1180 | 25.85 | 3.05 |
| ARENA GRUESA | m3 | | 0.0182 | 26.01 | 0.47 |
| AGUA | m3 | | 0.0055 | 5.68 | 0.03 |
| | | | | | 6.93 |
| C)EQUIPOS (EQ) | | | | | |
| HERRAMIENTAS 3% M.O. | % M.O. | 14.0500 | 0.0300 | | 0.42 |
| MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 0.2500 | 0.1176 | 26.21 | 3.08 |
| | | | | | 3.50 |

Tabla N.°92: Análisis de precios unitarios con microsilíce qs.

PARTIDA : ELABORACION DE MEZCLA DE MORTERO MODIFICADO

PRECIO : S/. 26.88

UNIDAD : M2

RENDIMIENTO : 17.00 M2/DIA

| DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL |
|----------------------------|--------|-----------|----------|--------|---------|
| A)MANO DE OBRA (MO) | | | | | |
| CAPATAZ | HH | 0.1000 | 0.0471 | 24.08 | 1.13 |
| OPERARIO | HH | 1.0000 | 0.4706 | 20.07 | 9.44 |
| PEON | HH | 0.5000 | 0.2353 | 14.81 | 3.48 |

14.05

B)MATERIALES (MT)

| | | | | | |
|----------------------------|-----|--|--------|-------|------|
| ANDAMIO DE MADERA | p2 | | 0.5800 | 5.48 | 3.18 |
| REGLA DE MADERA | p2 | | 0.0250 | 5.48 | 0.14 |
| CLAVOS DE 3" | kg | | 0.0220 | 2.89 | 0.06 |
| CEMENTO TIPO V | bls | | 0.1180 | 25.85 | 3.05 |
| ARENA GRUESA | m3 | | 0.0182 | 26.01 | 0.47 |
| AGUA | m3 | | 0.0055 | 5.68 | 0.03 |
| ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE | m3 | | 0.0083 | 60.00 | 0.50 |
| MICROSILICE QSI | bls | | 0.0200 | 95.00 | 1.90 |

9.33

C)EQUIPOS (EQ)

| | | | | | |
|------------------------|--------|---------|--------|-------|------|
| HERRAMIENTAS 3% M.O. | % M.O. | 14.0500 | 0.0300 | | 0.42 |
| MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 0.2500 | 0.1176 | 26.21 | 3.08 |

3.50

Tabla N.°93: Análisis de precios unitarios con microsíllice sika.

PARTIDA : ELABORACION DE MEZCLA DE MORTERO MODIFICADO

PRECIO : S/. 26.26

UNIDAD : M2

RENDIMIENTO : 17.00 M2/DIA

| DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL |
|----------------------------|--------|-----------|----------|--------|---------|
| A)MANO DE OBRA (MO) | | | | | |
| CAPATAZ | HH | 0.1000 | 0.0471 | 24.08 | 1.13 |
| OPERARIO | HH | 1.0000 | 0.4706 | 20.07 | 9.44 |
| PEON | HH | 0.5000 | 0.2353 | 14.81 | 3.48 |

14.05

B)MATERIALES (MT)

| | | | | | |
|----------------------------|-----|--|--------|-------|------|
| ANDAMIO DE MADERA | p2 | | 0.5800 | 5.48 | 3.18 |
| REGLA DE MADERA | p2 | | 0.0250 | 5.48 | 0.14 |
| CLAVOS DE 3" | kg | | 0.0220 | 2.89 | 0.06 |
| CEMENTO TIPO V | bls | | 0.1180 | 25.85 | 3.05 |
| ARENA GRUESA | m3 | | 0.0182 | 26.01 | 0.47 |
| AGUA | m3 | | 0.0055 | 5.68 | 0.03 |
| ADITIVO SUPERPLASTIFICANTE | m3 | | 0.0083 | 60.00 | 0.50 |
| MICROSILICE SIKA | bls | | 0.0200 | 85.00 | 1.70 |

9.13

C)EQUIPOS (EQ)

| | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|---------|------|
| HERRAMIENTAS 3% M.O. | % M.O. | | 0.0300 | 14.0500 | 0.00 |
| MEZCLADORA DE CONCRETO | hm | 0.2500 | 0.1176 | 26.21 | 3.08 |

3.08

APÉNDICE 2: Resultados de los Ensayos.

Resistencia a la compresión

Tabla N.º94: Resistencias a 7 días – 1 (cimento) : 3 (arena) y 1 (cimento) : 4 (arena).

| Días de curado | Relación a/c | Microsílice (%) | Nº de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. Kg. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|----------------|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|-------------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | | X | Y | Z | | | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 7 | 1:3 | 0 | 52 | 52.70 | 50.40 | 50.10 | 2656.08 | 33.15 | 14.00 | 142.94 | 143 | 142 | 143 |
| | | | 53 | 53.00 | 50.90 | 50.10 | 2697.70 | 33.78 | 13.98 | 142.74 | | | |
| | | | 54 | 53.10 | 50.80 | 50.80 | 2697.48 | 33.64 | 13.95 | 142.43 | | | |
| | 1:4 | 0 | 243 | 52.30 | 51.10 | 52.10 | 2672.53 | 33.45 | 13.27 | 135.49 | 136 | 135 | 135 |
| | | | 244 | 52.30 | 51.20 | 52.20 | 2677.76 | 33.51 | 13.24 | 135.18 | | | |
| | | | 245 | 53.80 | 50.90 | 51.20 | 2738.42 | 34.25 | 13.29 | 135.69 | | | |
| 28 | 1:3 | 0 | 184 | 50.12 | 50.60 | 50.62 | 2536.07 | 62.75 | 25.33 | 258.62 | 264 | 255 | 259 |
| | | | 185 | 53.03 | 50.79 | 51.38 | 2693.39 | 66.83 | 25.83 | 263.72 | | | |
| | | | 186 | 54.29 | 50.50 | 50.78 | 2741.65 | 67.93 | 24.99 | 255.15 | | | |
| | 1:4 | 0 | 206 | 50.40 | 53.11 | 51.68 | 2676.74 | 65.35 | 25.03 | 255.06 | 256 | 254 | 255 |
| | | | 207 | 53.60 | 51.85 | 51.72 | 2779.16 | 68.31 | 25.12 | 255.97 | | | |
| | | | 208 | 54.04 | 50.54 | 52.15 | 2731.18 | 66.90 | 24.97 | 254.44 | | | |
| 56 | 1:3 | 0 | 465 | 52.70 | 50.40 | 50.10 | 2656.08 | 91.82 | 34.68 | 354.08 | 354 | 353 | 354 |
| | | | 466 | 53.00 | 50.90 | 50.10 | 2697.70 | 91.15 | 34.61 | 353.37 | | | |
| | | | 467 | 53.10 | 50.80 | 50.80 | 2697.48 | 91.41 | 34.66 | 353.88 | | | |
| | 1:4 | 0 | 468 | 52.30 | 51.10 | 52.10 | 2672.53 | 89.98 | 33.99 | 347.04 | 347 | 346 | 347 |
| | | | 469 | 52.30 | 51.20 | 52.20 | 2677.76 | 89.33 | 33.92 | 346.32 | | | |
| | | | 470 | 53.80 | 50.90 | 51.20 | 2738.42 | 89.58 | 33.97 | 346.83 | | | |

Tabla N.º95: Resistencias a 7 días–qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. Kg. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|-------------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | | | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:3 | 1 | 97 | 52.70 | 50.50 | 51.20 | 2661.35 | 39.00 | 14.98 | 152.95 | 153 | 152 | 153 |
| | | 98 | 52.80 | 50.60 | 51.40 | 2671.68 | 39.12 | 14.97 | 152.84 | | | |
| | | 100 | 52.60 | 51.70 | 50.90 | 2719.42 | 39.74 | 14.93 | 152.44 | | | |
| 1:3 | 2 | 93 | 52.70 | 50.60 | 50.80 | 2666.62 | 41.32 | 15.84 | 161.73 | 162 | 161 | 162 |
| | | 94 | 52.60 | 51.00 | 50.70 | 2682.60 | 41.65 | 15.82 | 161.52 | | | |
| | | 96 | 52.80 | 51.10 | 50.50 | 2698.08 | 41.84 | 15.80 | 161.32 | | | |
| 1:3 | 3 | 73 | 53.00 | 50.60 | 51.20 | 2681.80 | 45.31 | 17.28 | 176.43 | 177 | 176 | 176 |
| | | 74 | 53.30 | 50.70 | 51.00 | 2702.31 | 45.86 | 17.30 | 176.63 | | | |
| | | 76 | 52.80 | 50.60 | 50.80 | 2671.68 | 45.33 | 17.27 | 176.33 | | | |
| 1:3 | 4 | 89 | 52.70 | 50.60 | 50.20 | 2666.62 | 50.20 | 19.20 | 196.03 | 197 | 196 | 196 |
| | | 90 | 51.90 | 50.20 | 50.10 | 2605.38 | 49.00 | 19.28 | 196.85 | | | |
| | | 92 | 52.00 | 50.80 | 50.30 | 2641.60 | 49.84 | 19.24 | 196.44 | | | |
| 1:3 | 5 | 101 | 52.70 | 51.10 | 50.90 | 2692.97 | 52.10 | 19.78 | 201.95 | 202 | 201 | 202 |
| | | 102 | 52.70 | 50.70 | 51.00 | 2671.89 | 51.58 | 19.69 | 201.03 | | | |
| | | 104 | 53.40 | 51.40 | 51.30 | 2744.76 | 53.00 | 19.74 | 201.55 | | | |
| 1:3 | 6 | 195 | 52.20 | 50.30 | 51.40 | 2625.66 | 56.04 | 21.76 | 222.17 | 223 | 222 | 222 |
| | | 196 | 52.30 | 50.80 | 51.00 | 2656.84 | 56.65 | 21.75 | 222.07 | | | |
| | | 197 | 52.10 | 50.60 | 51.10 | 2636.26 | 56.34 | 21.80 | 222.58 | | | |
| 1:3 | 7 | 235 | 53.80 | 50.90 | 50.30 | 2738.42 | 44.24 | 18.86 | 192.56 | 193 | 193 | 193 |
| | | 236 | 52.50 | 50.80 | 50.60 | 2667.00 | 43.20 | 18.89 | 192.87 | | | |
| | | 237 | 53.60 | 50.90 | 50.90 | 2728.24 | 44.18 | 18.88 | 192.76 | | | |
| 1:3 | 8 | 219 | 51.00 | 50.10 | 51.20 | 2555.10 | 53.42 | 21.30 | 217.47 | 218 | 217 | 217 |
| | | 220 | 52.80 | 52.10 | 51.40 | 2750.88 | 57.42 | 21.32 | 217.68 | | | |
| | | 221 | 52.30 | 51.60 | 52.10 | 2698.68 | 56.35 | 21.27 | 217.17 | | | |
| 1:3 | 9 | 77 | 52.60 | 52.60 | 51.90 | 2766.76 | 65.82 | 24.25 | 247.59 | 248 | 247 | 248 |
| | | 78 | 53.10 | 50.60 | 51.20 | 2686.86 | 63.81 | 24.28 | 247.90 | | | |
| | | 80 | 53.20 | 51.00 | 51.90 | 2713.20 | 64.31 | 24.21 | 247.18 | | | |
| 1:3 | 10 | 117 | 51.50 | 50.10 | 51.30 | 2580.15 | 66.72 | 26.44 | 269.95 | 270 | 269 | 270 |
| | | 118 | 52.00 | 50.80 | 51.00 | 2641.60 | 68.36 | 26.40 | 269.54 | | | |
| | | 120 | 51.70 | 50.30 | 50.40 | 2600.51 | 67.12 | 26.37 | 269.24 | | | |

Tabla N.°96: Resistencias a 7 días– qsi – relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. Kg. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|-------------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | | | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:4 | 1 | 105 | 52.20 | 50.30 | 52.40 | 2625.66 | 37.45 | 14.54 | 148.45 | 149 | 148 | 148 |
| | | 106 | 51.30 | 50.60 | 52.00 | 2595.78 | 36.98 | 14.55 | 148.56 | | | |
| | | 108 | 51.90 | 50.10 | 51.20 | 2600.19 | 36.95 | 14.51 | 148.15 | | | |
| 1:4 | 2 | 109 | 53.00 | 52.50 | 51.40 | 2782.50 | 41.53 | 15.21 | 155.29 | 156 | 155 | 155 |
| | | 110 | 54.40 | 52.20 | 52.60 | 2839.68 | 42.34 | 15.24 | 155.60 | | | |
| | | 112 | 53.70 | 51.20 | 51.80 | 2749.44 | 41.10 | 15.20 | 155.19 | | | |
| 1:4 | 3 | 113 | 56.40 | 51.50 | 51.40 | 2904.60 | 47.05 | 16.51 | 168.57 | 169 | 168 | 169 |
| | | 114 | 52.00 | 51.30 | 52.30 | 2667.60 | 43.10 | 16.53 | 168.77 | | | |
| | | 116 | 54.40 | 51.00 | 52.80 | 2774.40 | 44.84 | 16.48 | 168.26 | | | |
| 1:4 | 4 | 41 | 52.80 | 50.80 | 50.60 | 2682.24 | 46.74 | 17.81 | 181.84 | 182 | 181 | 181 |
| | | 46 | 52.40 | 51.00 | 51.00 | 2672.40 | 46.56 | 17.77 | 181.43 | | | |
| | | 48 | 52.60 | 50.60 | 50.40 | 2661.56 | 46.25 | 17.73 | 181.02 | | | |
| 1:4 | 5 | 36 | 51.70 | 50.60 | 50.50 | 2616.02 | 58.37 | 19.41 | 198.18 | 199 | 198 | 199 |
| | | 37 | 52.00 | 50.60 | 51.00 | 2631.20 | 58.74 | 19.45 | 198.58 | | | |
| | | 39 | 52.40 | 50.90 | 50.20 | 2667.16 | 59.45 | 19.49 | 198.99 | | | |
| 1:4 | 6 | 25 | 52.40 | 50.80 | 50.60 | 2661.92 | 52.55 | 20.17 | 205.94 | 206 | 205 | 205 |
| | | 26 | 52.50 | 51.40 | 49.50 | 2698.50 | 53.22 | 20.13 | 205.53 | | | |
| | | 27 | 52.50 | 50.70 | 50.90 | 2661.75 | 52.38 | 20.08 | 205.02 | | | |
| 1:4 | 7 | 20 | 52.10 | 50.90 | 50.30 | 2651.89 | 47.54 | 18.34 | 187.25 | 187 | 185 | 186 |
| | | 23 | 52.40 | 50.30 | 50.40 | 2635.72 | 47.25 | 18.28 | 186.64 | | | |
| | | 24 | 52.30 | 51.00 | 50.00 | 2667.30 | 47.34 | 18.15 | 185.31 | | | |
| 1:4 | 8 | 13 | 52.20 | 51.50 | 50.30 | 2688.30 | 52.68 | 20.05 | 204.71 | 205 | 204 | 205 |
| | | 14 | 52.20 | 50.40 | 50.60 | 2630.88 | 51.67 | 20.00 | 204.20 | | | |
| | | 15 | 53.70 | 50.60 | 50.80 | 2717.22 | 53.34 | 20.06 | 204.81 | | | |
| 1:4 | 9 | 1 | 51.30 | 50.80 | 51.20 | 2606.04 | 45.86 | 17.99 | 183.68 | 184 | 183 | 183 |
| | | 2 | 52.40 | 50.20 | 51.30 | 2630.48 | 46.33 | 17.94 | 183.17 | | | |
| | | 5 | 52.80 | 51.00 | 51.80 | 2692.80 | 47.35 | 17.96 | 183.37 | | | |
| 1:4 | 10 | 211 | 53.20 | 51.10 | 52.60 | 2718.52 | 48.25 | 18.14 | 185.21 | 186 | 185 | 185 |
| | | 212 | 53.60 | 51.20 | 51.80 | 2744.32 | 48.84 | 18.13 | 185.11 | | | |
| | | 213 | 53.20 | 51.30 | 52.10 | 2729.16 | 48.47 | 18.19 | 185.72 | | | |

Tabla N.º97: Resistencias a 7 días – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | Nº de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. Kg. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|-------------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | | | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:3 | 1 | 203 | 52.50 | 50.40 | 50.20 | 2646.00 | 68.28 | 25.98 | 265.26 | 266 | 265 | 266 |
| | | 204 | 52.70 | 50.60 | 50.70 | 2666.62 | 68.16 | 26.00 | 265.46 | | | |
| | | 205 | 52.60 | 50.10 | 50.20 | 2635.26 | 68.49 | 26.04 | 265.87 | | | |
| 1:3 | 2 | 251 | 51.40 | 50.30 | 50.90 | 2585.42 | 72.72 | 28.32 | 289.15 | 289 | 288 | 289 |
| | | 252 | 51.80 | 50.80 | 50.30 | 2631.44 | 69.83 | 28.25 | 288.43 | | | |
| | | 253 | 51.70 | 50.90 | 50.20 | 2631.53 | 73.54 | 28.27 | 288.64 | | | |
| 1:3 | 3 | 259 | 51.90 | 50.00 | 51.30 | 2595.00 | 80.11 | 30.89 | 315.39 | 319 | 315 | 317 |
| | | 260 | 52.70 | 50.10 | 51.80 | 2640.27 | 82.39 | 30.91 | 315.59 | | | |
| | | 261 | 51.30 | 50.60 | 51.50 | 2595.78 | 82.18 | 31.24 | 318.96 | | | |
| 1:3 | 4 | 267 | 52.70 | 51.60 | 51.00 | 2719.32 | 85.29 | 32.45 | 331.31 | 332 | 331 | 331 |
| | | 268 | 52.10 | 51.40 | 51.20 | 2677.94 | 86.27 | 32.43 | 331.11 | | | |
| | | 269 | 51.80 | 50.80 | 51.90 | 2631.44 | 84.57 | 32.50 | 331.83 | | | |
| 1:3 | 5 | 275 | 53.60 | 52.50 | 51.30 | 2814.00 | 86.07 | 32.03 | 327.03 | 327 | 326 | 327 |
| | | 276 | 53.80 | 52.30 | 52.80 | 2813.74 | 84.43 | 32.00 | 326.72 | | | |
| | | 277 | 52.70 | 52.10 | 52.90 | 2745.67 | 85.29 | 31.97 | 326.41 | | | |
| 1:3 | 6 | 283 | 51.60 | 51.30 | 50.30 | 2647.08 | 80.33 | 30.38 | 310.18 | 310 | 310 | 310 |
| | | 284 | 52.30 | 50.30 | 50.80 | 2630.69 | 77.93 | 30.33 | 309.67 | | | |
| | | 285 | 51.40 | 50.10 | 50.50 | 2575.14 | 78.51 | 30.41 | 310.49 | | | |
| 1:3 | 7 | 291 | 52.70 | 50.30 | 50.20 | 2650.81 | 82.75 | 32.86 | 335.50 | 336 | 335 | 335 |
| | | 292 | 51.30 | 50.10 | 50.60 | 2570.13 | 81.29 | 32.81 | 334.99 | | | |
| | | 293 | 51.60 | 50.80 | 50.20 | 2621.28 | 82.60 | 32.82 | 335.09 | | | |
| 1:3 | 8 | 299 | 52.30 | 52.60 | 50.10 | 2750.98 | 96.09 | 36.41 | 371.75 | 372 | 371 | 371 |
| | | 300 | 51.60 | 52.90 | 50.50 | 2729.64 | 95.51 | 36.36 | 371.24 | | | |
| | | 301 | 52.10 | 52.70 | 50.90 | 2745.67 | 96.18 | 36.33 | 370.93 | | | |
| 1:3 | 9 | 307 | 51.30 | 51.90 | 50.90 | 2662.47 | 88.77 | 33.74 | 344.49 | 345 | 344 | 344 |
| | | 308 | 51.30 | 51.20 | 50.10 | 2626.56 | 88.80 | 33.70 | 344.08 | | | |
| | | 309 | 51.60 | 50.80 | 50.60 | 2621.28 | 88.25 | 33.75 | 344.59 | | | |
| 1:3 | 10 | 315 | 52.70 | 50.10 | 50.20 | 2640.27 | 83.44 | 32.36 | 330.40 | 331 | 330 | 331 |
| | | 316 | 52.90 | 50.30 | 50.70 | 2660.87 | 85.25 | 32.41 | 330.91 | | | |
| | | 317 | 52.40 | 50.20 | 50.90 | 2630.48 | 84.76 | 32.37 | 330.50 | | | |

Tabla N.°98: Resistencias a 7 días – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. Kg. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|-------------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | | | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:4 | 1 | 323 | 52.60 | 50.20 | 50.00 | 2640.52 | 40.37 | 15.50 | 158.26 | 160 | 158 | 159 |
| | | 324 | 51.00 | 50.40 | 50.90 | 2570.40 | 43.63 | 15.64 | 159.68 | | | |
| | | 325 | 52.30 | 50.10 | 50.60 | 2620.23 | 41.14 | 15.45 | 157.74 | | | |
| 1:4 | 2 | 331 | 52.30 | 50.90 | 50.40 | 2662.07 | 46.08 | 16.55 | 168.98 | 169 | 167 | 168 |
| | | 332 | 52.30 | 50.20 | 50.30 | 2625.46 | 43.12 | 16.37 | 167.14 | | | |
| | | 333 | 52.10 | 50.80 | 50.80 | 2646.68 | 46.66 | 16.51 | 168.57 | | | |
| 1:4 | 3 | 339 | 51.90 | 50.50 | 50.60 | 2620.95 | 46.90 | 17.88 | 182.55 | 185 | 182 | 183 |
| | | 340 | 51.70 | 50.30 | 50.40 | 2600.51 | 51.14 | 18.08 | 184.60 | | | |
| | | 341 | 51.60 | 50.20 | 50.70 | 2590.32 | 46.93 | 17.87 | 182.45 | | | |
| 1:4 | 4 | 347 | 51.30 | 50.90 | 50.80 | 2611.17 | 55.98 | 20.06 | 204.81 | 205 | 204 | 205 |
| | | 348 | 52.50 | 50.30 | 50.10 | 2640.75 | 50.72 | 19.95 | 203.69 | | | |
| | | 349 | 52.80 | 50.70 | 50.20 | 2676.96 | 55.58 | 20.11 | 205.32 | | | |
| 1:4 | 5 | 355 | 53.10 | 51.80 | 51.90 | 2750.58 | 62.50 | 22.74 | 232.18 | 233 | 230 | 232 |
| | | 356 | 53.80 | 51.40 | 51.30 | 2765.32 | 58.64 | 22.51 | 229.83 | | | |
| | | 357 | 52.80 | 51.70 | 51.80 | 2729.76 | 62.83 | 22.78 | 232.58 | | | |
| 1:4 | 6 | 371 | 52.90 | 51.20 | 51.90 | 2708.48 | 45.80 | 23.98 | 244.84 | 245 | 244 | 244 |
| | | 372 | 52.40 | 51.30 | 51.20 | 2688.12 | 48.18 | 23.90 | 244.02 | | | |
| | | 373 | 53.80 | 51.60 | 51.80 | 2776.08 | 45.74 | 23.94 | 244.43 | | | |
| 1:4 | 7 | 379 | 52.10 | 51.40 | 51.20 | 2677.94 | 49.34 | 25.12 | 256.48 | 257 | 256 | 257 |
| | | 380 | 51.80 | 52.80 | 50.60 | 2735.04 | 44.72 | 25.14 | 256.68 | | | |
| | | 381 | 51.30 | 52.40 | 51.90 | 2688.12 | 49.27 | 25.16 | 256.88 | | | |
| 1:4 | 8 | 387 | 51.60 | 50.00 | 50.80 | 2580.00 | 55.30 | 22.05 | 225.13 | 227 | 225 | 226 |
| | | 388 | 51.80 | 50.60 | 50.20 | 2621.08 | 64.03 | 22.28 | 227.48 | | | |
| | | 389 | 50.40 | 50.90 | 50.80 | 2565.36 | 58.33 | 22.01 | 224.72 | | | |
| 1:4 | 9 | 395 | 52.30 | 50.20 | 50.20 | 2625.46 | 73.40 | 25.34 | 258.72 | 259 | 257 | 258 |
| | | 396 | 52.20 | 50.10 | 50.80 | 2615.22 | 66.06 | 25.13 | 256.58 | | | |
| | | 397 | 52.00 | 50.60 | 50.30 | 2631.20 | 71.72 | 25.30 | 258.31 | | | |
| 1:4 | 10 | 403 | 52.50 | 50.20 | 50.50 | 2635.50 | 69.07 | 21.65 | 221.05 | 221 | 221 | 221 |
| | | 404 | 51.80 | 51.10 | 50.40 | 2646.98 | 76.24 | 21.63 | 220.84 | | | |
| | | 405 | 51.40 | 51.30 | 50.10 | 2636.82 | 69.48 | 21.68 | 221.35 | | | |

Tabla N.º99: Resistencias a 28 días – qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | Nº de probeta | Ejes (mm) | | | Área | Carga máx. | Resistencia a la compresión (kg/cm²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|---------|------------|--------------------------------------|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | mm² | Kg. | N/mm² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:3 | 1 | 141 | 52.88 | 50.64 | 51.20 | 2677.84 | 69.34 | 26.48 | 270.36 | 271 | 270 | 270 |
| | | 142 | 52.86 | 51.24 | 51.15 | 2708.55 | 70.23 | 26.53 | 270.87 | | | |
| | | 143 | 53.05 | 50.89 | 50.83 | 2699.71 | 69.93 | 26.44 | 269.95 | | | |
| 1:3 | 2 | 153 | 53.64 | 50.24 | 51.61 | 2694.87 | 76.34 | 28.95 | 295.58 | 296 | 296 | 296 |
| | | 154 | 52.82 | 50.75 | 50.57 | 2680.62 | 75.98 | 29.00 | 296.09 | | | |
| | | 155 | 53.36 | 50.60 | 50.85 | 2700.02 | 76.46 | 29.04 | 296.50 | | | |
| 1:3 | 3 | 170 | 52.70 | 50.50 | 51.10 | 2661.35 | 83.02 | 31.84 | 325.09 | 327 | 325 | 326 |
| | | 171 | 52.80 | 50.40 | 50.80 | 2661.12 | 83.40 | 31.93 | 326.01 | | | |
| | | 172 | 52.72 | 51.19 | 50.81 | 2698.74 | 84.67 | 32.01 | 326.82 | | | |
| 1:3 | 4 | 145 | 52.33 | 50.63 | 49.13 | 2649.47 | 87.20 | 33.59 | 342.95 | 343 | 342 | 342 |
| | | 146 | 52.66 | 50.45 | 50.62 | 2656.70 | 87.04 | 33.45 | 341.52 | | | |
| | | 147 | 52.02 | 50.26 | 50.36 | 2614.53 | 85.69 | 33.56 | 342.65 | | | |
| 1:3 | 5 | 166 | 53.08 | 50.27 | 50.53 | 2668.33 | 86.46 | 32.99 | 336.83 | 337 | 336 | 337 |
| | | 167 | 52.36 | 51.42 | 50.72 | 2692.35 | 86.93 | 33.03 | 337.24 | | | |
| | | 168 | 53.15 | 50.88 | 50.51 | 2704.27 | 87.23 | 32.89 | 335.81 | | | |
| 1:3 | 6 | 198 | 52.21 | 50.44 | 50.81 | 2633.47 | 80.49 | 31.24 | 318.96 | 319 | 318 | 319 |
| | | 199 | 52.20 | 51.21 | 51.62 | 2673.16 | 81.79 | 31.19 | 318.45 | | | |
| | | 200 | 51.64 | 50.68 | 50.65 | 2617.12 | 80.00 | 31.25 | 319.06 | | | |
| 1:3 | 7 | 238 | 53.83 | 51.60 | 52.70 | 2777.63 | 92.56 | 34.01 | 347.24 | 349 | 347 | 348 |
| | | 239 | 53.27 | 50.34 | 52.24 | 2681.61 | 89.37 | 33.95 | 346.63 | | | |
| | | 240 | 53.16 | 50.45 | 52.19 | 2681.92 | 89.56 | 34.16 | 348.77 | | | |
| 1:3 | 8 | 222 | 53.20 | 50.80 | 51.00 | 2702.56 | 99.70 | 37.68 | 384.71 | 385 | 385 | 385 |
| | | 223 | 53.10 | 51.10 | 51.80 | 2713.41 | 100.04 | 37.69 | 384.81 | | | |
| | | 224 | 54.20 | 50.50 | 51.30 | 2737.10 | 101.30 | 37.72 | 385.12 | | | |
| 1:3 | 9 | 149 | 52.78 | 50.78 | 52.22 | 2680.17 | 91.10 | 34.66 | 353.88 | 356 | 354 | 355 |
| | | 150 | 53.29 | 50.57 | 51.76 | 2694.88 | 92.03 | 34.79 | 355.21 | | | |
| | | 151 | 53.23 | 51.25 | 51.40 | 2728.04 | 92.89 | 34.91 | 356.43 | | | |
| 1:3 | 10 | 121 | 52.14 | 50.63 | 51.12 | 2639.85 | 86.59 | 33.28 | 339.79 | 342 | 340 | 341 |
| | | 122 | 52.23 | 50.52 | 51.11 | 2638.66 | 86.59 | 33.46 | 341.63 | | | |
| | | 123 | 52.06 | 50.80 | 51.26 | 2644.65 | 86.60 | 33.45 | 341.52 | | | |

Tabla N.°100: Resistencias a 28 días – qsi – relación 1 (cimento) : 4 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área | Carga máx. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-----------------|------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | mm ² | Kg. | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:4 | 1 | 125 | 51.51 | 50.90 | 52.00 | 2621.86 | 64.30 | 25.11 | 255.87 | 256 | 253 | 255 |
| | | 126 | 50.49 | 51.14 | 50.18 | 2582.06 | 63.30 | 25.08 | 255.57 | | | |
| | | 127 | 52.57 | 51.26 | 52.34 | 2694.74 | 66.50 | 24.78 | 252.51 | | | |
| 1:4 | 2 | 232 | 52.63 | 50.33 | 51.51 | 2648.87 | 68.83 | 26.47 | 269.73 | 271 | 270 | 270 |
| | | 233 | 52.34 | 50.62 | 51.17 | 2649.45 | 68.63 | 26.63 | 271.36 | | | |
| | | 234 | 52.81 | 50.73 | 51.10 | 2679.05 | 69.83 | 26.51 | 270.14 | | | |
| 1:4 | 3 | 163 | 55.70 | 51.03 | 51.74 | 2842.37 | 78.00 | 27.95 | 284.81 | 286 | 285 | 285 |
| | | 164 | 52.49 | 50.31 | 51.54 | 2640.77 | 72.35 | 28.02 | 285.52 | | | |
| | | 165 | 49.63 | 51.20 | 51.20 | 2541.06 | 69.43 | 28.05 | 285.83 | | | |
| 1:4 | 4 | 43 | 53.16 | 50.80 | 50.72 | 2700.53 | 78.23 | 30.00 | 305.70 | 306 | 300 | 303 |
| | | 44 | 53.32 | 50.49 | 50.50 | 2692.13 | 78.23 | 29.75 | 303.15 | | | |
| | | 45 | 52.65 | 51.17 | 51.18 | 2694.10 | 78.21 | 29.41 | 299.69 | | | |
| 1:4 | 5 | 33 | 52.40 | 50.65 | 51.53 | 2654.06 | 72.01 | 27.68 | 282.06 | 282 | 282 | 282 |
| | | 34 | 52.20 | 51.01 | 50.87 | 2662.72 | 71.88 | 27.69 | 282.16 | | | |
| | | 35 | 52.72 | 51.15 | 51.39 | 2696.63 | 72.70 | 27.68 | 282.06 | | | |
| 1:4 | 6 | 29 | 53.00 | 51.20 | 51.20 | 2713.60 | 87.98 | 33.14 | 337.70 | 338 | 332 | 336 |
| | | 30 | 53.34 | 50.53 | 51.14 | 2695.27 | 87.37 | 33.10 | 337.29 | | | |
| | | 31 | 52.90 | 50.42 | 51.31 | 2667.22 | 87.06 | 32.57 | 331.89 | | | |
| 1:4 | 7 | 17 | 52.52 | 50.58 | 50.25 | 2656.46 | 57.25 | 22.15 | 225.71 | 226 | 221 | 223 |
| | | 18 | 52.27 | 50.10 | 50.21 | 2618.73 | 56.00 | 21.92 | 223.36 | | | |
| | | 21 | 52.08 | 51.68 | 50.78 | 2691.49 | 57.27 | 21.70 | 221.12 | | | |
| 1:4 | 8 | 9 | 52.81 | 51.24 | 50.10 | 2705.98 | 75.36 | 28.46 | 290.01 | 293 | 290 | 291 |
| | | 10 | 51.65 | 50.71 | 49.63 | 2619.17 | 73.25 | 28.74 | 292.86 | | | |
| | | 11 | 53.41 | 50.04 | 49.51 | 2672.64 | 75.00 | 28.59 | 291.33 | | | |
| 1:4 | 9 | 3 | 51.54 | 50.77 | 51.57 | 2616.69 | 97.00 | 30.14 | 307.13 | 307 | 307 | 307 |
| | | 4 | 52.31 | 51.83 | 51.81 | 2711.23 | 100.58 | 30.13 | 307.02 | | | |
| | | 6 | 53.51 | 52.22 | 51.50 | 2794.29 | 103.62 | 30.16 | 307.33 | | | |
| 1:4 | 10 | 214 | 53.36 | 51.20 | 51.94 | 2732.03 | 111.72 | 30.45 | 310.29 | 311 | 310 | 311 |
| | | 215 | 52.95 | 50.93 | 51.41 | 2696.74 | 110.03 | 30.48 | 310.59 | | | |
| | | 216 | 54.14 | 50.83 | 51.56 | 2751.94 | 112.47 | 30.51 | 310.90 | | | |

Tabla N.°101: Resistencias a 28 días – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. | | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|------------|-------------------|---|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | | Kg. | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:3 | 1 | 246 | 52.91 | 50.66 | 51.55 | 2680.42 | 73.65 | 28.02 | 286.08 | 287 | 286 | 286 |
| | | 247 | 52.19 | 51.21 | 51.56 | 2672.65 | 73.52 | 28.04 | 286.29 | | | |
| | | 248 | 52.32 | 51.31 | 50.46 | 2684.54 | 73.88 | 28.09 | 286.80 | | | |
| 1:3 | 2 | 254 | 52.14 | 50.32 | 50.01 | 2623.68 | 78.44 | 30.55 | 311.92 | 312 | 311 | 311 |
| | | 255 | 50.25 | 50.24 | 50.51 | 2524.56 | 75.32 | 30.47 | 311.10 | | | |
| | | 256 | 52.03 | 50.96 | 50.94 | 2651.45 | 79.32 | 30.49 | 311.30 | | | |
| 1:3 | 3 | 262 | 52.16 | 50.69 | 51.71 | 2643.99 | 86.41 | 33.32 | 340.20 | 344 | 340 | 342 |
| | | 263 | 52.82 | 51.47 | 51.58 | 2718.65 | 88.87 | 33.34 | 340.40 | | | |
| | | 264 | 52.83 | 50.79 | 51.12 | 2683.24 | 88.64 | 33.70 | 344.08 | | | |
| 1:3 | 4 | 270 | 52.83 | 50.79 | 51.12 | 2683.24 | 92.00 | 35.00 | 357.35 | 358 | 357 | 357 |
| | | 271 | 52.58 | 51.62 | 50.84 | 2714.18 | 93.05 | 34.98 | 357.15 | | | |
| | | 272 | 52.92 | 50.32 | 51.55 | 2662.93 | 91.22 | 35.06 | 357.96 | | | |
| 1:3 | 5 | 278 | 54.20 | 50.65 | 50.86 | 2745.23 | 92.84 | 34.55 | 352.76 | 353 | 352 | 352 |
| | | 279 | 51.96 | 51.76 | 51.34 | 2689.45 | 91.07 | 34.52 | 352.45 | | | |
| | | 280 | 53.63 | 50.73 | 50.94 | 2720.65 | 92.00 | 34.48 | 352.04 | | | |
| 1:3 | 6 | 286 | 51.99 | 51.90 | 50.94 | 2698.28 | 86.65 | 32.77 | 334.58 | 335 | 334 | 335 |
| | | 287 | 52.16 | 50.26 | 50.77 | 2621.56 | 84.06 | 32.72 | 334.07 | | | |
| | | 288 | 52.46 | 50.35 | 51.33 | 2641.36 | 84.68 | 32.80 | 334.89 | | | |
| 1:3 | 7 | 294 | 50.96 | 50.49 | 51.13 | 2572.97 | 89.26 | 35.44 | 361.84 | 362 | 361 | 362 |
| | | 295 | 50.93 | 49.69 | 50.62 | 2530.71 | 87.68 | 35.39 | 361.33 | | | |
| | | 296 | 51.64 | 49.69 | 51.49 | 2565.99 | 89.10 | 35.40 | 361.43 | | | |
| 1:3 | 8 | 302 | 52.92 | 51.00 | 51.12 | 2698.92 | 103.65 | 39.27 | 400.95 | 401 | 400 | 401 |
| | | 303 | 52.90 | 50.63 | 51.29 | 2678.33 | 103.02 | 39.22 | 400.44 | | | |
| | | 304 | 53.09 | 50.84 | 51.69 | 2699.10 | 103.74 | 39.19 | 400.13 | | | |
| 1:3 | 9 | 310 | 52.88 | 50.78 | 51.55 | 2685.25 | 95.75 | 36.39 | 371.54 | 372 | 371 | 371 |
| | | 311 | 53.28 | 50.47 | 52.65 | 2689.04 | 95.78 | 36.35 | 371.13 | | | |
| | | 312 | 52.69 | 50.63 | 52.03 | 2667.69 | 95.19 | 36.40 | 371.64 | | | |
| 1:3 | 10 | 318 | 52.15 | 50.41 | 51.17 | 2628.88 | 90.00 | 34.90 | 356.33 | 357 | 356 | 357 |
| | | 319 | 52.84 | 50.90 | 52.14 | 2689.56 | 91.96 | 34.96 | 356.94 | | | |
| | | 320 | 52.97 | 50.43 | 51.75 | 2671.28 | 91.43 | 34.92 | 356.53 | | | |

Tabla N.°102: Resistencias a 28 días – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área | Carga máx. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-----------------|------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | mm ² | Kg. | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:4 | 1 | 326 | 52.33 | 50.69 | 52.18 | 2652.61 | 67.48 | 25.96 | 265.05 | 266 | 265 | 266 |
| | | 327 | 52.36 | 50.89 | 51.71 | 2664.60 | 67.85 | 26.05 | 265.97 | | | |
| | | 328 | 52.56 | 50.78 | 51.77 | 2669.00 | 68.03 | 26.01 | 265.56 | | | |
| 1:4 | 2 | 334 | 53.88 | 50.60 | 52.21 | 2726.33 | 70.03 | 26.22 | 267.71 | 268 | 267 | 268 |
| | | 335 | 53.11 | 51.19 | 51.88 | 2718.70 | 69.65 | 26.19 | 267.40 | | | |
| | | 336 | 53.18 | 51.17 | 52.61 | 2721.22 | 69.78 | 26.20 | 267.50 | | | |
| 1:4 | 3 | 342 | 53.44 | 50.95 | 51.47 | 2722.77 | 73.04 | 27.36 | 279.35 | 279 | 279 | 279 |
| | | 343 | 52.88 | 50.88 | 51.63 | 2690.53 | 72.10 | 27.34 | 279.14 | | | |
| | | 344 | 53.60 | 51.16 | 52.14 | 2742.18 | 73.45 | 27.33 | 279.04 | | | |
| 1:4 | 4 | 350 | 51.23 | 49.64 | 51.41 | 2543.06 | 72.13 | 28.97 | 295.78 | 296 | 295 | 295 |
| | | 351 | 50.92 | 50.61 | 51.25 | 2577.06 | 73.05 | 28.90 | 295.07 | | | |
| | | 352 | 51.15 | 50.68 | 51.88 | 2592.28 | 73.36 | 28.93 | 295.38 | | | |
| 1:4 | 5 | 366 | 53.92 | 51.06 | 52.38 | 2753.16 | 82.76 | 30.66 | 313.04 | 314 | 313 | 313 |
| | | 367 | 53.93 | 50.56 | 51.95 | 2726.70 | 82.02 | 30.74 | 313.86 | | | |
| | | 368 | 53.78 | 51.41 | 51.97 | 2764.83 | 83.06 | 30.71 | 313.55 | | | |
| 1:4 | 6 | 374 | 53.43 | 51.42 | 51.97 | 2753.16 | 77.12 | 28.69 | 292.92 | 293 | 292 | 292 |
| | | 375 | 53.52 | 50.75 | 50.52 | 2726.70 | 76.54 | 28.62 | 292.21 | | | |
| | | 376 | 53.93 | 50.83 | 50.81 | 2764.83 | 77.47 | 28.60 | 292.01 | | | |
| 1:4 | 7 | 382 | 52.79 | 52.25 | 50.22 | 2747.37 | 91.02 | 26.95 | 275.16 | 275 | 275 | 275 |
| | | 383 | 52.14 | 49.77 | 51.75 | 2716.14 | 90.00 | 26.98 | 275.47 | | | |
| | | 384 | 51.64 | 50.22 | 52.26 | 2741.26 | 90.75 | 26.97 | 275.36 | | | |
| 1:4 | 8 | 390 | 54.76 | 50.85 | 51.20 | 2758.28 | 61.89 | 25.63 | 261.68 | 262 | 261 | 262 |
| | | 391 | 53.02 | 51.12 | 51.11 | 2595.01 | 58.12 | 25.61 | 261.48 | | | |
| | | 392 | 53.83 | 50.94 | 51.17 | 2593.36 | 57.99 | 25.66 | 261.99 | | | |
| 1:4 | 9 | 398 | 52.59 | 50.50 | 51.38 | 2784.55 | 80.68 | 27.66 | 282.41 | 283 | 282 | 283 |
| | | 399 | 52.70 | 51.67 | 52.01 | 2710.38 | 78.66 | 27.69 | 282.71 | | | |
| | | 400 | 52.81 | 50.70 | 51.87 | 2742.10 | 79.70 | 27.70 | 282.82 | | | |
| 1:4 | 10 | 406 | 53.83 | 50.64 | 52.00 | 2655.80 | 101.00 | 24.38 | 248.92 | 249 | 248 | 248 |
| | | 407 | 53.91 | 51.53 | 52.33 | 2723.01 | 104.00 | 24.32 | 248.31 | | | |
| | | 408 | 54.51 | 50.77 | 52.32 | 2677.47 | 102.25 | 24.31 | 248.21 | | | |

Tabla N.°103: Resistencias a 56 días – qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. Kg. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|-------------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | | | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:3 | 1 | 144 | 52.90 | 50.50 | 51.00 | 2671.45 | 91.52 | 35.00 | 357.35 | 358 | 357 | 358 |
| | | 411 | 51.20 | 50.60 | 50.20 | 2590.72 | 88.88 | 35.04 | 357.76 | | | |
| | | 412 | 52.10 | 50.40 | 50.70 | 2625.84 | 90.04 | 35.06 | 357.96 | | | |
| 1:3 | 2 | 156 | 53.10 | 51.20 | 51.00 | 2718.72 | 93.68 | 35.25 | 359.90 | 360 | 359 | 360 |
| | | 413 | 53.60 | 51.00 | 51.20 | 2733.60 | 94.25 | 35.19 | 359.29 | | | |
| | | 414 | 53.30 | 51.10 | 51.50 | 2723.63 | 94.00 | 35.22 | 359.60 | | | |
| 1:3 | 3 | 172 | 53.00 | 51.50 | 51.70 | 2729.50 | 96.84 | 36.16 | 369.19 | 370 | 369 | 369 |
| | | 415 | 53.20 | 50.80 | 51.10 | 2702.56 | 95.75 | 36.21 | 369.70 | | | |
| | | 416 | 53.40 | 51.20 | 51.40 | 2734.08 | 96.78 | 36.15 | 369.09 | | | |
| 1:3 | 4 | 148 | 52.50 | 50.50 | 49.90 | 2651.25 | 99.47 | 38.33 | 391.35 | 392 | 391 | 391 |
| | | 417 | 52.10 | 50.30 | 50.40 | 2620.63 | 98.41 | 38.36 | 391.66 | | | |
| | | 418 | 52.60 | 50.10 | 50.30 | 2635.26 | 99.04 | 38.30 | 391.04 | | | |
| 1:3 | 5 | 169 | 53.20 | 49.90 | 51.30 | 2654.68 | 97.50 | 37.45 | 382.36 | 383 | 382 | 382 |
| | | 419 | 53.50 | 50.10 | 50.70 | 2680.35 | 98.31 | 37.49 | 382.77 | | | |
| | | 420 | 53.60 | 50.30 | 50.60 | 2696.08 | 98.80 | 37.42 | 382.06 | | | |
| 1:3 | 6 | 201 | 50.80 | 50.60 | 51.10 | 2570.48 | 93.10 | 37.00 | 377.77 | 378 | 377 | 378 |
| | | 202 | 53.00 | 50.40 | 51.00 | 2671.20 | 96.78 | 36.95 | 377.26 | | | |
| | | 421 | 52.20 | 50.70 | 51.30 | 2646.54 | 95.89 | 37.02 | 377.97 | | | |
| 1:3 | 7 | 241 | 53.00 | 51.50 | 51.60 | 2729.50 | 104.87 | 39.25 | 400.74 | 401 | 400 | 400 |
| | | 242 | 52.00 | 51.20 | 52.10 | 2662.40 | 102.25 | 39.18 | 400.03 | | | |
| | | 422 | 52.40 | 51.30 | 51.70 | 2688.12 | 103.40 | 39.20 | 400.23 | | | |
| 1:3 | 8 | 225 | 53.00 | 50.60 | 51.60 | 2681.80 | 108.20 | 41.20 | 420.65 | 421 | 420 | 421 |
| | | 226 | 53.10 | 50.80 | 51.90 | 2697.48 | 108.87 | 41.22 | 420.86 | | | |
| | | 423 | 53.20 | 50.70 | 51.70 | 2697.24 | 108.92 | 41.18 | 420.45 | | | |
| 1:3 | 9 | 152 | 52.50 | 50.90 | 51.80 | 2672.25 | 105.35 | 40.25 | 410.95 | 411 | 411 | 411 |
| | | 424 | 52.30 | 50.40 | 51.20 | 2635.92 | 103.70 | 40.21 | 410.54 | | | |
| | | 425 | 52.55 | 50.70 | 51.30 | 2664.29 | 105.00 | 40.22 | 410.65 | | | |
| 1:3 | 10 | 124 | 52.10 | 50.05 | 50.08 | 2607.61 | 94.03 | 36.80 | 375.73 | 376 | 376 | 376 |
| | | 426 | 52.60 | 50.10 | 50.00 | 2635.26 | 95.00 | 36.82 | 375.93 | | | |
| | | 427 | 52.20 | 50.20 | 50.10 | 2620.44 | 94.40 | 36.78 | 375.52 | | | |

Tabla N.°104: Resistencias a 56 días – qsi – relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. | | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|------------|-------------------|---|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | | Kg. | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:4 | 1 | 128 | 51.20 | 50.80 | 50.60 | 2600.96 | 89.26 | 34.14 | 347.89 | 348 | 348 | 348 |
| | | 427 | 51.60 | 50.40 | 50.60 | 2600.64 | 86.68 | 34.17 | 348.19 | | | |
| | | 428 | 52.00 | 51.30 | 51.50 | 2667.60 | 87.82 | 34.19 | 348.40 | | | |
| 1:4 | 2 | 227 | 52.30 | 50.30 | 50.30 | 2630.69 | 91.37 | 34.38 | 350.33 | 350 | 350 | 350 |
| | | 429 | 51.30 | 50.20 | 50.30 | 2575.26 | 91.92 | 34.32 | 349.72 | | | |
| | | 228 | 50.00 | 52.00 | 51.20 | 2600.00 | 91.68 | 34.35 | 350.03 | | | |
| 1:4 | 3 | 165 | 51.50 | 51.20 | 52.50 | 2636.80 | 94.45 | 35.27 | 359.40 | 360 | 359 | 360 |
| | | 430 | 51.10 | 51.20 | 51.40 | 2616.32 | 93.38 | 35.32 | 359.91 | | | |
| | | 431 | 50.70 | 50.50 | 50.50 | 2560.35 | 94.39 | 35.26 | 359.30 | | | |
| 1:4 | 4 | 47 | 52.50 | 50.90 | 50.50 | 2672.25 | 97.01 | 37.38 | 380.90 | 381 | 381 | 381 |
| | | 432 | 51.60 | 50.30 | 50.40 | 2595.48 | 95.98 | 37.41 | 381.21 | | | |
| | | 433 | 51.20 | 51.60 | 51.40 | 2641.92 | 96.59 | 37.35 | 380.60 | | | |
| 1:4 | 5 | 40 | 52.30 | 50.60 | 50.60 | 2646.38 | 95.09 | 36.52 | 372.14 | 373 | 372 | 372 |
| | | 434 | 52.10 | 50.30 | 50.10 | 2620.63 | 95.88 | 36.56 | 372.55 | | | |
| | | 435 | 52.80 | 50.60 | 50.10 | 2671.68 | 96.36 | 36.50 | 371.94 | | | |
| 1:4 | 6 | 32 | 52.30 | 50.80 | 50.90 | 2656.84 | 90.80 | 36.09 | 367.76 | 368 | 367 | 368 |
| | | 436 | 52.60 | 50.60 | 50.40 | 2661.56 | 94.39 | 36.04 | 367.25 | | | |
| | | 437 | 51.70 | 50.50 | 50.10 | 2610.85 | 93.52 | 36.11 | 367.96 | | | |
| 1:4 | 7 | 22 | 52.60 | 51.00 | 49.80 | 2682.60 | 102.28 | 38.28 | 390.07 | 390 | 389 | 390 |
| | | 438 | 51.80 | 50.40 | 50.10 | 2610.72 | 99.72 | 38.21 | 389.36 | | | |
| | | 439 | 51.30 | 50.50 | 51.20 | 2590.65 | 100.85 | 38.23 | 389.56 | | | |
| 1:4 | 8 | 12 | 50.20 | 50.30 | 49.90 | 2525.06 | 105.53 | 40.18 | 409.43 | 410 | 409 | 409 |
| | | 440 | 51.60 | 50.60 | 51.30 | 2610.96 | 106.18 | 40.20 | 409.64 | | | |
| | | 441 | 51.40 | 50.40 | 51.20 | 2590.56 | 106.23 | 40.16 | 409.23 | | | |
| 1:4 | 9 | 8 | 51.30 | 50.40 | 51.80 | 2585.52 | 102.75 | 39.26 | 400.06 | 400 | 400 | 400 |
| | | 442 | 51.20 | 51.30 | 51.60 | 2626.56 | 101.14 | 39.22 | 399.65 | | | |
| | | 443 | 51.10 | 50.30 | 51.00 | 2570.33 | 102.41 | 39.23 | 399.75 | | | |
| 1:4 | 10 | 217 | 53.50 | 50.80 | 51.30 | 2717.80 | 91.71 | 35.89 | 365.72 | 366 | 366 | 366 |
| | | 444 | 51.30 | 50.70 | 51.30 | 2600.91 | 92.65 | 35.91 | 365.92 | | | |
| | | 218 | 54.30 | 50.50 | 51.80 | 2742.15 | 92.07 | 35.87 | 365.52 | | | |

Tabla N.°105: Resistencias a 56 días – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área | Carga máx. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-----------------|------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | mm ² | Kg. | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:3 | 1 | 249 | 53.20 | 50.80 | 51.30 | 2702.56 | 95.65 | 36.12 | 368.79 | 369 | 368 | 368 |
| | | 250 | 52.60 | 51.10 | 51.10 | 2687.86 | 94.95 | 36.05 | 368.07 | | | |
| | | 445 | 52.20 | 51.60 | 50.20 | 2693.52 | 95.22 | 36.10 | 368.58 | | | |
| 1:3 | 2 | 257 | 52.30 | 50.70 | 50.60 | 2651.61 | 94.50 | 36.40 | 371.64 | 372 | 371 | 371 |
| | | 258 | 52.80 | 50.30 | 50.70 | 2655.84 | 94.68 | 36.35 | 371.13 | | | |
| | | 446 | 51.40 | 50.50 | 51.20 | 2595.70 | 92.41 | 36.37 | 371.34 | | | |
| 1:3 | 3 | 265 | 53.00 | 50.50 | 51.00 | 2676.50 | 99.65 | 38.03 | 388.29 | 389 | 388 | 388 |
| | | 266 | 52.50 | 51.10 | 50.90 | 2682.75 | 100.00 | 38.07 | 388.69 | | | |
| | | 447 | 51.60 | 50.90 | 50.60 | 2626.44 | 98.08 | 38.01 | 388.08 | | | |
| 1:3 | 4 | 273 | 53.00 | 51.40 | 51.20 | 2724.20 | 106.56 | 39.88 | 407.17 | 408 | 407 | 408 |
| | | 274 | 52.50 | 50.10 | 52.00 | 2630.25 | 102.84 | 39.91 | 407.48 | | | |
| | | 448 | 52.00 | 50.40 | 50.30 | 2620.80 | 102.45 | 39.95 | 407.89 | | | |
| 1:3 | 5 | 281 | 53.50 | 51.40 | 51.50 | 2749.90 | 104.25 | 38.70 | 395.13 | 396 | 395 | 396 |
| | | 282 | 53.00 | 51.00 | 51.50 | 2703.00 | 102.55 | 38.76 | 395.74 | | | |
| | | 449 | 51.10 | 50.60 | 50.40 | 2585.66 | 98.05 | 38.77 | 395.84 | | | |
| 1:3 | 6 | 289 | 52.30 | 50.70 | 51.00 | 2651.61 | 97.84 | 37.68 | 384.71 | 386 | 385 | 385 |
| | | 290 | 50.50 | 52.00 | 51.00 | 2626.00 | 96.83 | 37.70 | 384.92 | | | |
| | | 450 | 51.20 | 50.60 | 50.80 | 2590.72 | 96.01 | 37.82 | 386.14 | | | |
| 1:3 | 7 | 297 | 50.00 | 51.00 | 51.50 | 2550.00 | 102.65 | 41.13 | 419.94 | 420 | 419 | 420 |
| | | 298 | 51.00 | 51.10 | 51.00 | 2606.10 | 104.89 | 41.10 | 419.63 | | | |
| | | 451 | 51.20 | 50.70 | 50.40 | 2595.84 | 104.55 | 41.07 | 419.32 | | | |
| 1:3 | 8 | 305 | 54.20 | 50.30 | 51.00 | 2726.26 | 112.83 | 42.22 | 431.07 | 432 | 431 | 432 |
| | | 306 | 54.00 | 51.00 | 51.00 | 2754.00 | 114.00 | 42.30 | 431.88 | | | |
| | | 452 | 53.40 | 52.50 | 51.90 | 2803.50 | 116.10 | 42.28 | 431.68 | | | |
| 1:3 | 9 | 313 | 53.20 | 52.30 | 51.00 | 2782.36 | 112.94 | 41.50 | 423.72 | 424 | 423 | 424 |
| | | 314 | 53.20 | 50.80 | 52.30 | 2702.56 | 109.78 | 41.43 | 423.00 | | | |
| | | 453 | 52.60 | 50.60 | 51.70 | 2661.56 | 108.21 | 41.52 | 423.92 | | | |
| 1:3 | 10 | 321 | 53.50 | 51.40 | 50.50 | 2749.90 | 102.82 | 38.12 | 389.21 | 390 | 389 | 389 |
| | | 322 | 52.80 | 50.60 | 51.00 | 2671.68 | 99.77 | 38.16 | 389.61 | | | |
| | | 454 | 53.40 | 51.60 | 51.20 | 2755.44 | 103.06 | 38.11 | 389.10 | | | |

Tabla N.°106: Resistencias a 56 días – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Relación a/c | Microsílice (%) | N° de probeta | Ejes (mm) | | | Área mm ² | Carga máx. Kg. | Resistencia a la compresión (kg/cm ²) | | | | |
|--------------|-----------------|---------------|-----------|-------|-------|-------------------------|-------------------|---|--------|-----------|-----------|--------------|
| | | | X | Y | Z | | | N/mm ² | f'c | f'c mayor | f'c menor | f'c promedio |
| 1:4 | 1 | 329 | 50.70 | 52.90 | 51.70 | 2682.03 | 66.03 | 27.94 | 284.71 | 285 | 284 | 285 |
| | | 330 | 52.60 | 50.50 | 51.30 | 2656.30 | 65.48 | 27.93 | 284.61 | | | |
| | | 455 | 51.50 | 50.80 | 50.60 | 2616.20 | 64.35 | 27.90 | 284.30 | | | |
| 1:4 | 2 | 337 | 53.70 | 50.40 | 52.30 | 2706.48 | 76.81 | 28.96 | 295.10 | 296 | 295 | 295 |
| | | 338 | 54.00 | 51.50 | 53.00 | 2781.00 | 78.79 | 28.95 | 295.00 | | | |
| | | 456 | 53.20 | 50.30 | 50.60 | 2675.96 | 75.84 | 29.04 | 295.92 | | | |
| 1:4 | 3 | 345 | 54.00 | 50.70 | 51.30 | 2737.80 | 82.05 | 30.63 | 312.12 | 313 | 312 | 313 |
| | | 346 | 54.00 | 51.00 | 51.60 | 2754.00 | 82.66 | 30.71 | 312.93 | | | |
| | | 457 | 51.30 | 50.50 | 50.80 | 2590.65 | 77.69 | 30.68 | 312.63 | | | |
| 1:4 | 4 | 353 | 51.70 | 50.00 | 50.60 | 2585.00 | 83.21 | 32.88 | 335.05 | 336 | 335 | 335 |
| | | 354 | 51.00 | 52.00 | 52.50 | 2652.00 | 85.32 | 32.95 | 335.76 | | | |
| | | 458 | 51.80 | 50.60 | 50.70 | 2621.08 | 84.24 | 32.89 | 335.15 | | | |
| 1:4 | 5 | 369 | 53.90 | 50.80 | 52.50 | 2738.12 | 82.61 | 30.88 | 314.67 | 315 | 314 | 315 |
| | | 370 | 54.00 | 51.00 | 52.00 | 2754.00 | 83.10 | 30.91 | 314.97 | | | |
| | | 459 | 53.20 | 50.50 | 50.60 | 2686.60 | 81.00 | 30.84 | 314.26 | | | |
| 1:4 | 6 | 377 | 54.50 | 50.60 | 51.50 | 2757.70 | 96.23 | 35.66 | 363.38 | 374 | 363 | 367 |
| | | 378 | 53.50 | 50.80 | 52.00 | 2717.80 | 94.68 | 35.63 | 363.07 | | | |
| | | 460 | 52.50 | 51.40 | 51.90 | 2698.50 | 94.12 | 36.70 | 373.97 | | | |
| 1:4 | 7 | 385 | 51.90 | 51.50 | 50.00 | 2672.85 | 65.45 | 32.10 | 327.10 | 328 | 327 | 327 |
| | | 386 | 51.60 | 51.20 | 52.50 | 2641.92 | 64.84 | 32.14 | 327.51 | | | |
| | | 461 | 51.30 | 50.20 | 51.90 | 2575.26 | 63.00 | 32.17 | 327.81 | | | |
| 1:4 | 8 | 393 | 54.00 | 50.80 | 52.10 | 2743.20 | 84.36 | 31.42 | 320.17 | 321 | 320 | 321 |
| | | 394 | 54.00 | 50.20 | 51.60 | 2710.80 | 83.42 | 31.49 | 320.88 | | | |
| | | 462 | 53.50 | 51.80 | 51.40 | 2771.30 | 85.25 | 31.45 | 320.48 | | | |
| 1:4 | 9 | 401 | 53.00 | 50.90 | 51.10 | 2697.70 | 104.36 | 31.11 | 317.01 | 318 | 317 | 317 |
| | | 402 | 53.10 | 51.00 | 51.50 | 2708.10 | 104.78 | 31.17 | 317.62 | | | |
| | | 463 | 52.80 | 51.20 | 51.60 | 2703.36 | 104.98 | 31.19 | 317.83 | | | |
| 1:4 | 10 | 409 | 54.00 | 50.70 | 51.90 | 2737.80 | 116.00 | 30.08 | 306.52 | 307 | 307 | 307 |
| | | 410 | 53.80 | 50.30 | 52.00 | 2706.14 | 114.64 | 30.12 | 306.92 | | | |
| | | 464 | 52.20 | 51.80 | 51.30 | 2703.96 | 114.54 | 30.10 | 306.72 | | | |

Capilaridad

Tabla N.°107: Capilaridad – relación 1 (cemento) : 3 (arena) y 1 (cemento) : 4 (arena).

| Tiempo (s) | Absorvancia (mm) | | | | | |
|---------------|-------------------------|-------|-------|-------------------------|-------|-------|
| | 1 (cemento) : 3 (arena) | | | 1 (cemento) : 4 (arena) | | |
| Muestra | 184 | 185 | 186 | 206 | 207 | 208 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.014 | 0.010 | 0.009 | 0.005 | 0.004 | 0.008 |
| 300 | 0.015 | 0.012 | 0.012 | 0.006 | 0.004 | 0.009 |
| 600 | 0.017 | 0.015 | 0.015 | 0.007 | 0.005 | 0.010 |
| 1200 | 0.019 | 0.018 | 0.017 | 0.008 | 0.006 | 0.011 |
| 1800 | 0.020 | 0.020 | 0.019 | 0.009 | 0.008 | 0.012 |
| 3600 | 0.022 | 0.022 | 0.020 | 0.010 | 0.008 | 0.013 |
| 7200 | 0.023 | 0.023 | 0.022 | 0.016 | 0.008 | 0.014 |
| 10800 | 0.024 | 0.025 | 0.024 | 0.017 | 0.010 | 0.014 |
| 14400 | 0.026 | 0.026 | 0.025 | 0.018 | 0.011 | 0.015 |
| 18000 | 0.027 | 0.029 | 0.026 | 0.019 | 0.012 | 0.016 |
| 21600 | 0.029 | 0.030 | 0.028 | 0.020 | 0.012 | 0.016 |
| 92220 | 0.030 | 0.032 | 0.030 | 0.021 | 0.013 | 0.018 |
| 193200 | 0.032 | 0.034 | 0.031 | 0.021 | 0.014 | 0.019 |
| 268500 | 0.034 | 0.035 | 0.032 | 0.022 | 0.016 | 0.020 |
| 432000 | 0.036 | 0.037 | 0.035 | 0.023 | 0.016 | 0.021 |
| 527580 | 0.037 | 0.038 | 0.037 | 0.024 | 0.017 | 0.022 |
| 622200 | 0.039 | 0.041 | 0.041 | 0.024 | 0.018 | 0.022 |
| 691200 | 0.041 | 0.042 | 0.042 | 0.025 | 0.019 | 0.023 |

Tabla N.°108: Capilaridad – qsi – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Tiempo (s) | Absorvancia (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1% | | | 2% | | | 3% | | 4% | | | 5% | | |
| Muestra | 141 | 142 | 143 | 153 | 154 | 155 | 170 | 171 | 145 | 146 | 147 | 166 | 167 | 168 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.008 | 0.007 | 0.008 | 0.014 | 0.013 | 0.010 | 0.018 | 0.012 | 0.010 | 0.012 | 0.011 | 0.004 | 0.009 | 0.011 |
| 300 | 0.009 | 0.008 | 0.010 | 0.015 | 0.015 | 0.020 | 0.019 | 0.013 | 0.011 | 0.013 | 0.013 | 0.007 | 0.010 | 0.012 |
| 600 | 0.012 | 0.011 | 0.013 | 0.017 | 0.017 | 0.020 | 0.021 | 0.015 | 0.013 | 0.015 | 0.015 | 0.008 | 0.011 | 0.014 |
| 1200 | 0.014 | 0.014 | 0.016 | 0.019 | 0.019 | 0.020 | 0.024 | 0.016 | 0.014 | 0.016 | 0.016 | 0.009 | 0.012 | 0.016 |
| 1800 | 0.016 | 0.016 | 0.017 | 0.020 | 0.021 | 0.020 | 0.025 | 0.017 | 0.015 | 0.018 | 0.017 | 0.010 | 0.013 | 0.017 |
| 3600 | 0.018 | 0.018 | 0.019 | 0.023 | 0.023 | 0.020 | 0.026 | 0.019 | 0.016 | 0.020 | 0.018 | 0.012 | 0.013 | 0.018 |
| 7200 | 0.020 | 0.019 | 0.022 | 0.024 | 0.024 | 0.020 | 0.028 | 0.022 | 0.017 | 0.021 | 0.021 | 0.013 | 0.014 | 0.018 |
| 10800 | 0.023 | 0.020 | 0.023 | 0.025 | 0.026 | 0.030 | 0.030 | 0.023 | 0.018 | 0.022 | 0.023 | 0.014 | 0.015 | 0.019 |
| 14400 | 0.024 | 0.022 | 0.025 | 0.026 | 0.028 | 0.030 | 0.031 | 0.025 | 0.019 | 0.024 | 0.024 | 0.017 | 0.016 | 0.021 |
| 18000 | 0.026 | 0.023 | 0.028 | 0.027 | 0.029 | 0.030 | 0.032 | 0.027 | 0.020 | 0.026 | 0.026 | 0.018 | 0.017 | 0.022 |
| 21600 | 0.028 | 0.024 | 0.030 | 0.029 | 0.030 | 0.030 | 0.033 | 0.028 | 0.021 | 0.027 | 0.026 | 0.019 | 0.019 | 0.023 |
| 92220 | 0.030 | 0.026 | 0.032 | 0.031 | 0.031 | 0.030 | 0.034 | 0.031 | 0.023 | 0.028 | 0.027 | 0.020 | 0.020 | 0.024 |
| 193200 | 0.033 | 0.028 | 0.033 | 0.032 | 0.033 | 0.030 | 0.036 | 0.032 | 0.025 | 0.029 | 0.028 | 0.021 | 0.021 | 0.026 |
| 268500 | 0.035 | 0.029 | 0.035 | 0.034 | 0.033 | 0.040 | 0.037 | 0.035 | 0.026 | 0.030 | 0.029 | 0.021 | 0.022 | 0.027 |
| 432000 | 0.036 | 0.031 | 0.037 | 0.036 | 0.036 | 0.040 | 0.038 | 0.037 | 0.026 | 0.031 | 0.029 | 0.023 | 0.023 | 0.028 |
| 527580 | 0.037 | 0.033 | 0.039 | 0.037 | 0.037 | 0.040 | 0.040 | 0.039 | 0.027 | 0.032 | 0.030 | 0.024 | 0.024 | 0.030 |
| 622200 | 0.039 | 0.034 | 0.040 | 0.039 | 0.039 | 0.040 | 0.041 | 0.041 | 0.029 | 0.033 | 0.031 | 0.024 | 0.025 | 0.031 |
| 691200 | 0.042 | 0.035 | 0.042 | 0.039 | 0.040 | 0.040 | 0.043 | 0.042 | 0.031 | 0.034 | 0.031 | 0.025 | 0.025 | 0.033 |

Tabla N.°109: Capilaridad – q_{si} – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Tiempo (s) | Absorvancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6% | | | 7% | | | 8% | | | 9% | | | 10% | | |
| Muestra | 198 | 199 | 200 | 238 | 239 | 240 | 222 | 223 | 224 | 149 | 150 | 151 | 121 | 122 | 123 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.001 | 0.005 | 0.007 | 0.009 | 0.005 | 0.005 | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.003 | 0.005 | 0.008 | 0.001 | 0.002 | 0.006 |
| 300 | 0.002 | 0.006 | 0.008 | 0.010 | 0.005 | 0.006 | 0.003 | 0.003 | 0.002 | 0.004 | 0.001 | 0.009 | 0.001 | 0.003 | 0.007 |
| 600 | 0.003 | 0.007 | 0.009 | 0.011 | 0.006 | 0.006 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.006 | 0.001 | 0.009 | 0.002 | 0.003 | 0.007 |
| 1200 | 0.003 | 0.008 | 0.010 | 0.011 | 0.006 | 0.007 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.005 | 0.002 | 0.010 | 0.002 | 0.004 | 0.008 |
| 1800 | 0.005 | 0.008 | 0.011 | 0.012 | 0.007 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.003 | 0.006 | 0.002 | 0.010 | 0.003 | 0.004 | 0.008 |
| 3600 | 0.006 | 0.009 | 0.012 | 0.013 | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.007 | 0.003 | 0.011 | 0.003 | 0.005 | 0.009 |
| 7200 | 0.006 | 0.010 | 0.013 | 0.013 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0.008 | 0.004 | 0.012 | 0.004 | 0.006 | 0.010 |
| 10800 | 0.007 | 0.011 | 0.014 | 0.014 | 0.008 | 0.009 | 0.007 | 0.007 | 0.005 | 0.008 | 0.004 | 0.012 | 0.005 | 0.006 | 0.010 |
| 14400 | 0.007 | 0.012 | 0.014 | 0.015 | 0.010 | 0.009 | 0.008 | 0.007 | 0.004 | 0.009 | 0.004 | 0.013 | 0.006 | 0.007 | 0.011 |
| 18000 | 0.008 | 0.012 | 0.015 | 0.016 | 0.011 | 0.010 | 0.008 | 0.008 | 0.006 | 0.009 | 0.005 | 0.014 | 0.006 | 0.007 | 0.011 |
| 21600 | 0.009 | 0.013 | 0.016 | 0.017 | 0.012 | 0.011 | 0.009 | 0.008 | 0.006 | 0.010 | 0.006 | 0.014 | 0.007 | 0.008 | 0.012 |
| 92220 | 0.010 | 0.014 | 0.016 | 0.018 | 0.013 | 0.011 | 0.009 | 0.008 | 0.007 | 0.011 | 0.007 | 0.015 | 0.007 | 0.009 | 0.012 |
| 193200 | 0.010 | 0.015 | 0.016 | 0.019 | 0.013 | 0.012 | 0.010 | 0.009 | 0.008 | 0.012 | 0.008 | 0.015 | 0.008 | 0.009 | 0.013 |
| 268500 | 0.011 | 0.015 | 0.016 | 0.019 | 0.013 | 0.013 | 0.010 | 0.010 | 0.008 | 0.012 | 0.008 | 0.016 | 0.008 | 0.010 | 0.013 |
| 432000 | 0.011 | 0.016 | 0.017 | 0.019 | 0.014 | 0.014 | 0.011 | 0.011 | 0.009 | 0.013 | 0.009 | 0.017 | 0.009 | 0.010 | 0.014 |
| 527580 | 0.012 | 0.016 | 0.017 | 0.020 | 0.015 | 0.014 | 0.012 | 0.012 | 0.009 | 0.014 | 0.010 | 0.017 | 0.010 | 0.010 | 0.015 |
| 622200 | 0.013 | 0.017 | 0.018 | 0.021 | 0.016 | 0.014 | 0.012 | 0.012 | 0.010 | 0.014 | 0.010 | 0.018 | 0.011 | 0.011 | 0.015 |
| 691200 | 0.014 | 0.018 | 0.018 | 0.021 | 0.016 | 0.015 | 0.013 | 0.013 | 0.011 | 0.015 | 0.011 | 0.018 | 0.011 | 0.012 | 0.016 |

Tabla N.°110: Capilaridad – qsi– relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Tiempo (s) | Absorvancia (mm) | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1% | | | 2% | | | 3% | | 4% | | | 5% | | |
| Muestra | 125 | 126 | 127 | 232 | 233 | 234 | 163 | 164 | 43 | 44 | 45 | 33 | 34 | 35 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.007 | 0.006 | 0.006 | 0.007 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.004 | 0.011 | 0.002 | 0.003 | 0.009 | 0.005 | 0.004 |
| 300 | 0.008 | 0.006 | 0.007 | 0.007 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.011 | 0.003 | 0.004 | 0.010 | 0.006 | 0.005 |
| 600 | 0.009 | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.004 | 0.006 | 0.007 | 0.005 | 0.012 | 0.003 | 0.004 | 0.010 | 0.006 | 0.006 |
| 1200 | 0.010 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.005 | 0.007 | 0.008 | 0.006 | 0.013 | 0.004 | 0.005 | 0.011 | 0.007 | 0.006 |
| 1800 | 0.010 | 0.008 | 0.009 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | 0.009 | 0.006 | 0.013 | 0.005 | 0.005 | 0.012 | 0.007 | 0.007 |
| 3600 | 0.011 | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.006 | 0.009 | 0.010 | 0.007 | 0.013 | 0.006 | 0.006 | 0.012 | 0.008 | 0.008 |
| 7200 | 0.012 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.006 | 0.010 | 0.010 | 0.008 | 0.014 | 0.006 | 0.007 | 0.013 | 0.009 | 0.008 |
| 10800 | 0.012 | 0.010 | 0.011 | 0.011 | 0.007 | 0.010 | 0.011 | 0.009 | 0.015 | 0.007 | 0.008 | 0.013 | 0.009 | 0.009 |
| 14400 | 0.013 | 0.011 | 0.011 | 0.011 | 0.008 | 0.011 | 0.012 | 0.009 | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.014 | 0.010 | 0.010 |
| 18000 | 0.014 | 0.012 | 0.012 | 0.012 | 0.008 | 0.011 | 0.012 | 0.010 | 0.015 | 0.008 | 0.009 | 0.015 | 0.011 | 0.011 |
| 21600 | 0.014 | 0.012 | 0.013 | 0.013 | 0.009 | 0.012 | 0.013 | 0.011 | 0.016 | 0.009 | 0.009 | 0.015 | 0.011 | 0.011 |
| 92220 | 0.015 | 0.012 | 0.013 | 0.013 | 0.009 | 0.012 | 0.013 | 0.011 | 0.017 | 0.009 | 0.010 | 0.016 | 0.012 | 0.012 |
| 193200 | 0.016 | 0.013 | 0.014 | 0.014 | 0.010 | 0.013 | 0.013 | 0.012 | 0.018 | 0.010 | 0.011 | 0.017 | 0.013 | 0.013 |
| 268500 | 0.017 | 0.014 | 0.014 | 0.015 | 0.011 | 0.014 | 0.014 | 0.013 | 0.018 | 0.011 | 0.012 | 0.017 | 0.013 | 0.014 |
| 432000 | 0.017 | 0.014 | 0.015 | 0.015 | 0.011 | 0.015 | 0.015 | 0.013 | 0.019 | 0.017 | 0.012 | 0.018 | 0.014 | 0.014 |
| 527580 | 0.018 | 0.015 | 0.016 | 0.016 | 0.012 | 0.015 | 0.015 | 0.014 | 0.019 | 0.018 | 0.013 | 0.018 | 0.015 | 0.015 |
| 622200 | 0.019 | 0.015 | 0.017 | 0.016 | 0.013 | 0.015 | 0.016 | 0.015 | 0.020 | 0.019 | 0.013 | 0.019 | 0.016 | 0.015 |
| 691200 | 0.019 | 0.016 | 0.018 | 0.017 | 0.014 | 0.016 | 0.017 | 0.015 | 0.021 | 0.020 | 0.014 | 0.019 | 0.016 | 0.016 |

Tabla N.º 111: Capilaridad – qsi – relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Tiempo (s) | Absorvancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6% | | | 7% | | | 8% | | | 9% | | | 10% | | |
| Muestra | 29 | 30 | 31 | 17 | 18 | 21 | 9 | 10 | 11 | 3 | 4 | 6 | 214 | 215 | 216 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.002 | 0.002 | 0.007 | 0.003 | 0.005 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.005 | 0.003 | 0.004 | 0.010 | 0.000 | 0.000 |
| 300 | 0.003 | 0.002 | 0.007 | 0.004 | 0.006 | 0.003 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.010 | 0.000 | 0.000 |
| 600 | 0.003 | 0.003 | 0.008 | 0.004 | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.005 | 0.004 | 0.006 | 0.004 | 0.005 | 0.010 | 0.000 | 0.010 |
| 1200 | 0.004 | 0.003 | 0.008 | 0.005 | 0.007 | 0.004 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.004 | 0.006 | 0.010 | 0.000 | 0.010 |
| 1800 | 0.004 | 0.004 | 0.009 | 0.005 | 0.007 | 0.004 | 0.006 | 0.006 | 0.006 | 0.008 | 0.005 | 0.006 | 0.010 | 0.000 | 0.010 |
| 3600 | 0.005 | 0.005 | 0.010 | 0.006 | 0.008 | 0.005 | 0.007 | 0.006 | 0.006 | 0.008 | 0.005 | 0.007 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 7200 | 0.005 | 0.005 | 0.010 | 0.006 | 0.008 | 0.006 | 0.007 | 0.007 | 0.007 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 10800 | 0.006 | 0.006 | 0.011 | 0.007 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.007 | 0.010 | 0.006 | 0.008 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 14400 | 0.007 | 0.006 | 0.011 | 0.008 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.010 | 0.007 | 0.008 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 18000 | 0.007 | 0.007 | 0.012 | 0.008 | 0.010 | 0.007 | 0.009 | 0.009 | 0.014 | 0.011 | 0.007 | 0.009 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 21600 | 0.008 | 0.008 | 0.012 | 0.009 | 0.010 | 0.008 | 0.009 | 0.010 | 0.014 | 0.011 | 0.008 | 0.009 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 92220 | 0.008 | 0.009 | 0.013 | 0.009 | 0.011 | 0.008 | 0.010 | 0.010 | 0.015 | 0.012 | 0.009 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 193200 | 0.009 | 0.009 | 0.013 | 0.010 | 0.012 | 0.009 | 0.010 | 0.011 | 0.016 | 0.012 | 0.010 | 0.011 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 268500 | 0.009 | 0.010 | 0.014 | 0.011 | 0.012 | 0.009 | 0.011 | 0.011 | 0.016 | 0.013 | 0.010 | 0.011 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 432000 | 0.010 | 0.010 | 0.015 | 0.011 | 0.013 | 0.010 | 0.011 | 0.012 | 0.016 | 0.014 | 0.011 | 0.012 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 527580 | 0.010 | 0.011 | 0.016 | 0.011 | 0.013 | 0.010 | 0.012 | 0.012 | 0.017 | 0.014 | 0.011 | 0.012 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 622200 | 0.011 | 0.012 | 0.016 | 0.012 | 0.014 | 0.011 | 0.012 | 0.013 | 0.018 | 0.015 | 0.012 | 0.013 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 691200 | 0.011 | 0.013 | 0.017 | 0.013 | 0.014 | 0.012 | 0.013 | 0.014 | 0.018 | 0.016 | 0.012 | 0.014 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |

Tabla N.°112: Capilaridad – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Tiempo (s) | Absorvancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1% | | | 2% | | | 3% | | | 4% | | | 5% | | |
| Muestra | 246 | 247 | 248 | 254 | 255 | 256 | 262 | 263 | 264 | 270 | 271 | 272 | 278 | 279 | 280 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.015 | 0.009 | 0.017 | 0.006 | 0.007 | 0.010 | 0.009 | 0.008 | 0.009 | 0.017 | 0.012 | 0.015 | 0.001 | 0.010 | 0.006 |
| 300 | 0.036 | 0.021 | 0.027 | 0.012 | 0.016 | 0.017 | 0.016 | 0.013 | 0.016 | 0.027 | 0.021 | 0.025 | 0.011 | 0.017 | 0.009 |
| 600 | 0.048 | 0.030 | 0.036 | 0.016 | 0.022 | 0.024 | 0.021 | 0.018 | 0.022 | 0.037 | 0.027 | 0.034 | 0.012 | 0.021 | 0.010 |
| 1200 | 0.057 | 0.036 | 0.042 | 0.018 | 0.028 | 0.029 | 0.025 | 0.021 | 0.025 | 0.047 | 0.031 | 0.039 | 0.015 | 0.026 | 0.011 |
| 1800 | 0.065 | 0.041 | 0.047 | 0.022 | 0.031 | 0.034 | 0.029 | 0.025 | 0.030 | 0.056 | 0.036 | 0.044 | 0.018 | 0.029 | 0.013 |
| 3600 | 0.071 | 0.048 | 0.052 | 0.024 | 0.036 | 0.040 | 0.033 | 0.027 | 0.034 | 0.061 | 0.041 | 0.050 | 0.021 | 0.034 | 0.013 |
| 7200 | 0.086 | 0.062 | 0.065 | 0.032 | 0.039 | 0.054 | 0.042 | 0.035 | 0.046 | 0.078 | 0.051 | 0.060 | 0.025 | 0.041 | 0.016 |
| 10800 | 0.092 | 0.064 | 0.067 | 0.034 | 0.042 | 0.056 | 0.044 | 0.037 | 0.050 | 0.080 | 0.053 | 0.064 | 0.029 | 0.043 | 0.017 |
| 14400 | 0.094 | 0.066 | 0.070 | 0.036 | 0.042 | 0.059 | 0.048 | 0.040 | 0.053 | 0.082 | 0.055 | 0.066 | 0.032 | 0.045 | 0.019 |
| 18000 | 0.102 | 0.076 | 0.073 | 0.045 | 0.045 | 0.060 | 0.050 | 0.042 | 0.054 | 0.084 | 0.058 | 0.068 | 0.033 | 0.047 | 0.020 |
| 21600 | 0.106 | 0.082 | 0.075 | 0.047 | 0.048 | 0.062 | 0.052 | 0.045 | 0.057 | 0.084 | 0.060 | 0.073 | 0.037 | 0.049 | 0.023 |
| 92220 | 0.108 | 0.086 | 0.077 | 0.048 | 0.050 | 0.066 | 0.054 | 0.049 | 0.059 | 0.089 | 0.063 | 0.074 | 0.041 | 0.050 | 0.027 |
| 193200 | 0.111 | 0.087 | 0.082 | 0.050 | 0.052 | 0.068 | 0.058 | 0.051 | 0.062 | 0.091 | 0.065 | 0.076 | 0.043 | 0.053 | 0.034 |
| 268500 | 0.113 | 0.090 | 0.088 | 0.052 | 0.053 | 0.071 | 0.061 | 0.054 | 0.063 | 0.093 | 0.067 | 0.078 | 0.045 | 0.054 | 0.035 |
| 432000 | 0.114 | 0.092 | 0.094 | 0.054 | 0.061 | 0.074 | 0.063 | 0.057 | 0.066 | 0.096 | 0.070 | 0.080 | 0.048 | 0.057 | 0.038 |
| 527580 | 0.116 | 0.094 | 0.095 | 0.055 | 0.064 | 0.075 | 0.067 | 0.060 | 0.069 | 0.098 | 0.071 | 0.082 | 0.050 | 0.060 | 0.040 |
| 622200 | 0.120 | 0.098 | 0.096 | 0.057 | 0.064 | 0.078 | 0.071 | 0.062 | 0.072 | 0.101 | 0.073 | 0.085 | 0.053 | 0.062 | 0.041 |
| 691200 | 0.122 | 0.100 | 0.100 | 0.058 | 0.068 | 0.080 | 0.073 | 0.066 | 0.074 | 0.102 | 0.076 | 0.089 | 0.055 | 0.064 | 0.044 |

Tabla N.°113: Capilaridad – sika – relación 1 (cemento) : 3 (arena).

| Tiempo (s) | Absorbancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6% | | | 7% | | | 8% | | | 9% | | | 10% | | |
| Muestra | 286 | 287 | 288 | 294 | 295 | 296 | 302 | 303 | 304 | 310 | 311 | 312 | 318 | 319 | 320 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.010 | 0.020 | 0.010 | 0.015 | 0.001 | 0.016 | 0.004 | 0.003 | 0.006 | 0.006 | 0.010 | 0.007 | 0.005 | 0.006 | 0.004 |
| 300 | 0.010 | 0.030 | 0.014 | 0.023 | 0.005 | 0.022 | 0.005 | 0.005 | 0.008 | 0.007 | 0.010 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | 0.007 |
| 600 | 0.010 | 0.030 | 0.017 | 0.028 | 0.008 | 0.028 | 0.005 | 0.006 | 0.008 | 0.007 | 0.010 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | 0.007 |
| 1200 | 0.010 | 0.040 | 0.021 | 0.032 | 0.009 | 0.033 | 0.005 | 0.006 | 0.009 | 0.007 | 0.010 | 0.008 | 0.007 | 0.009 | 0.007 |
| 1800 | 0.020 | 0.040 | 0.024 | 0.035 | 0.014 | 0.036 | 0.011 | 0.006 | 0.009 | 0.008 | 0.010 | 0.009 | 0.007 | 0.009 | 0.008 |
| 3600 | 0.020 | 0.050 | 0.026 | 0.037 | 0.019 | 0.039 | 0.006 | 0.006 | 0.009 | 0.009 | 0.010 | 0.009 | 0.008 | 0.010 | 0.008 |
| 7200 | 0.020 | 0.050 | 0.032 | 0.043 | 0.021 | 0.047 | 0.007 | 0.007 | 0.010 | 0.009 | 0.010 | 0.010 | 0.010 | 0.012 | 0.009 |
| 10800 | 0.020 | 0.050 | 0.036 | 0.046 | 0.024 | 0.049 | 0.008 | 0.011 | 0.011 | 0.010 | 0.010 | 0.012 | 0.011 | 0.013 | 0.010 |
| 14400 | 0.020 | 0.060 | 0.037 | 0.048 | 0.026 | 0.052 | 0.009 | 0.012 | 0.013 | 0.010 | 0.020 | 0.013 | 0.012 | 0.015 | 0.011 |
| 18000 | 0.030 | 0.060 | 0.038 | 0.052 | 0.027 | 0.055 | 0.009 | 0.013 | 0.014 | 0.011 | 0.020 | 0.014 | 0.013 | 0.016 | 0.012 |
| 21600 | 0.030 | 0.060 | 0.040 | 0.052 | 0.028 | 0.057 | 0.010 | 0.014 | 0.015 | 0.013 | 0.020 | 0.015 | 0.014 | 0.018 | 0.013 |
| 92220 | 0.030 | 0.060 | 0.042 | 0.053 | 0.031 | 0.061 | 0.011 | 0.016 | 0.016 | 0.014 | 0.020 | 0.016 | 0.014 | 0.019 | 0.014 |
| 193200 | 0.040 | 0.060 | 0.043 | 0.055 | 0.034 | 0.062 | 0.012 | 0.017 | 0.017 | 0.015 | 0.020 | 0.017 | 0.015 | 0.020 | 0.015 |
| 268500 | 0.040 | 0.060 | 0.047 | 0.057 | 0.037 | 0.063 | 0.013 | 0.018 | 0.018 | 0.016 | 0.020 | 0.018 | 0.017 | 0.020 | 0.015 |
| 432000 | 0.040 | 0.070 | 0.049 | 0.060 | 0.038 | 0.064 | 0.015 | 0.019 | 0.020 | 0.016 | 0.020 | 0.019 | 0.018 | 0.022 | 0.016 |
| 527580 | 0.040 | 0.070 | 0.051 | 0.061 | 0.040 | 0.066 | 0.015 | 0.020 | 0.020 | 0.018 | 0.020 | 0.020 | 0.018 | 0.023 | 0.017 |
| 622200 | 0.040 | 0.070 | 0.052 | 0.064 | 0.043 | 0.067 | 0.016 | 0.020 | 0.021 | 0.019 | 0.020 | 0.021 | 0.020 | 0.024 | 0.018 |
| 691200 | 0.040 | 0.070 | 0.053 | 0.067 | 0.044 | 0.068 | 0.018 | 0.021 | 0.021 | 0.020 | 0.030 | 0.022 | 0.021 | 0.025 | 0.019 |

Tabla N.°114: Capilaridad – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Tiempo (s) | Absorvancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1% | | | 2% | | | 3% | | | 4% | | | 5% | | |
| Muestra | 326 | 327 | 328 | 334 | 335 | 336 | 342 | 343 | 344 | 350 | 351 | 352 | 366 | 367 | 368 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.004 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.004 | 0.001 | 0.003 | 0.003 | 0.005 | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| 300 | 0.005 | 0.008 | 0.006 | 0.004 | 0.005 | 0.002 | 0.004 | 0.003 | 0.007 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.001 |
| 600 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.005 | 0.006 | 0.003 | 0.005 | 0.004 | 0.008 | 0.005 | 0.004 | 0.005 | 0.003 | 0.003 | 0.002 |
| 1200 | 0.007 | 0.010 | 0.009 | 0.006 | 0.007 | 0.005 | 0.006 | 0.005 | 0.009 | 0.006 | 0.006 | 0.007 | 0.003 | 0.004 | 0.003 |
| 1800 | 0.008 | 0.011 | 0.009 | 0.006 | 0.008 | 0.005 | 0.007 | 0.006 | 0.010 | 0.006 | 0.007 | 0.007 | 0.004 | 0.005 | 0.004 |
| 3600 | 0.009 | 0.012 | 0.010 | 0.007 | 0.009 | 0.006 | 0.007 | 0.007 | 0.010 | 0.009 | 0.008 | 0.008 | 0.005 | 0.006 | 0.004 |
| 7200 | 0.009 | 0.013 | 0.012 | 0.007 | 0.010 | 0.007 | 0.008 | 0.007 | 0.011 | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.006 | 0.006 | 0.006 |
| 10800 | 0.010 | 0.014 | 0.013 | 0.008 | 0.010 | 0.007 | 0.009 | 0.009 | 0.012 | 0.011 | 0.009 | 0.010 | 0.006 | 0.007 | 0.007 |
| 14400 | 0.010 | 0.015 | 0.014 | 0.008 | 0.011 | 0.008 | 0.010 | 0.010 | 0.012 | 0.012 | 0.010 | 0.011 | 0.007 | 0.008 | 0.008 |
| 18000 | 0.010 | 0.017 | 0.015 | 0.009 | 0.011 | 0.009 | 0.010 | 0.011 | 0.013 | 0.012 | 0.011 | 0.012 | 0.008 | 0.009 | 0.008 |
| 21600 | 0.012 | 0.018 | 0.016 | 0.010 | 0.012 | 0.010 | 0.011 | 0.012 | 0.014 | 0.013 | 0.012 | 0.013 | 0.009 | 0.009 | 0.009 |
| 92220 | 0.014 | 0.020 | 0.016 | 0.011 | 0.013 | 0.010 | 0.012 | 0.013 | 0.015 | 0.014 | 0.013 | 0.014 | 0.010 | 0.010 | 0.010 |
| 193200 | 0.015 | 0.023 | 0.017 | 0.012 | 0.014 | 0.011 | 0.012 | 0.014 | 0.016 | 0.014 | 0.013 | 0.015 | 0.010 | 0.011 | 0.011 |
| 268500 | 0.017 | 0.024 | 0.018 | 0.013 | 0.014 | 0.012 | 0.013 | 0.015 | 0.017 | 0.014 | 0.014 | 0.016 | 0.010 | 0.011 | 0.011 |
| 432000 | 0.018 | 0.025 | 0.018 | 0.014 | 0.015 | 0.013 | 0.014 | 0.016 | 0.017 | 0.015 | 0.015 | 0.017 | 0.011 | 0.012 | 0.012 |
| 527580 | 0.019 | 0.026 | 0.020 | 0.015 | 0.017 | 0.014 | 0.015 | 0.017 | 0.018 | 0.016 | 0.016 | 0.018 | 0.012 | 0.013 | 0.012 |
| 622200 | 0.019 | 0.027 | 0.020 | 0.016 | 0.017 | 0.015 | 0.016 | 0.017 | 0.019 | 0.017 | 0.017 | 0.019 | 0.012 | 0.013 | 0.014 |
| 691200 | 0.020 | 0.027 | 0.021 | 0.017 | 0.018 | 0.015 | 0.016 | 0.018 | 0.019 | 0.017 | 0.017 | 0.020 | 0.013 | 0.014 | 0.015 |

Tabla N.°115: Capilaridad – sika – relación 1 (cemento) : 4 (arena).

| Tiempo (s) | Absorvancia (mm) | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6% | | | 7% | | | 8% | | | 9% | | | 10% | | |
| Muestra | 374 | 375 | 376 | 382 | 383 | 384 | 390 | 391 | 392 | 398 | 399 | 400 | 406 | 407 | 408 |
| 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 60 | 0.003 | 0.001 | 0.001 | 0.008 | 0.005 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 300 | 0.003 | 0.003 | 0.002 | 0.009 | 0.005 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 600 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.009 | 0.006 | 0.004 | 0.003 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.002 | 0.002 |
| 1200 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.010 | 0.006 | 0.004 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | 0.002 | 0.004 | 0.003 | 0.004 | 0.003 | 0.003 |
| 1800 | 0.004 | 0.005 | 0.003 | 0.011 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.004 | 0.005 | 0.003 | 0.003 |
| 3600 | 0.005 | 0.006 | 0.004 | 0.012 | 0.006 | 0.006 | 0.004 | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.005 | 0.004 | 0.006 | 0.004 | 0.004 |
| 7200 | 0.005 | 0.007 | 0.005 | 0.012 | 0.007 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.003 | 0.005 | 0.005 | 0.006 | 0.004 | 0.004 |
| 10800 | 0.006 | 0.008 | 0.006 | 0.013 | 0.008 | 0.007 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.004 | 0.006 | 0.006 | 0.007 | 0.006 | 0.005 |
| 14400 | 0.007 | 0.008 | 0.006 | 0.013 | 0.009 | 0.008 | 0.006 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.007 | 0.006 | 0.008 | 0.006 | 0.005 |
| 18000 | 0.008 | 0.009 | 0.007 | 0.014 | 0.009 | 0.008 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0.005 | 0.007 | 0.007 | 0.008 | 0.007 | 0.006 |
| 21600 | 0.009 | 0.010 | 0.007 | 0.014 | 0.010 | 0.008 | 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0.008 | 0.007 | 0.009 | 0.007 | 0.007 |
| 92220 | 0.010 | 0.012 | 0.008 | 0.015 | 0.011 | 0.009 | 0.008 | 0.007 | 0.006 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.009 | 0.008 | 0.007 |
| 193200 | 0.010 | 0.012 | 0.008 | 0.016 | 0.011 | 0.009 | 0.009 | 0.008 | 0.006 | 0.006 | 0.008 | 0.008 | 0.010 | 0.009 | 0.008 |
| 268500 | 0.011 | 0.013 | 0.009 | 0.017 | 0.012 | 0.009 | 0.010 | 0.009 | 0.006 | 0.007 | 0.009 | 0.008 | 0.011 | 0.009 | 0.008 |
| 432000 | 0.011 | 0.014 | 0.009 | 0.018 | 0.013 | 0.010 | 0.010 | 0.009 | 0.007 | 0.007 | 0.009 | 0.009 | 0.012 | 0.010 | 0.009 |
| 527580 | 0.012 | 0.015 | 0.009 | 0.019 | 0.013 | 0.010 | 0.011 | 0.010 | 0.007 | 0.007 | 0.009 | 0.009 | 0.012 | 0.010 | 0.009 |
| 622200 | 0.012 | 0.016 | 0.010 | 0.019 | 0.014 | 0.011 | 0.011 | 0.010 | 0.008 | 0.008 | 0.010 | 0.009 | 0.013 | 0.010 | 0.010 |
| 691200 | 0.013 | 0.016 | 0.010 | 0.020 | 0.014 | 0.012 | 0.011 | 0.011 | 0.009 | 0.008 | 0.010 | 0.010 | 0.013 | 0.010 | 0.010 |

ANEXOS

Anexo 1: Panel fotográfico.



Figura N.º 30: (a) Envasado del agregado fino; (b) Aditivo accelguard 80; (c) Microsilíce Sika fume; (d) Tamizador, laboratorio UNT.



Figura N.º 31: (e) Ensayo de humedad, estufa; (f) Ensayo de peso específico; (g) Pesaje de muestra en balanza electrónica; (h) Muestras en fiola con agua, laboratorio UNT.

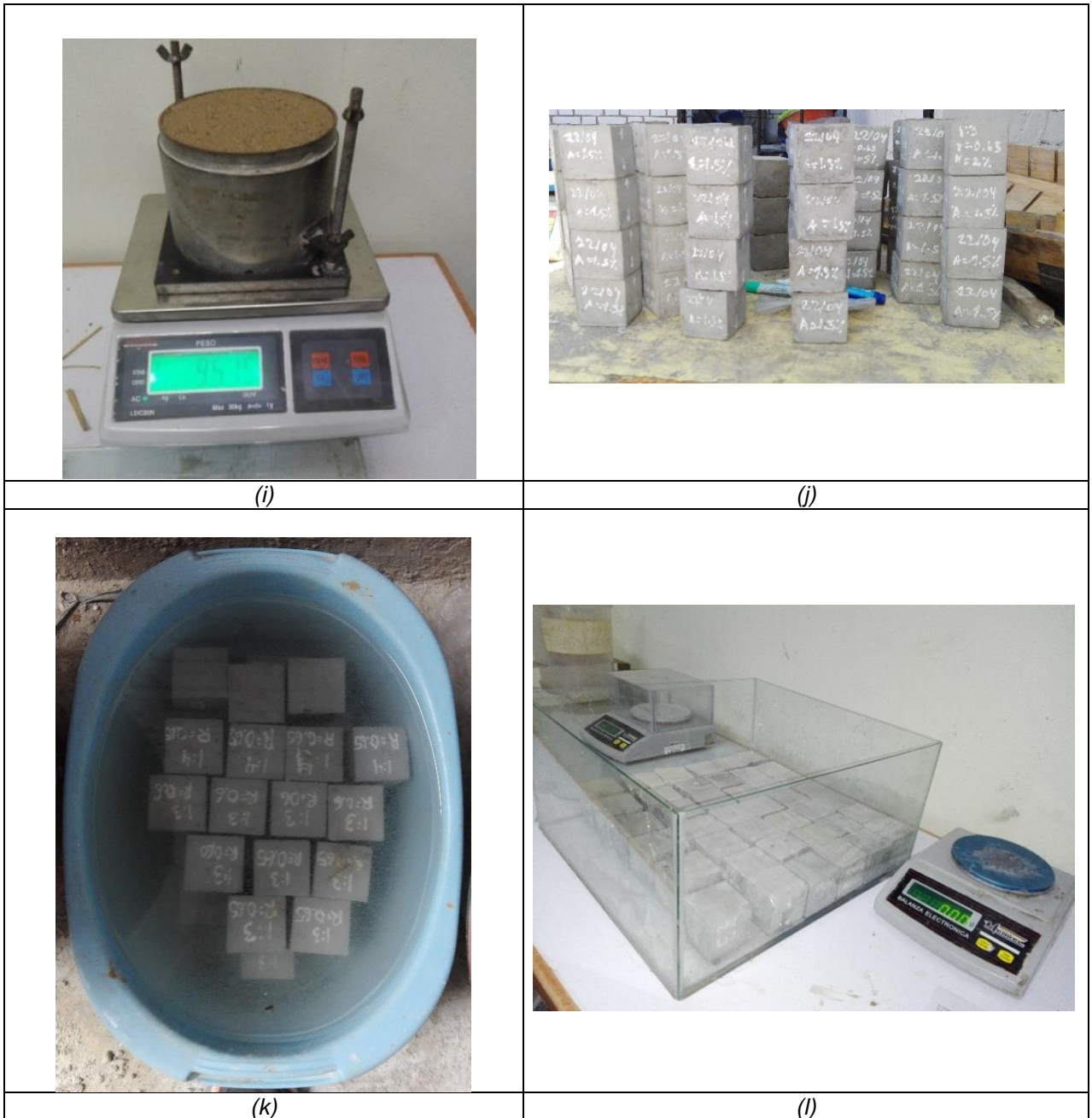


Figura N.º 32: (i) Peso unitario, pesaje; (j) Probetas de prueba; (k) Curado de morteros cúbicos; (l) Ensayo de capilaridad, laboratorio UNT.



Figura N.º 33: (m) Ensayo de capilaridad; (n) Ensayo de capilaridad con hoja de control; (o) Ultima probeta desmoldada; (p) Autora de tesis con Ing. asesor, laboratorio UNT.

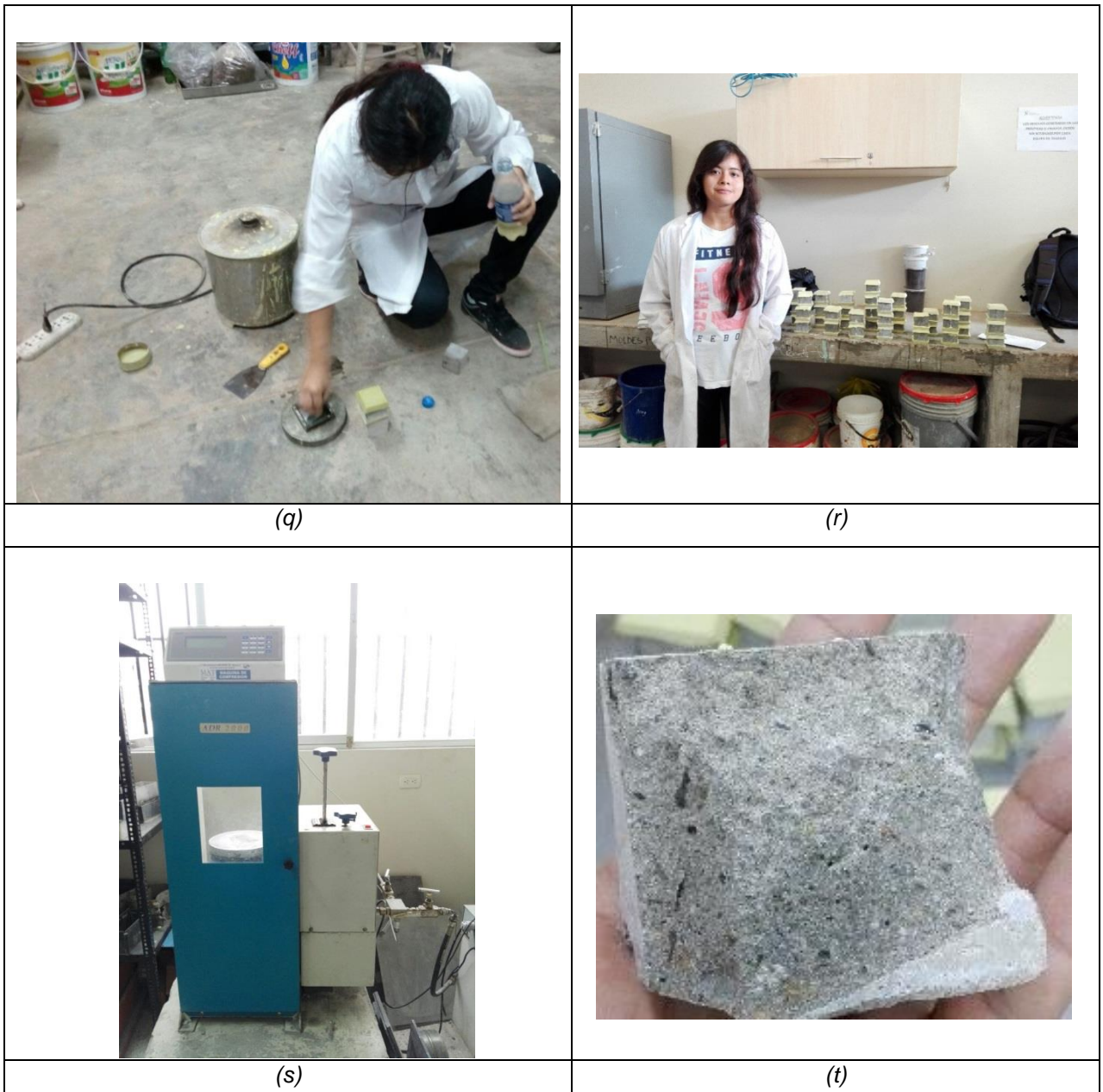



Figura N.º 34: (q) Refrendado con azufre caliente; (r) Probetas para compresión; (s) Maquina de resistencia a la compresión; (t) Estructura de probeta cúbica después de la compresión, laboratorio UNT.

ANEXO 2: Fichas Técnicas



HOJA TÉCNICA

Sika® Fume

Adición mineral - Microsílice

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

Es un aditivo en polvo compuesto por microsílice (Sílica Fume) de alta calidad y que acondicionado a la mezcla de concreto o mortero, disminuye el lavado del cemento en el vaciado de la mezcla bajo agua. Sika® Fume no contiene cloruros y puede utilizarse en concretos y morteros en conjunto con un superplastificante para obtener la fluidez necesaria para la colocación del concreto.

USOS

- En el concreto bajo agua en puertos, puentes, presas, reparaciones, rellenos, entre otros.
- En concretos de alta impermeabilidad y durabilidad.
- En concretos de alta resistencia (mayor a 500 kg/cm²).
- En concretos bombeados y proyectados.
- En morteros y lechadas de inyección.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS


- Disminuye la pérdida de cemento y elementos finos.
- Aumenta la resistencia mecánica.
- Aumenta la impermeabilidad.
- Aumenta la resistencia química.
- Aumenta la adherencia al acero.
- Permite utilizar mezclas altamente fluidas con alta cohesión.
- Aumenta la cohesión y disminuye la exudación de la mezcla fresca.
- Aumenta la durabilidad frente a agentes agresivos.
- Aumenta la resistencia a abrasión.

DATOS BÁSICOS

| | |
|--------------|--------------|
| FORMA | COLOR |
| | Gris |

Hoja Técnica
Sika® Fume
24.11.14, Edición 7

1/4

| | |
|--|--|
| | ASPECTO Polvo. |
| | PRESENTACIÓN Bolsa de 25 kg |
| ALMACENAMIENTO | CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO / VIDA ÚTIL Se puede almacenar durante 2 años en su envase original cerrado en un lugar fresco y bajo techo. |
| DATOS TÉCNICOS | GRAVEDAD ESPECÍFICA 2,2 BLANIE(SUPERFICIE ESPECÍFICA) 18,000 – 22,000 m ² /kg. ANÁLISIS QUÍMICO SiO ₂ 93.0 % min. Fe ₂ O ₃ 0.80 % máx. Al ₂ O ₃ 0.40 % máx. CaO 0.60 % máx. MgO 0.60 % máx. Na ₂ O 0.20 % máx. K ₂ O 1.2 % máx. C (libre) 2.0 % máx. SO ₃ 0.40 % máx. L.O.I. 3.5 % máx. FINURA (DIÁMETRO PROMEDIO) 0.1 – 0.2 mm PORCENTAJE PASANDO 45 MM 95 – 100 % PARTÍCULA Esférica FORMA Amorfa NORMA Cumple con la norma CSA – A 3001 – 03 |
| INFORMACIÓN DEL SISTEMA | |
| DETALLES DE APLICACIÓN | CONSUMO / DOSIS Puede utilizarse en dosis de aproximadamente 10 % del peso del cemento. Se recomienda realizar ensayos previos para definir el consumo exacto. |
| MÉTODO DE APLICACIÓN | MÉTODO DE APLICACIÓN/HERRAMIENTAS Se puede mezclar con productos Sikament® o Viscocrete. La dosificación del concreto se realiza de acuerdo a la práctica normal para concreto bajo agua o para la aplicación específica que se requiera. La utilización conjunta de ambos productos asegura las características de cohesión, adherencia y resistencia en el concreto bajo agua. Sika® Fume se adiciona a la mezcladora junto con el cemento o la arena. El aditivo Sikament® se agrega diluido en el agua de amasado. |
| <p>Hoja Técnica Sika® Fume 24.11.14, Edición 7</p> | |
| 2/4 |  BUILDING TRUST |

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

PRECAUCIONES DE MANIPULACIÓN Durante la manipulación de cualquier producto químico, evite el contacto directo con los ojos, piel y vías respiratorias. Protéjase adecuadamente utilizando guantes de goma natural o sintética y anteojos de seguridad.

En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente con abundante agua durante 15 minutos manteniendo los párpados abiertos y consultar a su médico.

OBSERVACIONES La Hoja de Seguridad de este producto se encuentra a disposición del interesado. Agradeceremos solicitarla a nuestro Departamento Comercial, teléfono: 618-6060 o descargarla a través de Internet en nuestra página web: www.sika.com.pe

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. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A. 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.

**“La presente Edición anula y reemplaza la Edición N° 6
la misma que deberá ser destruida”**



una empresa QUICORP



SILICA FUME QS®

ADICIÓN PARA CONCRETO Y MORTEROS EN POLVO

DESCRIPCIÓN

SILICA FUME QS ó MICROSÍLICE es un aditivo en polvo listo para usarse en concreto y mortero. Este producto reacciona químicamente con el hidróxido de calcio en la pasta de cemento, lo cual produce un gel de hidrato de silicato de calcio que mejora de manera significativa la resistencia y durabilidad. Por su alta finura, la microsíllica llena el vacío entre las partículas de cemento creando un concreto muy denso y menos permeable.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concretos de altas resistencias.
- Concreto de alta densidad.
- Plataformas para puentes.
- Estructuras para estacionamientos.
- Ambientes marinos.
- Shotcrete (Concreto lanzado).
- Concretos de alta resistencia química.

CARÁCTERÍSTICAS / BENEFICIOS

Concreto Plástico

- Aumenta la cohesión y compactación, facilitando la aplicación de concretos bombeados.
- Reduce el lavado de finos.
- Elimina la segregación.
- Reduce el porcentaje de rebote en concreto o morteros lanzados.

Concreto Endurecido

- Mejora las resistencias a la compresión tracción y flexión.
- Le da al concreto una baja permeabilidad para una mejor resistencia a la penetración de agentes deletéreos.
- Aumenta la durabilidad.
- Los aceros de refuerzo tienen mayor protección a la corrosión.
- Mejor resistencia a la abrasión y a químicos para un mayor tiempo de servicio.
- Mayores resistencias a ciclos de hielo - deshielo.
- Concretos de alta resistencia.

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211
ventasconstruccion@qsindustrial.biz
ingenieria.pe@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz

1

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2016

ESPECIALIDADES



una empresa QUICORP



SILICA FUME QS®

ADICIÓN PARA CONCRETO Y MORTEROS EN POLVO

INFORMACIÓN TÉCNICA

Apariencia : Polvo fino.
Color : Gris.
Densidad : 2.2 kg/l.

DOSIFICACIÓN

SILICA FUME QS ó MICROSILICA normalmente se dosifica a razón de 5 - 10% del peso del cemento. Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, lo cual puede ser diferente a las dosificaciones recomendadas. Los resultados varían debido a las diversas condiciones de cada obra y tipo de materiales empleados. Cualquier consulta contacte al departamento de Construcción Química Suiza.

PRESENTACIÓN

Bolsa 25kg.

NORMAS / ESPECIFICACIONES

Está formulado para cumplir con la especificación ASTM C- 1240.

DIRECCIONES PARA SU USO

SILICA FUME QS ó MICROSILICA viene listo para su uso, una buena distribución en la mezcla se logra dosificando directamente sobre la mezcladora cuando la mezcla de concreto se encuentra aun seca. Para obtener la consistencia adecuada se requiere usar un aditivo súper plastificante. Consulte con nuestro Departamento Técnico para mayor información.

Una secuencia de típica de la mezcla puede ser:

- Pesaje y colocación de los agregados en la mezcladora (piedra y arena).
- Pesaje y colocación del cemento en la mezcladora.
- Dosificación del 80% del agua de amasado.
- Pesaje y colocación de MICROSILICA.
- Dosificación del aditivo súper plastificante con el 20% de agua restante.
- La demanda de agua se incrementa cuando se usa microsilica. La mezclas requieren el uso de un aditivo reductor de agua de alto poder para mantener la trabajabilidad y al relación baja de agua/cemento.

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211
ventasconstruccion@qsindustrial.biz
ingenieria.pe@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz

2

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2016

ESPECIALIDADES



una empresa QUICORP



SILICA FUME QS®

ADICIÓN PARA CONCRETO Y MORTEROS EN POLVO

- Acabado: El concreto que contiene MICROSILICA presenta menor exudación el concreto convencional; el curado anticipado es crítico para prevenir fisuración por contracción plástica.
- Las fisuras por contracción plástica son más frecuentes cuando se presenta humedad baja, alta, velocidad de viento y temperatura ambientales altas. Cuando existen esas condiciones, debe utilizarse un retardante de evaporación como EUCOBAR.
- Se pueden utilizar métodos diferentes a EUCOBAR para ayudar a reducir la posibilidad de retracción plástica.
- Se puede minimizar los efectos ambientales construyendo rompe vientos, aplicación de rocío nebulizado entre cada operación de acabado, cubrir el concreto con yute mojado y reduciendo la temperatura del concreto con hielo o agregados enfriados. También se puede colocar el concreto en las últimas horas de la tarde para evitar los rayos directos del sol y las altas temperaturas.
- **Curado:** Todos los procedimientos de curado de concreto con MICROSILICA deben comenzar inmediatamente después que el procedimiento de acabado ha terminado.
- Puede utilizarse un curador químico de altos sólidos que forme una membrana líquida y flexible tal como el EUCOCURE.
- El compuesto para curado y el retardante de evaporación deben ser ordenados en forma separada.

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, de acuerdo al tipo de obra o proyecto a realizar.
- Limpie con agua las herramientas y el equipo antes que se endurezca el mortero y/o concreto.
- Durante la manipulación usar las medidas de seguridad apropiadas. Usar el equipo de protección personal apropiado.
- Durante la manipulación usar las medidas de seguridad apropiadas. Usar el equipo de protección personal apropiado.
- Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

SILICA FUME QS ó MICROSILICA debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

Vida útil de almacenamiento: 1 año .



una empresa © QUICORP



ACCELGUARD 80®

ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUADO Y RESISTENCIAS TEMPRANAS SIN CLORUROS

DESCRIPCIÓN

ACCELGUARD 80 es un aditivo líquido acelerante-reductor de agua que disminuye el tiempo de fraguado y acelera las resistencias tempranas del concreto. No posee iones cloruros en su formulación.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto Armado.
- Colocación de concreto en climas fríos.
- Concreto estructural, convencional y ciclópeo
- Mortero y bloques de concreto.
- Concreto prefabricado y concreto pretensado.

CARACTERÍSTICAS / BENEFICIOS

- Reduce de 1 a 4 horas el fraguado inicial, dependiendo de la temperatura del concreto.
- Mejora la trabajabilidad y produce un concreto más denso.
- Reduce la exudación y la segregación del concreto.
- Reduce el costo de construcción, acelerando el ciclo de desencofrado y colocación del concreto
- Acelera el desarrollo de resistencias a la compresión a edades tempranas.
- Incrementa la protección del refuerzo en el concreto al reducir al producir concretos más densos al utilizarse como reductor de agua.
- Aumenta la protección del refuerzo en el concreto.
- Incrementa la durabilidad y resistencia al desgaste en el concreto al reducir relaciones agua/cemento.

INFORMACIÓN TÉCNICA

Apariencia : Líquido
Color : Ámbar
Densidad : 1.26 kg/l

Química Suiza Industrial del Perú S.A.
T +51-1 710 4000 Anexos: 2421 / 1211
ventasconstruccion@qsindustrial.biz
ingenieria.pe@qsindustrial.biz
www.qsindustrial.biz

1

Hoja Técnica / JM
Versión 01-QSI
Enero 2016

ACELERANTE PARA CONCRETO



ACCELGUARD 80®

ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUADO Y RESISTENCIAS TEMPRANAS SIN CLORUROS

RESULTADOS TÍPICOS DE INGENIERÍA

Los siguientes resultados fueron obtenidos en condiciones de laboratorio.

| Resistencias | Compresión | Flexión |
|--------------------|------------|---------|
| 3 días | 130% | 116% |
| 7 días | 121% | 109% |
| 28 días | 115% | 105% |
| Tiempo de Fraguado | | |
| Fraguado inicial | -60 min | |
| Fraguado final | -60 min | |

Nota: Resultados comparativos entre el diseño de mezcla referencial y diseño de mezcla evaluado, según procedimiento de la norma ASTM C494.

NORMAS/ESPECIFICACIONES

- ACCELGUARD 80 se clasifica según norma ASTM C-494, como tipo C y E.
- ACCELGUARD 80 puede ser utilizado en estos tipos de concreto, tales como, pisos sobre concreto pretensado, cubiertas galvanizadas, pisos con metal embebido, concreto reforzado en ambientes húmedos y/o expuestos a sales descongelantes de cloruro.

DIRECCIONES PARA USO

- ACCELGUARD 80 se puede dosificar en obra o en planta dependiendo de las necesidades y condiciones particulares de cada vaciado.
- Agregue ACCELGUARD 80 diluido con la última parte del agua de amasado a la preparación de la mezcla. No vierta directamente sobre el cemento o agregados secos.
- Cuando la temperatura ambiente sea menor que los 10°C, siga las recomendaciones de ACI-306, "práctica recomendada para vaciados de concretos en climas fríos". Se recomienda al contratista que siga prácticas típicas de construcción de mampostería en climas fríos.
- Cuando se utilice con otros aditivos, cada uno debe dosificarse por separado.

DOSIFICACIÓN

ACCELGUARD 80 se dosifica a razón de 1 al 2% del peso del cemento.

- Las dosis recomendadas son referenciales. Se recomienda realizar pruebas preliminares en obra para determinar la dosificación adecuada.
- Los resultados pueden variar según las condiciones de cada obra y tipo de material empleados. Cualquier consulta contacte al Departamento de Construcción de Química Suiza Industrial.



una empresa QUICORP



ACCELGUARD 80[®]

ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUADO Y RESISTENCIAS TEMPRANAS SIN CLORUROS

PRESENTACIÓN

Cilindro 250kg. 52.4 galones*
Balde 20kg. 4.2 galones*
*galones americanos aproximados.

PRECAUCIONES / RESTRICCIONES

- El uso de ACCELGUARD 80 varía en cada aplicación. Por lo tanto se debe consultar con el representante de Química Suiza Industrial del Perú S.A. siempre que tenga una pregunta sobre su uso y compatibilidad con otros aditivos.
- ACCELGUARD 80 se congelará a temperaturas de -26 °C aproximadamente. El congelamiento y descongelamiento no dañarán el material si se agita completamente.
- No utilice aire para su agitación
- No vierta el aditivo directamente sobre el cemento o agregados secos.
- No permita que se congele el concreto hasta que por lo menos haya alcanzado un mínimo de 72 kg/cm². Durante la manipulación utilizar las medidas de seguridad apropiadas. Utilizar el equipo de protección personal apropiado. Evitar el contacto con la piel, ojos y vía respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua. Para mayor información consulte la hoja de seguridad del producto. Limpie con agua las herramientas y el equipo antes que se endurezca el mortero y/o concreto.

MANEJO Y ALMACENAMIENTO

ACCELGUARD 80 debe almacenarse en un envase original herméticamente cerrado y bajo techo.
Vida útil de almacenamiento: 1 año.

ACCELERANTE PARA CONCRETO



ACCELGUARD 80®

ADITIVO ACELERANTE DE FRAGUADO Y RESISTENCIAS TEMPRANAS
SIN CLORUROS

DESCRIPCION

ACCELGUARD 80 es un aditivo líquido acelerante-reductor de agua que disminuye el tiempo de fraguado y acelera las resistencias tempranas del concreto. No posee iones cloruros en su formulación.

APLICACIONES PRINCIPALES

- Concreto Armado.
- Colocación de concreto en climas fríos.
- Concreto estructural, convencional y ciclópeo
- Mortero y bloques de concreto.
- Concreto prefabricado y concreto pretensado.

CARACTERISTICAS/BENEFICIOS

- Reduce de 1 a 4 horas el fraguado inicial, dependiendo de la temperatura del concreto.
- Mejora la trabajabilidad y produce un concreto más denso.
- Minimiza el exudado y la segregación.
- Reduce el costo de construcción, acelerando el ciclo de colocación del concreto y el desencofrado más rápido.
- Mejora el desarrollo de resistencias a la compresión a edades tempranas.
- Disminuye las horas extras de trabajo ya que permite realizar el acabado el mismo día.
- Aumenta la protección del refuerzo en el concreto.
- Incrementa en el concreto la durabilidad y resistencia al desgaste.

INFORMACION TECNICA

Apariencia : Líquido
Color : Caramelo
Densidad : 1.26 kg/l
Solubilidad : Soluble en agua

DOSIFICACION

ACCELGUARD 80 se dosifica a razón de 1 al 2% del peso del cemento.

Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, lo cual puede ser diferente a las dosificaciones recomendadas.

Los resultados varían debido a las diversas condiciones de cada obra y tipo de materiales empleados.

Cualquier consulta contacte al departamento de Construcción Química Suiza.

RESULTADOS TÍPICOS DE INGENIERIA

Los siguientes resultados fueron obtenidos en condiciones de laboratorio.

| Resistencias | Compresión | Flexión |
|--------------------|------------|---------|
| 3 días | 130% | 116% |
| 7 días | 121% | 109% |
| 28 días | 115% | 105% |
| Tiempo de Fraguado | | |
| Fraguado Inicial | -60 min. | |
| Fraguado Final | -60 min. | |

Resultados comparado con la mezcla de concreto de referencia.

The Euclid Chemical Company ISO 9001 - Certificado PE 09/00076

La mejor solución para Concretar sus Obras



PRESENTACION

Cilindro 250kg 52.4 galones*

Balde 20kg 4.2 galones*

*galones americanos aproximados.

VIDA UTIL DE ALMACENAMIENTO

1 año. **ACCELGUARD 80** debe almacenarse en su envase original herméticamente cerrado y bajo techo.

NORMAS/ESPECIFICACIONES

- **ACCELGUARD 80** se clasifica según norma ASTM C-494, como tipo C y E.
- **ACCELGUARD 80** puede ser utilizado en estos tipos de concreto, tales como, pisos sobre concreto pretensado o cubiertas galvanizadas, pisos con metal embebido, concreto reforzado en ambientes húmedos y/o expuestos a sales descongelantes de cloruro.

DIRECCIONES PARA SU USO

- La dosificación de **ACCELGUARD 80** puede variar de acuerdo a la temperatura ambiente y las condiciones propias de cada trabajo. Los resultados a obtener varían con los diversos tipos de cementos y la calidad de agregados, las proporciones del diseño de mezcla. Se recomienda realizar ensayos previos en la obra para determinar la dosificación adecuada, de acuerdo al tipo de obra o proyecto a realizar.
- **ACCELGUARD 80** se puede dosificar en obra o en planta dependiendo de las necesidades y comportamiento del diseño.
- Agregue **ACCELGUARD 80** diluido con la última parte del agua de amasado a la preparación de la mezcla, no vierta sobre el cemento seco.
- Cuando la temperatura ambiente sea menor que los 10°C, siga las recomendaciones de ACI-306, "Recommended Practice for Cold Weather Concreting" (Recomendaciones para Colocación de Concreto en Climas Fríos).
- La Compañía Euclid Chemical recomienda al contratista que siga prácticas típicas de construcción de mampostería en climas fríos.
- Dosificar **ACCELGUARD 80** a razón de 1.4% del peso del cemento a temperaturas menores a 15 °C. Temperaturas sobre los 15 °C se puede reducir la dosificación de **ACCELGUARD 80**.
- Cuando se utilice con otros aditivos, cada uno debe dosificarse por separado.

PRECAUCIONES/RESTRICCIONES

- El uso de **ACCELGUARD 80** varía en cada aplicación. Por lo tanto se debe consultar con el representante de Química Suiza S.A. siempre que haya una pregunta sobre su uso y compatibilidad con otros aditivos. Muchos y exitosos diseños de mezcla se encuentran archivados y pueden ser un excelente material de referencia al preparar un proyecto de diseño de mezcla.
- **ACCELGUARD 80** se congelará a temperaturas de -26 °C aproximadamente. El congelamiento y descongelamiento no dañarán el material si se agita completamente
- No utilice aire para su agitación
- No lo dosifique directamente sobre el cemento seco.
- No permita que se congele el mortero hasta que por lo menos haya alcanzado un mínimo de 72 kg/cm².

LIMPIEZA

Limpie con agua las herramientas y el equipo antes que se endurezca el mortero y/o concreto.

INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Durante la manipulación usar las medidas de seguridad apropiadas. Usar el equipo de protección personal apropiado. Evitar el contacto con la piel, ojos y vías respiratorias. En caso de contacto con la piel, lavar con abundante agua, para mayor información consultar la hoja de seguridad del producto.

Las directivas que contiene este documento son el resultado de los ensayos y de la experiencia en buenas prácticas industriales. Debido a la diversidad de materiales y substratos así como el gran número de posibles aplicaciones que escapan de nuestro control, nosotros no aceptamos responsabilidad por los resultados que el cliente, contratista, aplicador pudiera obtener. Recomendamos realizar los ensayos preliminares o contactarse con el departamento técnico de QUIMICA SUIZA - EUCO.

Edición N° 1, Junio 2010

The Euclid Chemical Company ISO 9001 - Certificado PE 09/00076

La mejor solución para Concretar sus Obras





CEMENTOS PACASMAYO S.A.A.

Calle La Colonia Nro.150 Urb. El Vivero de Monterrico Santiago de Surco - Lima
Carretera Panamericana Norte Km. 686 Pacasmayo - La Libertad
Teléfono 317 - 6000



G-CC-F-04
Versión 03

Cemento Portland Tipo V

Conforme a la NTP 334.009 / ASTM C150

Pacasmayo, 20 de Setiembre del 2017

| COMPOSICIÓN QUÍMICA | | CPSAA | Requisito NTP 334.009 / ASTM C150 |
|----------------------|---|-------|--------------------------------------|
| MgO | % | 2.1 | Máximo 6.0 |
| SO ₃ | % | 1.9 | Máximo 2.3 |
| C3A | % | 3.08 | Máximo 5 |
| C4AF + 2(C3A) | % | 20.0 | Máximo 25 |
| Pérdida por Ignición | % | 1.6 | Máximo 3.5 |
| Residuo Insoluble | % | 0.56 | Máximo 1.5 |

| PROPIEDADES FÍSICAS | | CPSAA | Requisito NTP 334.009 / ASTM C150 |
|------------------------|--------------------|-------|--------------------------------------|
| Contenido de Aire | % | 8 | Máximo 12 |
| Expansión en Autoclave | % | 0.05 | Máximo 0.80 |
| Superficie Específica | cm ² /g | 3620 | Mínimo 2800 |
| Densidad | g/mL | 3.13 | NO ESPECIFICA |

Resistencia Compresión :

| | | | |
|---------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------------|
| Resistencia Compresión a 3días | MPa (Kg/cm ²) | 19.4 (198) | Mínimo 8.0 (Mínimo 82) |
| Resistencia Compresión a 7días | MPa (Kg/cm ²) | 27.2 (278) | Mínimo 15.0 (Mínimo 153) |
| Resistencia Compresión a 28días | MPa (Kg/cm ²) | 36.0 (366) | Mínimo 21.0 (Mínimo 214) |

Tiempo de Fraguado Vicat :

| | | | |
|------------------|-----|-----|------------|
| Fraguado Inicial | min | 170 | Mínimo 45 |
| Fraguado Final | min | 299 | Máximo 375 |

Los resultados arriba mostrados, corresponden al promedio del cemento despachado durante el periodo del 01-08-2017 al 31-08-2017.
La resistencia a la compresión a 28 días corresponde al mes de Julio 2017.

(*) Requisito opcional.



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

Solicitado por :

Distribuidora Norte Pacasmayo S.R.L.

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

ANEXO 3: Nivel de confianza Z.

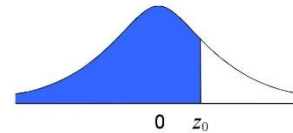
Probabilidad acumulada inferior para distribución normal N(0,1)

μ = Media

σ = Desviación típica

Tipificación: $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$



| z_0 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,09 | z_0 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 0,0 | 0,5000 | 0,5040 | 0,5080 | 0,5120 | 0,5160 | 0,5199 | 0,5239 | 0,5279 | 0,5319 | 0,5359 | 0,0 |
| 0,1 | 0,5398 | 0,5438 | 0,5478 | 0,5517 | 0,5557 | 0,5596 | 0,5636 | 0,5675 | 0,5714 | 0,5753 | 0,1 |
| 0,2 | 0,5793 | 0,5832 | 0,5871 | 0,5910 | 0,5948 | 0,5987 | 0,6026 | 0,6064 | 0,6103 | 0,6141 | 0,2 |
| 0,3 | 0,6179 | 0,6217 | 0,6255 | 0,6293 | 0,6331 | 0,6368 | 0,6406 | 0,6443 | 0,6480 | 0,6517 | 0,3 |
| 0,4 | 0,6554 | 0,6591 | 0,6628 | 0,6664 | 0,6700 | 0,6736 | 0,6772 | 0,6808 | 0,6844 | 0,6879 | 0,4 |
| 0,5 | 0,6915 | 0,6950 | 0,6985 | 0,7019 | 0,7054 | 0,7088 | 0,7123 | 0,7157 | 0,7190 | 0,7224 | 0,5 |
| 0,6 | 0,7257 | 0,7291 | 0,7324 | 0,7357 | 0,7389 | 0,7422 | 0,7454 | 0,7486 | 0,7517 | 0,7549 | 0,6 |
| 0,7 | 0,7580 | 0,7611 | 0,7642 | 0,7673 | 0,7704 | 0,7734 | 0,7764 | 0,7794 | 0,7823 | 0,7852 | 0,7 |
| 0,8 | 0,7881 | 0,7910 | 0,7939 | 0,7967 | 0,7995 | 0,8023 | 0,8051 | 0,8078 | 0,8106 | 0,8133 | 0,8 |
| 0,9 | 0,8159 | 0,8186 | 0,8212 | 0,8238 | 0,8264 | 0,8289 | 0,8315 | 0,8340 | 0,8365 | 0,8389 | 0,9 |
| 1,0 | 0,8413 | 0,8438 | 0,8461 | 0,8485 | 0,8508 | 0,8531 | 0,8554 | 0,8577 | 0,8599 | 0,8621 | 1,0 |
| 1,1 | 0,8643 | 0,8665 | 0,8686 | 0,8708 | 0,8729 | 0,8749 | 0,8770 | 0,8790 | 0,8810 | 0,8830 | 1,1 |
| 1,2 | 0,8849 | 0,8869 | 0,8888 | 0,8907 | 0,8925 | 0,8944 | 0,8962 | 0,8980 | 0,8997 | 0,9015 | 1,2 |
| 1,3 | 0,9032 | 0,9049 | 0,9066 | 0,9082 | 0,9099 | 0,9115 | 0,9131 | 0,9147 | 0,9162 | 0,9177 | 1,3 |
| 1,4 | 0,9192 | 0,9207 | 0,9222 | 0,9236 | 0,9251 | 0,9265 | 0,9279 | 0,9292 | 0,9306 | 0,9319 | 1,4 |
| 1,5 | 0,9332 | 0,9345 | 0,9357 | 0,9370 | 0,9382 | 0,9394 | 0,9406 | 0,9418 | 0,9429 | 0,9441 | 1,5 |
| 1,6 | 0,9452 | 0,9463 | 0,9474 | 0,9484 | 0,9495 | 0,9505 | 0,9515 | 0,9525 | 0,9535 | 0,9545 | 1,6 |
| 1,7 | 0,9554 | 0,9564 | 0,9573 | 0,9582 | 0,9591 | 0,9599 | 0,9608 | 0,9616 | 0,9625 | 0,9633 | 1,7 |
| 1,8 | 0,9641 | 0,9649 | 0,9656 | 0,9664 | 0,9671 | 0,9678 | 0,9686 | 0,9693 | 0,9699 | 0,9706 | 1,8 |
| 1,9 | 0,9713 | 0,9719 | 0,9726 | 0,9732 | 0,9738 | 0,9744 | 0,9750 | 0,9756 | 0,9761 | 0,9767 | 1,9 |
| 2,0 | 0,9772 | 0,9778 | 0,9783 | 0,9788 | 0,9793 | 0,9798 | 0,9803 | 0,9808 | 0,9812 | 0,9817 | 2,0 |
| 2,1 | 0,9821 | 0,9826 | 0,9830 | 0,9834 | 0,9838 | 0,9842 | 0,9846 | 0,9850 | 0,9854 | 0,9857 | 2,1 |
| 2,2 | 0,9861 | 0,9864 | 0,9868 | 0,9871 | 0,9875 | 0,9878 | 0,9881 | 0,9884 | 0,9887 | 0,9890 | 2,2 |
| 2,3 | 0,9893 | 0,9896 | 0,9898 | 0,9901 | 0,9904 | 0,9906 | 0,9909 | 0,9911 | 0,9913 | 0,9916 | 2,3 |
| 2,4 | 0,9918 | 0,9920 | 0,9922 | 0,9925 | 0,9927 | 0,9929 | 0,9931 | 0,9932 | 0,9934 | 0,9936 | 2,4 |
| 2,5 | 0,9938 | 0,9940 | 0,9941 | 0,9943 | 0,9945 | 0,9946 | 0,9948 | 0,9949 | 0,9951 | 0,9952 | 2,5 |
| 2,6 | 0,9953 | 0,9955 | 0,9956 | 0,9957 | 0,9959 | 0,9960 | 0,9961 | 0,9962 | 0,9963 | 0,9964 | 2,6 |
| 2,7 | 0,9965 | 0,9966 | 0,9967 | 0,9968 | 0,9969 | 0,9970 | 0,9971 | 0,9972 | 0,9973 | 0,9974 | 2,7 |
| 2,8 | 0,9974 | 0,9975 | 0,9976 | 0,9977 | 0,9977 | 0,9978 | 0,9979 | 0,9979 | 0,9980 | 0,9981 | 2,8 |
| 2,9 | 0,9981 | 0,9982 | 0,9982 | 0,9983 | 0,9984 | 0,9984 | 0,9985 | 0,9985 | 0,9986 | 0,9986 | 2,9 |
| 3,0 | 0,99865 | 0,99869 | 0,99874 | 0,99878 | 0,99882 | 0,99886 | 0,99889 | 0,99893 | 0,99896 | 0,99900 | 3,0 |
| 3,1 | 0,99903 | 0,99906 | 0,99910 | 0,99913 | 0,99916 | 0,99918 | 0,99921 | 0,99924 | 0,99926 | 0,99929 | 3,1 |
| 3,2 | 0,99931 | 0,99934 | 0,99936 | 0,99938 | 0,99940 | 0,99942 | 0,99944 | 0,99946 | 0,99948 | 0,99950 | 3,2 |
| 3,3 | 0,99952 | 0,99953 | 0,99955 | 0,99957 | 0,99958 | 0,99960 | 0,99961 | 0,99962 | 0,99964 | 0,99965 | 3,3 |
| 3,4 | 0,99966 | 0,99968 | 0,99969 | 0,99970 | 0,99971 | 0,99972 | 0,99973 | 0,99974 | 0,99975 | 0,99976 | 3,4 |
| 3,5 | 0,99977 | 0,99978 | 0,99978 | 0,99979 | 0,99980 | 0,99981 | 0,99981 | 0,99982 | 0,99983 | 0,99983 | 3,5 |
| 3,6 | 0,99984 | 0,99985 | 0,99985 | 0,99986 | 0,99986 | 0,99987 | 0,99987 | 0,99988 | 0,99988 | 0,99989 | 3,6 |
| 3,7 | 0,99989 | 0,99990 | 0,99990 | 0,99990 | 0,99991 | 0,99991 | 0,99992 | 0,99992 | 0,99992 | 0,99992 | 3,7 |
| 3,8 | 0,99993 | 0,99993 | 0,99993 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99994 | 0,99995 | 0,99995 | 0,99995 | 3,8 |
| 3,9 | 0,99995 | 0,99995 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99996 | 0,99997 | 0,99997 | 3,9 |


| $1-\alpha$ | 90% | 92% | 94% | 95% | 96% | 97% | 98% | 99% |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| α | 10% | 8% | 6% | 5% | 4% | 3% | 2% | 1% |
| $z_{\alpha/2}$ | 1,645 | 1,751 | 1,881 | 1,960 | 2,054 | 2,170 | 2,326 | 2,576 |
| z_{α} | 1,282 | 1,405 | 1,555 | 1,645 | 1,751 | 1,881 | 2,054 | 2,326 |

Siendo:

$1-\alpha$ = Nivel de confianza

α = Nivel de significación

ANEXO 4: Certificado de ensayos de laboratorio.

|  | <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO Departamento de Ingeniería de Materiales</p> | <p>FACULTAD DE INGENIERIA Laboratorio de Concreto y Reciclado</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------------|----|-------------|---------|--|--|--|--|
| <p>INFORME N°28/ABRIL18</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><u>CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO</u></p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Solicitante / DNI: Jimena Virginia Mendoza Jicaro / 74383216</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Institución: Universidad Privada del Norte / Sede Trujillo</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Investigación: "Influencia del porcentaje, tipo y proporción de microsíllice en la compresión y capilaridad en morteros para aplicación vía shotcrete, Trujillo 2018."</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>I. MUESTRA:</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Especímenes: Mortero convencional con adición de microsíllice y aditivo, con una cantidad de 378 cubos de 5 cm x 5 cm x 5 cm de largo, ancho, y alto respectivamente, realizados del 12 de junio al 11 de noviembre del 2017.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Edad de especímenes: 7,14 y 28 días de curado.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Muestreo: Realizado por tesista.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>II. ENSAYOS A APLICAR</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ASTM C31: Elaboración y curado de probetas de concreto. • ASTM C 1585: Ensayo de capilaridad. • ASTM C192: Refrendado de testigos de concreto. • ASTM C109: Ensayo de resistencia a compresión | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>III. PARÁMETROS DEL EQUIPO: Se considera un error de $\pm 0.5\%$</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Marca</th> <th>Modo</th> <th>Unidades</th> <th>Velocidad de carga</th> <th>Capacidad máxima</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ele International</td> <td>Mode I; compresión</td> <td>SI</td> <td>0.90 KN/seg</td> <td>2000 KN</td> </tr> </tbody> </table> | Marca | Modo | Unidades | Velocidad de carga | Capacidad máxima | Ele International | Mode I; compresión | SI | 0.90 KN/seg | 2000 KN | | | | |
| Marca | Modo | Unidades | Velocidad de carga | Capacidad máxima | | | | | | | | | | |
| Ele International | Mode I; compresión | SI | 0.90 KN/seg | 2000 KN | | | | | | | | | | |
| <p>Jefe de Laboratorio de concreto y reciclado:</p> | | <p>Ing. Iván Eugenio Vásquez Alfaro</p> | | | | | | | | | | | | |
| <p>Trujillo, 05 de abril del 2018</p> | | | | | | | | | | | | | | |

ANEXO 5: Normativa para el procedimiento experimental

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.017
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso
unitario del agregado**

AGGREGATE. Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate

1999-04-21
2ª Edición

R.0021-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 99-04-29

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Hormigón, Método de ensayo, Probetas cilíndricas, curado de la probeta

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.012
2001

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle de La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global

AGGREGATES. Standard test method for sieve analysis of fine, coarse and global aggregates

2001-05-31
2ª Edición

R.0071-2001/INDECOPI-CRT. Publicada el 2001-06-17

Precio basado en 14 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregado, agregado grueso, agregado fino, serie, gradación, análisis por tamizado, análisis granulométrico

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.185
2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado

CONCRETE. Standard test method for total evaporable moisture content of aggregate by drying

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 566-13
Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. Derecho de autor
de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por
autorización de ASTM International

2013-08-07
2ª Edición

R.0054-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2013-08-24

Precio basado en 08 páginas

I.C.S.: 91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Agregados, secado, contenido de humedad

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2013

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.022
2013

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

**AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la
densidad, la densidad relativa (peso específico) y
absorción del agregado fino**

AGGREGATES. Standard test method Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of
Fine Aggregate

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la Norma ASTM C 128-2012
Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine
Aggregate. Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA
19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2013-12-26
3ª Edición

R.0113-2013/CNB-INDECOPI. Publicada el 2014-01-16 Precio basado en 20 páginas
I.C.S.: 91.100.30 **ESTA NORMA ES RECOMENDABLE**
Descriptor: absorción, agregado, densidad aparente, densidad relativa aparente, densidad, agregado
fino; densidad relativa, gravedad específica

© ASTM 2012 - © INDECOPI 2013

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 400.037
2014

Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias - INDECOPI
Calle de La Prosa 104, San Borja (Lima 41) Apartado 145 Lima, Perú

AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto

AGGREGATES. Standard Specification for Concrete Aggregates

Esta Norma Técnica Peruana adoptada por el INDECOPI está basada en la norma ASTM C 33/C33M:2013, Standard Specification for Concrete Aggregates, Derecho de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428, USA. -Reimpreso por autorización de ASTM International

2014-12-30
3ª Edición

R.0151-2014/CNB-INDECOPI. Publicada el 2015-01-14

Precio basado en 20 páginas

I.C.S.:91.100.30

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Agregados, concreto, requisitos

© ASTM 2013 - © INDECOPI 2014



Designation: C670 – 10

Standard Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials¹

This standard is issued under the fixed designation C670; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This practice supplements Practice E177, in order to provide guidance in preparing precision and bias statements for ASTM test methods pertaining to certain construction materials (Note 1). Recommended forms for precision and bias statements are included. A discussion of the purpose and significance of these statements for the users of those test methods is also provided.

NOTE 1—Although under the jurisdiction of Committee C09, this practice was developed jointly by Committees C01, D04, and C09, and has been endorsed by all three committees. It has subsequently been adopted for use by Committee D18.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

C109/C109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

C802 Practice for Conducting an Interlaboratory Test Program to Determine the Precision of Test Methods for Construction Materials

E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods

3. Terminology

3.1 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2 *one-sigma limit (1s)*—the fundamental statistic underlying all indexes of precision is the standard deviation of the population of measurements characteristic of the test method when the latter is applied under specifically prescribed conditions (a given system of causes). The terminology “one-sigma

limit” (abbreviated (1s)) is used in Practice E177 to denote the estimate of the standard deviation or sigma that is characteristic of the total statistical population. The one-sigma limit is an indication of the variability (as measured by the deviations above and below the average) of a large group of individual test results obtained under similar conditions.

3.2.1 *single-operator one-sigma limit*—the one-sigma limit for single-operator precision is a quantitative estimate of the variability of a large group of individual test results when the tests have been made on the same material by a single operator using the same apparatus in the same laboratory over a relatively short period of time. This statistic is the basic one used to calculate the single-operator index of precision given in the precision statement for guidance of the operator.

3.2.2 *multilaboratory one-sigma limit*—the one-sigma limit for multilaboratory precision is a quantitative estimate of the variability of a large group of individual test results when each test has been made in a different laboratory and every effort has been made to make the test portions of the material as nearly identical as possible. Under normal circumstances the estimates of one-sigma limit for multilaboratory precision are larger than those for single-operator precision, because different operators and different apparatus are being used in different laboratories for which the environment may be different.

3.2.3 *one-sigma limit in percent (1s%)*—in some cases the coefficient of variation is used in place of the standard deviation as the fundamental statistic. This statistic is termed the “one-sigma limit in percent” (abbreviated (1s%)) and is the appropriate standard deviation (1s) divided by the average of the measurements and expressed as a percent. When it is appropriate to use (1s%) in place of (1s) is discussed in Section 6.

3.3 Acceptable Range of Results:

3.3.1 *acceptable difference between two results*—the “difference two-sigma limit (d2s)” or “difference two-sigma limit in percent (d2s%),” as defined in Practice E177, has been selected as the appropriate index of precision in most precision statements. These indexes indicate a maximum acceptable difference between two results obtained on test portions of the same material under the applicable system of causes described in 4.1.1 and 4.1.2 (or whatever other system of causes is

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.94 on Evaluation of Data (Joint C09 and C01).

Current edition approved Oct. 1, 2010. Published November 2010. Originally approved in 1971. Last previous edition approved in 2003 as C670-03. DOI: 10.1520/C0670-10.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard’s Document Summary page on the ASTM website.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959. United States

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Tue Apr 16 04:43:14 EDT 2013 1

Downloaded/printed by

William Phillips (none) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.



Designation: C 109/C 109M – 05

Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)¹

This standard is issued under the fixed designation C 109/C 109M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope*

1.1 This test method covers determination of the compressive strength of hydraulic cement mortars, using 2-in. or [50-mm] cube specimens.

NOTE 1—Test Method C 349 provides an alternative procedure for this determination (not to be used for acceptance tests).

1.2 This test method covers the application of the test using either inch-pound or SI units. The values stated in either system shall be regarded separately as standard. Within the text, the SI units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system shall be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the specification.

1.3 Values in SI units shall be obtained by measurement in SI units or by appropriate conversion, using the Rules for Conversion and Rounding given in Standard *IEEE/ASTM SI 10*, of measurements made in other units.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. (Warning—Fresh hydraulic cementitious mixtures are caustic and may cause chemical burns to skin and tissue upon prolonged exposure.)²*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*³

C 91 Specification for Masonry Cement

C 114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

C 150 Specification for Portland Cement

C 230 Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement

C 305 Practice for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Pastes and Mortars of Plastic Consistency

C 349 Test Method for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of Prisms Broken in Flexure)

C 511 Specification for Mixing Rooms, Moist Cabinets, Moist Rooms, and Water Storage Tanks Used in the Testing of Hydraulic Cements and Concretes

C 595 Specification for Blended Hydraulic Cements

C 618 Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials

C 778 Specification for Standard Sand

C 989 Specification for Ground Granulated Blast-Furnace Slag for Use in Concrete and Mortars

C 1005 Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements

C 1157 Performance Specification for Hydraulic Cement

C 1328 Specification for Plastic (Stucco) Cement

C 1329 Specification for Mortar Cement

C 1437 Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar
IEEE/ASTM SI 10 Standard for Use of the International System of Units (SI): The Modern Metric System

3. Summary of Test Method

3.1 The mortar used consists of 1 part cement and 2.75 parts of sand proportioned by mass. Portland or air-entraining portland cements are mixed at specified water/cement ratios. Water content for other cements is that sufficient to obtain a flow of 110 ± 5 in 25 drops of the flow table. Two-inch or [50-mm] test cubes are compacted by tamping in two layers.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.



Designation: C 1585 – 04^{e1}

Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic- Cement Concretes¹

This standard is issued under the fixed designation C 1585; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

^{e1} Note—A typo in Eq 1 was corrected editorially in December 2007.

1. Scope

1.1 This test method is used to determine the rate of absorption (sorptivity) of water by hydraulic cement concrete by measuring the increase in the mass of a specimen resulting from absorption of water as a function of time when only one surface of the specimen is exposed to water. The exposed surface of the specimen is immersed in water and water ingress of unsaturated concrete dominated by capillary suction during initial contact with water.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

C 31/C 31M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field

C 42/C 42M Test Method for Obtaining and Testing Drilled Cores and Sawed Beams of Concrete

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C 192/C 192M Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory

C 642 Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete

C 1005 Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.66 on Concrete's Resistance to Fluid Penetration.

Current edition approved Feb. 1, 2004. Published March 2004.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

3. Terminology

3.1 For definitions of terms used in this standard, refer to Terminology **C 125**.

4. Significance and Use

4.1 The performance of concrete subjected to many aggressive environments is a function, to a large extent, of the penetrability of the pore system. In unsaturated concrete, the rate of ingress of water or other liquids is largely controlled by absorption due to capillary rise. This test method is based on that developed by Hall³ who called the phenomenon "water sorptivity."

4.2 The water absorption of a concrete surface depends on many factors including: (a) concrete mixture proportions; (b) the presence of chemical admixtures and supplementary cementitious materials; (c) the composition and physical characteristics of the cementitious component and of the aggregates; (d) the entrained air content; (e) the type and duration of curing; (f) the degree of hydration or age; (g) the presence of microcracks; (h) the presence of surface treatments such as sealers or form oil; and (i) placement method including consolidation and finishing. Water absorption is also strongly affected by the moisture condition of the concrete at the time of testing.

4.3 This method is intended to determine the susceptibility of an unsaturated concrete to the penetration of water. In general, the rate of absorption of concrete at the surface differs from the rate of absorption of a sample taken from the interior. The exterior surface is often subjected to less than intended curing and is exposed to the most potentially adverse conditions. This test method is used to measure the water absorption rate of both the concrete surface and interior concrete. By drilling a core and cutting it transversely at selected depths, the absorption can be evaluated at different distances from the exposed surface. The core is drilled vertically or horizontally.

4.4 This test method differs from Test Method **C 642** in which the specimens are oven dried, immersed completely in

³ Hall, C., "Water Sorptivity of Mortars and Concretes: A Review," *Magazine of Concrete Research*, Vol. 41, No. 147, June 1989, pp. 51-61.



Designation: C 1240 – 03a

Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures¹

This standard is issued under the fixed designation C 1240; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope*

1.1 This specification covers silica fume for use in concrete and other systems containing hydraulic cement.

1.2 In the cases of slurried or densified silica fume, perform the tests on the raw silica fume from which these products have been made.

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.4 The following safety hazards caveat pertains only to the test methods portions, Sections 10-19, of this specification: *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Read the material safety data sheets for materials used.

1.5 The text of this standard references notes and footnotes that provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables) shall not be considered as requirements of this standard.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

C 109/C 109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)²

C 114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement²

C 125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates³

C 157/C 157M Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement, Mortar, and Concrete³

C 183 Practice for Sampling and the Amount of Testing of Hydraulic Cement²

C 185 Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar²

C 219 Terminology Relating to Hydraulic Cement²

C 311 Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use as a Mineral Admixture in Portland-Cement Concrete³

C 430 Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45- μ m (No. 325) Sieve²

C 441 Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast-Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction³

C 670 Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials³

C 1005 Specification for Reference Masses and Devices for Determining Mass and Volume for Use in the Physical Testing of Hydraulic Cements²

C 1012 Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution²

C 1069 Test Method for Specific Surface Area of Alumina or Quartz by Nitrogen Adsorption⁴

C 1157 Performance Specification for Hydraulic Cement²

C 1437 Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar²

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 *silica fume*—very fine pozzolanic material, composed mostly of amorphous silica produced by electric arc furnaces as a byproduct of the production of elemental silicon or ferrosilicon alloys (also known as condensed silica fume and microsilica).

3.1.2 Other terms in this specification are defined in Terminologies C 125 and C 219.

4. Ordering Information

4.1 The purchaser shall specify any optional chemical or physical requirements.

5. Chemical Composition

5.1 Silica fume shall conform to the requirements for chemical composition prescribed in Table 1.

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates and is the direct responsibility of Subcommittee C09.24 on Supplementary and Cementitious Materials.

Current edition approved Aug. 10, 2003. Published October 2003. Originally approved in 1993. Last previous edition approved in 2003 as C 1240-03.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.01.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.02.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.02.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.