

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



“Influencia del microsílice y fibra de alcohol polivinílico en las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar – Nuevo Chimbote – 2023”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Autores:

Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo André

Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

Asesor:

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar

DNI: 32942184

Código ORCID: 0000-0003-2949-6591

**NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2025**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“Influencia del microsilice y fibra de alcohol polivinílico en las propiedades
físico – mecánicas del concreto estándar – Nuevo Chimbote – 2023”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA CIVIL**

REVISADO Y APROBADA POR:

Dr. Leon Bobadilla, Abner Itamar

Asesor

DNI:32942184

Código ORCID: 0000-0003-2949-6591

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2025

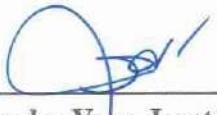
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

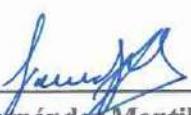


"Influencia del microsilice y fibra de alcohol polivinílico en las propiedades físico –
mecánicas del concreto estándar – Nuevo Chimbote – 2023"

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:


Ms. Saavedra Vera, Janet Verónica
Presidente
DNI: 32964440
ORCID: 0000-0002-4195-982X


Dra. Fernández Mantilla, Jenisse del Rocío
Secretaria
DNI: 33264434
ORCID: 0000-0003-3336-4786


Dr. Leon Bobadilla, Abner Itamar
Integrante
DNI: 32942184
ORCID: 0000-0003-2948-6591

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2025



ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 13 días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, siendo las 10:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 306-2025-UNS-CFI, con fecha 20.06.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Presidente), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal N° 520-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE 2023", presentado por los Bachilleres MARTÍNEZ RODRÍGUEZ RICARDO ANDRÉ con cód. N° 0201513018 y ZAPATA HUERTAS CHRISTIAN CELESTINO con cód. N° 0201513048, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla según lo establece la T. Resolución Decanal N° 796-2022-UNS-FI, de fecha 12.12.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
MARTÍNEZ RODRIGUEZ RICARDO ANDRÉ	17	BUENO

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 13 de agosto de 2025.

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Presidente

Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Secretaria

Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 13 días del mes de agosto del año dos mil veinticinco, siendo las 10:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución Nº 306-2025-UNS-CFI, con fecha 20.06.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Janet Verónica Saavedra Vera (Presidente), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Accesitaria), en base a la Resolución Decanal Nº 520-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "**INFLUENCIA DEL MICROSILOCE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE 2023**", presentado por los Bachilleres **MARTÍNEZ RODRÍGUEZ RICARDO ANDRÉ** con cód. Nº 0201513018 y **ZAPATA HUERTAS CHRISTIAN CELESTINO** con cód. Nº 0201513048, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla según lo establece la T. Resolución Decanal Nº 796-2022-UNS-FI, de fecha 12.12.2022.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ZAPATA HUERTAS CHRISTIAN CELESTINO	17	BUENO

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 13 de agosto de 2025.

Ms. Janet Verónica Saavedra Vera
Presidente

Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Secretaria

Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Integrante

DEDICATORIA

Doy gracias en primer lugar a Dios, quien ilumina mi camino con destellos de luz, brindándome salud, fortaleza y sabiduría, y acompañándome con amor en el sendero de la vida, permitiéndome crecer como persona cada día.

A mis queridos padres, Nancy y Ricardo, por ser mi apoyo y fuente de inspiración en mi afán de superación, por sus valiosos consejos y por haberme inculcado principios y valores.

A mi hermana Carla, y mi sobrino Liam, cuyo aliento y apoyo incondicional me han impulsado a seguir adelante ante los distintos retos y dificultades de la vida.

A mi persona especial, Lucero, por brindarme su amor incondicional, apoyo, paciencia, motivarme e impulsarme a alcanzar mis objetivos tanto profesional como personales.

Ricardo André Martinez Rodriguez

DEDICATORIA

A Dios, que me da el don de la vida todos los días para así superarme en varios aspectos de mi persona.

A mi madre Judith, que con el poco tiempo que estuvo a mi lado supo enseñarme los valores que aún conservo, donde estés que sepas que esto también es un logro tuyo.

A mi padre Celestino, que día a día me enseña que sin sacrificio no hay victoria, los consejos que me brinda siempre son los correctos, y que supo afrontar la pérdida de mi madre apoyándome a lo largo de mi educación universitaria.

A mis hermanos, que a pesar de la distancia siempre estuvieron cada momento que necesité de motivación y ganas de superación, Angélica, Hellen, Eloy y Vielka, por siempre estar de una u otra forma para mí.

A Nicole y Salmón, por acompañarme en cada momento de este proceso, siempre demostrando fidelidad y lealtad, siempre van a estar en mi corazón.

Christian Celestino Zapata Huertas

AGRADECIMIENTO

De modo muy especial agradecemos a nuestro Padre Celestial por bendecir nuestro camino y permitirnos alcanzar esta meta anhelada.

Extender nuestro agradecimiento a todos los miembros de nuestras familias, parientes cercanos y amigos, quienes nos han orientado para no desviarnos de nuestro objetivo y nos han motivado a continuar hasta concretar con éxito este logro de nuestra formación profesional.

Queremos expresar un fraternal reconocimiento a nuestro asesor, el Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla, por habernos guiado y apoyado en todo momento para la culminación de esta tesis.

Reconocemos también la labor de los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por transmitirnos sus enseñanzas con claridad y guiarnos continuamente, inculcándonos principios éticos y valores profesionales.

Ricardo A. Martinez Rodriguez y Christian C. Zapata Huertas

Índice general

DEDICATORIA	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
Índice general	V
Índice de figuras	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
1. CAPITULO I: INTRODUCCION	15
1.1. Descripción y Formulación del Problema	15
1.1.1. <i>Problema general</i>	17
1.1.2. <i>Problemas específicos</i>	17
1.2. Objetivos	17
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	17
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	17
1.3. Formulación de la Hipótesis	18
1.4. Justificación e Importancia	18
1.4.1. Justificación	18
Justificación teórica	18
Justificación económica	18
Justificación metodológica	19
1.4.2. Importancia	19
2. CAPITULO II: MARCO TEORICO	21
2.1. Antecedentes	21
2.2. Base teórica	26
2.2.1. <i>Microsílice</i>	26
2.2.2. <i>Fibra de Alcohol Polivinílico</i>	34
2.2.3. <i>Concreto Estándar</i>	36
3. CAPITULO III: METODOLOGIA	59
3.1. Enfoque de Investigación	59
3.2. Método	59
3.2.1. <i>Nivel o Alcance de la Investigación</i>	59
3.3. Diseño de Investigación	60
3.4. Población y muestra	61
3.5. Variables	63

3.5.1.	<i>Variable independiente</i>	63
3.5.2.	<i>Variable dependiente</i>	64
3.6.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	64
3.7.	Ensayos elaborados en el laboratorio de Mecánica de Suelos de los agregados	65
3.8.	Técnicas de Análisis de Resultados.....	66
4.	CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	68
4.1.	Resultados.....	68
4.1.1.	<i>Propiedades del microsilice y la fibra de alcohol polivinílico (PVA)</i>	68
4.1.2.	<i>Propiedades de los materiales relacionados al concreto estándar</i>	71
4.1.3.	<i>Relación agua cemento para un concreto estándar con una resistencia de 210 kg/cm²</i> ...	72
4.1.4.	<i>Propiedades físico - mecánicas del concreto estándar mediante la adición del microsilice al 5%, 10% y 15% del cemento portland tipo I y de la fibra de alcohol polivinílico al 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto</i>	74
4.1.5.	<i>Influencia de la adición óptima del microsilice y de la fibra de alcohol polivinílico (PVA)</i>	84
4.1.6.	<i>Prueba de hipótesis</i>	93
4.2.	Discusión	99
5.	CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	104
5.1.	CONCLUSIONES	104
5.2.	RECOMENDACIONES	108
6.	CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	111
6.1.	Referencias bibliográficas	111
7. CAPITULO VII: ANEXOS.....		119
7.1.	ANEXO 01 –MATRIZ DE CONSISTENCIA Y OPERAZIONALIZACIÓN.....	121
7.2.	ANEXO 02 - PROCEDIMIENTOS.....	124
7.3.	ANEXO 03 - PANEL FOTOGRÁFICO	165
7.4.	ANEXO 04 – FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO	200
7.5.	ANEXO 05 – ENSAYO DE LOS AGREGADOS	202
7.6.	ANEXO 06 – DISEÑO DE MEZCLA	210
7.7.	ANEXO 07 – PESO GRAVIMÉTRICO Y CONTENIDO DE AIRE	215
7.8.	ANEXO 08 – FICHA TÉCNICA DEL MICROSILICE	227
7.9.	ANEXO 09 – HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MICROSÍLICE	230
7.10.	ANEXO 10 – FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO .	236
7.11.	ANEXO 11 – ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESSION	239
7.12.	ANEXO 12 – CERTIFICADO DE CALIBRACION	252
7.13.	ANEXO 13 – ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION	255

Índice de tablas

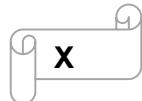
Tabla 1. Rango de proporciones químicas presentes en la microsílice	30
Tabla 2. Requisitos Granulométricos del Agregado Fino.....	42
Tabla 3. Requisitos granulométricos del agregado grueso.....	44
Tabla 4. Límites permisibles para agua de mezcla y de curado según la norma ININTEC 339.088 ..	49
Tabla 5. Muestra para investigación - probetas cilíndricas de concreto de 150mm x 300mm	62
Tabla 6. Muestra para investigación - probetas cilíndricas de concreto de 100mm x 200mm	63
Tabla 7. Muestra para investigación - probetas prismáticas de concreto de 150mm x 150mm x 500mm.....	63
Tabla 8. Características técnicas detalladas del microsílice	68
Tabla 9. Rango de proporciones químicas presentes en la microsílice	70
Tabla 10. Propiedades Físicas del Agregado Fino.....	71
Tabla 11. Propiedades Físicas del Agregado Grueso.....	72
Tabla 12. Dosificación en peso del Diseño de Mezcla para un $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y relación a/c (Muestra Patrón)	72
Tabla 13. Cantidad en peso del Diseño de Mezcla para un $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (Adición del 5%, 10% y 15% de Microsílice (MCS) y 0.5%, 1% Y 1.5% de fibra de alcohol polivinílico (FPVA)	73
Tabla 14. Resultados Slump $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	77
Tabla 15. Resultados Temperatura $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	79
Tabla 16. Resultados Temperatura $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	81
Tabla 17. Testigos Cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del concreto con Fibra PVA evaluados a los 28 días	84
Tabla 18. Resultado de la Estadística Descriptiva de los Testigos Cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del concreto con Fibra PVA.	86
Tabla 19. Valores de dispersión en el control estadístico del concreto estándar	87
Tabla 20. Frecuencia de Testigos Cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA. .	88
Tabla 21. Testigos Cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del concreto con Fibra PVA evaluados a los 28 días	90
Tabla 22. Resultado de la Estadística Descriptiva de los Testigos Prismáticos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA.....	91
Tabla 23. Frecuencia de Testigos Prismáticos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA. .	91

Tabla 24. Análisis de varianza de la resistencia a la compresión con $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sin y con Adición del 5%, 10% y 15% del peso del cemento con Microsilice y del 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto con Fibra PVA	94
Tabla 25. Tukey de la resistencia a la compresión con $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sin y con Adición del 5%, 10% y 15% del peso del cemento con Microsilice y del 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto con Fibra PVA	95
Tabla 26. Resultados de datos para T de student – Resistencia a la Flexión	96
Tabla 27. Análisis de varianza de la trabajabilidad con $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sin y con Adición del 5%, 10% y 15% del peso del cemento con Microsilice y del 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto con Fibra PVA	97
Tabla 28. Análisis de varianza de la temperatura con $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sin y con Adición del 5%, 10% y 15% del peso del cemento con Microsilice y del 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto con Fibra PVA	98
Tabla 29. Matriz de consistencia	121
Tabla 30. Matriz de operacionalidad.....	122
Tabla 31. Peso de la muestra para ensayo de contenido de humedad.....	126
Tabla 32. Peso de la muestra para ensayo de contenido de humedad.....	129
Tabla 33. Peso mínimo de la muestra para ensayo de densidad, peso específico y absorción del agregado grueso	137
Tabla 34. Número de capas requeridas en la elaboración de las muestras	143
Tabla 35. Diámetro de varilla compactadora y número de golpes por capa	144
Tabla 36. Peso de la muestra para ensayo de contenido de humedad.....	149
Tabla 37. Promedio de resistencia a la compresión $n F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (0% Microsilice – 0% Fibra PVA).....	156
Tabla 38. Promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (5% Microsilice – 0.5% Fibra PVA).....	156
Tabla 39. Promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (10% Microsilice – 0.5% Fibra PVA).....	157
Tabla 40. Promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (15% Microsilice – 0.5% Fibra PVA).....	157
Tabla 41. Promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (5% Microsilice – 1.0% Fibra PVA).....	158
Tabla 42. Promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (10% Microsilice – 1.0% Fibra PVA).....	158
Tabla 43. Promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (15% Microsilice – 1.0% Fibra PVA).....	159
Tabla 44. Promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (5% Microsilice – 1.5% Fibra PVA).....	159
Tabla 45. Promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (10% Microsilice – 1.5% Fibra PVA).....	160

Tabla 46. Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (15% Microsilice – 1.5% Fibra PVA)	160
Tabla 47. Promedio de resistencia a la flexión $n F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (0% Microsilice – 0% Fibra PVA)	163
Tabla 48. Promedio de resistencia a la flexión $n F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (0% Microsilice – 0% Fibra PVA)	163

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de la producción de microsilice	27
Figura 2. Esquema del proceso de recolección de microsilice	28
Figura 3. Partículas de microsilice (estado húmedo) e imagen en aumento de 10000x.....	29
Figura 4. Proceso de fabricación del cemento.....	38
Figura 5. Diagrama de barras de testigos cilíndricos de concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (Muestra patrón VS Adición 5%, 10% y 15% con Microsilice - Adición 0.5%, 1% y 1.5% con Fibra PVA).....	74
Figura 6. Cambio en la Resistencia a la Compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$	76
Figura 7. Cambio de Asentamiento (Slump) (Adición % Microsilice - Adición % Fibra PVA)	78
Figura 8. Cambio de Temperatura °C (Adición % Microsilice - Adición % Fibra PVA).....	80
Figura 9. Cambio de Densidad Kg/cm^3 (Adición % Microsilice - Adición % Fibra PVA).....	82
Figura 10. Cambio de Contenido de Aire % (Adición % Microsilice - Adición % Fibra PVA)	83
Figura 11. Histograma de testigos cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA	88
Figura 12. Distribución Normal – Testigos cilíndricos de Concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA	89
Figura 13. Histograma de testigos prismáticos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA	92
Figura 14. Distribución Normal – Testigos prismáticos de Concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA	92
Figura 15. Valor critico – Resistencia a la Compresión	94
Figura 16. T de student – Resistencia a la Flexión	96
Figura 17. Valor critico – Trabajabilidad (Slump)	98
Figura 18. Valor critico – Temperatura.....	99
Figura 19. Cuarteo sobre una superficie limpia y nivelada.....	125
Figura 20. Molde para determinar el asentamiento del concreto.....	146
Figura 21. Metodología para determinar el asentamiento del concreto	148
Figura 22. Esquema de los patrones de tipos de fracturas	155



Índice de ecuaciones

Ecuación 01. Media.....	85
Ecuación 02. Desviación Estándar	86
Ecuación 03. Coeficiente de Variación.....	86
Ecuación 04. Distribución Normal	89
Ecuación 05. Contenido de Humedad de los Agregados.....	127
Ecuación 06. Módulo de fineza del Agregado Fino	130
Ecuación 07. Contenido de Humedad de los Agregados.....	132
Ecuación 08. Peso específico de masa del agregado fino.....	135
Ecuación 09. Peso específico de masa saturada superficialmente seca del agregado fino	135
Ecuación 10. Peso específico aparente del agregado fino	135
Ecuación 11. Absorción del agregado fino	135
Ecuación 12. Peso específico de masa del agregado grueso.....	138
Ecuación 13. Peso específico de masa saturada superficialmente seca del agregado grueso.....	138
Ecuación 14. Peso específico aparente del agregado grueso.....	138
Ecuación 15. Absorción del agregado grueso.....	138

RESUMEN

Este estudio tiene por objetivo principal evaluar las propiedades físico - mecánicas del concreto estándar mediante la adición de microsílice (MSC) en porcentaje del Cemento Portland Tipo I y fibra de alcohol polivinílico (PVA) en porcentaje del volumen del concreto. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un nivel cuantitativo y un diseño quasi experimental. Los agregados se sometieron a pruebas conforme a las Normas Técnicas Peruanas (NTP) y, para diseñar la mezcla, se empleó la metodología ACI 211, estableciendo para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm², a continuación, se prepararon probetas cilíndricas y prismáticas sin MSC ni fibra PVA (muestra patrón) y probetas cilíndricas con la adición de 5%, 10% y 15% del peso del cemento con MSC y adición de 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto con fibra PVA, la probetas cilíndricas de se sometieron a el ensayo de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días y las probetas prismáticas se sometieron a el ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días conforme a las normas ASTM y NTP. Tras analizar los resultados, se determinó que el porcentaje óptimo de adición de MSC es 10% del peso del cemento y el porcentaje óptimo de adición de fibra PVA es el 1.0% del volumen del concreto con el cual se prepararon 30 probetas cilíndricas y 6 probetas prismáticas, demostrando un aumento promedio en la resistencia a la compresión de 45.57% y un aumento de la resistencia a la flexión de 44.34%.

Palabras Claves: Microsílice, fibra de alcohol polivinílico, cemento portland tipo I, volumen del concreto, propiedades física – mecánica, concreto estándar.

ABSTRAC

The main objective of this study is to evaluate the physical and mechanical properties of standard concrete through the addition of silica fume (MSC) in percentages of Type I Portland Cement and polyvinyl alcohol (PVA) fiber in percentages of the concrete volume. The research was carried out under a quantitative approach, with a quantitative level and a quasi-experimental design. The aggregates were tested in accordance with Peruvian Technical Standards (NTP), and for the mix design, the ACI 211 methodology was used, targeting a compressive strength of 210 kg/cm². Subsequently, cylindrical and prismatic specimens without MSC or PVA fiber (control sample) were prepared, along with cylindrical specimens incorporating 5%, 10%, and 15% of the cement weight in MSC, and 0.5%, 1.0%, and 1.5% of the concrete volume in PVA fiber. The cylindrical specimens were tested for compressive strength at 7 and 28 days, and the prismatic specimens were tested for flexural strength at 28 days, following ASTM and NTP standards. After analyzing the results, it was determined that the optimal MSC content is 10% of the cement weight, and the optimal PVA fiber content is 1.0% of the concrete volume. Using this optimal dosage, 30 cylindrical specimens and 6 prismatic specimens were prepared, showing an average increase in compressive strength of 45.57% and an increase in flexural strength of 44.34%.

Keywords: *Microsilica, polyvinyl alcohol fiber, Type I Portland cement, concrete volume, physical-mechanical properties, standard concrete.*



CAPITULO I: INTRODUCCION



1. CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1. Descripción y Formulación del Problema

Sin lugar a dudas, el concreto estándar es uno de los elementos que se emplea en más abundancia dentro de la industria de la construcción en todo el mundo, ya que tiene una alta versatilidad, bajo costo y facilidad de elaboración. Sin embargo, en su forma tradicional o estándar, presenta ciertas limitaciones inherentes relacionadas con su resistencia a la compresión, durabilidad, trabajabilidad y comportamiento ante la aparición de fisuras. Estas deficiencias pueden reducir la vida útil de las estructuras y comprometer su desempeño estructural, especialmente en zonas costeras como Nuevo Chimbote.

De acuerdo con la OCDE (2024), en su informe Infrastructure for a Climate-Resilient Future, uno de los mayores retos que enfrentan las infraestructuras a nivel mundial es la degradación prematura de estructuras debido a condiciones ambientales como la humedad constante, el ambiente salino, las lluvias intensas o los ciclos de calor y frío, especialmente en zonas costeras o tropicales se subraya la necesidad urgente de incorporar enfoques resilientes y sostenibles en el diseño y mantenimiento de las obras civiles, con énfasis en la selección adecuada de materiales que soporten condiciones adversas. Este diagnóstico cobra especial relevancia para regiones, donde el concreto convencional, sin aditivos ni refuerzos especiales, presenta limitaciones significativas en su resistencia y durabilidad frente al ambiente costero, lo que impacta negativamente en el desarrollo sostenible.

En el año 2020, el INEI proyectó que, en los próximos 30 años, la población total del Perú se incrementará en un 20.7 %. Este crecimiento poblacional incidirá directamente en la demanda de edificaciones, tanto en infraestructura pública como privada, lo que es de gran importancia, ya que estas construcciones son fundamentales para garantizar condiciones

adecuadas de habitabilidad, seguridad y funcionalidad, además de fomentar el desarrollo económico y social del país.

Por ello, la creciente demanda de infraestructura en edificaciones plantea la necesidad de buscar soluciones constructivas sostenibles y eficientes, lo que impulsa la exploración científica y la creación de innovadoras sustancias o compuestos para mejorar y ampliar las posibilidades en el campo de los materiales y técnicas orientadas a mejorar el rendimiento estructural y la durabilidad del concreto estándar.

Considerando lo anterior, la modificación del concreto estándar mediante la adición de MSC y fibra de alcohol polivinílico (PVA) representa una alternativa viable para evaluar tanto la sostenibilidad como el desempeño físico-mecánico de este material en edificaciones ubicadas en las zonas costeras.

La incorporación de estos aditivos no solo busca mejorar las propiedades físcas y mecánicas como son la durabilidad y resistencia a la compresión axial del concreto frente a agentes del medio ambiente, como la humedad constante, sino que también promueve un enfoque más responsable con el entorno, al optimizar el uso de recursos y aumentar la vida útil de las estructuras.

En ese sentido, resulta indispensable analizar experimentalmente las propiedades físico-mecánicas del concreto estándar con la incorporación del microsílice y fibra de alcohol polivinílico, con el fin de garantizar que dichas mezclas cumplan con los requerimientos normativos de calidad, resistencia y trabajabilidad, y que aseguren un desempeño estructural óptimo en edificaciones.

Por lo cual, se plantea el siguiente problema de investigación:

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es la influencia del microsílice y la fibra de alcohol polivinílico en las propiedades físico – mecánica del concreto estándar en el distrito de Nuevo Chimbote?

1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades del microsílice y la fibra de alcohol polivinílico (PVA)?
- ¿Cuáles son las propiedades de los materiales relacionados al concreto estándar?
- ¿Cuál es la relación agua/cemento (A/C) óptima para lograr un concreto estándar con una resistencia de 210 kg/cm^2 ?
- ¿Cuáles las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar al adicionar microsílice al 5%, 10% y 15% del cemento portland tipo I y de la fibra de alcohol polivinílico al 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto?
- ¿Cuál es la influencia de la adición óptima del microsílice y de la fibra del alcohol polivinílico?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Evaluar la influencia de la fibra de alcohol polivinílico y el microsílice en las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar en el distrito de Nuevo Chimbote.

1.2.2. Objetivos específicos

- Definir las propiedades del microsílice y la Fibra de Alcohol Polivinílico (PVA).
- Determinar las propiedades de los materiales relacionados al concreto estándar.

- Formular la relación A/C para un concreto estándar con una resistencia de 210 kg/cm².
- Determinar las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar mediante la adición del microsílice al 5%, 10% y 15% del cemento portland tipo I y de la fibra de alcohol polivinílico al 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto
- Valorar la influencia de la adición óptima del microsílice y de la fibra del alcohol polivinílico

1.3. Formulación de la Hipótesis

Si se emplea el microsílice al 5%, 10% y 15% del contenido de cemento y la fibra de alcohol polivinílico (PVA) al 0.5%, 1% y 1.5% con respecto al volumen del concreto entonces las propiedades físico – mecánicas del concreto variarán significativamente.

1.4. Justificación e Importancia

1.4.1. Justificación

Justificación teórica

La investigación amplía el conocimiento sobre el uso combinado de microsílice y fibra PVA en el concreto. Busca establecer relaciones claras entre dosificación y mejoras en resistencia, durabilidad y trabajabilidad, aportando bases técnicas para futuras aplicaciones y normativas en ingeniería civil.

Justificación económica

El uso de microsílice y fibra PVA reduce mantenimientos y prolonga la vida útil de las estructuras, optimizando recursos y generando ahorros significativos a largo plazo. También posibilita diseños más eficientes y rentables.

Justificación metodológica

Se emplea una metodología experimental con el método ACI 211, evaluando tres niveles de microsílice (5%, 10% y 15% con respecto al peso del cemento) y fibra PVA (0.5%, 1.0% y 1.5% con respecto al volumen al concreto) para identificar la combinación óptima. Esto asegura resultados válidos y un procedimiento replicable en condiciones similares.

1.4.2. Importancia

La presente investigación permite evaluar el comportamiento físico–mecánico del concreto estándar modificado con microsílice y fibra de alcohol polivinílico (PVA), lo cual puede aportar al desarrollo de concreto más resistentes, duraderos y cumplir los requerimientos técnicos establecidos por normativas como las NTP, ASTM y ACI. Sus resultados pueden ser aplicables en proyectos reales de edificaciones y otros.



CAPITULO II: MARCO TEORICO

2. CAPITULO II: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *Antecedentes Internacionales*

En la investigación de **Taher et al. (2021)**, se evaluó el desempeño del concreto autocompactante con microsílice frente a ambientes marinos agresivos, caracterizados por la presencia de cloruros. Se incorporaron porcentajes de microsílice del 5%, 10% y 15% en relación al peso del cemento, el cual nos da un aumento a los 28 días de curado en la resistencia a la compresión, con 10% de MSC alcanzó una resistencia a la compresión de 62.4 MPa, mientras que con 15% se llegó a 63.5 MPa, comparado con 52.6 MPa del concreto sin aditivos. Este aumento se debió a la acción puzolánica del microsílice, que redujo la porosidad e incrementó la formación de gel C-S-H. Además, se evidenció una significativa disminución en la absorción de agua y penetración de cloruros, mejorando así la durabilidad en ambientes salinos costeros.

Así mismo **Reveco, J. (2021)**, en su tesis titulada “Características y estudio de la respuesta de hormigón reforzado con fibras de PVA”, con el propósito de alcanzar el grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Ingeniería Estructural, Sísmica y Geotécnica en la Universidad de Chile, consistió en el análisis del comportamiento del hormigón con árido grueso reforzado con fibra de alcohol polivinílico, obteniendo que a mayor sea el tamaño de las partículas se incrementa el contenido de vacíos de aire de la matriz por ende la fibra de alcohol polivinílico trabaja muy bien con matrices de agregados de tamaño fino. Luego de elaborar los especímenes con una relación de agua-cemento de 0.4 y con diferentes tipos de fibra de alcohol polivinílico siendo estas KURALONTM REC 15/12 mm, RECS 100L/12 mm y RF 600/15 mm en un porcentaje del volumen del concreto de 0%, 0.62% y 1.23% se demuestra que los especímenes con diferente contenido de adición de fibra de alcohol

polivinilo presentan un ligero aumento en su capacidad de deformación en comparación con el concreto simple hasta cierto porcentaje de adición de fibra de alcohol polivinílico ya que al seguir adicionando este material su capacidad de compresión decae debido a que este material tienden a producir vacíos de aire dentro de la mezcla, sin embargo, la adición de la fibra de alcohol polivinílico a la mezcla aumenta la resistencia residual después del pico de tensión, esto se debe a que la fibra PVA desarrolla puentes entre las grietas reteniendo las microfisuras formadas en dirección transversal de la carga, produciendo lo que el autor denomina como un “pseudo - confinamiento”, disminuyendo la tasa de pendiente residual y aumentando su deformación máxima hasta 11 veces. Con respecto a los ensayos realizado de tracción indirecta se demostró que al aumentar la cantidad de fibra de alcohol polivinílico en la mezcla la resistencia a la tracción aumentó aproximadamente hasta un 34%. También concluyo que usando el 1.23 % de PVA, produjo un incremento de hasta 25 % en la resistencia a la flexión respecto al concreto sin fibras. Además, se modificó el modo de falla de corte a flexión, mejorando la ductilidad y capacidad posfisuración del elemento. Estos resultados demuestran la eficacia del PVA como refuerzo en elementos estructurales flexionados.

Tan, Y.; Xu, Z.; Liu, Z.; Jiang, J. (2022). En el artículo de la revista suiza cuyo tema denominado: “Effect of silica fume and polyvinyl alcohol fiber on mechanical properties and frost resistance of concrete”, publicado en el artículo científico High-performance Construction Materials: Latest Advances and Prospects, el cual uno de sus objetivos fue estudiar los efectos del humo sílice y el PVA en las propiedades mecánicas del concreto. El alcohol polivinílico es un polímero sintético que tiene una alta resistencia, un módulo elástico elevado y un menor costo en comparación con otros tipos de fibras orgánicas generales utilizadas para el refuerzo del concreto debido a esto tiene una mayor aceptación como una alternativa menos peligrosa y de costos razonables. Teniendo en cuenta esto se utilizó el humo sílice en el concreto como sustituyente del cemento en un 5%, 10% y 15% y la fibra de alcohol polivinílico en un 0.5%,

1% y 1.5% del peso total del concreto utilizados en la muestra patrón, demostrando que varía en forma positiva a la propiedad mecánica que es la resistencia a la compresión con el sustituyente que es el humo sílice bajo la condición de contenido constante de fibra PVA, se obtuvo el mayor resultado favorable bajo las condiciones de sustitución del cemento por MSC en un 10% y el contenido de fibra PVA en un 1% lo cual obtuvo una variación positiva del 26.6% en comparación con la muestra patrón, esto se debió a la mezcla de las fibras PVA las cuales fueron recubiertas por el material cementante formando un sistema de fuerzas compuestas mejorando así la resistencia a la compresión.

Con respecto a la resistencia a la flexión se demostró que aumenta cuando se sustituye el cemento por el humo de sílice en un 10% y con la adición de un 1% de fibra de alcohol polivinílico alcanzando un aumento del 21.75% en comparación con la muestra patrón, se observó también que al seguir aumentando el porcentaje de adición de fibra alcohol polivinílico por encima del 1% la resistencia a la flexión disminuye esto se debe a que la materia cementante no podía recubrirla como es debido y se aglomeraría dentro del hormigón causando defectos de tensión en su interior dando lugar a una estructura de red interna más suelta.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Fernández Chuman y Ramos Landauro (2020) en su tesis cuyo título es: “Influencia de la microsílice sobre la resistencia a la compresión de concretos con relación agua/cemento 0.30; 0.35 y 0.40 Trujillo, 2020”, cuya finalidad fue determinar la influencia en las propiedades frescas y sobre todo en la resistencia a la compresión con el microsílice en porcentajes de 5.0%, 7.5% y 10.0% con las relaciones de agua/cementos ya mencionados a edades tempranas, medias y avanzadas.

Para cumplir este propósito se utilizó microsílice Sika Fume y Superplastificante Sika Viscoflow 4000, de manera tal que al estudiar el comportamiento de dichos materiales con las

diferentes relaciones de agua/cemento, se pudieran mejorar las propiedades mecánicas y físicas de las mezclas; con la implementación de estos aditivos, modificando la resistencia en los diferentes tiempos de investigación, concluyendo que teniendo 0.30 de relación de agua/cemento, es evidente que la investigación realizada ha identificado que el 10.0% de microsílice proporciona mejoras significativas en la resistencia a la compresión en diferentes edades de curados siendo estas las siguientes: Como se sabe la edad temprana es a los 7 días del cual se obtuvieron una ganancia de resistencia del 12.06%, a una edad de curado de 28 días se obtuvo una ganancia de 14.22% y al tiempo de curado avanzado de 63 días se dio una variación positiva de 7.52% de la resistencia a la compresión en comparación con el concreto sin microsílice. Estas mejoras indican que la microsílice tiene un efecto positivo en el desarrollo de la resistencia del concreto a medida que pasa el tiempo. Es importante destacar que estas ganancias en resistencia pueden tener un impacto significativo en la durabilidad y desempeño general del concreto en aplicaciones estructurales y de ingeniería. Al aumentar la resistencia del concreto, se pueden lograr estructuras más seguras y duraderas, lo que es especialmente valioso en proyectos de construcción que requieran altos estándares de calidad y longevidad.

Es alentador ver que la investigación y la optimización de los materiales continúan contribuyendo al desarrollo de concretos de alto desempeño, lo que lleva a avances en la industria de la construcción y a la creación de infraestructuras más sólidas y confiables.

En la tesis “Influencia de la microsílice en la resistencia a compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad del Cusco”, **Checya Mamani y Palomino Quispe (2021)** evaluaron dosificaciones de microsílice del 5%, 10% y 15%. En concreto de 210 kg/cm^2 , el 10% de adición elevó la resistencia de 211.47 a 247.61 kg/cm^2 , representando un incremento del 17.1%, mientras que en concreto de 280 kg/cm^2 el aumento fue del 15.6%. Además, se evidenció una disminución en la absorción capilar, mejorando la durabilidad del concreto frente

a condiciones climáticas altoandinas. El estudio concluye que la microsílice aporta beneficios técnicos relevantes en regiones con baja temperatura y alta humedad.

Mientras que **Coronado Uriarte (2023)**, en su tesis titulada “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de pavimentos rígidos fibroreforzados con acero, incorporando microsílice y policarboxilato”, ensayó vigas prismáticas tipo pavimento rígido con fibras de acero ($20\text{-}40 \text{ kg/m}^3$) y diferentes dosis de microsílice (8 %, 10 %, 12 %). El diseño incluyó la resistencia a la flexión además de los ensayos de compresión. Se encontró que las dosificaciones de 10 % de microsílice y 30 kg/m^3 de fibra de acero aumentaron significativamente tanto la resistencia a compresión como la resistencia a la flexión, evidenciando mejoras estructurales del orden del 20 % o más frente a la mezcla patrón (sin aditivos)

En la investigación “Influencia de la microsílice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8”, **Merino Flores y Montenegro (2023)** analizaron concretos con 5%, 10% y 15% de microsílice. La mezcla con 5% presentó incrementos de resistencia superiores al 18%, mientras que la de 10% redujo la permeabilidad hasta en un 35%. Estas propiedades fueron determinadas bajo la norma europea EN 12390-8. La investigación concluye que la microsílice mejora de manera integral el desempeño mecánico y la durabilidad, posicionándose como una alternativa viable para estructuras en zonas salinas.

2.1.3. Antecedentes Locales

En la tesis “Evaluación del pavimento rígido al incorporar microsílice para incrementar la resistencia por compresión del concreto en la Av. Florida”, **Zorrilla Pantoja (2020)** desarrolló una investigación aplicada en la ciudad de Chimbote, donde evaluó el comportamiento mecánico del concreto tipo V utilizado en pavimentos rígidos al incorporar

microsílice como adición parcial del cemento. Se trabajaron tres porcentajes de microsílice: 6 %, 8 % y 9 %, comparándolos con una mezcla patrón sin aditivos. Se obtuvo una resistencia a la compresión a los 28 días de curado de 341.78 kg/cm^2 (6 %), 346.36 kg/cm^2 (8 %) y 727.65 kg/cm^2 (9 %), frente a los 413.63 kg/cm^2 de la mezcla convencional. Estos resultados evidencian que la dosificación del 9 % generó un incremento del 76 % en la resistencia a diferencia del concreto patrón (Sin aditivos), atribuible a la alta reactividad puzolánica de la microsílice y su efecto densificante en la matriz cementicia. El estudio concluye que el uso controlado de microsílice mejora sustancialmente la resistencia del concreto en condiciones costeras, siendo viable para obras que demandan alta durabilidad y resistencia estructural.

2.2. Base teórica

2.2.1 *Microsílice*

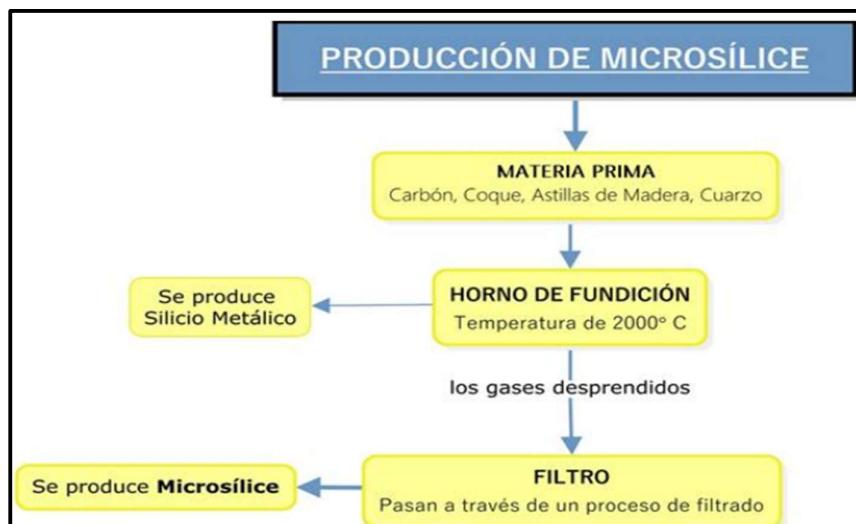
2.2.1.1. Descripción. El uso de adiciones minerales en la elaboración de concreto no es una práctica moderna; de hecho, tiene antecedentes históricos que datan de miles de años atrás. En este contexto, la incorporación de microsílice se ha consolidado como una opción altamente eficaz, gracias a los notables beneficios que ofrece tanto en el estado fresco como en el endurecido del concreto. (**Portugal Barriga, Perú, 2007**)

La microsílice es un aditivo con alta reactividad que se utiliza en cantidades reducidas para mejorar significativamente las propiedades del concreto. En la **Figura 1** se muestra un esquema del proceso de producción de este material. Los compuestos que contienen silicio se emplean en múltiples industrias, como la fabricación de acero, aluminio, componentes electrónicos, como chips de computadora, y la elaboración de siliconas, utilizadas comúnmente en lubricantes y selladores.

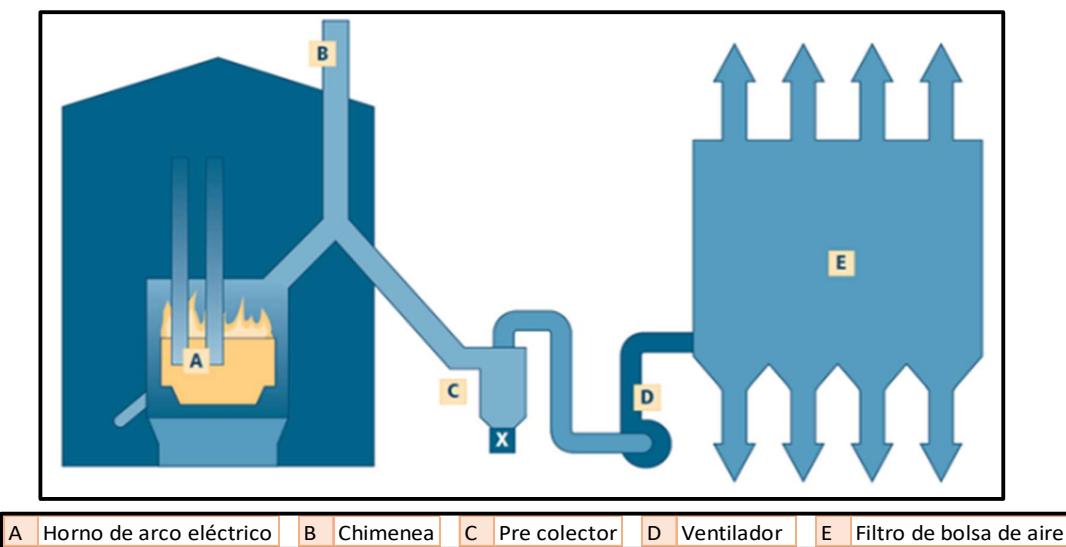
Aunque estos productos son altamente valiosos, el subproducto generado resulta ser de gran relevancia para el sector de la construcción con concreto, debido a sus notables beneficios en el rendimiento del material. (**Holland, T. C., 2005, p. 5**)

La Asociación de Microsílice (SFA) indica que este material también se conoce comercialmente como humo de sílice, sílice volatilizada o humo de sílice condensado, nombres que hacen referencia al método de producción utilizado. En el pasado, las fundiciones liberaban los gases residuales al ambiente sin ningún tipo de control. Sin embargo, hoy en día estos gases se capturan mediante filtros tipo bolsa, conocidos en inglés como “baghouse filters”, lo que permite recolectar la microsílice para su uso como aditivo en el concreto, como se muestra en la **Figura 2**. Según el Comité Europeo de Microsílice, el proceso de producción actual sigue los principios de sostenibilidad: reducir, reutilizar, reparar y optimizar el uso de recursos, en concordancia con normas internacionales como la EN 13263, partes 1 y 2, y la ASTM C1240. Gracias a estos estándares, la industria garantiza productos de alta calidad con mínimo impacto ambiental y una distribución global confiable.

Figura 1.
Esquema de la producción de microsílice



Nota. Holland, T. C., 2005, p. 5

Figura 2.*Esquema del proceso de recolección de microsílice*

Nota. Holland, T. C., 2005, p. 6

Según la Silica fume user's manual (SFA), la microsílice se ofrece comercialmente en tres presentaciones: no densificada, en suspensión y densificada.

- La versión no densificada se emplea principalmente en productos previamente mezclados como morteros de reparación y grouts envasados, pero no suele aplicarse en concretos premezclados o prefabricados.
- La microsílice en suspensión no está disponible en el mercado estadounidense.
- En cambio, la microsílice densificada es la presentación más comúnmente utilizada en mezclas de concreto.

Este tipo densificado se obtiene a partir de la microsílice sin densificar, mediante un procedimiento mecánico que modifica la carga superficial de las partículas, facilitando su aglomeración. Este proceso permite reducir su volumen, disminuyendo así los costos de

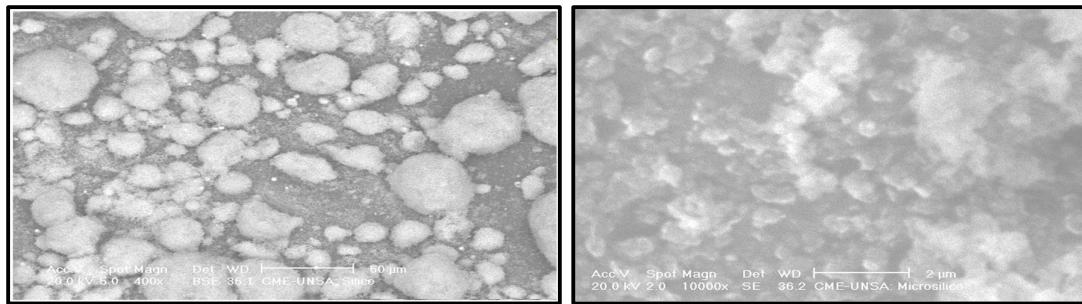
transporte. Como resultado, puede ser almacenada y distribuida en sacos de 10 y 25 kilos, de forma similar a otros materiales cementicios. (**Holland, T. C., 2005, p. 5**)

En su estado fresco, la microsílice mejora la cohesión de la mezcla, reduce la segregación y aumenta la retención de agua, lo que facilita la colocación y el acabado, así como el bombeo del concreto, especialmente en aplicaciones exigentes. En su estado endurecido, contribuye a una matriz cementicia más densa al reaccionar con la cal libre (Ca(OH)_2), lo que se traduce en mayor resistencia mecánica, mejor durabilidad frente a agentes agresivos (como cloruros y sulfatos) y una disminución significativa de la permeabilidad. (**Portugal Barriga, Perú, 2007**)

Estas propiedades hacen que la microsílice sea una de las adiciones más recomendadas para proyectos que demandan alto desempeño estructural, larga vida útil y resistencia en ambientes agresivos, como puentes, túneles, estructuras marinas o pavimentos industriales. (**Portugal Barriga, Perú, 2007**)

Figura 3.

Partículas de microsílice (estado húmedo) e imagen en aumento de 10000x



Nota. Tecnología de concreto, Pablo Portugal, 2007

2.2.1.2. Propiedades físicas generales. De las cuales tenemos las siguientes:

- Densidad: La densidad de la MSC depende de su composición y puede variar entre marcas. Un contenido más alto de carbono reduce su densidad. En promedio, se sitúa alrededor de los 2.2 g/cm³.

- Color: El color de la microsílice está influenciado por sus componentes no silíceos, como el carbono y los óxidos de hierro, ya que el dióxido de silicio (SiO_2) en sí no le proporciona tonalidad. Por ello, su apariencia suele variar de gris a tonos más oscuros. Al integrarse con la mezcla de cemento, se produce una suspensión o lechada de tonalidad oscura, específicamente negra, que modifica el aspecto de la pasta.
- Peso unitario: Oscila entre 130 y 430 kg/m^3 , siendo 300 kg/m^3 un valor típico ampliamente aceptado en aplicaciones.
- Superficie específica: Debido a su estructura extremadamente fina, la microsílice posee una superficie específica muy elevada. Al estar compuesta mayoritariamente de dióxido de silicio amorfo, presenta un excelente comportamiento puzolánico, razón por la cual también se le conoce como una “súper puzolana”. (**Portugal Barriga, Perú, 2007**)

2.2.1.3. Propiedades químicas generales. De las cuales tenemos las siguientes:

- Composición química: El principal componente del microsílice es el dióxido de silicio (SiO_2), que representa entre el 90% y el 96% de su composición total. En la mayoría de los casos, los humos de sílice contienen más del 90% de SiO_2 . Esta composición suele ser bastante estable, aunque puede variar ligeramente dependiendo del tipo de aleación metálica a partir de la cual se genera el microsílice como subproducto.

Tabla 1.

Rango de proporciones químicas presentes en la microsílice.

Oxido	%
SiO_2	90.0 – 93.0
Al_2O_3	0.5 – 0.6
Fe_2O_3	3.4 – 4.5

MgO	0.3 – 0.5
CaO	0.5 – 0.8
Na ₂ O	0.1 – 0.3
K ₂ O	1.0 – 1.2
C	1.3 – 3.6
S	0.1 – 0.2
C + S	1.4 – 3.8
SO	0.4 – 1.3
H ₂ O	0.0 – 4.8

Nota. Tecnología de concreto, Pablo Portugal, 2007

- Cloruros: Las normativas europeas establecen límites específicos para el contenido de cloruros en la microsílice, los cuales oscilan entre 0.1% y 0.3% en masa. Según estos parámetros, es posible determinar las dosis adecuadas en relación con el contenido de cemento, considerando un aporte de cloruros solubles en ácido de hasta 0.20% del peso de la microsílice.
- pH: Generalmente, el pH de la microsílice está determinado y puede medirse experimentalmente. Por ejemplo, al mezclar 20 gramos de microsílice con 80 gramos de agua, es posible observar y analizar su comportamiento alcalino.
- Cristalinidad: Estudios realizados mediante difracción de rayos X han confirmado que la microsílice posee una estructura amorfa, lo que la diferencia de los materiales cristalinos.

(Portugal Barriga, 2007)

2.2.1.4. Propiedades del concreto en su estado fresco por el microsílice. *Las cuales son las siguientes:*

– Trabajabilidad: La incorporación de microsílice, por su alta finura, incrementa el área superficial dentro de la mezcla de concreto, lo que puede dificultar su manejabilidad. Para contrarrestar este efecto, es recomendable aumentar el asentamiento de la mezcla, mejorando así su fluidez. No obstante, la forma esférica de las partículas de microsílice actúa como un lubricante natural, permitiendo un mayor deslizamiento dentro de la pasta y facilitando su movimiento. (**Flores Álvarez & Blas Castro, 2014**)

– Cohesividad: El uso de microsílice en el concreto incrementa notablemente su cohesión, reduciendo el riesgo de segregación y evitando la exudación. Para maximizar estos beneficios, es fundamental realizar un adecuado proceso de curado tras el vertido del concreto.

(**Flores Álvarez & Blas Castro, 2014**)

– Fraguado y endurecimiento: La presencia de microsílice acelera el proceso de endurecimiento (fraguado) del concreto estándar ya que se origina la interacción química con el hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Esta reacción forma silicatos de calcio hidratados (C-S-H), que aumentan el volumen de los productos de hidratación. Como resultado, se mejora la resistencia mecánica del concreto y se incrementa su impermeabilidad. (**Mejía Mestanza & Quispe Reyes, 2022**)

– Calor de hidratación: Agregándose MSC al concreto se forma un elemento que en su particularidad es sensibles a los cambios de temperatura en todo el proceso del endurecimiento. Esto se debe a que, al reducirse la cantidad de cemento, también disminuye el calor liberado por la hidratación. Sin embargo, al incorporarse la MSC, esta reacciona con el hidróxido de calcio generado por el cemento, produciendo calor adicional y compensando parcialmente esa disminución. (**García, 2018**)

2.2.1.5. Propiedades del concreto en su estado endurecido por el microsílice

– Resistencia a la compresión: La inclusión del microsílice dentro de la mezcla de concreto ayuda a la variación positiva significativa en su resistencia a la compresión. Este beneficio tiene como causa varios factores como el tipo de cemento utilizado, la proporción de aditivo incorporado, la disminución del contenido de agua, las propiedades de los agregados y el método de curado. En Perú, se han alcanzado resistencias de hasta 120 MPa, lo que evidencia su efectividad en mezclas bien diseñadas. (**García, 2018**)

– Fragilidad y módulo de Young: La variación positiva significativamente en la resistencia mecánica del concreto con microsílice también está acompañado por una mayor fragilidad, lo que es común en materiales de alta resistencia. No obstante, esta característica no compromete la estabilidad estructural. El módulo de Young, también llamado módulo de elasticidad, crece proporcionalmente con la resistencia a compresión, permitiendo que el material soporte mayores cargas antes de fallar bajo compresión uniaxial. (**López, 2010**)

– Adherencia: Gracias a la textura extremadamente fina del microsílice, el concreto fresco logra una excelente adherencia con otros materiales, como acero de refuerzo, concreto previamente colado, fibras y agregados, mejorando la cohesión general del sistema. (**García, 2018**)

– Contracción: El concreto que contiene microsílice experimenta una contracción más lenta y de menor magnitud comparado con el concreto tradicional. Esta característica se debe a una tasa de secado más controlada, lo que puede observarse claramente mediante ensayos comparativos normalizados. (**López, 2010**)

2.2.2 *Fibra de Alcohol Polivinílico*

2.2.2.1. Descripción

Sakurada (1985) explica que la fibra de alcohol polivinílico (PVA) es un polímero sintético soluble en agua, caracterizado por su estructura altamente polar que permite la formación de enlaces de hidrógeno tanto intra como intermoleculares. Estas propiedades le confieren una notable resistencia mecánica y estabilidad térmica. Además, su capacidad para formar películas y su compatibilidad con otros polímeros la hacen útil en diversas aplicaciones industriales. Su naturaleza hidrosoluble facilita su procesamiento y reciclaje, contribuyendo a su sostenibilidad ambiental.

En el contexto peruano, una tesis evaluó el uso de PVA como agente de autocurado en concreto con una resistencia de diseño de 210 kg/cm². **Castro Guinochio (2022)** comparó este método con el curado tradicional por inmersión y el uso de aditivos formadores de membrana. Los resultados indicaron que una dosificación del 0.48% de PVA respecto al peso del cemento logró el 98.8% de la resistencia a la compresión de diseño a los 28 días, en comparación con el 100.7% alcanzado mediante el uso de aditivos curadores. Esto sugiere que el PVA puede ser una opción viable para poder ayudar positivamente en el curado del concreto, especialmente en situaciones donde el curado tradicional es difícil de implementar.

Deng, Xue y Li (2015) encontraron que la adición de un 0.1% de fibras PVA aumentó significativamente la tenacidad a la flexión del concreto I_5 e I_{10} en 3.73 y 6.23 veces, respectivamente, en comparación con el concreto sin fibras. Además, el modo de falla del concreto cambió de una fractura frágil a una fractura dúctil, indicando una mejora significativa en la capacidad de deformación del material.

2.2.2.2. Propiedades físicas generales

- Resistencia a la tracción: La fibra de alcohol polivinílico presenta una alta resistencia a la tracción, que puede alcanzar entre 1.2 y 1.6 GPa, lo que la hace comparable con otras fibras sintéticas de alto rendimiento. Esta propiedad es clave para su uso en concreto reforzado, ya que contribuye a la mejora de la resistencia post-agrietamiento. (**Sakurada, 1985, p. 212**)
- Módulo de elasticidad: El módulo de elasticidad de la fibra PVA se encuentra dentro del rango de 30 y 40 GPa, dependiendo de su grado de polimerización y del tratamiento térmico. Esta rigidez le permite colaborar en el control de deformaciones en el concreto endurecido. (**Kobayashi & Ochi, 2006, p. 88**)
- Absorción de agua: Las fibras de PVA son altamente hidrofilicas, con una absorción de agua de hasta el 5% en peso, lo que favorece la adherencia con la matriz cementicia y mejora el comportamiento en estado endurecido. (**Tamaki et al., 2001, p. 45**)
- Punto de fusión y estabilidad térmica: El punto de fusión de la fibra de PVA está alrededor de 230 °C, y presenta una buena estabilidad térmica en aplicaciones de concreto, lo que permite su uso en climas diversos sin comprometer su rendimiento estructural. (**Zhou & Wang, 2014, p. 93**)

2.2.2.3. Propiedades químicas

- *Solubilidad en agua:* El PVA es un polímero sintético altamente hidrosoluble debido a su estructura con grupos hidroxilo (-OH) que le permiten formar enlaces de hidrógeno con moléculas de agua. Esta propiedad química es fundamental para su uso en aplicaciones donde se requiere biodegradabilidad y dispersión en medios acuosos. (**Sakurada, 1985, p. 45**)
- *Formación de enlaces de hidrógeno:* Gracias a su estructura con unidades repetidas de vinil alcohol, el PVA puede establecer enlaces de hidrógeno intra e intermoleculares, lo que

mejora su cohesión interna y su interacción con matrices como la del concreto. (**Chiellini et al., 2001, p. 213**)

– *Resistencia química:* El PVA es resistente a la mayoría de los disolventes orgánicos y a aceites, pero se degrada en medios altamente alcalinos o ácidos concentrados, lo cual es importante considerar en su compatibilidad química con cementos o suelos agresivos. (**George & Kurian, 2014, p. 104**)

– *Reactividad con álcalis:* En ambientes muy alcalinos, como los que se encuentran dentro del concreto fresco, el PVA puede sufrir una ligera degradación oxidativa, aunque su formulación industrial ha sido adaptada para mejorar su estabilidad en estos entornos. (**Tamaki et al., 2001, p. 47**)

2.2.3 Concreto Estándar

2.2.3.1. Definición El concreto convencional es un material compuesto, constituido principalmente por la combinación de cemento Portland con áridos finos (arena), agregados gruesos (grava o piedra triturada) y agua. Tras mezclarse, esta combinación pasa por un proceso de fraguado y endurecimiento que le permite alcanzar una resistencia considerable. Su principal propiedad es la capacidad de ser moldeado en estado fresco y alcanzar propiedades estructurales una vez endurecido. Además, es un material versátil, económico, y durable, utilizado en obras de infraestructura, vivienda, pavimentación y elementos estructurales. El control de la relación agua/cemento y el proceso de curado repercute de forma directa en la capacidad resistente del material final. (**Neville, 2012, p. 2**)

2.2.3.2. Componentes del concreto. El concreto es una mezcla de materiales sólidos e inertes (agregados) con una pasta de cemento y agua, que al fraguar se convierte en una masa dura y resistente. Su popularidad se estándar debe a su capacidad de adaptarse a diferentes formas, su resistencia a compresión, su durabilidad y su economía. Se utiliza tanto en estructuras simples como en grandes obras de ingeniería. La proporción adecuada de sus elementos, la granulometría de los agregados, el tipo de cemento, y el curado son factores fundamentales para lograr un concreto durable y resistente. Su comportamiento puede mejorarse mediante el uso de aditivos y técnicas de mezclado avanzadas. (**Mindess, Young, & Darwin, 2003, p. 1**)

a. Cemento Portland. El cemento Portland es una mezcla finamente molida de clínker (compuesto de silicatos de calcio) y una pequeña cantidad de yeso, obtenida por la calcinación de caliza y materiales arcillosos a temperaturas superiores a los 1400°C.” (**Mindess, Young, & Darwin, 2003, p. 43**)

El cemento Portland es el principal aglomerante aplicado en la edificación contemporánea, donde se aprovecha en la elaboración de concretos y morteros debido a su propiedad de reaccionar con el agua, lo que le permite fraguar y alcanzar una elevada dureza, otorgando resistencia y durabilidad a las estructuras. (**Kosmatka, Kerkhoff, & Panarese, 2002, p. 10**)

Joseph Aspdin en 1824 fue el desarrollador del cemento Portland. Su nombre proviene del parecido entre la piedra caliza de la isla de Portland y el material endurecido, en Inglaterra. (**Gambhir, 2004, p. 17**)

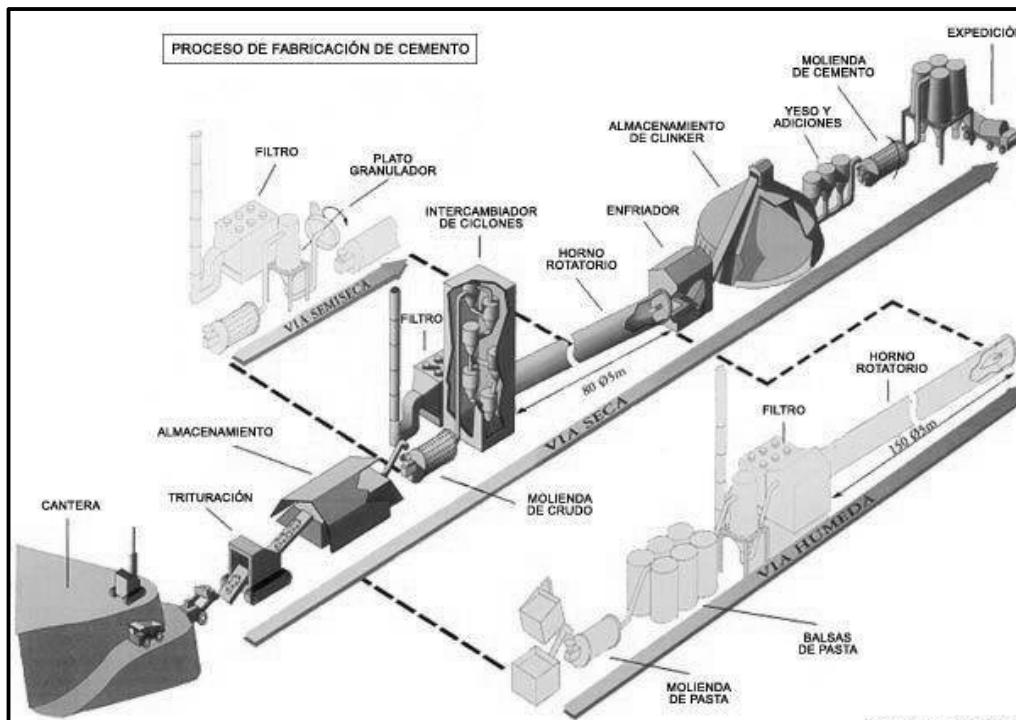
La fabricación del cemento Portland implica la trituración y molienda de materias primas como la caliza y la arcilla, seguidas por la calcinación a altas temperaturas para formar clínker, que luego se muele finamente para obtener el cemento. (**Taylor, 1997, p. 45**)

El proceso de producción de cemento Portland consta de varias etapas: extracción de materias primas, mezcla, calentamiento en horno rotatorio a aproximadamente 1450 °C, y posterior enfriamiento y molienda para obtener el producto final. (Neville, 2012, p. 123)

El horno rotatorio es el componente principal en la fabricación de cemento Portland, donde la mezcla cruda sufre transformaciones químicas para formar el clínker, que es el intermediario clave en el proceso. (Mindess, Young, & Darwin, 2003, p. 77)

La supervisión y verificación de la calidad durante el proceso de elaboración del cemento Portland resulta fundamental para garantizar que sus características tanto hidráulicas como mecánicas se mantengan dentro de los parámetros exigidos y respondan adecuadamente a los estándares establecidos por la normativa internacional vigente. (Taylor, 1990, p. 89)

Figura 4.
Proceso de fabricación del cemento



Nota. Betancourt, J. (2012), valuación de los tipos tecnológicos de arcillas del

b. Tipos de Cemento Portland. El Tipo I es un cemento de propósito general, recomendado para pavimentos, edificios, puentes y otras estructuras donde no hay exposición severa a sulfatos. (**Mehta & Monteiro, 2014, p. 87**). El cemento Portland Tipo I se usa en construcciones normales, sin requerimientos especiales de resistencia al ataque químico o a temperaturas elevadas. (**Ortega, 2006, p. 132**). El **Tipo II** es recomendado cuando las condiciones del ambiente exigen cierta resistencia al ataque de los sulfatos, pero no tan elevada como la que se requiere para el cemento Tipo V. Este tipo de cemento también ayuda a la reducción del calor de hidratación, haciéndolo ideal para estructuras de gran volumen. Ofrece una solución intermedia entre desempeño y economía. (**Mehta & Monteiro, 2014, p. 88**). El cemento Portland **Tipo III** ofrece beneficios notables en aplicaciones donde se necesita una alta resistencia temprana, como en construcción rápida o prefabricados. Este tipo de cemento permite una desmoldación rápida, reduciendo los tiempos de espera. Además, puede ser beneficioso en zonas frías para evitar daños por congelamiento. Su uso contribuye a acelerar procesos constructivos sin comprometer la resistencia final. (**Mehta & Monteiro, 2014, p. 89**). El cemento Portland **Tipo IV** se distingue por su baja generación de calor durante la hidratación, lo cual es deseable en obras de grandes dimensiones. Su composición química está ajustada para disminuir el contenido de C_3S y C_3A , componentes responsables del calor liberado. Esta característica prolonga el tiempo de fraguado, permitiendo controlar mejor las reacciones térmicas. Es utilizado principalmente en represas, bloques de fundación y grandes masas de concreto. (**Mehta & Monteiro, 2014, p. 90**). El **Tipo V** es el cemento con mayor resistencia al ataque por sulfatos. Su uso es crítico en cimentaciones, alcantarillado, canales o pilotes ubicados en zonas con aguas agresivas. La resistencia química que ofrece permite reducir los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de las estructuras. No es recomendable para obras que no están expuestas a condiciones agresivas, debido a su costo mayor y menor velocidad de fraguado inicial. (**Ortega, 2006, p. 138**). El cemento Tipo MS está formulado

para proporcionar una resistencia moderada al ataque de sulfatos, ideal para construcciones donde los niveles de sulfatos en el suelo o agua no son extremos, pero tampoco insignificantes. Es una alternativa segura y económica en comparación con el Tipo V, cuando se conoce que el ambiente tiene una agresividad química moderada. Su uso previene deterioros prematuros y extiende la vida útil de las estructuras. (**ACI Committee 225, 2016, p. 6**)

c. Agregado. Los agregados, aunque no participan en reacciones químicas, son elementos fundamentales del concreto, ya que se combinan con la pasta de cemento para conformar una estructura sólida. Constituyen cerca del 75% del volumen total del concreto, razón por la cual su calidad influye de manera decisiva en el rendimiento del producto final.

(Pasquel Carbajal, 1998, p. 69)

Aunque comúnmente se les llama "inerte", esta clasificación es relativa, ya que, a pesar de no participar de manera directa en los procesos de reacción química que se producen entre el agua y el cemento para formar la pasta cementicia, las características de los agregados ejercen una influencia significativa sobre el desempeño y la respuesta estructural del concreto. En ciertas situaciones, su impacto puede ser tan relevante como el del propio cemento, especialmente al determinar aspectos como la resistencia, la durabilidad o la conductividad del material. Por lo general, los agregados están formados por partículas minerales como el granito, el basalto, el cuarzo o una combinación de estos. Sus características físicas y químicas inciden en prácticamente todas las propiedades del concreto. (**Pasquel Carbajal, 1998, p. 69**)

Asimismo, la distribución de los tamaños de las partículas en la mezcla desempeña un rol fundamental para obtener un concreto con buena eficiencia estructural y adecuada facilidad de manejo. Se ha demostrado científicamente que, al combinar partículas de distintos tamaños, donde las más pequeñas ocupan los espacios entre las más grandes, se logra una mezcla más

compacta, cohesionada por la pasta de cemento que cumple la función de aglutinante. (**Pasquel Carbajal, 1998, p. 69**)

– **Agregado fino.** Según lo establecido en la Norma Técnica Peruana NTP 400.037, el agregado fino es aquel material que resulta de la desintegración, ya sea natural o provocada, de las rocas. Este material debe ser capaz de atravesar una malla de 3/8" (9.51 mm) y permanecer retenido en la malla N° 200 (0.074 mm). Además, debe cumplir con los requisitos y límites especificados por dicha norma. (**NTP. 400.037, 2018, p. 6**)

En lo que sigue, se exponen y describen los atributos más relevantes que definen al agregado fino:

Granulometría

Por lo tanto, el agregado fino debe presentar una gradación que permanezca conforme a los límites y parámetros previamente determinados por la normativa por la NTP 400.037. Para lograr una granulometría adecuada, se sugiere considerar las siguientes recomendaciones:

– Se prefiere que la distribución granulométrica sea continua, con material retenido en los tamices números del 4, 8, 16, 30, 50 y 100, pertenecientes a la serie de Tyler. (**Rivva López, 1992, p. 19**)

– No se admite que una fracción superior al 45% del material permanezca acumulada o retenida de manera simultánea en dos tamices consecutivos, sin importar cuáles sean estos dentro del proceso de tamizado. (**Rivva López, 1992, p. 19**)

– De manera global, se recomienda que la distribución granulométrica del material conserve sus valores dentro de los rangos o parámetros indicados como referencia en la **Tabla 2:**

Tabla 2.

Requisitos Granulométricos del Agregado Fino

Malla		% Que Pasa
3/8"	---	100
Nº 4	---	95 - 100
Nº 8	---	80 - 100
Nº 16	---	50 - 85
Nº 30	---	25 - 60
Nº 50	---	10 - 30
Nº 100	---	2 - 10

Nota. Diseño de Mezclas, Rivva; 1992, p. 19

Los valores porcentuales establecidos para el material que atraviesa las mallas Nº 50 y Nº 100 pueden reducirse hasta un 5% y 0%, respectivamente, siempre y cuando el agregado se destine a la producción de concretos con incorporación de aire y cuyo contenido de cemento sea mayor a 225 kg/m³. En el caso de concretos que no presentan aire incorporado, esta disminución también resulta aceptable si la cantidad de cemento utilizada excede los 300 kg/m³, o bien, cuando se adiciona un material cementante suplementario o aditivo mineral que compense adecuadamente la carencia del material retenido en dichas mallas. (**Rivva López, 1992, p. 19**)

El índice o módulo de fineza correspondiente al agregado fino deberá conservarse dentro de una variación máxima de ± 0.2 con relación al valor tomado como referencia en el momento de definir las proporciones de la mezcla de concreto. Se recomienda, además, que dicho parámetro se ubique preferentemente dentro del intervalo comprendido entre 2.35 y 3.15, a fin de garantizar una adecuada granulometría y un desempeño óptimo del material en el proceso constructivo. (**Rivva López, 1992, p. 19**)

– **Agregado grueso.** Según la Norma Técnica Peruana NTP 400.037, el agregado grueso es el material que se obtiene a partir de la desintegración, ya sea natural o mecánica, de rocas, y corresponde al que queda retenido en el tamiz Nº 4 (4,75 mm). Este tipo de agregado debe cumplir con los parámetros especificados en dicha norma. (**NTP 400.037, 2018, p.6**)

El árido grueso utilizado en la producción de concretos livianos puede proceder tanto de fuentes naturales como de procesos de fabricación artificial. Este tipo de material está constituido por partículas de grava, ya sea en su estado natural o producto de la trituración mecánica, fragmentos de roca de diferentes tamaños, así como también por elementos de origen metálico, que pueden encontrarse en forma natural o ser obtenidos mediante procesos industriales de manufactura. (**Rivva López, 1992, p.21**)

Está constituido por partículas exentas de impurezas, con una morfología que, de manera preferente, presenta formas angulares o semiangular. Dichas partículas se caracterizan por ser densas, de alta compacidad, con una notable resistencia mecánica y, en lo posible, con una superficie de textura áspera o rugosa que favorece una mejor adherencia dentro de la mezcla. (**Rivva López, 1992, p.21**)

A continuación, se presentan las características principales del agregado fino:

Granulometría

La granulometría del agregado grueso debe cumplir con los rangos establecidos en las normativas ASTM C 33 o NTP 400.037, y debe mantener una distribución continua para garantizar una adecuada trabajabilidad al momento de colocar la mezcla y lograr la máxima densidad del concreto, como se observa en la **Tabla 3**:

Tabla 3.

Requisitos granulométricos del agregado grueso

Huso	Tamaño Nominal	% Que pasa por los tamices normalizados													
		100 mm (4")	90 mm (3.5")	75 mm (3")	63 mm (2.5")	50 mm (2")	37.5 mm (1.5")	25 mm (1")	19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	4.75 mm (N°4)	2.36 mm (N°8)	1.18 mm (N°16)	300 um (N°50)
1	90 a 37.5 mm (3 ½" a 1 ½")	100	90 a 100		25 a 60	-	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
2	63 a 37.5 mm (2 ½" a 1 ½")	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-	-
3	50 a 25 mm (2" a 1")	-	-	-	100	90 a 100	35 a 70	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-	-
357	50 a 25 mm (2" a N°4)	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	-	0 a 5	-	-	-
4	37.5 a 19 m (1 ½" a ¾")	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	-	0 a 5	-	-	-	-
467	37.5 a 4.75 mm (1 ½" a N°4)	-	-	-	-	100	95 a 100	-	35 a 70	-	10 a 30	0 a 5	-	-	-
5	25 a 12.5 mm (1" a ½")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-	-	-	-
56	25 a 9.5 mm (1" a 3/8")	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 85	10 a 40	0 a 15	0 a 5	-	-	-
57	25 a 4.75 mm (1" a N°4)	-	-	-	-	-	100	95 a 100	-	25 a 60	-	0 a 10	0 a 5	-	-
6	19 a 9.5 mm (¾" a 3/8")	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	0 a 15	0 a 5	-	-	-
67	19 a 4.75 mm (¾" a N°4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	-	20 a 55	0 a 10	0 a 5	-
7	12.5 a 4.75 mm (½" a N°4)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	40 a 70	0 a 15	0 a 5	-
8	9.5 a 2.36 mm (3/8" a N°8)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 30	0 a 10	0 a 5
89	12.5 mm a 9.5 mm (1/2 pulg a 3/8 pulg)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	90 a 100	20 a 55	5 a 30	0 a 10
9A	4.75 mm a 1.18 mm (N°4 a N°16)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 a 100	10 a 40	0 a 10	0 a 5

Nota. NTP 400.037; 2018, p. 13

La distribución granulométrica adoptada no deberá presentar un porcentaje superior al 5% de partículas de agregado que queden retenidas en el tamiz de 1 1/2 pulgadas, ni exceder el 6% de material que logre atravesar el tamiz de 1/4 de pulgada, a fin de asegurar una adecuada uniformidad en la composición del material.

– Tamaño Máximo Nominal: Es el tamiz con la abertura más pequeña en el que se retiene por primera vez parte del material, y se utiliza como referencia para identificar la granulometría del agregado analizado y no debe ser mayor a:

- a) Equivalente a la quinta parte de la menor medida existente entre las dimensiones de las caras del encofrado; o
- b) Corresponde a la tercera parte de la altura o espesor total de las losas; o
- c) Equivalente a las tres cuartas partes de la separación mínima disponible entre barras o alambres de refuerzo colocados de manera individual, conjuntos de barras agrupadas, torones, o bien los conductos destinados al preefuerzo. (**Rivva López, 1992, p.21-22**)

– Características de los agregados

Peso específico. El peso específico se determina a partir de la relación existente entre la masa de las partículas y el volumen que estas ocupan, excluyendo los espacios vacíos presentes entre ellas. Las normas ASTM C-127 y ASTM C-128 establecen el procedimiento estandarizado para realizar esta determinación en condiciones de laboratorio, distinguiendo tres maneras de expresarlo de acuerdo con el estado de saturación en que se encuentre el material. Cabe resaltar que las expresiones normativas de este parámetro son adimensionales; por lo tanto, para obtener un valor aplicable en los cálculos de ingeniería, es necesario multiplicarlas por la densidad del agua en la unidad correspondiente. En el caso de los agregados

convencionales, este valor suele encontrarse dentro del rango de 2,500 a 2,750 kg/m³. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.74**)

Peso unitario. El peso unitario se determina estableciendo la relación entre la masa de las partículas y el volumen total que estas ocupan, contemplando tanto el espacio sólido de las mismas como los vacíos existentes entre ellas. Debido a la inclusión de dichos intersticios, el valor obtenido se encuentra condicionado por la manera en que se acomodan o distribuyen las partículas dentro del conjunto, lo cual genera que este parámetro presente un carácter relativamente variable y dependiente de las condiciones de compactación y disposición del material. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.74**)

La norma ASTM C-29 establece el procedimiento estándar para medirlo, compactando el agregado en un molde metálico mediante 25 golpes con una varilla de 5/8" en tres capas. El resultado de esta prueba se utiliza en ciertos métodos de diseño de mezclas para calcular proporciones y realizar conversiones de peso a volumen o viceversa. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.74**)

En este último escenario, resulta fundamental considerar que tales conversiones parten de la premisa de que el material en su condición natural posee el mismo peso unitario que aquel obtenido a partir del ensayo estandarizado; sin embargo, esta equivalencia no siempre se cumple debido a las variaciones generadas por el grado de compactación alcanzado. En algunos casos, el procedimiento se ejecuta sin aplicar compactación al material, lo que conduce a obtener el denominado ‘peso unitario suelto’; no obstante, este valor tampoco refleja con exactitud la condición real que presenta el material en la obra, pudiendo originar discrepancias o errores al efectuar conversiones entre diseños basados en peso y aquellos formulados en función del volumen. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.74**)

La forma más recomendable de minimizar el error mencionado consiste en realizar al menos cinco mediciones del peso unitario suelto, utilizando muestras tomadas de diferentes niveles de las pilas de almacenamiento, con el fin de representar posibles variaciones causadas por la segregación.

En el caso de agregados normales, el peso unitario suele encontrarse entre 1,500 y 1,700 kg/m³. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.76**)

Porcentaje de vacíos. Consiste en la determinación del volumen relativo, expresado en términos porcentuales, que corresponde a los intersticios o huecos existentes entre las partículas que conforman el agregado. Este parámetro se ve igualmente condicionado por la manera en que dichas partículas se ordenan, distribuyen o acomodan dentro del conjunto; razón por la cual, al igual que ocurre con el peso unitario, se le reconoce como un valor de carácter relativo y dependiente de las condiciones de disposición del material. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.76**)

Absorción. Se define como la propiedad que poseen los agregados para captar o retener cierta cantidad de agua en los vacíos o poros presentes dentro de su estructura interna. Este proceso se produce principalmente por efecto de la acción capilar, aunque los poros no llegan a saturarse en su totalidad, dado que inevitablemente permanece una fracción de aire atrapado en su interior. Este aspecto es relevante porque afecta al concreto, disminuyendo la cantidad de agua en la mezcla y alterando tanto sus propiedades mecánicas como su trabajabilidad. Por ello, es fundamental considerarlo al momento de realizar los ajustes necesarios en la mezcla. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.76**)

Porosidad. La porosidad se refiere al volumen de espacios vacíos dentro de las partículas de los agregados. Esta propiedad tiene un impacto considerable en las demás características de los agregados, ya que refleja su estructura interna. Aunque no existe un

método estándar de la ASTM para medirla, hay diversas técnicas que suelen ser complejas y de validez relativa. Una forma indirecta de estimarla es a través de la absorción, la cual suele dar un valor cercano a la porosidad, aunque generalmente un 10% menor, ya que no todos los poros se llenan completamente de agua. En los agregados normales, los valores de porosidad suelen ir del 0 al 15%, siendo lo más común entre el 1 y el 5%. En el caso de los agregados ligeros, estos valores pueden estar entre el 15 y el 50%. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.77**)

Humedad. Se refiere al volumen de agua que permanece adherido a la superficie de las partículas del agregado en un instante específico. Dicha característica adquiere importancia debido a que incrementa la cantidad de agua presente en la mezcla del concreto; por esta razón, resulta indispensable tenerla en cuenta conjuntamente con el valor de absorción al momento de efectuar los ajustes correspondientes en el diseño de la dosificación. De esta manera, se garantiza que la mezcla final conserve las condiciones proyectadas y cumpla adecuadamente con los requisitos establecidos para su desempeño. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.77**)

d. Agua. El agua constituye uno de los insumos más determinantes en la elaboración de la mezcla de concreto, dado que no solo interviene como agente que activa y posibilita el proceso de hidratación del cemento, sino que además condiciona de manera directa la trabajabilidad durante la colocación y la resistencia mecánica que alcanzará el material en su etapa final. La proporción agua-cemento (a/c) representa un parámetro esencial en el diseño de mezclas: un exceso de agua, si bien puede facilitar la manejabilidad y fluidez de la mezcla fresca, ocasiona una disminución en la resistencia, durabilidad y compacidad del concreto; por el contrario, un contenido insuficiente de agua dificulta el mezclado, el transporte y el fraguado, generando problemas de homogeneidad y desempeño. Asimismo, la calidad del agua utilizada desempeña un papel crucial, pues la presencia de impurezas, sales o contaminantes químicos puede interferir con las reacciones de hidratación del cemento y, en consecuencia, afectar de

manera negativa el comportamiento del material endurecido, comprometiendo incluso la seguridad estructural de la obra. Por ello, se recomienda usar agua potable o limpia para asegurar la calidad del concreto. (**Neville, 2012, p. 205**)

Requisitos mínimos del agua para concreto. Hasta el momento, ni el ACI ni el ASTM han definido requisitos específicos para el agua utilizada en la mezcla del concreto. No obstante, la Norma Nacional ITINTEC 339.88 ha dado un paso significativo al establecer las especificaciones correspondientes tanto para el agua de mezcla como para la de curado, las cuales se presentan a continuación en la **Tabla 4:**

Tabla 4.

Límites permisibles para agua de mezcla y de curado según la norma ININTEC 339.088

Descripción	Límite Permisible
1) Sólidos en suspensión	5,000 p.p.m máximo
2) Materia orgánica	3 p.p.m. máximo
3) Alcalinidad (NAHCO ₃)	1,000 p.p.m. máximo
4) Sulfato (Ión SO ₄)	600 p.p.m. máximo
5) Cloruros (Ión CL)	1,000 p.p.m. máximo
6) Ph	5 a 8

Nota. Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú, Pasquel; 1998, p.61

2.2.3.3. Propiedades del concreto fresco

a. Trabajabilidad. La trabajabilidad del concreto se define por el grado de facilidad o dificultad que presenta durante su mezcla, transporte, vaciado y compactación. Esta propiedad tiene un carácter relativo, ya que varía en función del tipo de herramientas manuales o equipos mecánicos disponibles en cada etapa del proceso constructivo. Además, las condiciones presentes en el momento de colocación y compactación pueden afectar esta cualidad, haciendo que el concreto sea más o menos trabajable. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.131**)

Principalmente, la trabajabilidad está determinada por la cantidad de agua, la proporción de pasta y el balance adecuado entre los agregados finos y gruesos. En condiciones ideales, este equilibrio permite que la mezcla fluya de forma continua y uniforme, ya sea de manera natural o inducida. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.131**)

De manera general, un concreto se considera trabajable cuando, durante su manipulación o desplazamiento, conserva alrededor de sus partículas de agregado grueso una película o recubrimiento uniforme de mortero con un espesor aproximado de 1/4 de pulgada. Esta condición asegura que los componentes permanezcan cohesionados, evitando la segregación y favoreciendo tanto la colocación como el acabado de la mezcla. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.131**)

El ensayo de asentamiento utilizando el Cono de Abrams ha sido durante mucho tiempo el procedimiento estándar para estimar la trabajabilidad del concreto, ya que permite asignarle un valor numérico a esta propiedad. Sin embargo, es importante destacar que esta prueba refleja más la uniformidad de la mezcla que su trabajabilidad real, ya que mezclas con igual asentamiento pueden comportarse de forma distinta bajo condiciones similares de aplicación.

(**Pasquel Carbajal, 1998, p.131**)

b. Segregación. Las diferencias existentes entre las densidades de los distintos constituyentes del concreto generan que, de manera natural, las partículas de mayor peso específico tengan la tendencia a descender y depositarse en el fondo. No obstante, en la mayoría de situaciones prácticas, la densidad de la mezcla conformada por la pasta cementicia en conjunto con los agregados finos resulta únicamente alrededor de un 20% inferior a la correspondiente a los agregados gruesos. Esta diferencia relativamente moderada, sumada a la capacidad de resistencia al flujo que aporta la viscosidad del mortero, posibilita que las partículas de agregado grueso se mantengan distribuidas, suspendidas e inmersas de manera

uniforme dentro de la matriz del concreto, evitando su segregación. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.139**)

Cuando la viscosidad del mortero disminuye —ya sea por una distribución deficiente de partículas, una granulometría inadecuada o una cantidad insuficiente de pasta—, se produce una separación de los agregados gruesos respecto del mortero, fenómeno que se conoce como segregación. En mezclas de concreto que contienen más del 55% de piedra en relación al peso total del agregado, esta segregación puede confundirse con una apariencia típica del material. Para comprobar si se trata realmente de segregación, se recomienda tomar dos muestras de concreto fresco de distintos puntos y comparar el contenido de agregados gruesos mediante lavado. Si la diferencia entre ambos excede el 6%, puede confirmarse la presencia de segregación. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.141**)

c. Exudación. La exudación es una característica del concreto que se manifiesta cuando parte del agua utilizada en la mezcla se separa del resto de la masa y asciende hacia la superficie. Este comportamiento se asocia al proceso de sedimentación, en el que los sólidos se asientan en el interior de la mezcla en estado plástico. Este fenómeno está influenciado por el flujo de fluidos a través de los poros capilares del concreto y no directamente por las diferencias en viscosidad o densidad. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.141**)

d. Contracción. Esta propiedad es considerada esencial debido a la frecuencia con la que se presentan fisuras en el concreto. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.142**)

La contracción intrínseca hace referencia a un proceso irreversible en el que la pasta de cemento disminuye su volumen, como resultado de la reducción del agua presente inicialmente por efecto de reacciones químicas. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.142**)

Por otro lado, la contracción por secado es una de las principales causas de agrietamiento. Esta ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido del concreto,

cuando la mezcla pierde agua. A diferencia de la contracción intrínseca, este tipo de contracción no es permanente, ya que, si se rehidrata el concreto, es posible recuperar una gran parte del volumen perdido. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.142**)

e. Consistencia. La consistencia del concreto es una característica que depende del nivel de humedad de la mezcla, lo cual influye en su fluidez. En términos generales, a mayor humedad, mayor será la facilidad con la que el concreto puede colocarse.

Aunque está relacionada con la trabajabilidad, la consistencia no es lo mismo. Por ejemplo, una mezcla muy trabajable para pavimentos puede tener alta consistencia, mientras que una mezcla con baja trabajabilidad utilizada en estructuras con mucha armadura de acero aún puede presentar una consistencia plástica. (**Rivva, 1992, p. 34 - 35**)

f. Calor de hidratación (Temperatura). El calor de hidratación se define como la energía térmica liberada a consecuencia de las reacciones químicas que tienen lugar entre las partículas de cemento y el agua al entrar en contacto. Este proceso se manifiesta mediante un aumento progresivo de la temperatura en la masa del concreto, cuya magnitud depende de diversos factores, entre ellos la composición química específica del cemento, el nivel de finura con el que haya sido molido y las condiciones ambientales existentes durante la etapa de curado. Dichos elementos, en conjunto, determinan la velocidad y la intensidad con que se desarrolla este fenómeno, influyendo de manera directa en el comportamiento y desempeño del material. (**Abanto, 2017**)

g. Absorción. La absorción es la capacidad que tiene el concreto para retener agua, y se expresa como un porcentaje. Su evaluación se basa principalmente en dos parámetros: la cantidad de agua absorbida y la velocidad con que esta es absorbida (succión). Esta propiedad está estrechamente relacionada con la porosidad del material, cuyos valores reales suelen superar en aproximadamente un 10 % a los valores obtenidos experimentalmente.

Este fenómeno ocurre cuando el concreto, al estar en contacto con líquidos, ejerce una fuerza de atracción que permite la penetración de las moléculas del fluido, las cuales ocupan los poros y capilares presentes en su estructura (**Quiroz y Salamanca, 2006, p. 132**).

La capacidad de absorción de una superficie de concreto depende de diversos factores, entre ellos: las proporciones de la mezcla, el uso de aditivos químicos, la naturaleza y propiedades físicas de los materiales utilizados, el tipo y duración del curado, el grado de hidratación, la edad del concreto y la posible presencia de microgrietas (**NTP 339.232, INDECOPI, 2010**).

Los parámetros de absorción son determinados conforme a la norma técnica peruana NTP 339.232.

Disminuir la capacidad de absorción y la permeabilidad del concreto contribuye de manera significativa a incrementar su resistencia frente a los efectos dañinos ocasionados por los ciclos repetitivos de congelación y descongelación. Asimismo, esta reducción limita el ingreso y la penetración de sustancias agresivas, tales como iones de cloruro, compuestos sulfatados u otros agentes químicos presentes en el ambiente, que pueden comprometer la durabilidad y el desempeño estructural del material. (**Becerra Salas, 2012, p. 91**).

h. Densidad o Peso unitario. Esta propiedad es ampliamente utilizada para el control de calidad en la producción del concreto, ya que con frecuencia se elaboran mezclas de prueba con el fin de comparar las densidades obtenidas en laboratorio con las calculadas teóricamente a partir del diseño de mezclas. La densidad se determina como el cociente entre la masa y un volumen conocido. Un concepto común en esta evaluación es el rendimiento relativo de la mezcla, el cual se considera aceptable mientras más se aproxime a uno. Este rendimiento se calcula dividiendo la densidad teórica entre la densidad real medida en laboratorio.

Además, evaluar esta característica es clave para analizar el comportamiento de los materiales que conforman la mezcla. Dado que los insumos pueden tener diferentes densidades, existe el riesgo de que los componentes más pesados tiendan a asentarse, provocando segregación dentro del concreto (**Pasquel, 1998, p. 137**).

i. Vacíos o Contenido de Aire. Esta propiedad se refleja principalmente en el contenido de aire presente en la mezcla, siendo una característica inherente del concreto en estado fresco. En ciertos casos, es posible incorporar aire de forma intencional con el propósito de modificar otras propiedades del material. Es común que se forme un sistema de vacíos entre los agregados gruesos, lo cual puede indicar una deficiencia de agregado fino en la mezcla.

Para su evaluación existen diversos métodos, entre ellos el método de presión (utilizando un manómetro), establecido en la norma NTP 339.080, y el método gravimétrico descrito en la norma NTP 339.046.

2.2.3.4. Propiedades del concreto endurecido

a. Elasticidad. La capacidad del concreto para deformarse temporalmente al ser sometido a una carga, sin conservar esa deformación una vez retirada la carga, es conocida como su elasticidad.

Aunque el concreto no se comporta como un material elástico en sentido estricto, ya que su relación carga-deformación en compresión no sigue una línea recta en ninguna parte del gráfico, es común hablar de un “módulo de elasticidad estático”. Este se define ya sea como la pendiente de la tangente en la parte inicial del gráfico o como la pendiente de una línea recta que une el origen con un punto específico, generalmente correspondiente a un porcentaje de la resistencia máxima.

Los rangos usuales de este módulo se ubican aproximadamente entre 250,000 y 350,000 kg/cm². La magnitud que alcanza este parámetro presenta una correspondencia directa con la resistencia que desarrolla el concreto frente a esfuerzos de compresión, mientras que, al mismo tiempo, muestra una relación inversa respecto a la proporción agua/cemento utilizado en la mezcla, lo que evidencia la influencia de la dosificación en su comportamiento mecánico.

Desde una perspectiva técnica, las dosificaciones de concreto que contienen un mayor porcentaje de cemento, conocidas comúnmente como mezclas ricas, suelen presentar valores más elevados del módulo de elasticidad, lo que se traduce en una mayor capacidad del material para soportar deformaciones antes de alcanzar el punto de falla. En contraposición, las mezclas con menor contenido de cemento, denominadas pobres, manifiestan módulos de elasticidad más reducidos y, por ende, una menor resistencia frente a las deformaciones. Para la determinación precisa de este parámetro en condiciones de laboratorio, la normativa ASTM C-469 establece el procedimiento estandarizado que debe seguirse con el fin de evaluar el módulo de elasticidad estático del concreto. (**Pasquel Carbajal, 1998, p. 142 – 143**)

b. Resistencia. La resistencia constituye la capacidad inherente del concreto para soportar y contrarrestar la acción de cargas externas y diferentes tipos de esfuerzos mecánicos. Dentro de sus distintas manifestaciones, la resistencia a la compresión se presenta como la más destacada y supera ampliamente a la resistencia a la tracción, lo cual se debe a las propiedades cohesivas y de unión que aporta la pasta de cemento en la mezcla. Este comportamiento resistente se encuentra condicionado, en gran medida, por la proporción de pasta cementicia existente en el concreto, parámetro que habitualmente se representa a través de la relación agua/cemento (a/c), expresada en función del peso de los materiales..

La resistencia a la flexión resulta especialmente útil cuando se busca verificar la homogeneidad del concreto, detectar fisuras por tracción o evaluar su comportamiento ante

cargas alternantes, como ocurre en pisos industriales o estructuras sometidas a vibraciones.

Además, esta propiedad adquiere mayor relevancia cuando se utilizan aditivos químicos o minerales que pueden modificar la adherencia, trabajabilidad o resistencia del concreto endurecido.

Los mismos factores que afectan las propiedades de la pasta, como la temperatura y el tiempo, también influyen en la resistencia del concreto. A estos se suman otras variables como el tipo de cemento utilizado, sus características resistentes, y la calidad de los agregados, que en conjunto forman la estructura del concreto.

El proceso de curado, aunque indirecto, tiene un papel fundamental en el desarrollo de la resistencia, ya que, sin una adecuada hidratación complementaria, el concreto no alcanza plenamente su capacidad resistente.

En cuanto a valores, los concretos convencionales presentan resistencias a la compresión entre 100 y 400 kg/cm². Sin embargo, se han logrado superar los 700 kg/cm² mediante un diseño de mezclas optimizado, sin necesidad de aditivos. Además, con el uso de polímeros, aglomerantes sintéticos añadidos a la mezcla, se han alcanzado resistencias de hasta 1,500 kg/cm², y se espera que los avances tecnológicos permitan superar aún más estas cifras en el futuro.

(Pasquel Carbajal, 1998, p.143)

c. Extensibilidad. La extensibilidad del concreto se refiere a su capacidad para deformarse sin llegar a agrietarse. Esta propiedad se evalúa según la deformación unitaria máxima que puede soportar sin que se presenten fisuras. Está relacionada con la elasticidad del material y con el fenómeno del flujo plástico, el cual incluye las deformaciones ocasionadas por la aplicación de cargas sostenidas en el tiempo.

El flujo plástico permite cierta recuperación parcial de la deformación y, aunque está vinculado a la contracción, ambos procesos se consideran distintos desde un punto de vista teórico.

La aparición de microfisuras suele presentarse cuando se alcanza una deformación final cercana al 60% y una deformación unitaria de 0.0012; mientras que, en condiciones normales, las grietas visibles comienzan a generarse a partir de una deformación unitaria de aproximadamente 0.003. (**Pasquel Carbajal, 1998, p.145**)



CAPITULO III:

METODOLOGIA

3. CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1. Enfoque de Investigación

La investigación tiene un **enfoque cuantitativo**, se centró en la obtención y el análisis de información numérica con el fin de medir variables y establecer relaciones objetivas entre ellas. Este enfoque buscó obtener resultados precisos y generalizables mediante el uso de técnicas estadísticas y herramientas matemáticas. (Borja Suárez, 2012)

Por ello, el presente estudio se enmarcó dentro del enfoque cuantitativo, ya que se fundamentó en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar las características físico-mecánicas del concreto estándar adicionando microsílice y fibra de alcohol polivinílico, a través de ensayos normalizados.

3.2. Método

3.2.1. Nivel o Alcance de la Investigación

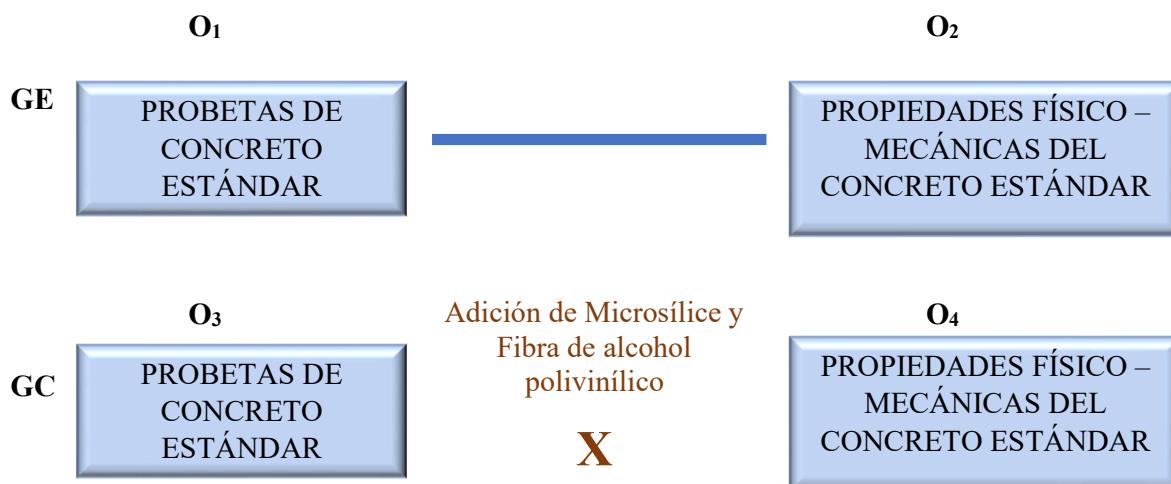
El **nivel explicativo** corresponde a un diseño cuya finalidad es indagar las razones que originan los fenómenos, a través del análisis de las relaciones de causa y efecto. En este marco, los estudios de carácter explicativo pueden centrarse tanto en identificar los factores que provocan un hecho como en examinar las consecuencias que de él se derivan (investigación experimental), valiéndose para ello de la comprobación de hipótesis. Los hallazgos y conclusiones obtenidos representan el nivel más avanzado y profundo de generación de conocimiento. (Arias, s.f., según Tesis Plus, 2025)

Esta investigación es de **nivel explicativo** pues busca identificar y comprender las causas por las que la adición de microsílice y fibra PVA modifica las propiedades físico-mecánicas del concreto estándar. No se limita a describir o correlacionar, sino que explica los mecanismos mediante los cuales estos aditivos influyen en la resistencia, durabilidad y trabajabilidad. Este enfoque permitirá determinar porcentajes óptimos de adición para su uso.

3.3. Diseño de Investigación

Un diseño **cuasi experimental** es un tipo de diseño de investigación cuantitativa que buscó establecer relaciones de causa y efecto entre variables, pero sin asignación aleatoria de los grupos o tratamientos. Es decir, se trabaja con grupos que ya están formados previamente o que no pueden asignarse al azar por razones prácticas o éticas. (Borja Suárez, 2012).

El estudio se llevó a cabo siguiendo un diseño **cuasi experimental**, debido a que se realizó una manipulación controlada de la variable independiente, los porcentajes del microsilice al 5%, 10% y 15% del cemento portland tipo I y de la fibra de alcohol polivinílico al 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto con el propósito de analizar su impacto en las propiedades físico-mecánicas del concreto estándar.



Donde:

GE: Grupo Experimental

GC: Grupo Control

X: Estímulo

: Ausencia de estímulo

O₁, O₂ y O₃: Observaciones de la variable dependiente pre estímulo.

O₄: Observaciones de la variable dependiente post estímulo

3.4. Población y muestra

En la presente investigación la población y la muestra coinciden, ya que se evaluará la totalidad de especímenes de concreto elaborados bajo las combinaciones propuestas de microsílice (5%, 10% y 15% en relación al peso del cemento) y fibra PVA (0.5%, 1.0% y 1.5% con respecto al volumen del concreto) debido a que los ensayos se desarrollan en un entorno controlado de laboratorio y con un número definido de probetas, no es necesario realizar un muestreo probabilístico. Por lo tanto, la población de estudio está constituida por todas las unidades experimentales consideradas en el diseño, las cuales serán evaluadas en su totalidad. Se adopta un muestreo no probabilístico, dado que la selección de las unidades experimentales responde a la necesidad de trabajar con todas las combinaciones previstas en el diseño experimental. Este enfoque garantiza que las observaciones se realicen sobre la totalidad de los casos relevantes para el objetivo de la investigación, optimizando la obtención de datos precisos y controlados.

Se elaboraron un total de 76 probetas cilíndricas (58 de 150mm x 300mm y 18 de 100mm x 200mm), como se detalla en la **Tabla 5** y **Tabla 6**, la cual muestra la cantidad de muestras fabricadas en el laboratorio. Para la muestra patrón ($F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$), se ensayaron probetas a los 7 días y a los 28 días. Este mismo procedimiento se repitió para cada uno de los niveles de adición de microsílice en porcentaje del peso del cemento (5%, 10% y 15%) y para la adición de fibra PVA en porcentaje del volumen del concreto (0.5%, 1% y 1.5%). En total, se realizaron pruebas de resistencia sobre 46 muestras de diseño. Posteriormente, se identificó el contenido óptimo de adición de microsílice en porcentaje del cemento y adición de fibra de alcohol polivinílico en porcentaje del volumen del total de la probeta cilíndrica que ofreció una mejor resistencia, por lo que se fabricaron y ensayaron 30 probetas adicionales, evaluadas por compresión axial a los 28 días de curado.

Se elaboraron vigas prismáticas de concreto con las siguientes características: tres vigas corresponderán a la muestra patrón (sin aditivos) y seis vigas se fabricarán utilizando la combinación correspondiente al porcentaje óptimo de adición de microsílice (respecto al peso del cemento) y fibra de alcohol polivinílico (respecto al volumen del concreto), determinada previamente mediante los ensayos de resistencia a la compresión.

Todas las vigas serán curadas durante 28 días en condiciones controladas, y posteriormente se les aplicará el ensayo de resistencia a la flexión siguiendo los procedimientos estandarizados para asegurar la fiabilidad de los resultados

Tabla 5.*Muestra para investigación - probetas cilíndricas de concreto de 150mm x 300mm***Concreto - $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Denominación	Número de probetas realizadas		Total
	A los 7 días	A los 28 días	
Muestra Patrón	2	2	4
5% Microsílice – 0.5% Fibra PVA	0	2	2
10% Microsílice – 0.5% Fibra PVA	0	2	2
15% Microsílice – 0.5% Fibra PVA	0	2	2
5% Microsílice – 1.0% Fibra PVA	2	2	4
10% Microsílice – 1.0% Fibra PVA	2	2	4
15% Microsílice – 1.0% Fibra PVA	2	2	4
5% Microsílice – 1.5% Fibra PVA	0	2	2
10% Microsílice – 1.5% Fibra PVA	0	2	2
15% Microsílice – 1.5% Fibra PVA	0	2	2
% óptimo microsílice y % óptimo fibra PVA	0	30	30
Total	8	50	58

Tabla 6.

Muestra para investigación - probetas cilíndricas de concreto de 100mm x 200mm

Concreto - $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Denominación	Número de probetas realizadas		Total
	A los 7 días	A los 28 días	
5% Microsílice – 0.5% Fibra PVA	3	0	3
10% Microsílice – 0.5% Fibra PVA	3	0	3
15% Microsílice – 0.5% Fibra PVA	3	0	3
5% Microsílice – 1.5% Fibra PVA	3	0	3
10% Microsílice – 1.5% Fibra PVA	3	0	3
15% Microsílice – 1.5% Fibra PVA	3	0	3
Total	18	0	18

Tabla 7.

Muestra para investigación - probetas prismáticas de concreto de 150mm x 150mm x 500mm

Concreto - $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Denominación	Número de probetas prismáticas realizadas		Total
	A los 28 días		
Muestra Patrón	3		3
10% Microsílice – 1.0% Fibra PVA	6		6
Total	9		9

3.5. Variables

3.5.1. Variable independiente

Microsílice

- Definición Conceptual: La microsílice es un subproducto ultrafino de la producción de ferroaleaciones, compuesto principalmente por dióxido de silicio amorfo, que se utiliza como adición mineral en el concreto para mejorar su resistencia, durabilidad y densidad (ACI Committee 234, 2006).

- Definición Operacional: Corresponde a las dosificaciones experimentales del microsílice utilizadas en el diseño de mezcla, expresadas como porcentajes del total del peso del cemento, en porcentajes de 5%, 10% y 15%.

Fibra de alcohol polivinílico

- Definición Conceptual: La fibra PVA es un polímero sintético soluble en agua, caracterizado por su estructura altamente polar que permite la formación de enlaces de hidrógeno tanto intra como intermoleculares. (Sakurada, 1985)
- Definición Operacional: Corresponde a las dosificaciones experimentales de la fibra de Alcohol Polivinílico, utilizadas en el diseño de mezcla, expresadas como porcentajes del total del volumen del concreto, en porcentajes de 0.5%, 1.0% y 1.5%.

3.5.2. Variable dependiente

Concreto estándar.

- Definición Conceptual: El concreto estándar posee propiedades físicas y mecánicas fundamentales como la resistencia a la compresión, la durabilidad y la trabajabilidad, las cuales dependen directamente de la calidad de sus componentes y del proceso de curado (Popovics, 2018).

- Definición Operacional: Análisis a través de ensayos de laboratorio, aplicando un método que debe ajustarse a los requisitos establecidos para mezclas de concreto según la normativa actual.

3.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La recopilación de la información se efectuó a través de ensayos desarrollados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y en el Laboratorio de Tecnología del Concreto de la Universidad Nacional del Santa. En dichas instalaciones se evaluaron las características físicas del agregado grueso y del agregado fino. Posteriormente, al obtener los resultados

correspondientes a las pruebas de resistencia a la compresión realizadas sobre las probetas cilíndricas de concreto, se procedió a organizar y examinar dicha información mediante el uso de tablas y representaciones gráficas elaboradas en el software Microsoft Excel.

3.7. Ensayos elaborados en el laboratorio de Mecánica de Suelos de los agregados

- Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo) (NTP 339.089).
- Método de ensayo, determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. (NTP 339.185).
- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012).
- Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017).
- Método de ensayo, determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. (NTP 400.022).
- Método de ensayo, densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. (NTP 400.021).

Diseño de Mezcla de Concreto

- Comité ACI 211

Elaboración de las probetas de concreto

- Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio (NTP 339.183).

Ensayo a las probetas de concreto

- Método de ensayo. Medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. (NTP 339.035).

- Método de ensayo. Determinación de la temperatura del concreto de cemento Portland recién mezclado. (NTP 339.184).
- CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. (NTP 339.046)
- Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. (NTP 339.034)
- Método de ensayo. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto mediante vigas simples con carga en tercios. (NTP 339.072)

3.8. Técnicas de Análisis de Resultados

Los resultados obtenidos a partir de los ensayos de laboratorio serán organizados y sometidos a un análisis estadístico con el propósito de determinar la influencia que genera la adición de microsílice y fibra de alcohol polivinílico sobre las propiedades físico-mecánicas del concreto estándar. Se utilizarán métodos estadísticos, como el cálculo de promedios, desviación estándar y porcentajes, para sintetizar la información.

La interpretación de los datos se realizará considerando los parámetros técnicos definidos por las normativas actuales para concretos estándar, con el objetivo de identificar la dosificación más adecuada que optimice el rendimiento y cumpla con los requisitos establecidos.



CAPITULO VI:

RESULTADOS Y

DISCUSIONES

4. CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. *Propiedades del microsílice y la fibra de alcohol polivinílico (PVA).*

4.1.1.1. Propiedades del microsílice (SIKAFUME)

Propiedades. SikaFume está compuesto por dióxido de silicio muy fino y reactivo, lo que contribuye a una notable cohesión interna y a una mayor retención de agua en el concreto fresco. Esto mejora considerablemente tanto su capacidad de bombeo como su comportamiento reológico. En el concreto ya endurecido, el humo de sílice reacciona con la cal libre (CaOH_2), generando compuestos adicionales de hidratación que producen una matriz cementicia mucho más compacta y densa. (**Ficha técnica SIKAFUME, 2022, p. 1**)

Tabla 8.
Características técnicas detalladas del microsílice

Propiedad	Valor o Rango	Unidad / Detalle
Contenido de SiO_2	92.26%	Alta reactividad puzolánica
Peso específico / Densidad	2,250	kg/m^3
Densidad aparente compactada	625	kg/m^3
Tamaño de partícula	< 1 μm (prom. $\approx 0.1 \mu\text{m}$)	Micropartículas esféricas
Empaque disponible	20 kg / 25 kg	Formato en bolsas
Humedad	0.10	%
Dosificación recomendada	5 – 10 % (hasta 15%)	Respecto al peso del cemento
Normas técnicas	EN 13263-1 / ASTM C1240	Normas internacionales para microsílice
Vida útil	36	meses (almacenado en lugar seco)
Compatibilidad con aditivos	Alta	Superplastificantes PCE, Sikament®, ViscoCrete®
Comportamiento en estado fresco	Mejorado	Mayor cohesión y bombeabilidad
Comportamiento en estado endurecido	Mejorado	Alta resistencia, baja permeabilidad

Nota. Ficha técnica SIKAFUME: 2022

Propiedades en el Concreto. Con la incorporación del microsílice, el concreto presentó las siguientes características:

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

SikaFume está libre de cloruros y de compuestos que puedan inducir la corrosión del acero, por lo que su uso es completamente seguro en estructuras de concreto armado o pretensado, sin necesidad de restricciones. (**Ficha técnica SIKAFUME, 2022, p. 1**)

4.1.1.2. Propiedades de la fibra de alcohol polivinílico (RUYUAN® FIBRE).

Ruyuan® Fibre es una fibra monofilamento de polipropileno 100% virgen diseñada para usarse en concreto y reducir el agrietamiento por contracción plástica. Mejora la capacidad de deformación del concreto fresco, disminuyendo así el agrietamiento plástico. (**Ficha técnica RUYUAN FIBRE, 2023, p. 1**)

Características Técnicas de la fibra de alcohol polivinílico (RUYUAN® FIBRE).

Tabla 9.

Rango de proporciones químicas presentes en la microsilice.

Fibra de Alcohol Polivinílico	
Tipo de Material	Fibras monofilamentadas de polipropileno 100% virgen
Longitud de la Fibra	3 a 22 mm
Diámetro Nominal	22 µm
Tenacidad	28.0 CN/Tex (2,745.96) MPa
Elongación a la Rotura	25%
Punto de Ablandamiento (fusión)	165 °C
Temperatura de Ignición	Superior a 350 °C
Densidad	0.91 g/mL
Absorción	Nula
Conductividad Térmica	Baja
Conductividad Eléctrica	Baja
Resistencia a Ácidos y Sales	Alta
Módulo de Young	3.5 kN/mm ²
Presentación	Bolsas de 600 g, 900 g, 1000 g (o según pedido)

Nota. Ficha técnica RUYUAN FIBRE: 2023, p. 1

Usos Comunes. La fibra de alcohol polivinílico es ideal para concreto en diferentes formas y tipos de estructuras tales como:

- Losas de piso.
- Entradas para vehículos.
- Paneles inclinados.
- Revestimientos de piso.
- Unidades prefabricadas.
- Concreto coloreado.

(Ficha técnica RUYUAN FIBRE, 2023, p. 1)

Ventajas

- Reduce el agrietamiento por contracción plástica.
- Mejora la resistencia al impacto, fragmentación y abrasión.
- No mancha.
- En shotcrete: reduce el rebote, permite capas más gruesas, minimiza el deslizamiento, aumenta la resistencia a fatiga.
- Resistente a álcalis y polvo.

(Ficha técnica RUYUAN FIBRE, 2023, p. 1)

4.1.2. Propiedades de los materiales relacionados al concreto estándar

4.1.2.1. Agregado fino de la cantera “La Sorpresa”

Tabla 10.

Propiedades Físicas del Agregado Fino

Agregado Fino		
Descripción	Resultados	
Módulo de fineza	2.81	
Contenido de Humedad	0.47	%
Absorción	1.72	%
Peso Específico	2.78	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto	1604.47	Kg/cm ³
Peso Unitario Compactado	1791.63	Kg/cm ³

4.1.2.2. Agregado grueso de la cantera “La Sorpresa”**Tabla 11.***Propiedades Físicas del Agregado Grueso*

Agregado Grueso		
Descripción	Resultados	
Tamaño Máximo Nominal	3/4"	pulg.
Contenido de Humedad	0.31	%
Absorción	0.44	%
Peso Específico	2.65	gr/cm ³
Peso Unitario Suelto	1402.58	Kg/cm ³
Peso Unitario Compactado	1591.52	Kg/cm ³

4.1.3. Relación agua cemento para un concreto estándar con una resistencia de 210 kg/cm²**4.1.3.1. Diseño de mezcla de la Muestra Patrón**

Se expuso la proporción en peso correspondiente al diseño de mezcla utilizada para la muestra patrón, cuya información detallada se encuentra disponible para su revisión en el **Anexo 04.**

4.1.3.2. Dosificación en peso del Diseño de Mezcla para un $F'c=210 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ y relación a/c (Muestra Patrón)**Tabla 12.***Dosificación en peso del Diseño de Mezcla para un $F'c= 210 \text{ Kg}/\text{cm}^2$ y relación a/c (Muestra Patrón)*

Cemento	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua	a/c (Diseño)	a/c (Efectiva)
1	2.12	2.70	25.03	0.5584	0.5889

4.1.3.2.1. Dosificación en Peso del Diseño de Mezcla para un $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ (Adición de Microsílice y Fibra de Alcohol Polivinílico)

Tabla 13.

Cantidad en peso del Diseño de Mezcla para un $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (Adición del 5%, 10% y 15% de Microsílice (MCS) y 0.5%, 1% Y 1.5% de fibra de alcohol polivinílico (FPVA))

Descripción	Patrón	Cantidad de Material (Kg)									
		0.5% FPVA - 5% MCS	0.5% FPVA - 10% MCS	0.5% FPVA - 15% MCS	1.0% FPVA - 5% MCS	1.0% FPVA - 10% MCS	1.0% FPVA - 15% MCS	1.5% FPVA - 5% MCS	1.5% FPVA - 10% MCS	1.5% FPVA - 15% MCS	
Cemento	367.12	367.12	367.12	367.12	367.12	367.12	367.12	367.12	367.12	367.12	367.12
A. Fino	777.07	777.07	777.07	777.07	777.07	777.07	777.07	777.07	777.07	777.07	777.07
A. Grueso	989.78	989.78	989.78	989.78	989.78	989.78	989.78	989.78	989.78	989.78	989.78
Aqua	215.99	215.99	215.99	215.99	215.99	215.99	215.99	215.99	215.99	215.99	215.99
Microsílice	0.00	18.36	36.71	55.07	55.07	55.07	55.07	55.07	55.07	55.07	55.07
Fibra de PVA	0.00	4.55	4.55	4.55	9.10	9.10	9.10	13.65	13.65	13.65	13.65

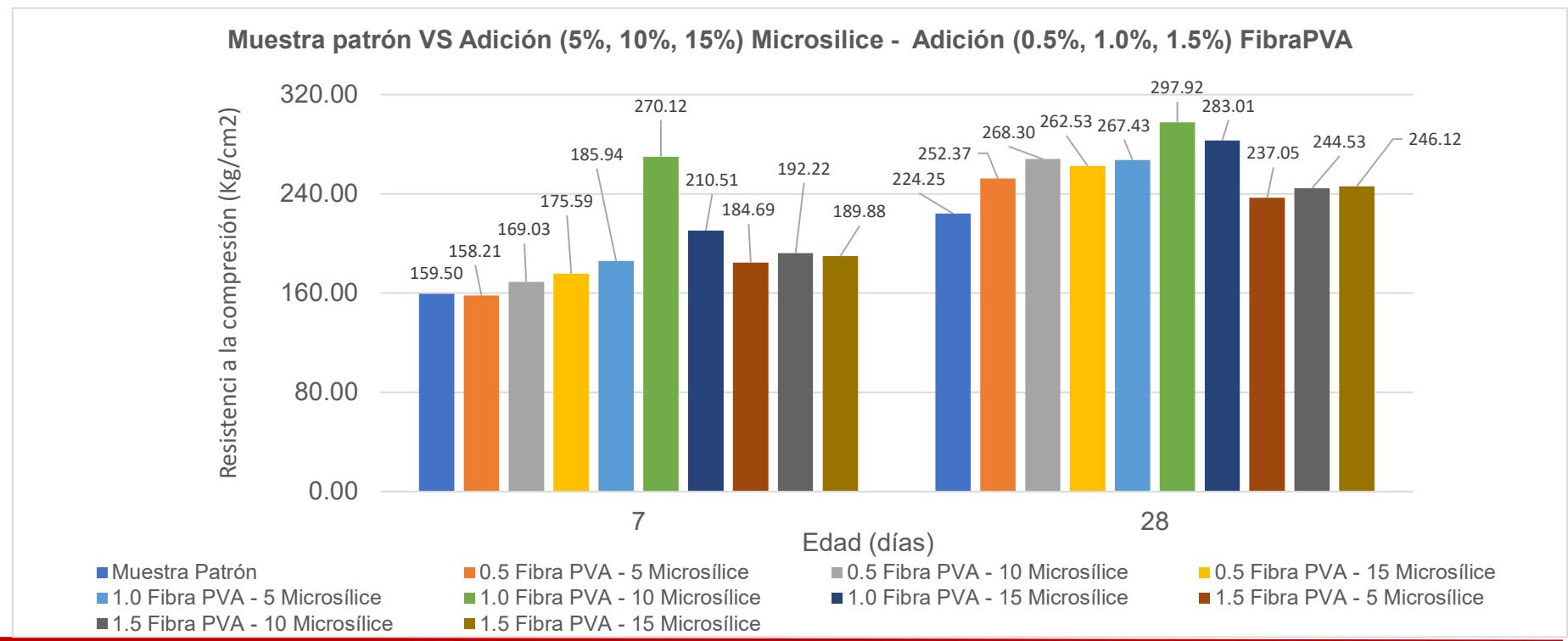
4.1.4. Propiedades físico - mecánicas del concreto estándar mediante la adición del microsilice al 5%, 10% y 15% del cemento portland tipo I y de la fibra de alcohol polivinílico al 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto

4.1.4.1. Propiedades Mecánicas

4.1.4.1.1. Gráficos de Resistencia a la Compresión de testigos de Concreto sin y con Adición del 5%, 10% y 15% con Microsilice y del 0.5%, 1% y 1.5% con Fibra PVA para $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Figura 5.

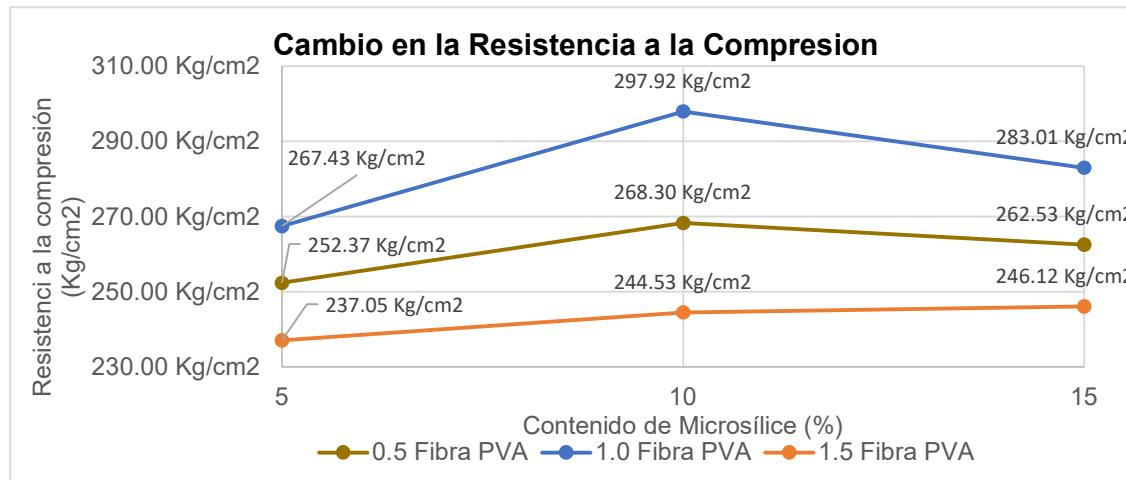
Diagrama de barras de testigos cilíndricos de concreto $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (Muestra patrón VS Adición 5%, 10% y 15% con Microsilice - Adición 0.5%, 1% y 1.5% con Fibra PVA)



– En la Figura 5 comenzando con la interpretación, se observó que la muestra patrón sin MSC (0%) ni fibra PVA (0%) obtuvo como resultados la menor resistencia a la compresión a los 7 y 28 días de curado. Este hallazgo determinó el punto de referencia a partir del cual se efectuó la comparación con las demás muestras. Al adicionar 5% de microsílice y 0.5% fibra PVA y a los 7 días de curado, disminuyó en 1.29 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 28.12 Kg/cm^2 , al adicionar 10% de microsílice y 0.5% fibra PVA a la edad de 7 días, superó en 9.53 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 44.05 Kg/cm^2 , al adicionar 15% de microsílice y 0.5% fibra PVA a la edad de 7 días, superó en 16.09 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 38.28 Kg/cm^2 , al adicionar 5% de microsílice y 1.0% fibra PVA a la edad de 7 días, superó en 26.44 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 43.18 Kg/cm^2 , al adicionar 10% de microsílice y 1.0% fibra PVA a la edad de 7 días, superó en 110.62 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 73.67 Kg/cm^2 , al adicionar 15% de microsílice y 1.0% fibra PVA a la edad de 7 días, superó en 51.01 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 58.76 Kg/cm^2 , al adicionar 5% de microsílice y 1.5% fibra PVA a la edad de 7 días, superó en 25.19 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 12.80 Kg/cm^2 , al adicionar 10% de microsílice y 1.5% fibra PVA a la edad de 7 días, superó en 32.72 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 20.28 Kg/cm^2 , al adicionar 15% de microsílice y 1.5% fibra PVA a la edad de 7 días, superó en 30.38 Kg/cm^2 y a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica, superó en 21.87 Kg/cm^2 . Se pudo apreciar claramente que la adición del 10% de microsílice y 1.0% de fibra PVA dio como resultado una variación positivamente significativa de la resistencia a la compresión. Este aumento notable subrayó la eficiencia de esta adición específica.

Figura 6.

Cambio en la Resistencia a la Compresión $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$



- Como se puede observar en la Figura 6 el comportamiento de la resistencia a la compresión al aumentar el contenido de microsílice bajo la condición de uso constante de Fibra PVA, como se puede observar la resistencia a la compresión alcanzó su valor máximo cuando se tiene el contenido de microsílice al 10% y Fibra PVA al 1.0%. También se observó que al adicionar un porcentaje mayor al 10% del microsílice empieza a disminuir la resistencia a la compresión de este modo, se identifica un eventual punto de saturación a partir del cual el incremento en el contenido de microsílice deja de generar ventajas adicionales de manera proporcional, específicamente en lo relacionado con el aumento de la resistencia a la compresión del concreto

4.1.4.2. Propiedades Físicas

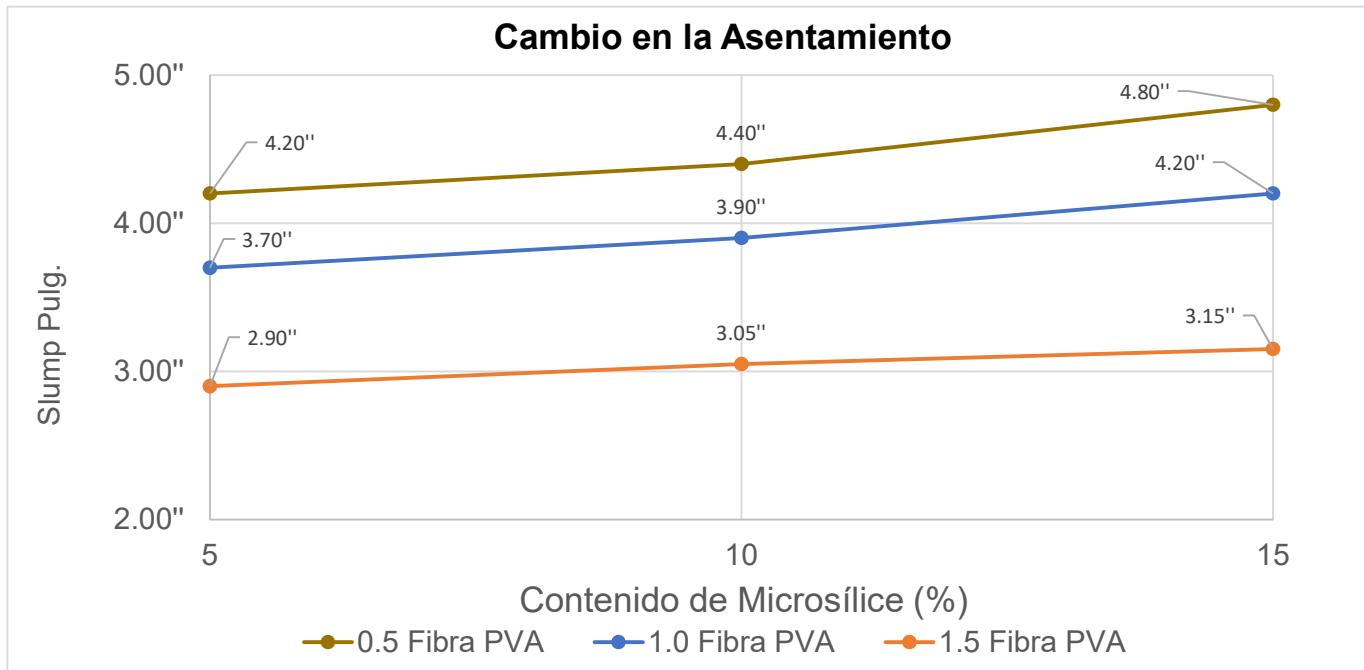
4.1.4.2.1. *Slump del Concreto Patrón y el Concreto con Adición Parcial del Microsílice y Fibra PVA.*

En la Tabla 14 se presenta el resumen de los valores de asentamiento (Slump) y de la resistencia a la compresión obtenidos durante el desarrollo de la presente investigación.

Tabla 14.

Resultados Slump $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Muestra	Slump 1	Slump 2	Slump Promedio	Resistencia (Kg/cm^2)	
				7 días	28 días
Patrón	3.00"	3.40"	3.20"	159.50 Kg/cm^2	224.25 Kg/cm^2
0.5 Fibra PVA - 5 Microsílice	4.10"	4.30"	4.20"	158.21 Kg/cm^2	252.37 Kg/cm^2
0.5 Fibra PVA - 10 Microsílice	4.70"	4.10"	4.40"	169.03 Kg/cm^2	268.30 Kg/cm^2
0.5 Fibra PVA - 15 Microsílice	4.60"	5.00"	4.80"	175.59 Kg/cm^2	262.53 Kg/cm^2
1.0 Fibra PVA - 5 Microsílice	3.80"	3.60"	3.70"	185.94 Kg/cm^2	267.43 Kg/cm^2
1.0 Fibra PVA - 10 Microsílice	4.00"	3.80"	3.90"	270.12 Kg/cm^2	297.92 Kg/cm^2
1.0 Fibra PVA - 15 Microsílice	4.50"	3.90"	4.20"	210.51 Kg/cm^2	283.01 Kg/cm^2
1.5 Fibra PVA - 5 Microsílice	2.60"	3.20"	2.90"	184.69 Kg/cm^2	237.05 Kg/cm^2
1.5 Fibra PVA - 10 Microsílice	3.20"	2.90"	3.05"	192.22 Kg/cm^2	244.53 Kg/cm^2
1.5 Fibra PVA - 15 Microsílice	3.30"	3.00"	3.15"	189.88 Kg/cm^2	246.12 Kg/cm^2
% Optimo Fibra PVA - % Optimo Microsílice	3.70"	3.60"	3.65"	-	326.44 Kg/cm^2

Figura 7.*Cambio de Asentamiento (Slump) (Adición % Microsílice - Adición % Fibra PVA)*

- Según lo que se observa en la Tabla 14 el concreto de diseño de 210 kg/cm^2 y sin adición (muestra patrón), presentó un asentamiento (slump) de $3.2''$, lo que indicó una mezcla trabajable con consistencia plástica.
- Según la Figura 7 el slump de la mezcla de concreto estándar $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ comenzó aumentar al adicionar parcialmente el microsílice y a disminuir al adicionar parcialmente la fibra PVA. Luego se halló el mejor porcentaje de adición parcial y se pudo comprobar que:
 - El asentamiento (Slump) registrado en la muestra de concreto convencional se incrementa, al igual que su nivel de manejabilidad o facilidad de colocación, cuando se eleva el porcentaje de incorporación parcial de microsílice en la mezcla.
 - El Slump de la muestra de concreto estándar disminuye, así como la trabajabilidad cuando el porcentaje de adición parcial de la fibra PVA es mayor.

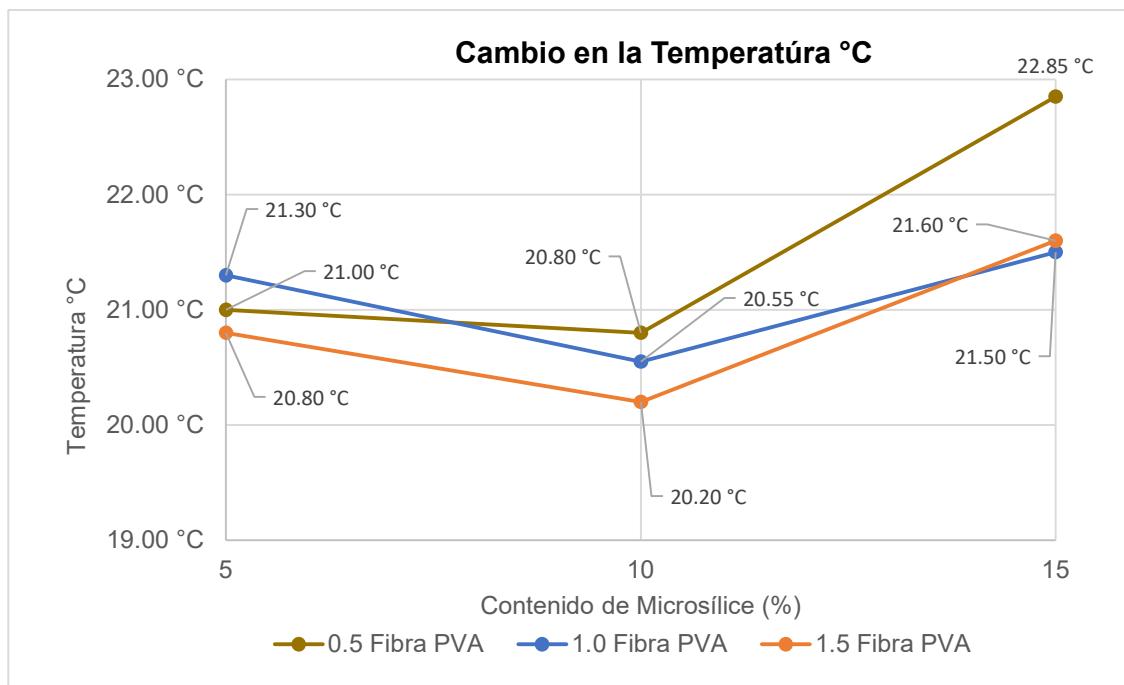
4.1.4.2.2. Temperatura del Concreto Patrón y el Concreto con Adición Parcial del

Microsílice y Fibra PVA. En la Tabla 15 se presenta el resumen de los valores de temperatura y de la resistencia a la compresión obtenidos durante el desarrollo de la presente investigación.

Tabla 15.

Resultados Temperatura $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Muestra	Temperatura °C	Resistencia (Kg/cm2)	
		7 días	28 días
Patrón	21.50 °C	21.30 °C	21.40 °C
0.5 Fibra PVA - 5 Microsílice	20.50 °C	21.50 °C	21.00 °C
0.5 Fibra PVA - 10 Microsílice	20.00 °C	21.60 °C	20.80 °C
0.5 Fibra PVA - 15 Microsílice	22.80 °C	22.90 °C	22.85 °C
1.0 Fibra PVA - 5 Microsílice	21.60 °C	21.00 °C	21.30 °C
1.0 Fibra PVA - 10 Microsílice	20.15 °C	20.95 °C	20.55 °C
1.0 Fibra PVA - 15 Microsílice	21.70 °C	21.30 °C	21.50 °C
1.5 Fibra PVA - 5 Microsílice	20.50 °C	21.10 °C	20.80 °C
1.5 Fibra PVA - 10 Microsílice	19.80 °C	20.60 °C	20.20 °C
1.5 Fibra PVA - 15 Microsílice	22.00 °C	21.20 °C	21.60 °C
% Optimo Fibra PVA - % Optimo Microsílice	20.60 °C	20.10 °C	20.35 °C
			-
			326.44 Kg/cm2

Figura 8.*Cambio de Temperatura °C (Adición % Microsílice - Adición % Fibra PVA)*

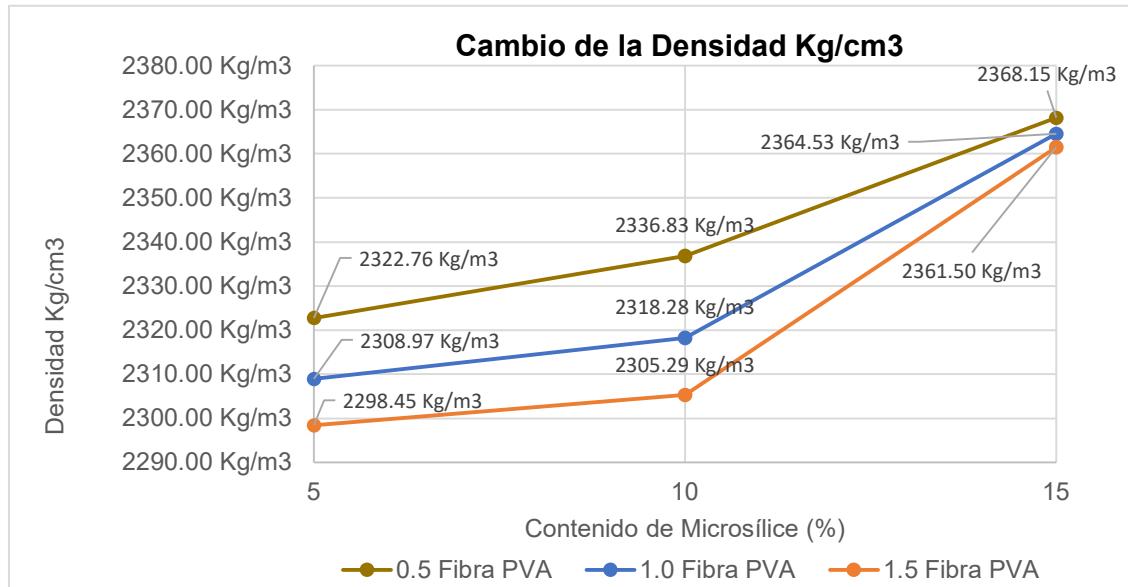
- El concreto de diseño de 210 kg/cm² y sin adición (muestra patrón) presentó una Temperatura 20.20 °C.
- De la figura 8, se observa que la influencia del microsílice y la fibra PVA en la temperatura del concretó es variable.

4.1.4.2.3. Peso Unitario (Densidad) y Contenido de Aire del Concreto Fresco (Gravimétrico) del Concreto Patrón y el Concreto con Adición Parcial del Microsílice y Fibra PVA. Se muestra el resumen de las tomas de Peso unitario y contenido de aire en la presente investigación, en la Tabla 16

Tabla 16.

Resultados Temperatura $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

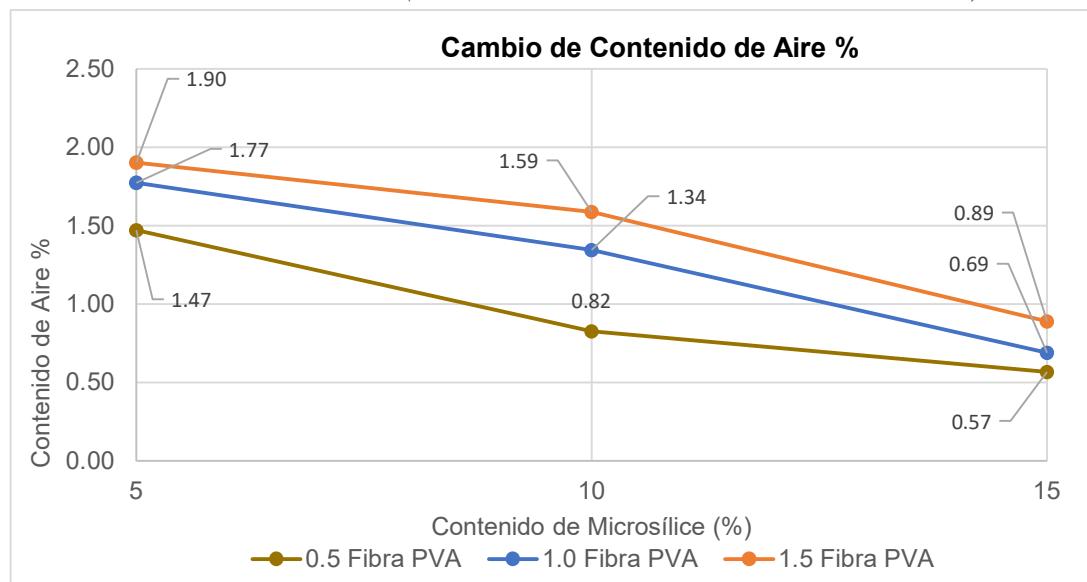
Muestra	Densidad kg/m ³	Vacios %
Patrón	2281.08 Kg/m ³	3.617
0.5 Fibra PVA - 5 Microsílice	2322.76 Kg/m ³	1.472
0.5 Fibra PVA - 10 Microsílice	2336.83 Kg/m ³	0.825
0.5 Fibra PVA - 15 Microsílice	2368.15 Kg/m ³	0.567
1.0 Fibra PVA - 5 Microsílice	2308.97 Kg/m ³	1.775
1.0 Fibra PVA - 10 Microsílice	2318.28 Kg/m ³	1.344
1.0 Fibra PVA - 15 Microsílice	2364.53 Kg/m ³	0.689
1.5 Fibra PVA - 5 Microsílice	2298.45 Kg/m ³	1.902
1.5 Fibra PVA - 10 Microsílice	2305.29 Kg/m ³	1.588
1.5 Fibra PVA - 15 Microsílice	2361.50 Kg/m ³	0.889
% Optimo Fibra PVA - % Optimo Microsílice	2330.14 Kg/m ³	0.827

Figura 9.*Cambio de Densidad Kg/cm³ (Adición % Microsílice - Adición % Fibra PVA)*

- El concreto de diseño de 210 kg/cm² y sin adición (muestra patrón) presentó una Densidad de 2,281.08 Kg/m³.
- De la Figura 9 se infirió que, a medida que se elevaba el porcentaje de adición de MSC, la densidad del concreto muestra un incremento progresivo; en contraste, al incrementarse la proporción de fibra PVA incorporada en la mezcla, se evidenció una reducción en la densidad del concreto en el concreto fresco.

Figura 10.

Cambio de Contenido de Aire % (Adición % Microsílice - Adición % Fibra PVA)



– El concreto de diseño de 210 kg/cm^2 y sin adición (muestra patrón) presentó un % de vacíos de 3.617%.

– De la figura 10, se observa que a medida que el porcentaje de adición del microsílice aumentó, disminuyó el porcentaje de contenido de aire y cuando aumenta la adición de la fibra PVA, aumenta el contenido de aire.

4.1.4.2.4. Evaluación de las Propiedades del Concreto con Adición Parcial de Microsílice y Fibra PVA y Selección del Óptimo Porcentaje de Adición Parcial. A partir de los ensayos de resistencia a la compresión y flexión en los especímenes los cuales son los más relevantes, se determinó que óptimo contenido de adición del microsílice en base al peso del Cemento Portland Tipo I es 10% y el porcentaje óptimo de la Fibra PVA en base al Volumen del concreto es 1.0% para un diseño con $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

4.1.5. Influencia de la adición óptima del microsilice y de la fibra de alcohol polivinílico (PVA)

4.1.5.1. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de testigos de concreto con mejor comportamiento resistente (porcentaje óptimo)

Tabla 17.

Testigos Cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del concreto con Fibra PVA evaluados a los 28 días

TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - OPTIMA RESISTENCIA					
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS					
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C	%
1	57,590.00 Kg.	15.10 cm	179.08 cm ²	321.59 Kg/cm ²	153.14%
2	58,060.00 Kg.	15.20 cm	181.46 cm ²	319.96 Kg/cm ²	152.36%
3	58,320.00 Kg.	15.18 cm	180.98 cm ²	322.24 Kg/cm ²	153.45%
4	59,230.00 Kg.	14.95 cm	175.54 cm ²	337.42 Kg/cm ²	160.68%
5	57,900.00 Kg.	14.98 cm	176.24 cm ²	328.52 Kg/cm ²	156.44%
6	58,930.00 Kg.	15.10 cm	179.08 cm ²	329.07 Kg/cm ²	156.70%
7	57,590.00 Kg.	15.12 cm	179.55 cm ²	320.74 Kg/cm ²	152.73%
8	58,400.00 Kg.	15.17 cm	180.74 cm ²	323.11 Kg/cm ²	153.86%
9	58,930.00 Kg.	15.16 cm	180.50 cm ²	326.47 Kg/cm ²	155.46%
10	58,360.00 Kg.	15.15 cm	180.27 cm ²	323.74 Kg/cm ²	154.16%
11	58,360.00 Kg.	15.10 cm	179.08 cm ²	325.89 Kg/cm ²	155.19%
12	57,500.00 Kg.	15.07 cm	178.37 cm ²	322.37 Kg/cm ²	153.51%
13	59,010.00 Kg.	15.12 cm	179.55 cm ²	328.65 Kg/cm ²	156.50%
14	58,120.00 Kg.	15.08 cm	178.60 cm ²	325.41 Kg/cm ²	154.96%
15	58,760.00 Kg.	15.20 cm	181.46 cm ²	323.82 Kg/cm ²	154.20%
16	58,030.00 Kg.	14.98 cm	176.24 cm ²	329.26 Kg/cm ²	156.79%
17	58,910.00 Kg.	14.97 cm	176.01 cm ²	334.70 Kg/cm ²	159.38%

18	58,900.00 Kg.	15.16 cm	180.50 cm ²	326.31 Kg/cm ²	155.38%
19	58,000.00 Kg.	15.08 cm	178.60 cm ²	324.74 Kg/cm ²	154.64%
20	59,060.00 Kg.	15.04 cm	177.66 cm ²	332.44 Kg/cm ²	158.30%
21	58,130.00 Kg.	15.12 cm	179.55 cm ²	323.75 Kg/cm ²	154.17%
22	58,430.00 Kg.	14.98 cm	176.24 cm ²	331.53 Kg/cm ²	157.87%
23	58,060.00 Kg.	14.99 cm	176.48 cm ²	328.99 Kg/cm ²	156.66%
24	59,090.00 Kg.	15.20 cm	181.46 cm ²	325.64 Kg/cm ²	155.07%
25	57,870.00 Kg.	15.15 cm	180.27 cm ²	321.02 Kg/cm ²	152.87%
26	57,840.00 Kg.	15.08 cm	178.60 cm ²	323.84 Kg/cm ²	154.21%
27	59,120.00 Kg.	15.14 cm	180.03 cm ²	328.39 Kg/cm ²	156.38%
28	58,340.00 Kg.	14.99 cm	176.48 cm ²	330.58 Kg/cm ²	157.42%
29	57,760.00 Kg.	15.13 cm	179.79 cm ²	321.26 Kg/cm ²	152.98%
30	58,600.00 Kg.	15.00 cm	176.71 cm ²	331.61 Kg/cm ²	157.91%

En la tabla 17 se visualiza que la resistencia a la compresión mejora en un 55.45% al adicionar el porcentaje óptimo de 10% del peso del cemento con microsílice y 1% del volumen del concretó con fibra PVA en una muestra de 30 probetas cilíndricas. El valor de 326.44 kg/cm² corresponde a la media muestral.

Media

$$X = \frac{\sum \text{Resistencias de ensayos}}{n} \dots \dots \dots \quad (13)$$

Ecuación 01. Media

Dónde:

X= Media Σ = Sumatoria de resistencias **n**= Número total de pruebas

Desviación estándar

Ecuación 02. Desviación Estándar

Dónde:

Ds= Desviación estándar X= Media Xn= Resistencia a la compresión obtenida

Coeficiente de variación

Ecuación 03. Coeficiente de Variación

Dónde:

Ds= Desviación estándar **X**= Media **V**= Coeficiente de variación

Tabla 18.

Resultado de la Estadística Descriptiva de los Testigos Cilíndricos de concreto de $F'c=210$ Kg/cm^2 con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del concreto con Fibra PVA.

Estadística Descriptiva	
Media	326.44 Kg/cm ²
Desviación Estándar	4.40
Coeficiente de Variación	1.35
Mínimo	319.96 Kg/cm ²
Máximo	337.42 Kg/cm ²
Muestra	30

Tabla 19.

Valores de dispersión en el control estadístico del concreto estándar

DISPERSION TOTAL					
CLASE DE OPERACIÓN	Desviación Estándar para diferentes grados de control (kg/cm ²)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 28.1	28.1 a 35.2	35.2 a 42.2	42.2 a 49.2	> a 49.2
Concreto en laboratorio	< a 14.1	14.1 a 17.6	17.6 a 21.1	21.1 a 24.6	> a 24.6
DISPERSION ENTRE TESTIGOS					
CLASE DE OPERACIÓN	Coeficiente de Variación para diferentes grados de control (%)				
	Excelente	Muy bueno	Bueno	Suficiente	Deficiente
Concreto en obra	< a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	5.0 a 6.0	> a 6.0
Concreto en laboratorio	< a 2.0	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0	4.0 a 5.0	> a 5.0

Nota. Tópicos de Tecnología del concreto, Pasquel (1999, 2da Ed, p.161)

– Al contrastar el valor de la desviación estándar calculada con los intervalos de dispersión global establecidos para el concreto en la Tabla 19, se determinó que el material producido en condiciones de laboratorio alcanza una calificación correspondiente a la categoría de excelente. Esto se debe a que el valor obtenido de la desviación estándar ($D_s = 4.40$) resulta considerablemente menor al límite máximo de referencia fijado en 14.1, lo que evidencia una alta uniformidad y homogeneidad en las propiedades del concreto analizado.

– Al efectuar el análisis correspondiente al coeficiente de variación que refleja la dispersión existente entre los testigos ensayados, y de acuerdo con lo consignado en la Tabla 19, se determinó que el concreto elaborado en laboratorio registró un valor equivalente a 1.35. Este resultado se ubicó dentro del rango inferior, específicamente en el intervalo menor a 2.0, lo cual permitió establecer que el nivel de uniformidad y consistencia alcanzado por las probetas es altamente satisfactorio. En consecuencia, el concreto evaluado fue clasificado dentro de la categoría de excelente, evidenciando un control adecuado en el proceso de mezclado y una baja variabilidad en sus propiedades mecánicas.

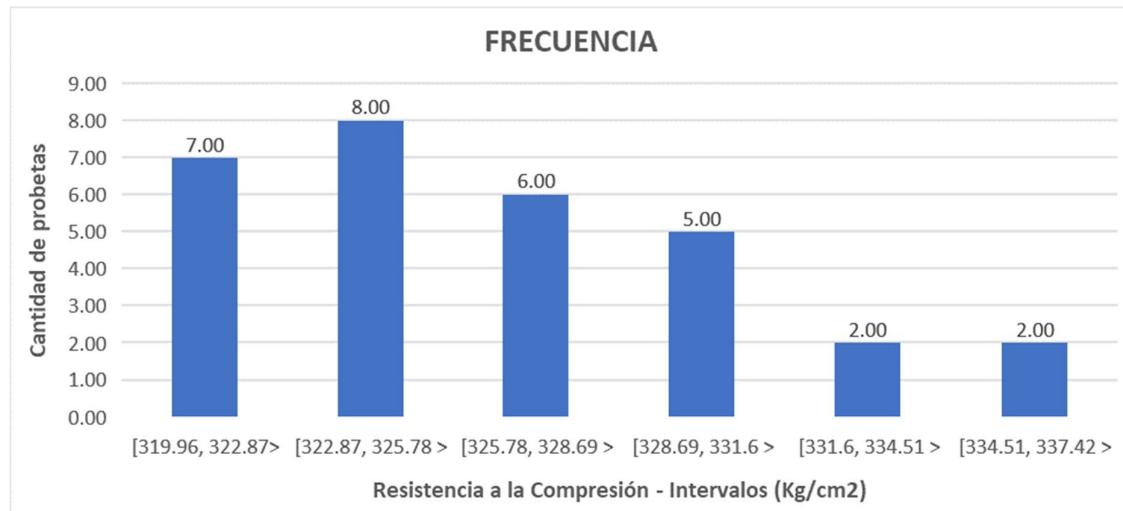
Tabla 20.

Frecuencia de Testigos Cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA.

Intervalo	Frecuencia
[319.96, 322.87>	7.00
[322.87, 325.78 >	8.00
[325.78, 328.69 >	6.00
[328.69, 331.6 >	5.00
[331.6, 334.51 >	2.00
[334.51, 337.42 >	2.00

Figura 11.

Histograma de testigos cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA



Distribución Normal: Los resultados de resistencia a la compresión para un determinado concreto suelen ajustarse a una distribución normal de frecuencias. Esto es útil para analizar la probabilidad de una variable continua en torno a un valor promedio. El área total bajo la curva normal equivale al 100 % de los datos, y el eje horizontal abarca aproximadamente seis veces la desviación estándar (6 Ds). A partir de esto, se establecen

intervalos sumando o restando múltiplos de la desviación estándar al valor medio, para definir los distintos porcentajes de ocurrencia. La fórmula que describe este comportamiento es:

Ecuación 04. Distribución Normal

Dónde:

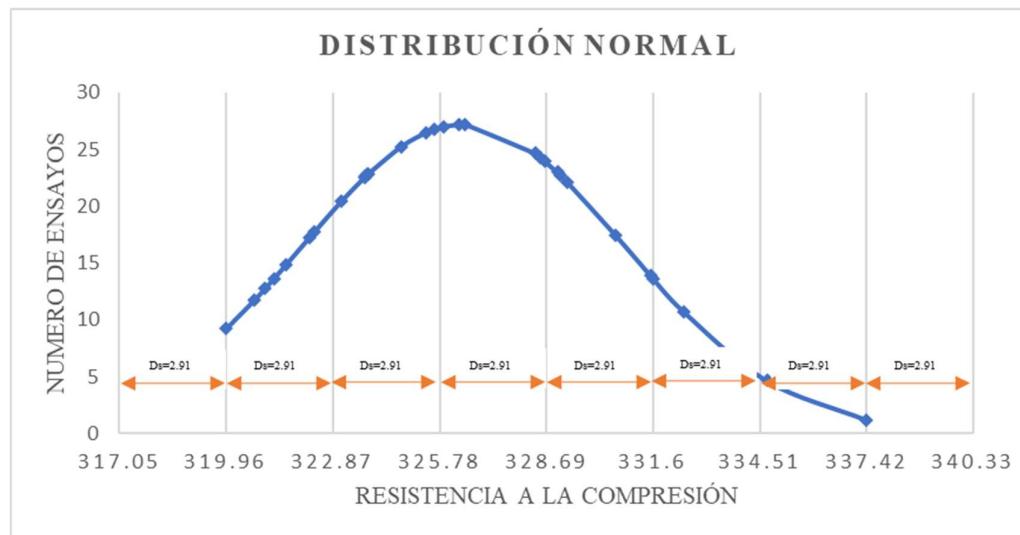
Ds = Desviación estándar

X = Cada valor del ensayo en su posición i

Xprom = Media

Figura 12.

Distribución Normal – Testigos cilíndricos de Concreto de $F'c=210\text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA



De la Figura 12. Se afirmó lo siguiente:

- Existe la probabilidad de ocurrencia que el 54.87% de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los testigos de concreto elaborados con adición al 10% del Cemento Portland I con Microsílice y adición al 1.0% de volumen del concreto con Fibra PVA oscilen entre 325.78 Kg/cm^2 y 331.60 Kg/cm^2 a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica.

- Existe la probabilidad de ocurrencia que el 88.60% de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los testigos de concreto elaborados con adición al 10% del Cemento Portland I con Microsílice y adición al 1.0% de volumen del concreto con Fibra PVA oscilen entre 322.87 Kg/cm^2 y 334.51 Kg/cm^2 a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica.
- Existe la probabilidad de ocurrencia que el 97.82% de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de los testigos de concreto elaborados con adición al 10% del Cemento Portland I con Microsílice y adición al 1.0% de volumen del concreto con Fibra PVA oscilen entre 319.96 Kg/cm^2 y 337.42 Kg/cm^2 a los 28 días de curado de la probeta cilíndrica.

4.1.5.2. Resultados del ensayo de resistencia a la flexión de testigos de concreto con mejor comportamiento resistente (porcentaje óptimo)

Tabla 21.

Testigos Cilíndricos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del concreto con Fibra PVA evaluados a los 28 días

TESTIGOS PRISMÁTICOS DE CONCRETO - OPTIMA RESISTENCIA							
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS							
PROBETA	FUERZA	ANCHO	ALTO	LARGO	F'C	%	
1	3,500.00 Kg.	15.00 cm	15.00 cm	50.00 cm ²	48.00 Kg/cm ²	23%	
2	3,000.00 Kg.	15.00 Kg.	15.00 Kg.	50.00 Kg.	41.00 Kg/cm ²	20%	
3	3,460.00 Kg.	15.00 Kg.	15.00 Kg.	50.00 Kg.	47.00 Kg/cm ²	22%	
4	3,250.00 Kg.	15.00 Kg.	15.00 Kg.	50.00 Kg.	45.00 Kg/cm ²	21%	
5	3,420.00 Kg.	15.00 Kg.	15.00 Kg.	50.00 Kg.	47.00 Kg/cm ²	22%	
6	3,760.00 Kg.	15.00 Kg.	15.00 Kg.	50.00 Kg.	52.00 Kg/cm ²	25%	
RESISTENCIA PROMEDIO:						46.67 Kg/cm²	

Tabla 22.

Resultado de la Estadística Descriptiva de los Testigos Prismáticos de concreto de $F'c=210$ Kg/cm² Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA.

Estadística Descriptiva	
Media	46.67 Kg/cm ²
Desviación Estándar	3.61
Coeficiente de Variación	3.75
Mínimo	41.00 Kg/cm ²
Máximo	52.00 Kg/cm ²
Muestra	6

– Al proceder a situar el valor de la desviación estándar obtenida en los ensayos dentro de los márgenes de dispersión total establecidos para el concreto, tal como se especifica en la Tabla 19, se pudo determinar que el material fabricado en laboratorio alcanza una calificación de nivel excelente. Este resultado se fundamenta en que el valor calculado de la desviación estándar ($D_s = 3.61$) se encuentra claramente por debajo del límite máximo de referencia (14.1), lo que evidencia una muy baja variabilidad en los resultados experimentales, reflejando así una notable homogeneidad en las mezclas y un control adecuado de los procedimientos de elaboración.

Tabla 23.

Frecuencia de Testigos Prismáticos de concreto de $F'c=210$ Kg/cm² Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsílice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA.

Intervalo	Frecuencia
[41, 42.83>	1.00
[42.83, 44.67>	0.00
[44.67, 46.5 >	1.00
[46.5, 48.33 >	3.00
[48.33, 50.17 >	0.00
[50.17, 52 >	1.00

Figura 13.

Histograma de testigos prismáticos de concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA

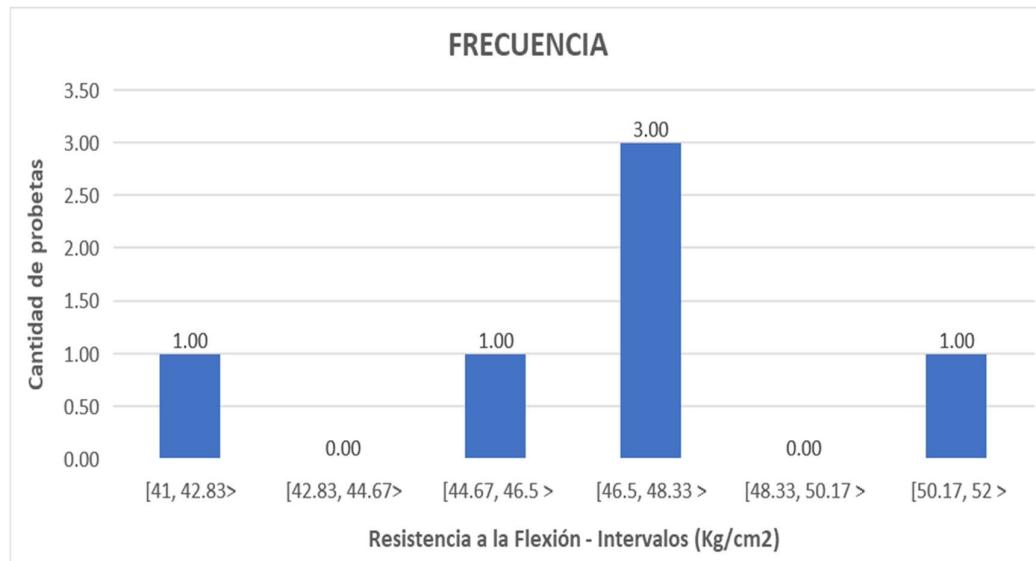
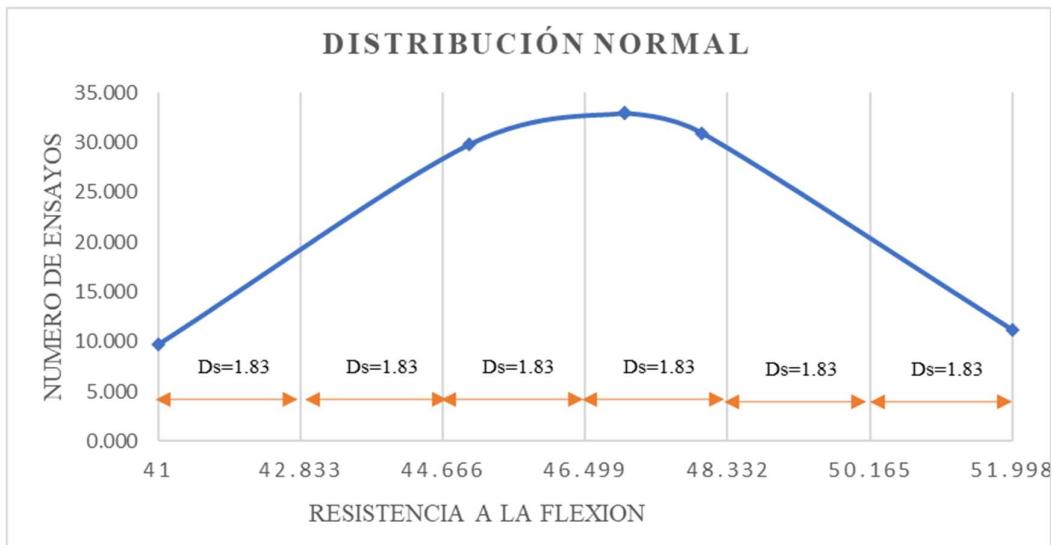


Figura 14.

Distribución Normal – Testigos prismáticos de Concreto de $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ con Adición de 10% de Cemento Portland I con Microsilice y Adición de 1.0% de Volumen del espécimen con Fibra PVA



De la Figura 14. Distribución Normal podemos afirmar lo siguiente:

- Existe la probabilidad de ocurrencia que el 67.80% de los resultados de los ensayos para determinar el módulo de rotura de los testigos de concreto elaborados con adición al 10% del Cemento Portland I con Microsílice y adición al 1.0% de volumen del concreto con Fibra PVA oscilen entre 44.67 Kg/cm^2 y 48.33 Kg/cm^2 a los 28 días de curado de la probeta prismática.
- Existe la probabilidad de ocurrencia que el 95.30% de los resultados de los ensayos para determinar el módulo de rotura de los testigos de concreto elaborados con adición al 10% del Cemento Portland I con Microsílice y adición al 1.0% de volumen del concreto con Fibra PVA oscilen entre 42.83 Kg/cm^2 y 50.17 Kg/cm^2 a los 28 días de curado de la probeta prismática.
- Existe la probabilidad de ocurrencia que el 99.71% de los resultados de los ensayos para determinar el módulo de rotura de los testigos de concreto elaborados con adición al 10% del Cemento Portland I con Microsílice y adición al 1.0% de volumen del concreto con Fibra PVA oscilen entre 41 Kg/cm^2 y 52 Kg/cm^2 a los 28 días de curado de la probeta prismática.

4.1.6. Prueba de hipótesis

La prueba de la hipótesis formulada para la tesis, se enfocó en comprobar la afirmación que la incorporación de microsílice en proporciones del 5%, 10% y 15% respecto al contenido de cemento, así como la adición de fibras de alcohol polivinílico en porcentajes del 0.5%, 1.0% y 1.5% en relación al volumen del concreto, generan variaciones significativas en las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar.

Hipótesis nula (HO): La adición del microsílice en proporciones del 5%, 10% y 15% respecto al contenido de cemento y la adición de fibras de alcohol polivinílico en porcentajes del 0.5%, 1.0% y 1.5% en relación al volumen del concreto no varían significativamente las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar.

Hipótesis alternativa (H1): La adición del microsilice en proporciones del 5%, 10% y 15% respecto al contenido de cemento y la adición de fibras de alcohol polivinílico en porcentajes del 0.5%, 1.0% y 1.5% en relación al volumen del concreto varían significativamente las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar.

La comprobación de la hipótesis se llevó a cabo utilizando el análisis ANOVA para la aceptar o rechazar la hipótesis nula con respecto a la resistencia a la compresión (Propiedad mecánica).

Tabla 24.

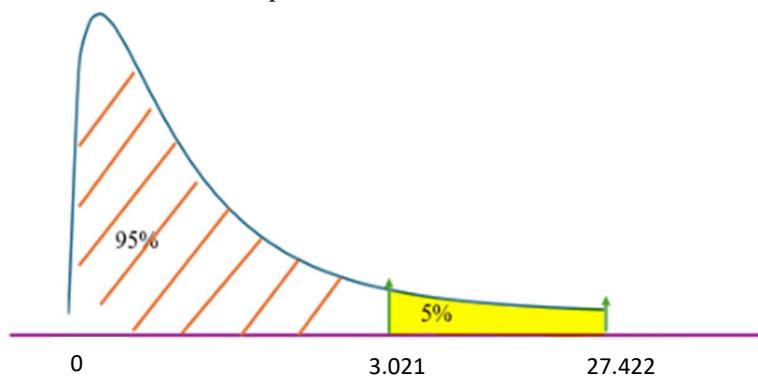
Análisis de varianza de la resistencia a la compresión con $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sin y con Adición del 5%, 10% y 15% del peso del cemento con Microsilice y del 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto con Fibra PVA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad para F	Valor crítico
Entre grupos	8731.07817	9	970.119797	27.4228361	6.8184E-06	3.02038295
Dentro de los grupos	353.763482	10	35.3763482			
Total	9084.84166	19				

El análisis del estadístico F reveló un valor de 27.4228361, el cual excedió considerablemente el valor crítico de F de 3.0208295, como se puede observar en la Figura 15, indicando la existencia de diferencias significativas entre los distintos grupos. De manera adicional, la probabilidad asociada (valor P = 6.8184E-06) resultó notablemente inferior al nivel de significancia convencional de 0.05, lo que confirma y respalda la presencia de diferencias estadísticamente relevantes entre los grupos evaluados.

Figura 15.

Valor critico – Resistencia a la Compresión



En conclusión, al obtener un F-estadístico superior al valor crítico y una probabilidad menor al nivel de significancia de 0.05, se procedió a rechazar la hipótesis nula. Estos resultados demostraron que la incorporación de microsílice y fibra PVA, en los distintos porcentajes evaluados, tuvo una influencia significativa sobre la resistencia a la compresión (propiedad mecánica del concreto), respaldando la hipótesis planteada en la investigación

La Tabla 25 mostró los hallazgos del análisis HSD de Tukey para la resistencia a la compresión del concreto con $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, adicionando microsílice en 5%, 10% y 15% del peso del cemento y Fibra PVA en 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto. En la siguiente tabla, se presenta una interpretación resumida y clara de dichos datos.

Tabla 25.

Tukey de la resistencia a la compresión con $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sin y con Adición del 5%, 10% y 15% del peso del cemento con Microsílice y del 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto con Fibra PVA

Porcentaje de Adición	N	Diferencia muestral	Subconjunto para alfa = 0.05
0.5 Fibra PVA - 5 Microsílice	2	28.12307	0.0167388
0.5 Fibra PVA - 10 Microsílice	2	44.049491	0.0005632
0.5 Fibra PVA - 15 Microsílice	2	38.27653	0.0017654
1.0 Fibra PVA - 5 Microsílice	2	43.179742	0.0006648
1.0 Fibra PVA - 10 Microsílice	2	73.664831	5.742E-06
1.0 Fibra PVA - 15 Microsílice	2	58.762318	4.582E-05
1.5 Fibra PVA - 5 Microsílice	2	12.79615	0.5348596
1.5 Fibra PVA - 10 Microsílice	2	20.281075	0.1095349
1.5 Fibra PVA - 15 Microsílice	2	21.864584	0.0749878
Sig.			1.000

Se observa que el concreto con una adición de 10% de MSC y 1.0% de fibra PVA mostro el valor más alto de diferencia muestral con respecto a la resistencia a la compresión, eso significa que estos porcentajes fueron los más efectivos para influencia significativamente a aumentar la resistencia a la compresión. Como se puede observar la diferencia muestral con respecto a la muestra patrón en todas las adiciones es positiva significa que todos los

porcentajes de adición aumentaron la resistencia a la compresión sin embargo no fueron tan efectivos como la adición del 10% de microsílice y 1.0% de fibra PVA.

Continuando la comprobación de la hipótesis se llevó a cabo utilizando la prueba T de Student, la cual permitió comparar dos poblaciones. Esta prueba fue aplicada a las propiedades de resistencia a la flexión, ya que dicha característica es determinante en el comportamiento funcional del Concreto estándar.

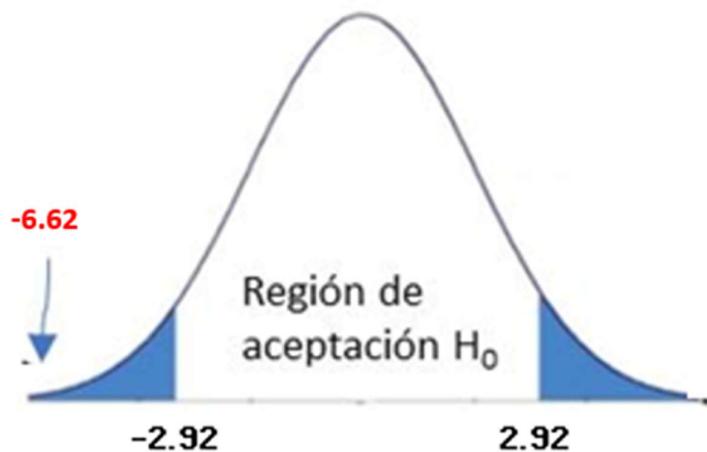
Tabla 26.

Resultados de datos para T de student – Resistencia a la Flexión

Descripción	Concreto Estándar $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (Muestra Patrón)	Concreto Estándar $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ (10% Microsílice - 1.0% Fibra PVA)
Numero de datos (n)	3	3
Media aritmética (\bar{x})	32.33	46.67
Varianza (S)	14.33	6.58
Varianza agrupada (S_c)		10.46
Grados de libertad		2
Estadístico T		-6.62
α		0.05
t crítico		2.92
p-valor		0.022

Figura 16.

T de student – Resistencia a la Flexión



En la **Figura 16** observamos en el grafico que el valor estadístico T (-6.62), se encuentra en la zona de rechazo, es decir se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, lo cual significa que la adición del microsílice y fibra de alcohol polivinílico influencia de manera significativa en la resistencia a la flexión.

Continuando con la comprobación de la hipótesis se llevó a cabo utilizando el análisis ANOVA para aceptar o rechazar la hipótesis nula con respecto a la trabajabilidad (Propiedad física).

Tabla 27.

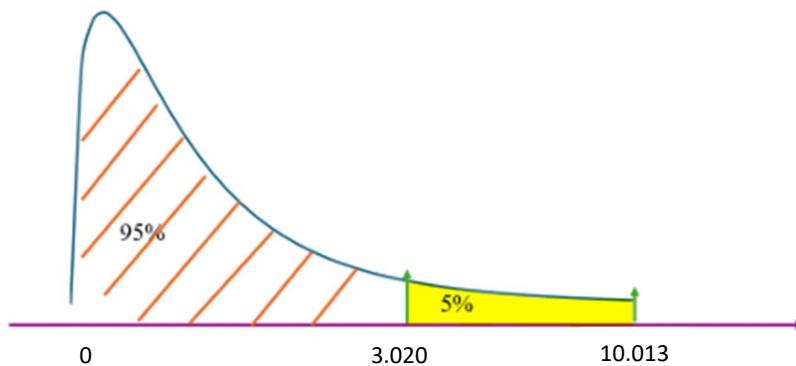
Análisis de varianza de la trabajabilidad con $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sin y con Adición del 5%, 10% y 15% del peso del cemento con Microsílice y del 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto con Fibra PVA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Valor crítico		
				F	Probabilidad para F	
Entre grupos	7.66	9	0.851111111	10.0130719	0.000627463	3.020382947
Dentro de los grupos	0.85	10	0.085			
Total	8.51	19				

El análisis del estadístico F reveló un valor de 10.0130719, el cual excedió considerablemente el valor crítico de F de 3.020382947, como se puede observar en la Figura 17, indicando la existencia de diferencias significativas entre los distintos grupos. De manera adicional, la probabilidad asociada (valor P = 0.000627463) resultó notablemente inferior al nivel de significancia convencional de 0.05, lo que confirma y respalda la presencia de diferencias estadísticamente relevantes entre los grupos evaluados.

Figura 17.

Valor critico – Trabajabilidad (Slump)



En conclusión, al obtener un F-estadístico superior al valor crítico y una probabilidad menor al nivel de significancia de 0.05, se procedió a rechazar la hipótesis nula. Estos resultados demostraron que la incorporación de microsilice y fibra PVA, en los distintos porcentajes evaluados, tuvo una influencia significativa sobre la trabajabilidad (propiedad física del concreto), respaldando la hipótesis planteada en la investigación

Continuando con la comprobación de la hipótesis se llevó a cabo utilizando el análisis ANOVA para aceptar o rechazar de la hipótesis nula con respecto a la temperatura (Propiedad física).

Tabla 28.

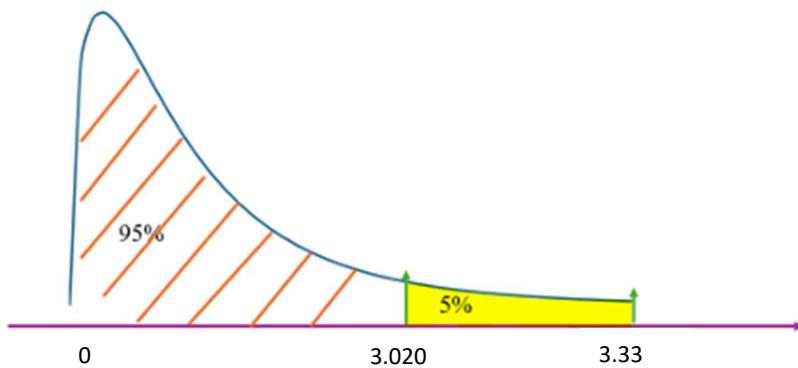
Análisis de varianza de la temperatura con $F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ sin y con Adición del 5%, 10% y 15% del peso del cemento con Microsilice y del 0.5%, 1% y 1.5% del Volumen del concreto con Fibra PVA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad para F	Valor crítico
Entre grupos	9.61	9	1.067777778	3.331599931	0.037232646	3.020382947
Dentro de los grupos	3.205	10	0.3205			
Total	12.815	19				

El análisis del estadístico F reveló un valor de 3.331599931, el cual excedió considerablemente el valor crítico de F de 3.020382947, como se puede observar en la Figura

18, indicando la existencia de diferencias significativas entre los distintos grupos. De manera adicional, la probabilidad asociada (valor $P = 0.037232646$) resultó notablemente inferior al nivel de significancia convencional de 0.05, lo que confirma y respalda la presencia de diferencias estadísticamente relevantes entre los grupos evaluados.

Figura 18.
Valor critico – Temperatura



En conclusión, al obtener un F-estadístico superior al valor crítico y una probabilidad menor al nivel de significancia de 0.05, se procedió a rechazar la hipótesis nula. Estos resultados demostraron que la incorporación de microsílice y fibra PVA, en los distintos porcentajes evaluados, tuvo una influencia significativa sobre la temperatura (propiedad física del concreto), respaldando la hipótesis planteada en la investigación.

4.2. Discusión

Al aplicar la prueba de hipótesis utilizando la herramienta t de student, se determinó que la modificación del concreto estándar mediante la incorporación de microsílice y fibra de alcohol polivinílico genera una variación significativa en sus propiedades físico-mecánicas, esto se debe a que existe un 95% de confianza en que la resistencia a la compresión se incrementa. En consecuencia, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alternativa, concluyendo que la adición del microsílice en 10% del peso del cemento y fibra PV Ao en 1%

del volumen del concreto produce cambios significativos en las propiedades fisico-mecánicas del concreto estándar.

Taher et al. (2021), reemplazo el cemento con microsílice en un porcentaje de este de 0%, 3%, 4.5% 6% y 7.5% 10 % 15 y 20% obteniendo una resistencia a la compresión a los 28 días de 48.2 MPa, 40.6 MPa, 41.7 MPa, 50.0 MPa, 49.3 MPa, 41.2 MPa, 36.4 MPa, 31.4 MPa respectivamente, evidenciando que la resistencia a la compresión más alta se obtuvo entre el rango de 6% y 7.5% y que al empezar adicionar un porcentaje mayor al 10% la resistencia a la compresión empieza a disminuir, en nuestro caso se realizó la adición del microsílice en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15% del peso del cemento en conjunto con la adición de la fibra de alcohol polivinílico obteniendo una mayor resistencia a la compresión de 224.25 kg/cm², 267.43 kg/cm² , 297.92 kg/cm² y 283.01 kg/cm² observamos que cuando se adiciona microsílice en un 10% del peso del cemento aumenta en un 32.85% con respecto a la muestra sin adición y que al superar el porcentaje del 10% la resistencia a la compresión tiende a disminuir.

Por otro lado, Reveco, J. (2021), en sus estudios realizados comparó el comportamiento del hormigón con árido grueso reforzado con fibra de alcohol polivinílico en 0%, 0.62% y 1.23%, obteniendo que al aumentar el contenido de fibra de alcohol polivinílico presentan un ligero aumento en su capacidad de deformación hasta cierto porcentaje ya que al seguir adicionando este material hace que su capacidad de compresión decaiga. Este comportamiento se reflejó en los resultados los cuales fueron inicialmente con agregado grueso y adición de 0.62% de fibra PVA obteniendo una resistencia a la compresión de 340.59 kg/cm², con adición de 1.23% de fibra PVA se obtiene una resistencia a la compresión de 313.05 kg/cm² a comparación de la muestra patrón que es 0% de fibra PVA la cual se alcanzó una resistencia a la compresión de 340.59 kg/ cm²; se continua con la arena gruesa y adición de la fibra PVA

comenzando con un porcentaje de 0.62% fibra PVA en la cual se alcanzó una resistencia a la compresión de 246.77 kg/cm², al añadir 1.23% de fibra PVA se alcanzó una resistencia a la compresión de 238.61 kg/cm², a comparación de la muestra patrón con 0% de fibra PVA en la cual se alcanzó 232.49 kg/cm² en la resistencia a la compresión; finalmente con arena fina comenzando con un porcentaje de 0.62% fibra PVA en la cual se alcanzó una resistencia a la compresión de 196.8 kg/cm², al añadir 1.23% de fibra PVA se alcanzó una resistencia a la compresión de 192.72 kg/cm², a comparación de la muestra patrón con 0% de fibra PVA en la cual se alcanzó 184.56 kg/cm² en la resistencia a la compresión, observando que la resistencia a la compresión aumente conjuntamente con la adición de la fibra de PVA sin embargo disminuye desde un punto de inflexión dado que al adicionar mayor cantidad de fibra PVA que un porcentaje mayor al 0.62% del volumen del concreto la resistencia a la compresión tiende a disminuir después de 28 días de curado. En la presente investigación se implementó la adición de fibra de alcohol polivinílico en porcentajes de 0%, 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto conjuntamente con el microsilice en 0%, 5%, 10% y 15% del peso del cemento con el propósito de evaluar el comportamiento de las muestras, en nuestro caso se obtuvieron resistencias promedio de 224.25 kg/cm² (0% MS – 0% FPVA), 252.37 kg/cm² (5% MS – 0.5% FPVA), 267.43 kg/cm² (5% MS – 1.0% FPVA), 237.05 kg/cm² (5% MS – 1.5% FPVA), 268.30 kg/cm² (10% MS – 0.5% FPVA), 297.92 kg/cm² (10% MS – 1.0% FPVA), 244.53 kg/cm² (10% MS – 1.5% FPVA), 262.53 kg/cm² (15% MS – 0.5% FPVA), 283.01 kg/cm² (15% MS – 1.0% FPVA) y 246.12 kg/cm² (15% MS – 1.5% FPVA), se evidenció una mejora en la resistencia a la compresión, alcanzando un incremento hasta con un 10% de adición de fibra de alcohol polivinílico. La diferencia radica en que, en nuestro estudio, la fibra PVA se consideró como un porcentaje del volumen del concreto, mientras que en el estudio comparado se evaluó en función del peso del cemento. Asimismo, dicho estudio indica que se desarrolló ensayos de módulo de rotura en vigas prismáticas con 0% de fibra PVA y un 1.23% de fibra

PVA, en las cuales se obtuvieron una primera capacidad de carga máxima de aproximadamente 3500 kgf y 2800 kgf respectivamente y una capacidad máxima de 4000 kgf y 3500 kgf. En nuestra investigación, logramos obtener una resistencia a la flexión de 3398.33 kgf al adicionar fibra de alcohol polivinílico al 1% del volumen del concreto y 2323.33 kgf sin adicionar fibra de alcohol polivinílico. La diferencia entre nuestros resultados y los reportados por el autor se atribuye a la forma en que se incorporó la fibra PVA, ya sea en relación al peso del cemento o al volumen del concreto.

Fernandez Chuman & Ramos Landauro (2020), obtuvo que la resistencia a la compresión del concreto estándar varía según el porcentaje de adición de microsílice y la relación agua/cemento que utilizó lo cual influye directamente en dicha propiedad. Su diseño estuvo basado en la adición de microsílice en 0%, 5%, 7.5% y 10% del peso del cemento y con relación a/c de 0.30, 0.35 y 0.40. Los resultados demostraron que las probetas con adición de microsílice al 10% del peso del cemento y relación a/c 0.30 incrementó su resistencia a la compresión en un 14.22%; al adicionar microsílice en un 7.5% del peso del cemento y con relación a/c 0.35 incrementó su resistencia en un 4.97% y al adicionar microsílice en un 7.5% del peso del cemento y con relación a/c 0.40 incrementó su resistencia en un 11.60%; todas estas con respecto a la adición del microsílice en un 0%. Se observó que a medida que aumenta el porcentaje de adición del microsílice aumenta la resistencia a la compresión. En comparación con nuestro estudio, se obtuvo un aumento de la resistencia a la compresión del 29.00% respecto a nuestra muestra patrón ($f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$) cuando se adicionó microsílice en un 10% con respecto al peso del cemento y adición de fibra de alcohol polivinílico en un 1% del volumen del concreto. Observando una mayor ganancia de la resistencia a la compresión, se concuerda con el autor que a mayor adición de porcentaje de microsílice con respecto al peso del cemento mayor es la resistencia a la compresión.



CAPITULO V:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

5.1.1 Luego de llevar acabo esta investigación, se confirma la hipótesis: “La adición de MSC en 5%, 10% y 15% del peso del cemento y la fibra PVA en 0.5%, 1% y 1.5% del volumen del concreto influencian significativamente en las propiedades físico - mecánicas del concretó estándar en comparación con el concretó sin MSC ni fibra PVA, debido a las características físicas y químicas de estos.

5.1.2 Al definir las propiedades de la MSC y fibra de PVA se concluyó lo siguiente:

Al definir las propiedades más importantes del MSC y de la fibra de alcohol polivinílico (PVA), se establece que el MSC (SikaFume) presenta un contenido de 92.26% de SiO₂, un tamaño de partícula menor a 1 μm (\approx 0.1 μm) y una densidad de 2,250 kg/m³.

Asimismo, al definir las propiedades técnicas de la fibra de alcohol polivinílico (Ruyuan® Fibre), se identifican longitudes entre 3 y 22 mm, un diámetro nominal de 22 μm, una tenacidad de 28.0 CN/Tex (2,745.96 Mpa), una elongación a la rotura del 25%, su densidad es de 0.91 g/mL, el módulo de Young es de 3.5 kN/mm².

5.1.3 Al realizar la obtención de las propiedades de los materiales relacionados al concreto estándar mostraron comportamientos adecuados dentro de los parámetros normativos nacionales (NTP) en cuanto a granulometría, peso específico, absorción y contenido de humedad. Considerando esto se presentó el peso específico del agregado fino fue de 2.78 gr/cm³, mientras que del agregado grueso presentó 2.65 gr/cm³. Con respecto a la absorción, el agregado fino se obtuvo un 1.72% y del agregado grueso un 0.44%, esta característica fue clave para hallar el contenido de agua que los agregados podrían retener afectando así la proporción de agua en la mezcla del concreto. En cuanto al contenido de humedad fue 0.47% en el agregado fino y 0.31% en el agregado grueso, este resultado señalo que el agregado fino contuvo mucho más humedad, por ende se consideró al calibrar las proporciones de agua en la

mezcla de concreto para contrarrestar problemas en la trabajabilidad y durabilidad. El módulo de fineza del agregado fino fue de 2.81, presentó una buena distribución de partículas, permitiendo una mezcla densa y trabajable. Asimismo, el agregado grueso, presentó un tamaño nominal de 3/4" adecuado para estructuras que requieren un concreto robusto. Finalmente, los pesos unitarios sueltos y compactados se obtuvieron como 1604.47 kg/cm³ y 1791.63 kg/cm³ respectivamente en el agregado fino y 1402.58 y 1591.52 en el agregado grueso respectivamente, siendo estos valores cruciales para el diseño de mezcla, ya que influían en la densidad y estabilidad del concreto.

5.1.4 Al realizar la formulación de la relación A/C, para un concreto estándar con una resistencia de 210 kg/cm², se concluyó lo siguiente:

Mediante el diseño de mezcla basado en el método del ACI 211 y ensayos de laboratorio, se estableció que la relación agua/cemento óptimo para alcanzar una resistencia característica de 210 kg/cm² fue de 0.5584, mientras que la relación a/c efectiva, considerando la absorción y humedad de los agregados, fue de 0.5889. Estos valores permitieron obtener un concreto de consistencia plástica, con un slump promedio de 3.2", lo que aseguró buena trabajabilidad y cohesión. Esta proporción balanceó adecuadamente la hidratación del cemento y la manejabilidad en estado fresco. El cumplimiento de estos parámetros confirmó que se logró una mezcla técnicamente eficiente, compatible con las condiciones climáticas de Nuevo Chimbote.

5.1.5 Al determinar las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar mediante la adición del MSC al 5%, 10% y 15% del peso del cemento y de la fibra de alcohol polivinílico al 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto se concluyó lo siguiente:

Con respecto a la resistencia a la compresión y la trabajabilidad, de la muestra patrón se obtuvo un slump de 3.20" y un F'c max = 231.38 kg/cm² a los 28 días, de la combinación con 0.5% de fibra PVA y 5% de MSC se obtuvo que el slump aumento en un 31.25% (4.20")

y la resistencia a la compresión a los 28 días aumento en un 9.78% (254.02 kg/cm²), de la combinación con 0.5% de fibra PVA y 10% de MSC se obtuvo que el slump aumento en un 37.5% (4.40") y la resistencia a la compresión a los 28 días aumento en un 16.88% (270.44 kg/cm²), de la combinación con 0.5% de fibra PVA y 15% de MSC se obtuvo que el slump aumento en un 50.00% (4.80") y la resistencia a la compresión a la edad de 28 días aumento hasta un 14.61% (265.18 kg/cm²), de la combinación con 1.0% de fibra PVA y 5% de MSC se obtuvo que el slump aumento en un 15.62% (3.70") y la resistencia a la compresión a los 28 días aumento en un 17.43% (271.71 kg/cm²), de la combinación con 1.0% de fibra PVA y 10% de MSC se obtuvo que el slump aumento en un 21.87% (3.90") y la resistencia a la compresión a los 28 días aumento en un 29.00% (298.48 kg/cm²), de la combinación con 1.0% de fibra PVA y 15% de MSC se obtuvo que el slump aumento en un 31.25% (4.20") y la resistencia a la compresión a los 28 días aumento en un 22.49% (283.41 kg/cm²), de la combinación con 1.5% de fibra PVA y 5% de MSC se obtuvo que el slump disminuyó en un 9.37% (2.90") y la resistencia a la compresión a los 28 días aumento en un 4.91% (242.74 kg/cm²), de la combinación con 1.5% de fibra PVA y 10% de MSC se obtuvo que el slump disminuyó en un 4.69% (3.05") y la resistencia a la compresión a los 28 días aumento en un 8.86% (251.88 kg/cm²), de la combinación con 1.5% de fibra PVA y 15% de MSC se obtuvo que el slump disminuyó en un 1.56% (3.15") y la resistencia a la compresión a los 28 días aumento en un 7.48% (248.69 kg/cm²), en términos generales, todas las combinaciones evaluadas superaron la resistencia a compresión de la muestra patrón evidenciando la mejoras significativas en el concreto y con respecto al Slump se observa un comportamiento proporcional al aumento del MSC e inversamente proporcional al aumento de la fibra de alcohol polivinílico.

Con respecto a la temperatura del concreto varió con respecto a la adición de fibras de alcohol polivinílico, el cual mostraba una tendencia variable. No obstante, con respecto a la incorporación de MSC, se evidencia una tendencia inicial a la reducción de la temperatura de

la mezcla conforme se incrementa su contenido hasta aproximadamente un 10 % del peso del cemento (Punto de inflexión). Sin embargo, al superar dicho porcentaje, la temperatura comenzó a incrementarse, lo que afectaría negativamente las propiedades del concreto, especialmente en estado fresco, al acelerar la hidratación y comprometer su trabajabilidad y durabilidad.

El peso unitario del concreto en estado fresco mostró una leve disminución progresiva mientras se incrementaba el contenido de fibra de alcohol polivinílico y se obtuvo un aumento progresivo a medida que se incrementó el contenido de la MSC incorporado en la mezcla. Para un concreto con resistencia optimizada de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se alcanzó una densidad de 2330.14 kg/m^3 con una adición del 10 % de MSC y 1% de fibra PVA, evidenciando una mejoría del 2.15 % en comparación con la mezcla patrón.

El porcentaje de vacíos del concreto en estado fresco muestra un aumento progresivo a medida que aumenta la cantidad de FPVA y se obtiene un decrecimiento gradual mientras que se aumenta la cantidad de la MSC incorporado en la mezcla. Para un concreto con resistencia optimizada de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se alcanzó una densidad de 0.827% con una adición del 10 % de MSC y 1% de fibra PVA.

5.1.6 Se valoró la influencia de la adición óptima del MSC y de FPVA, por lo cual se realizó una muestra de 30 probetas cilíndricas y 6 probetas prismáticas con adición del porcentaje óptimo de MSC al 10% del peso del cemento y de fibra PVA al 1% del volumen del concreto, evaluando estadísticamente se probó con un nivel de confianza de 97.82% que se obtendrá un promedio de resistencia a la compresión de 326.44 kg/cm^2 y que con un nivel de 99.71% que se obtendrá un promedio con respecto a la resistencia a la flexión (módulo de rotura) de 46.67 kg/cm^2 .

5.2. RECOMENDACIONES

5.2.1. Se recomienda a futuros investigadores realizar otras investigaciones con microsílice y fibra de alcohol polivinílico con diferentes porcentajes de adición o sustitución para evaluar si en otras características mecánicas y físicas del concreto, entre ellas la resistencia a la tensión y tracción, observación de fisuras que influencian de forma significativa y positiva para el concretó estándar.

5.2.2. Se recomienda a futuros investigadores seleccionar fibras con propiedades adecuadas como una tenacidad mínima de 2,745 MPa, un módulo de Young de 3.5 KN/mm² y alta elongación a la rotura con un mínimo de 25%.

Con respecto al microsílice debe presentar una finura ultramicrónica ($< 1 \mu\text{m}$) y un contenido superior al 85% de sílice amorfa, además se debe de controlar un correcto almacenamiento, manipulación y mezcla para garantizar la eficiencia de estos aditivos en obra.

5.2.3. Se sugiere que los futuros tesistas, durante el proceso de examinar y evaluar mediante ensayos a los agregados, se ajusten estricta y necesariamente a los lineamientos de la Norma Técnica Peruana (NTP), siguiendo los lineamientos, procedimientos y protocolos establecidos para cada ensayo, garantizando así la confiabilidad y validez de los datos conseguidos.

5.2.4. Se recomienda a las empresas constructoras y los responsables de obras que demanden concreto de alta resistencia, adoptar la dosificación indicada para la correcta elaboración y mezclado del concreto:

Peso húmedo (Kg):			
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua(<u>lt/kg</u>)
1	2.12	2.7	0.5889
Volumen (pie3):			
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Aqua (<u>lt/bl</u>)
1	1.98	2.88	25

Relación A/C = 0.59

5.2.5. Se sugiere a futuros investigadores incrementar el número de repeticiones por cada ensayo para el concreto estándar, con el fin de mejorar la representatividad estadística de los resultados. Un mayor tamaño de muestra permitirá reducir el margen de error, aumentar la confiabilidad de los intervalos de confianza y detectar con mayor precisión las variaciones generadas para las distintas proporciones porcentuales de adición de MSC y fibra de alcohol polivinílico, asegurando así conclusiones más exactas y extrapolables a condiciones reales de aplicación

5.2.6. Se recomienda a la comunidad ingenieril efectuar ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión utilizando el contenido óptimo de microsilice y fibra de alcohol polivinílico determinado en la presente investigación, pero evaluando edades superiores a 28 días (56, 90 y 180 días). Esto permitirá analizar el desarrollo resistente a largo plazo y evaluar de manera más precisa la durabilidad del concreto, considerando fenómenos como la hidratación secundaria, la densificación de la matriz cementicia y la evolución de microestructuras que influyen en su comportamiento frente a cargas y condiciones ambientales prolongadas

CAPITULO VI:
REFERENCIAS
BIBLIOGRAFICAS

6. CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

6.1. Referencias bibliográficas

ACI Committee 225. (2016). *Guide to the selection and use of hydraulic cements* (ACI 225R-16). American Concrete Institute.

Adrianzen Saldarriaga, M. A., & Chávez Vázquez, J. H. (2022). Influencia del porcentaje de microsilice en la resistencia a la compresión y permeabilidad de mezclas de concreto con diferentes relaciones agua/cemento en la ciudad de Trujillo, 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN.

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/34164>

Castro Guinochio, P. J. (2020). Aplicación del alcohol polivinílico (PVA) como agente de curado interno en el concreto [Tesis de bachiller, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].

https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/4780/1/TIB_CastroGuinochioPedro.pdf

Castro Guinochio, P. J. (2020). *Efecto del uso de alcohol polivinílico como agente de curado interno en el concreto* [Tesis de titulación, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio USAT. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/4780>

Castro Guinochio, P. J. (2022). *Evaluación técnico económica del autocurado del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con alcohol polivinílico comparado con el proceso tradicional y aditivo curador* [Tesis de ingeniería, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio USAT. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5149>

Castro Guinochio, P. J. (2022). Evaluación técnico-económica del autocurado del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con alcohol polivinílico comparado con el proceso tradicional y aditivo curador [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].

https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5149/1/TL_CastroGuinochioPedro.pdf

f

Checya Mamani, C. A., & Palomino Quispe, J. L. (2021). Influencia de la microsílice en la resistencia a compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ en la ciudad del Cusco, 2021 [Tesis de licenciatura, Universidad Continental].

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11454/2/IV_FIN_105_TE_Checya_Palomino_2021.pdf

Checya Mamani, E. F., & Palomino Quispe, W. (2021). *Adición de microsílice y su influencia en la resistencia a compresión de concretos estructurales $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y $f'c = 240 \text{ kg/cm}^2$, provincia de Cusco, 2021* [Tesis de titulación, Universidad Continental].

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11454>

Fernández Chuman, D. A., & Ramos Landauro, H. A. (2019). Influencia de la microsílice en la resistencia a compresión del concreto con diferentes relaciones agua/cemento [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23702/Fernandez%20Chuman%20Denis%20Antoni%20-%20Ramos%20Landauro%20Hector%20Alex.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fernández Chuman, D. A., & Ramos Landauro, H. A. (2020). *Influencia de la microsílice sobre la resistencia a la compresión de concretos con relaciones agua/cemento 0.30; 0.35 y*

0.40, Trujillo, 2019 [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/23702>

Fernández, R. (2010). *Tecnología del concreto y del cemento*. Limusa.

Flores Álvarez, C. A., & Blas Castro, A. D. (2014). *Influencia de la adición de microsílice y superplastificante en las propiedades de un concreto de alta resistencia en la ciudad de Arequipa*, [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María].

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/items/ae1a3048-8b82-4ebf-9abf-44624ec54b0a>

García Kriete, L. G. (2018). *Concreto de alto desempeño utilizando hormigón con adición de microsílice y superplastificante en la ciudad de Huancayo* [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Centro del Perú].

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4908>

Holland, T. C. (2005). *Silica fume user's manual* (Report No. FHWA-IF-05-016). Federal Highway Administration. <https://www.silicafume.org>

https://www.mdpi.com/1996-1944/17/12/2791?utm_source=chatgpt.com

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2002). *Design and control of concrete mixtures* (14.^a ed.). Portland Cement Association.

López-Yépez, L. G. (2010). *Influencia del porcentaje de adición de microsílice y del tipo de curado en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7507>

Mazilu, C., Deju, R., Georgescu, D.P., Apostu, A. & Barbu, A. (2024). Effects of Micro- and Nanosilica on the Mechanical and Microstructural Characteristics of Some Special Mortars Made with Recycled Concrete Aggregates. *Materials*, 17, 2791.

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Mejía Mestanza, M. J., & Quispe Reyes, L. E. (2022). Microsílice como adición del cemento para reducir la permeabilidad del concreto de alta resistencia, [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú]

<https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/287c8199-7fce-4492-bf90-0c65f307216b/content>

Mendoza Trujillo, C. J., & Palacios Huaraca, S. A. (2023). *Hormigón flexible con polímero alcohol polivinílico para auto-reparación de grietas y fisuras* [Tesis de titulación, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/7631>

Merino Flores, S. C., & Montenegro Mori, M. (2023). Influencia de la microsílice sobre la resistencia a compresión y permeabilidad en concreto de cemento MS, según norma EN12390-8, Trujillo 2022 [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte].
<https://hdl.handle.net/11537/35488>

Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Prentice Hall.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2020). *NTE E060 Concreto Armado*. Lima, Perú: SENCICO.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Reglamento Nacional De Edificaciones, CAPECO (2016)*. Lima-Perú.

Monsalve Chuquicahua, P. (2022). *Evaluación de las propiedades del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la incorporación de alcohol polivinílico*, Los Olivos, Lima 2022 [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo].

<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/206961>

NTP 334.001. (2011) *CEMENTOS. Definición y nomenclaturas*. (3° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 339.034. (2015) *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas*. (4° Edición ed.). San Isidro (Lima 27).

NTP 339.035. (2009) *HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland*. (2° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 339.046. (2008) *HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto)*. (2° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 339.089. (1998) *SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)*. (2° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 339.183. (2013) *CONCRETO. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio*. (2° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 339.184. (2021) CONCRETO. Determinación de la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado. *Meto de ensayo.* (3° Edición ed.). San Isidro (Lima 27).

NTP 339.185. (2021) AGREGADOS. Determinación del contenido de humedad total evaporable *de agregados por secado. Método de ensayo.* (3° Edición ed.). San Isidro (Lima 27).

NTP 400.011. (2008) AGREGADOS. Definición y clasificación de agregados para uso en morteros y hormigones (concretos). (2° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 400.012. (2001) SUELOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. (2° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 400.017. (2011) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados. (3° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 400.021. (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. (2° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 400.022. (2002) AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado fino. (2° Edición ed.). San Borja (Lima 41) Apartado 145.

NTP 400.037. (2018) AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. (4° Edición ed.). San Isidro (Lima 27).

Ortega, J. M. (2006). *Materiales de construcción* (2.^a ed.). Editorial Gustavo Gili.

Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de Tecnología del Concreto en el Perú* (2º ed.). Lima, Perú.

Portugal Barriga P. (2007). *Tecnología del Concreto de Alto Desempeño*. Junín, Perú: Lafayette.

Ramírez Alva, C. J., & Yupanqui García, A. D. (2021). Concreto antideslave con adición de microsílice y aditivo superplastificante para zonas de riesgo geotécnico en la ciudad de Trujillo [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma].

<https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5f1ff5ad-d2c4-4b5a-8686-624ce72adcd6/content>

Ramírez Alva, L., & Yupanqui García, R. F. (2021). *Influencia de la adición de microsílice y del aditivo superplastificante en las propiedades del concreto antideslave, Trujillo 2021* [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte].

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30455>

Rivva López E. (1992). *Diseño de Mezclas*. Lima, Perú: Hozlo S.C.R.L.

Rosado Rojas, A. S. (2022). *Propiedades físicas y mecánicas de concreto hidráulico modificado con microsílice y cal en revestimiento de canales, Puno 2022* [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/110924>

Sika Peru (2022). *Hoja de datos del producto Sikafume* (Versión 01.03). Sika Perú.

https://per.sika.com/dam/dms/pe01/f/sikafume_.pdf

Taher, N. A., Ismail, M., Johari, M. A. M., & Ibrahim, M. H. W. (2021). Durability performance of self-compacting concrete incorporating silica fume in marine environment. *Construction and Building Materials*, 270, 121437.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121437>

Zorrilla Pantoja, J. K. (2020). *Evaluación del pavimento rígido al incorporar microsilice para incrementar la resistencia por compresión del concreto en la Av. Florida, Ancash, 2020* [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo].

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58381>



CAPITULO VII: **ANEXOS**

ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA Y OPERACIONALIZACIÓN

7.1. ANEXO 01 –MATRIZ DE CONSISTENCIA Y OPERAZIONALIZACIÓN

Tabla 29.

Matriz de consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023	GENERAL ¿Cuál es la influencia del microsílice y la fibra de alcohol polivinílico en las propiedades físico – mecánica del concreto estándar en el distrito de Nuevo Chimbote?	GENERAL Evaluar la influencia de la fibra de alcohol polivinílico y el microsílice en las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar en el distrito de Nuevo Chimbote.	Si se emplea el microsílice al 5%, 10% y 15% del contenido de cemento y la fibra de alcohol polivinílico (PVA) al 0.5%, 1% y 1.5% con respecto al volumen del concreto entonces las propiedades físico – mecánicas del concreto variarán significativamente.	VARIABLE DEPENDIENTE Concreto estándar
	ESPECIFICOS ¿Cuáles son las propiedades del microsílice y la fibra de alcohol polivinílico (PVA)? ¿Cuáles son las propiedades de los materiales relacionados al concreto estándar? ¿Cuál es la relación agua/cemento (A/C) óptima para lograr un concreto estándar con una resistencia de 210 kg/cm ² ? ¿Cuáles las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar al adicionar microsílice al 5%, 10% y 15% del cemento portland tipo I y de la fibra de alcohol polivinílico al 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto? ¿Cuál es la influencia de la adición óptima del microsílice y de la fibra del alcohol polivinílico?	ESPECIFICOS Definir las propiedades del microsílice y la Fibra de Alcohol Polivinílico (PVA). Determinar las propiedades de los materiales relacionados al concreto estándar. Formular la relación A/C para un concreto estándar con una resistencia de 210 kg/cm ² . Determinar las propiedades físico – mecánicas del concreto estándar mediante la adición del microsílice al 5%, 10% y 15% del cemento portland tipo I y de la fibra de alcohol polivinílico al 0.5%, 1.0% y 1.5% del volumen del concreto Valorar la influencia de la adición óptima del microsílice y de la fibra del alcohol polivinílico		VARIABLE INDEPENDIENTE Microsilice Fibra de Alcohol Polivinílico

Tabla 30.

Matriz de operacionalidad

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de medición
Variable Independiente	Microsílice	La microsílice es un subproducto ultrafino de la producción de ferroaleaciones, compuesto principalmente por dióxido de silicio amorfo, que se utiliza como adición mineral en el concreto para mejorar su resistencia, durabilidad y densidad	Propiedades fisicas	Tamaño de partículas	Según Ficha técnica	Ordinal
				Peso específico	Según Ficha técnica	
			Propiedades químicas	Contenido de dióxido de sílice (SiO_2)	Según Ficha técnica	
	Fibra de alcohol polivinílico	La fibra de Alcohol Polivinílico es un polímero sintético soluble en agua, caracterizado por su estructura altamente polar que permite la formación de enlaces de hidrógeno tanto intra como intermoleculares	Propiedades físicas	Densidad Longitud de fibra	Según Ficha técnica	
				Tenacidad	Según Ficha técnica	
			Propiedades mecánicas	Elongación a la rotura	Según Ficha técnica	
Variable Dependiente	Concreto estándar	El concreto estándar depende de la cantidad y calidad de los componentes y del cuidado de las fases de este.	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión	Ensayos a la compresión a los 7 y 28 días y a la flexión a los 28 días - NTP 339.034 - NTP 339.072	Ordinal
				- Densidad - Vacíos del concreto - Temperatura - Asentamiento	- NTP 339.046 - NTP 339.046 - NTP 339.184 - NTP 339.035	



ANEXO 02

PROCEDIMIENTOS



7.2. ANEXO 02 - PROCEDIMIENTOS

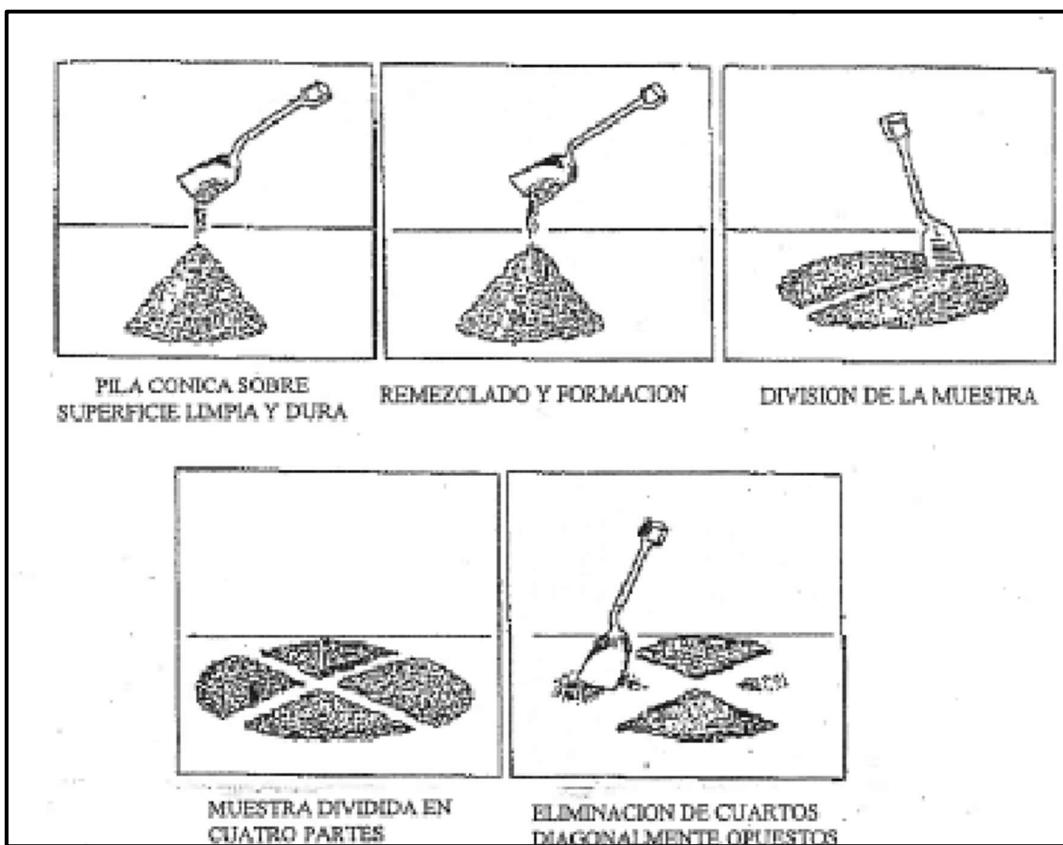
7.2.1. *Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo) (NTP 339.089/ASTM C702)*

Equipos y Materiales

- Regla de Madera.
- Brocha
- Cucharón metálico
- Guantes
- Recipientes

Procedimiento

- La muestra fue dispuesta sobre una superficie limpia, compacta y nivelada, con el fin de evitar su contaminación o pérdida.
 - A continuación, el material fue mezclado cuidadosamente formando un montículo cónico. Para ello, se utilizó una pala para tomar el material desde la base y dejarlo caer desde la parte superior, asegurando una distribución uniforme hacia los lados. Este proceso se repitió cuatro veces.
 - Después, la pila en forma de cono fue extendida y nivelada cuidadosamente hasta obtener una figura circular con espesor y diámetro constantes, que debía ser de aproximadamente entre cuatro y ocho veces el espesor.
 - Usando una regla de madera, el material fue dividido en cuatro partes iguales de forma diametral, separando dos de los cuartos opuestos en diagonal, incluyendo el material fino. Las secciones vacías fueron limpiadas con una brocha.
 - Finalmente, los dos cuartos restantes fueron mezclados nuevamente y se repitió todo el proceso hasta alcanzar la cantidad requerida de muestra.

Figura 19.*Cuarteo sobre una superficie limpia y nivelada**Nota. NTP 339.089; 1998, p.9*

7.2.2. *Método de ensayo, determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185 / ASTM C566)*

Equipos y materiales

- Recipiente metálico para colocar la muestra en el horno y soporte altas temperaturas
- Balanza electrónica con sensibilidad de 0.01g.
- Horno eléctrico capaz de llegar a una temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



Muestra

- Para llevar a cabo este ensayo, las muestras representativas de cada tipo de agregado se obtuvieron mediante el método de cuarteo, asegurando que la masa recolectada no fuera inferior a la indicada en la Tabla 31.

Tabla 31.

Peso de la muestra para ensayo de contenido de humedad

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg
4,75 (0,187) (Nº4)	0.5
9,5 (3/8)	1.5
12,5 (1/2)	2
19,0 (3/4)	3
25,0 (1)	4
37,5 (1 1/2)	6
50,0 (2)	8
63,0 (2 1/2)	10
75,0 (3)	13
90,0 (3 1/2)	16
100,0 (4)	25
150 (6)	50

Nota. NTP 339.185; 2002 p. 4

Procedimientos

- Inicialmente, se procedió a limpiar los recipientes que serían utilizados en el ensayo de determinación del contenido de humedad para los agregados finos y gruesos.
- Posteriormente, se identificaron tres recipientes vacíos para el agregado fino y otros tres para el agregado grueso.
- Cada uno de los seis recipientes fue pesado para obtener su peso tara, utilizando una balanza con una precisión de 0.01 g, registrando los valores obtenidos.

- Tras reducir la muestra mediante cuarteo, se seleccionaron tres muestras representativas tanto para el agregado fino como para el agregado grueso, las cuales fueron colocadas en los recipientes previamente tarados.
 - Acto seguido los recipientes con las muestras fueron llevados a la balanza (precisión de 0.01 g) para realizar el pesaje correspondiente y anotar los resultados.
 - Luego, los seis recipientes que contenían las muestras de agregado fueron introducidos en un horno a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 24 horas.
 - Transcurrido ese tiempo, se retiraron las muestras del horno y se volvieron a pesar, registrando el peso de cada recipiente con el agregado ya seco.
 - Finalmente, para determinar el contenido de humedad, se calculó el promedio de los tres valores obtenidos para el agregado fino y de los otros tres correspondientes al agregado grueso.

Cálculos

- Para el cálculo del contenido de la humedad se utiliza la formula siguiente:

Ecuación 05. Contenido de Humedad de los Agregados

Dónde:

P = Contenido total de humedad evaporable del agregado (%)

W = Masa de la muestra húmeda original (g)

D = Masa de la muestra seca (g)



7.2.3. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012 /

ASTM C136

Equipos y Materiales

- Balanza electrónica con aproximación de 0.1 g.
- Balanza electrónica con aproximación de 0.5 g.
- Tamices normalizados: 1", ¾", ½", 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200, cazoleta y tapa.
- Horno eléctrico con una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Recipientes metálicos.
- Cucharón metálico.
- Cepillo.
- Guantes.

Muestra

- La muestra fue reducida mediante el método de cuarteo, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:
 - Para el agregado fino, se emplearon 1000 gramos una vez seco, cantidad que supera el mínimo requerido de 300 gramos, conforme a lo establecido por la norma.
 - En el caso del agregado grueso, se utilizaron 5,320 gramos, cumpliendo con el valor mínimo de 5 kilogramos indicado en la **Tabla 32** de la normativa correspondiente.

Tabla 32.*Peso de la muestra para ensayo de contenido de humedad*

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm(pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo Mínimo	
	Kg(lb)	Ensayo Mínimo
9,5 (3/8)	1 (2)	
12,5 (1/2)	2 (4)	
19,0 (3/4)	5 (11)	
25,0 (1)	10 (22)	
37,5 (1 1/2)	15 (33)	
50 (2)	20 (44)	
63 (2 1/2)	35 (77)	
75 (3)	60 (130)	
90 (3 1/2)	100 (220)	
100 (4)	150 (330)	
125 (5)	300 (660)	

Nota. NTP 400.012; 2001, p. 5**Procedimiento**

- Primero, se procedió al secado de las muestras de agregado fino y grueso en un horno eléctrico, manteniendo una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Posteriormente, se eligieron los tamices adecuados según el tipo de agregado a analizar, organizándolos de forma descendente según el tamaño de sus aberturas. Para el agregado fino se utilizaron los tamices: 3/8", N°04, N°08, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200. En el caso del agregado grueso, se emplearon los tamices: 1", 3/4", 1/2", 3/8" y N°04, además de la cazoleta y la tapa.
- El tamizado fue realizado manualmente, depositando la muestra gradualmente sobre el tamiz superior para evitar una acumulación excesiva.
- Luego, se pesó el material retenido en cada tamiz individualmente.



– Finalmente, se comparó la suma total de los pesos retenidos con el peso inicial de la muestra para verificar que no se haya perdido material durante el procedimiento.

- Cálculos
- Se calculó el porcentaje que pasa, el porcentaje retenido y el porcentaje acumulado en cada tamiz, con una precisión de 0.1%, tomando como base el peso total de la muestra.
- Asimismo, se procedió a determinar el Módulo de Fineza utilizando la fórmula correspondiente:

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Retenido acumulado Tamiz } (N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100} \dots \dots (2)$$

Ecuación 06. Módulo de fineza del Agregado Fino

- Se verificó que el módulo de fineza se encuentre dentro del rango permitido por la norma NTP 400.037, es decir, no menor a 2.3 ni mayor a 3.1. Además, se comprobó que las curvas granulométricas del agregado fino (ver Tabla 2) y del agregado grueso (ver Tabla 3) cumplan con los límites especificados en dicha normativa.

7.2.4. Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados (NTP 400.017 / ASTM C29)

Equipos y materiales

- Recipiente cilíndrico metálico provisto con asas (Diámetro y altura aproximado = 15 cm)
- Varilla apisonada de acero, lisa de diámetro de 5/8” y con una longitud aproximada de 60 cm; teniendo un extremo o ambos de forma redondeada de punta semiesférica.
- Balanza electrónica con sensibilidad de 1g.
- Cucharón metálico
- Brocha



- Regla metálica

Muestra

- Se llevó a cabo una reducción por cuarteo de los agregados fino y grueso para obtener la muestra necesaria, asegurando que la cantidad fuera suficiente para realizar el ensayo en tres repeticiones por cada tipo de agregado para obtener un resultado promedio.

Procedimientos

a. Peso Unitario Suelto

- Primero, se tomaron las medidas del recipiente cilíndrico metálico provisto con asas para determinar su volumen, y luego se pesó en una balanza electrónica con una precisión de 1 g.
- El recipiente fue llenado con los agregados hasta alcanzar el borde, utilizando un cucharón metálico desde una altura máxima de 50 mm.
- Posteriormente, se enrasó el contenido del recipiente. Para el agregado fino se utilizó una regla metálica, mientras que para el agregado grueso se empleó una varilla lisa, se procedió a limpiar los bordes de los recipientes con una brocha para retirar el exceso de material.
- Finalmente, se anotaron los pesos del recipiente ya llenos con los agregados en su interior.

b. Peso Unitario Compactado

- El recipiente fue limpiado después de realizar el ensayo de peso unitario suelto, conociendo previamente su peso y volumen.
- Se procedió a llenar el recipiente con los agregados correspondientes hasta un tercio de su capacidad, luego, se niveló la superficie con los dedos y se compactó utilizando una varilla lisa de 5/8”, aplicando 25 golpes distribuidos uniformemente, cuidando que la varilla no tocara el fondo del recipiente.

- Tras esta primera compactación, se añadió más material hasta alcanzar dos tercios del recipiente, nuevamente se niveló con los dedos y se compactó como en el paso anterior, evitando penetrar la capa ya colocada.
 - Posteriormente, se completó el llenado de los recipientes hasta su máxima capacidad, se volvió a compactar con 25 golpes, procurando no interferir con la capa inferior. Al terminar, se alisó la superficie del agregado grueso con la varilla lisa y se utilizó una regla metálica para nivelar el agregado fino, eliminando el exceso con una brocha en los bordes.
 - Finalmente, se anotaron los pesos del recipiente ya lleno con los agregados compactados en su interior.

Cálculos

- Para el cálculo del peso unitario se utiliza la formula siguiente:

Ecuación 07. Contenido de Humedad de los Agregados

Dónde:

M = Peso unitario del agregado (kg/m^3)

G = Peso de recipiente metálico más la muestra del agregado (kg)

T = Peso del recipiente metálico (kg)

V = Volumen del recipiente metálico (m³)

7.2.5. *Método de ensayo, densidad relativa (peso específico) y absorción del agua grueso. (NTP 400.021 / ASTM C127).*

Equipos y materiales

- Balanza electrónica con precisión de 0.1 g.
 - Horno eléctrico con una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.



- Molde metálico en forma de cono con las siguientes dimensiones: $40 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interior en su base menor, $90 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro interior en su base mayor y $75 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de altura.
- Varilla compactadora metálica recta, con $340 \text{ g} \pm 15 \text{ g}$ de peso, con un extremo terminado con cara plana circular para el apisonado de $25 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$ de diámetro.
- Frasco volumétrico de 500 cm^3 de capacidad.
- Secadora de cabello.
- Cocina eléctrica.
- Recipiente metálico.
- Cucharón metálico.
- Agua destilada.
- Guantes.

Muestra

- Se reduce la cantidad de agregado mediante el método de cuarteo, obteniendo así una muestra con el volumen necesario para el ensayo.
- La muestra de agregado fino se coloca en un recipiente metálico y se lleva al horno a una temperatura constante de $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$. Después, se retira y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Se añade agua al recipiente metálico hasta cubrir completamente el agregado fino y se deja reposar durante 24 horas.
- Tras este período, se asegura que la muestra está completamente saturada, por lo que se procede a vaciar cuidadosamente el agua para evitar la pérdida de las partículas finas.



- La muestra se extiende sobre una superficie plana y, usando un cucharón metálico, se mezcla mientras se seca homogéneamente la superficie del agregado con la ayuda de un secador eléctrico que emite aire tibio.
- Luego, se coloca un molde cónico metálico con la base mayor hacia abajo sobre una superficie plana e impermeable. Se llena el molde con la muestra hasta el tope y se compacta suavemente con 25 golpes uniformemente aplicados usando una varilla compactadora. Al levantar el molde, si la muestra se derrumba, indica que el agregado alcanzó la condición de superficie seca; si mantiene la forma del cono, se debe continuar secando y mezclando hasta que se produzca el derrumbe.

Procedimiento

- Se colocaron 500 g de la muestra previamente preparada en un frasco volumétrico, al cual se le añadió agua destilada a una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar la marca de 500 cm³.
- Para eliminar el aire atrapado, se utilizó un método manual que consistió en invertir, rodar y agitar el frasco durante 20 minutos, empleando una cocina eléctrica como apoyo para verificar que no quedaran burbujas.
- Una vez eliminadas las burbujas, se ajustó nuevamente la temperatura del frasco y su contenido a $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, y luego se completó con agua hasta la marca de enrase.
- Se procedió a pesar el frasco volumétrico con el agregado y el agua.
- Después, se extrajo el agregado fino del frasco y se colocó en un recipiente metálico, el cual se introdujo en un horno eléctrico a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta lograr la eliminación completa de la humedad.
- Finalmente, tras un periodo de enfriamiento de una hora y media, se determinó el peso seco de la muestra.

Cálculos

- Las siguientes fórmulas que se muestran a continuación se usaron para el análisis correspondiente

Ecuación 08. Peso específico de masa del agregado fino

Ecuación 09. Peso específico de masa saturada superficialmente seca del agregado fino

Ecuación 10. Peso específico aparente del agregado fino

Ecuación 11. Absorción del agregado fino

Donde:

A = Peso de la muestra secada en el horno (g).

B = Peso del frasco volumétrico lleno de agua hasta la marca de calibración (g).

C = Peso del frasco lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración (g).

S = Peso de la muestra saturada superficialmente seca (g).

7.2.6. Método de ensayo, densidad relativa (peso específico) y absorción del agua grueso. (NTP 400.021 / ASTM C127).

Equipos y materiales

- Recipiente metálico.
 - Bandeja.



- Tamiz normalizado de 4,75 mm (N° 4).
- Canastilla con malla de alambre de 3,35 mm (N° 6) con capacidad de 4 a 7 litros.
- Balanza electrónica con aproximación de 1 g, equipada con un dispositivo adecuado para suspender el recipiente de la muestra en el agua desde el centro de la plataforma.
- Horno eléctrico con una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Depósito contenedor de agua, idóneo para sumergir la canastilla de alambre dentro de él de manera suspendida.
- Toalla de gran tamaño y capacidad absorbente.

Muestra

- La muestra fue mezclada y reducida mediante el método de cuarteo hasta alcanzar una masa de 5,320.00 kg, cumpliendo con el peso mínimo requerido para el ensayo, conforme a lo establecido en la Tabla 33 para un agregado con tamaño máximo nominal de 3/4".
- Posteriormente, se eliminó todo el material que atravesó el tamiz N°4 (4.75 mm) y se procedió a lavar el material restante con el fin de remover el polvo y otras impurezas superficiales.

Tabla 33.

Peso mínimo de la muestra para ensayo de densidad, peso específico y absorción del agregado grueso

Tamaño máximo nominal del agregado mm (pulg.)	Masa mínima de la muestra de agregado de peso normal en Kg (lb)
12,5 (1/2) o menor	2 (4,4)
19,0 (3/4)	3 (6,6)
25,0 (1)	4 (8,8)
37,5 (1 1/2)	5 (11)
50,0 (2)	8 (18)
63,0 (2 1/2)	12 (26)
75,0 (3)	18 (40)
90,0 (3 1/2)	25 (55)
100,0 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Nota. NTP 400.021; 2013, p. 9

Procedimientos

- La muestra fue colocada en un recipiente metálico y llevada al horno eléctrico, donde se mantuvo a una temperatura constante de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Luego, se retiró del horno y se dejó enfriar durante 2 horas a temperatura ambiente.
- El agregado grueso se puso en una bandeja, se cubrió con agua y se dejó reposar durante 24 horas.
- Después de ese tiempo, se eliminó el agua y se procedió a secar la muestra utilizando una toalla absorbente de gran tamaño, asegurándose de secar por separado los fragmentos más grandes. Este proceso continúa hasta que no se observen partículas de agua visibles, logrando así un estado de saturación con superficie seca.
- Se pesó la muestra en condición de saturación superficialmente seca.
- Se colocó la muestra en condición de saturada superficialmente seca dentro de una canastilla metálica, asegurándose de que todas las partículas quedaran completamente

sumergidas en el agua. Se tuvo especial cuidado en evitar la presencia de burbujas de aire dentro de la muestra sumergida, para lo cual se agitó la canastilla mientras estaba bajo el agua.

- Luego, se procedió a medir el peso de la muestra en estado sumergido.
 - A continuación, el agregado fue extraído de la canastilla y trasladado a un recipiente metálico que se introdujo en un horno eléctrico a una temperatura constante de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Tras ese tiempo, el recipiente se retiró del horno y se dejó enfriar a temperatura ambiente por un periodo de 2 horas.
 - Finalmente, se registró el peso del agregado en estado seco.

Cálculos

- Se utilizaron las siguientes formulas:

Ecuación 12. Peso específico de masa del agregado grueso

Ecuación 13. Peso específico de masa saturada superficialmente seca del agregado grueso

Ecuación 14. Peso específico aparente del agregado grueso

Ecuación 15. Absorción del agregado grueso

Dónde:

- A** = Peso en el aire de la muestra seca en el horno (g)
 - B** = Peso en el aire de la muestra de ensayo de superficie saturada seca (g)
 - C** = Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)



7.2.7. Práctica para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio. (NTP 339.183)

Elaboración de probetas

Equipos y materiales

- Varilla apisonada de acero, lisa de diámetro de 5/8" y con una longitud aproximada de 60 cm; teniendo un extremo o ambos de forma redondeada de punta semiesférica.
- Martillo de goma.
- Mezcladora eléctrica de concreto de 120L y moto de 13 HP.
- Carretilla tipo buggy.
- Balanza electrónica con sensibilidad de 1g y 0.01g.
- Cucharón metálico.
- Reglas y guantes.
- Recipientes para agregados, cemento y aditivos.
- Probetas cilíndricas graduadas de laboratorio.
- Probetas prismáticas graduadas de laboratorio.
- Agregado grueso de la cantera “La Sorpresa”.
- Agregado fino de la cantera “La Sorpresa”
- Cemento Portland Pacasmayo Tipo I.
- Agua potable.
- Aditivo SIKA sikafume (Microsílice).
- Aditivo Fibra de Alcohol Polivinílico.
- Petróleo.



Muestra

- Se elaboraron un total de 76 especímenes cilíndricos de concreto, 58 probetas con un diámetro aproximado de 150 mm y una altura de 300 mm y 18 probetas con un diámetro aproximado de 100 mm y una altura de 200 mm, destinados a los ensayos de resistencia a la compresión a los 7 y 28 días.
- Del total, se prepararon 4 probetas correspondientes a la muestra patrón, 5 con una adición de 5% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 0.5% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico, 5 con una adición de 10% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 0.5% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico, 5 con una adición de 15% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 0.5% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico, 4 con una adición de 5% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 1.0% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico, 4 con una adición de 10% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 1.0% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico, 4 con una adición de 15% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 1.0% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico, 5 con una adición de 5% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 1.5% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico, 5 con una adición de 10% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 1.5% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico y 5 con una adición de 15% de Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición de 1.5% del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico. Las 30 probetas cilíndricas restantes fueron elaboradas con el porcentaje óptimo de adición (10%) del Cemento Portland Tipo I con microsílice y adición (1.0%) del volumen total de la probeta cilíndrica con fibra de alcohol polivinílico, determinado previamente.



Procedimiento

a. Mezcla de concreto

- Antes de iniciar la preparación de la mezcla de concreto, se procede a limpiar los moldes metálicos cilíndricos con petróleo para que estos queden engrasados y listos para ser utilizados.
- La mezcla de concreto debe ser tal, que deje un 10% de residuo después de haber moldeado el espécimen de ensayo.
- Cuando se utilizó la mezcladora de concreto para la primera tanda se humedece las paredes interiores con agua potable y luego se escurrió en la carretilla para no interferir en la relación agua – cemento del diseño de mezcla, antes de dar inicio a la rotación de la mezcladora, se mezcla la fibra de alcohol polivinílico con el agua potable a utilizar, luego se introdujo el agregado grueso con un poco del agua combinada con la fibra del alcohol polivinílico y el SIKAFUME (microsílice) a utilizarse en la mezcla. Se procede a dar inicio a la mezcladora. Al cabo de unas cuantas revoluciones, se agrega el agregado fino, el cemento, y se termina de verter el agua combinada con la fibra de alcohol polivinílico restante cuando esta se encuentra en funcionamiento. Cuando todos los materiales se encuentran en la mezcladora, estos se mezclan durante 3 minutos, luego se procede a apagar la mezcladora durante otros 3 minutos y finalmente se vuelve a encender para mezclar nuevamente todos los materiales durante 2 minutos más.
- Debido a que es difícil recobrar la mezcla que queda impregnada en las paredes de la mezcladora, para compensar esto se toma en cuenta un porcentaje de desperdicio de la mezcla, para conservar las proporciones del diseño de mezcla.
- A continuación, se recibe la mezcla de concreto en la carretilla tipo buggy, que se encuentra limpia y ligeramente seca con el designio de no perder agua del diseño, para



remezclar la mezcla haciendo uso de un cucharón metálico, para que de esta manera la mezcla sea uniforme y asimismo evitar la segregación.

b. Vaciado del concreto

– Según lo establecido en el Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2016), la fabricación de los especímenes de concreto debe realizarse lo más próximo posible al contenedor principal, ya sea al molde o al área destinada para su fraguado, durante un periodo aproximado de 24 horas.

– Una vez que la mezcla se encontraba en la carretilla, se verificó que los moldes estuvieran en condiciones adecuadas para su uso: limpios, nuevos o en buen estado, sin desprendimiento de pintura, y correctamente lubricados con petróleo (u otro producto similar) para facilitar el proceso de desmoldeo al día siguiente.

– A continuación, la mezcla de concreto se colocó en los moldes metálicos cilíndricos utilizando un cucharón metálico. Cada porción de concreto extraída de la mezcla debe ser representativa, y esta se mantiene en constante agitación durante el proceso de moldeo para evitar la segregación.

– Mientras se vierte el concreto, se desplaza el palustre a lo largo del borde superior del molde con el fin de lograr una distribución uniforme del material y reducir la segregación del agregado grueso en el interior del molde.

– Por último, antes de iniciar la compactación, el concreto fue distribuido uniformemente con la ayuda de una varilla compactadora.

– El número de capas requeridas se determinó según la Tabla 34, la cual se presenta a continuación:



Tabla 34.

Número de capas requeridas en la elaboración de las muestras

Tipo de tamaño de la muestra en mm (pulgadas)	Método de compactación	Número de capas	Altura aproximada de la capa en mm (pulgadas)
CILINDROS			
Hasta 300 (12)	Apisonado (varillado)	3 iguales	
Mayor que 300 (12)	Apisonado (varillado)	Las requeridas	100 (4)
Hasta 460 (18)	Vibración	2 iguales	200 (4)
Mayor que 460 (18)	Vibración	3 ó más	
PRISMAS			
Hasta 200 (8)	Apisonado (varillado)	2 iguales	100 (4)
Mayor que 200 (8)	Apisonado (varillado)	3 ó más	
Hasta 200 (8)	Vibración	1	200 (8) C 172
Mayor que 200 (8)	Vibración	2 ó más	

Nota. MTC, Manual de Ensayo de Materiales; 2016 p. 777

- Entonces, según el tamaño de las muestras de la probeta cilíndrica hasta 300mm de altura, se seleccionó el método de compactación mediante apisonado (varillado) en 3 capas iguales y según el tamaño de la muestra de la probeta prismática hasta 200mm de altura, se seleccionó el método de compactación mediante apisonado (varillado) en 2 capas iguales.

c. Compactación del concreto

- Para las probetas cilíndricas que se utilizó de 100mm y 150mm, cada una de las tres capas se compactó empleando el extremo redondeado de la varilla de 5/8", aplicando 25 golpes distribuidos de manera uniforme según lo indicado en la Tabla 35.
- Para las probetas prismáticas que se utilizó de 750 cm², cada una de las dos capas se compactó empleando el extremo redondeado de la varilla de 5/8", aplicando 1 golpe por cada 14 cm distribuidos de manera uniforme según lo indicado en la Tabla 35.

- Acto seguido, se dieron ligeros golpeteos en las paredes del molde con un martillo de goma para asentar mejor el concreto

Tabla 35.*Diámetro de varilla compactadora y número de golpes por capa*

CILINDROS		
Diámetro del cilindro en mm (pulgadas)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por cada capa
50 (2) a 150 (6)	10 (3/8)	25
150 (6)	16 (5/8)	25
200 (8)	16 (5/8)	50
250 (10)	16 (5/8)	75

VIGAS Y PRISMAS		
Área de la superficie superior De la muestra en cm² (pulg²)	Diámetro de varilla en mm (pulgadas)	Número de golpes por cada
160 (25)	10 (3/8)	25
165 (26) a 310 (49)	10 (3/8)	1 por cada 7 cm ² (1 pulg ²) de área
350 (50) o más	16 (5/8)	1 por cada 14 cm ² (2 pulg ²) de área

Nota. MTC, Manual de Ensayo de Materiales; 2016 p. 778**d. Acabado de probetas cilíndricas**

- El acabado de las muestras se efectuó con el mínimo manejo, empleando una plancha de albañil para lograr una superficie lisa y homogénea, sin hundimientos ni protuberancias superiores a 3,2 mm (1/8").



e. Desencofrado de especímenes de concreto

- Después de elaborar los testigos, se esperó un periodo aproximado de 24 ± 4 horas antes de proceder al desencofrado, aunque el manual permite extenderlo hasta 48 horas, y cada muestra se retiró con cuidado del molde, evitando dañar sus bordes.

Curado de probetas de concreto

- Tras extraer los testigos de sus moldes, se sumergieron de inmediato en un recipiente de 0.80 m³ de agua potable en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la UNS, se mantuvo una humedad constante y una temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Los testigos cilíndricos permanecieron allí durante 7 y 28 días; antes de realizarles la prueba de resistencia a la compresión axial.

- Una vez finalizado el periodo de curado, se procuró no secar las paredes de las probetas y se realizó la prueba de compresión lo antes posible, para asegurar que permanecieran plenamente hidratadas. Se advirtió que dejar reposar los testigos demasiado tiempo tras retirarlos de la poza podría disminuir considerablemente su resistencia

7.2.8. *Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento*

Portland (NTP 339.035)

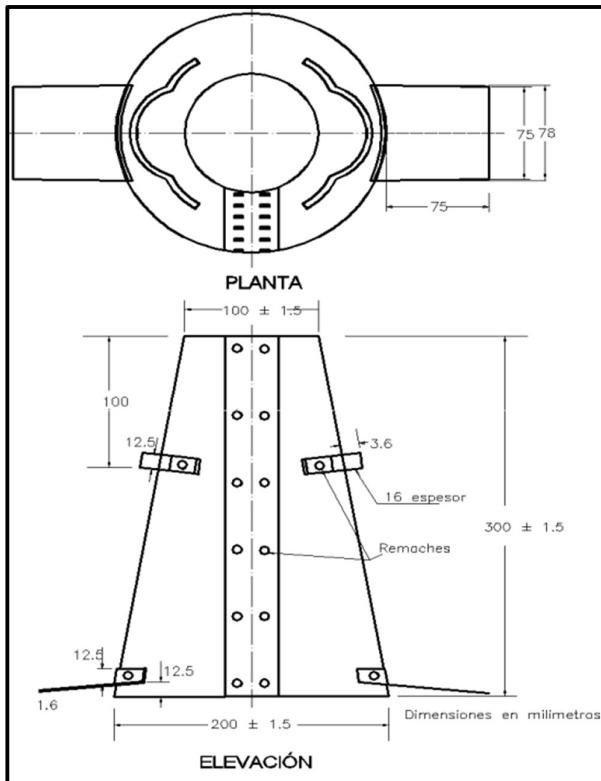
Equipos y Materiales

- Se utiliza un molde metálico resistente al ataque del concreto, con forma de tronco de cono, fabricado con una lámina de espesor no inferior a 0.045" (1.14 mm) y con ambas bases abiertas. La base mayor presenta un diámetro de $8'' \pm 1/8''$ (203 mm \pm 2 mm), mientras que la base menor mide $4'' \pm 1/8''$ (102 mm \pm 2 mm), y la altura total del molde es de $12'' \pm 1/8''$ (305 mm \pm 2 mm). Las bases deben ser paralelas entre sí y estar en ángulo recto con respecto al eje del cono. El molde debe contar con asas y dispositivos que permitan fijarlo con los pies. Su superficie interna debe estar libre de irregularidades, restos de concreto y

abolladuras. Además, se requiere una plataforma metálica horizontal que sirva como base de apoyo.

Figura 20.

Molde para determinar el asentamiento del concreto



Nota. Manual de Ensayo de Materiales (2016), p.802

- Varilla de compactación fabricada en acero liso, con un diámetro de 5/8" y una longitud de 24", que presenta un extremo redondeado con un radio de 5/16" para facilitar la compactación.
- Cucharón metálico de dimensiones y diseño adecuados para extraer una muestra representativa del concreto y depositarla en el molde sin provocar derrames.
- Lienza.



Muestra

- Se extrajo una muestra representativa del concreto fresco, conforme a lo establecido en la norma NTP 339.036.

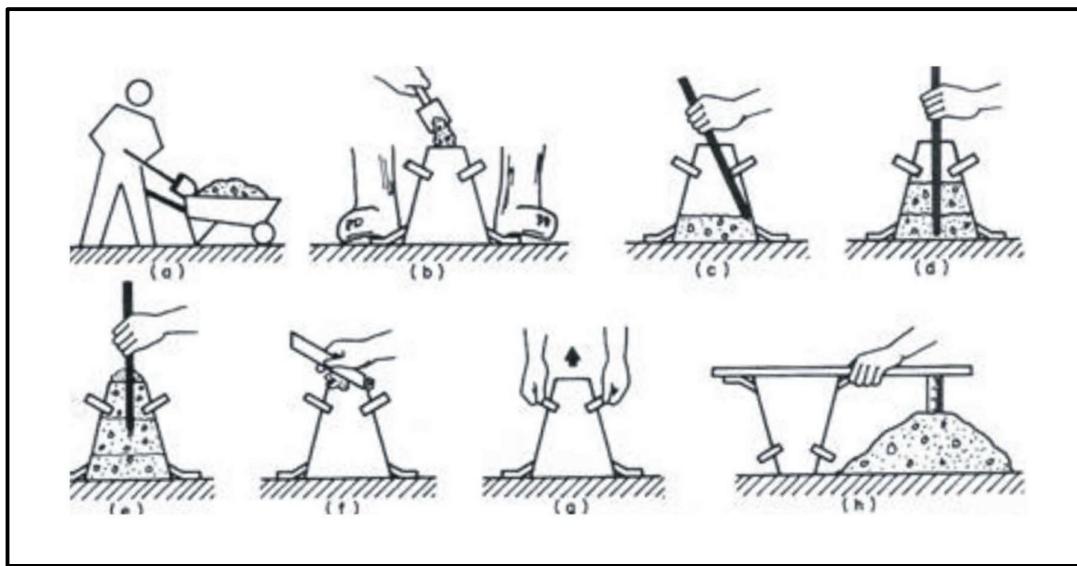
Procedimiento

- Se procedió a humedecer tanto el molde troncocónico como la superficie de apoyo metálica, la cual es rígida, plana y no absorbente, con el fin de evitar la pérdida de humedad del concreto fresco durante el ensayo.
- El molde se colocó sobre dicha superficie y se aseguró firmemente mediante el uso de las agarraderas y el dispositivo sujetador, aplicando presión con los pies.
- A continuación, se llenó el molde en tres capas de igual volumen, aproximadamente un tercio del total, utilizando la muestra de concreto previamente obtenida.
- Cada capa fue compactada con 25 golpes uniformemente distribuidos a lo largo de toda su sección transversal, utilizando el extremo redondeado de una varilla de acero lisa de 5/8".
- Para la capa inferior, se inclinó ligeramente la varilla para permitir una adecuada compactación, iniciando desde el perímetro y avanzando en espiral hacia el centro.
- Las capas media y superior se compactaron asegurando la penetración parcial de la varilla en la capa inmediatamente inferior para garantizar una adecuada integración.
- Al llenar la última capa, se aseguró que el concreto sobresaliera ligeramente del borde superior del molde antes de compactar. Si el nivel descendía tras la compactación, se añadía más mezcla para mantener el exceso necesario.
- Una vez compactada la capa final, se niveló la superficie del concreto con la misma varilla compactadora hasta dejarla al ras del molde.
- Se eliminó el exceso de concreto alrededor de la base del molde y se verificó que este estuviera firmemente asentado sobre la plataforma.

- Luego, se retiró con cuidado el sujetador, y se levantó el molde verticalmente en aproximadamente 5 segundos, sin ejercer movimientos laterales ni de torsión, manteniendo su alineación vertical.
- Todo el procedimiento, desde el inicio del llenado del molde hasta su remoción, se ejecutó sin interrupciones, completándose en un tiempo aproximado de 150 segundos. El ensayo se realizó alrededor de 5 minutos después de haber extraído la muestra del concreto fresco.
- Finalmente, se midió el asentamiento (slump) con un flexómetro, tomando como referencia la diferencia de altura entre la parte superior del molde y el punto más elevado del espécimen de concreto. En caso de un colapso lateral irregular del concreto, se consideró inválido el resultado y se repitió el ensayo con una nueva muestra.

Figura 21.

Metodología para determinar el asentamiento del concreto



Nota.https://www.eis.unl.edu.ar/z/adjuntos/1384/Ensayo_de_consistencia_de_hormig%C3%B3n_y_confecci%C3%B3n_de_probetas.pdf

Cálculos

- Se realizó la medición del Slump con una aproximación de ± 0.5 cm.

7.2.9. Método de ensayo normalizado para determinar la densidad de producción y contenido de aire (Gravimétrico) (NTP 339.046)

Equipos y Materiales

- Balanza: Se empleó una balanza con una precisión aproximada del 0.3 % del peso total del ensayo (equivalente a 45 g o 0.1 lb). La medición abarcó desde el recipiente vacío hasta el peso total con su contenido, considerando un peso unitario de referencia de 2600 kg/m³.
- Varilla compactadora: Se utilizó una varilla metálica de forma cilíndrica, con un diámetro de 16 mm (5/8") y una longitud cercana a 600 mm (24"), cumpliendo además con los parámetros establecidos en ensayos previos.
- Medidor: El instrumento de medición fue un recipiente cilíndrico de acero, impermeable y estructuralmente rígido, diseñado para conservar su forma y volumen incluso bajo condiciones de uso exigentes. El borde superior del medidor presentaba una superficie lisa y plana, con una tolerancia máxima de 0.25 mm (0.01"). La capacidad del recipiente se ajustó según lo estipulado en la tabla correspondiente.

Tabla 36.

Peso de la muestra para ensayo de contenido de humedad

Tamaño nominal máximo del agregado grueso*	Capacidad del medidor mínimo**
mm	pulg
25.0	1
37.5	1½
50	2
75	3
114	4½
152	6
	(dm ³)
	(ft ³)
6	0,2
11	0,4
14	0,5
28	1,0
71	2,5
99	3,5

Nota. Adaptado de Manual de Ensayo de Materiales, MTC, 2016 (p. 841)

*Un agregado con un tamaño máximo nominal (TMN) puede contener hasta un 10 % de partículas que pasen a través del tamiz correspondiente a dicho tamaño.

** Considerando el posible desgaste de los equipos, se permite una tolerancia de hasta un 5 % por debajo de las dimensiones especificadas.



- Placa enrasadora: Consistía en una pieza metálica rectangular con un espesor mínimo de 6 mm (1/4"), cuyas dimensiones de ancho y largo superaban en al menos 50 mm (2") el diámetro del medidor utilizado.
- Equipo de calibración: Se empleó una placa de vidrio con un espesor no menor a 6 mm (1/4"), cuyas dimensiones excedían en al menos 25 mm (1") el diámetro del medidor. Para asegurar la estanqueidad, se aplicó grasa en el borde del recipiente, evitando derrames durante el proceso.
- Martillos: Se utilizaron martillos con cabeza de caucho y una masa aproximada de 600 ± 200 g (1.25 ± 0.5 lb), adecuados para medidores con capacidad igual o inferior a 14 dm^3 (0.5 ft^3). El recipiente empleado tenía una altura de $30 \text{ cm} \pm 4 \text{ mm}$ y un radio de $15 \text{ cm} \pm 2 \text{ mm}$, con un volumen cercano a 0.021 m^3 (0.75 ft^3), superando así el mínimo requerido para un tamaño máximo nominal de agregado de 3/4".

Símbolos empleados

A = Contenido de aire (porcentaje de vacíos) en el concreto.

N = Masa real de cemento, kg/m³ ó lb/yd³; Nt = Masa del cemento en la tanda, kg o lb.

Ry = Rendimiento relativo.

T = Masa teórica del concreto, suponiendo la no presencia de aire, kg/m³ o lb/pie³.

V = Volumen total absoluto de los ingredientes que componen la tanda, m³ o pies³.

W = Densidad o Masa unitaria del concreto, Kg/m³ o lb/pie³.

W1= Masa total de todos los materiales de la tanda, Kg o lb (suma de masas de todos los ingredientes utilizados de concreto.).

Y = Volumen de concreto producido por tanda, m³ o yd³.

Yd = Volumen de concreto que, por diseño, debería producir la tanda, m³ o yd³.



La densidad teórica se determina en el laboratorio, al emplear los mismos componentes en iguales proporciones, esta se mantiene. Se determina por:

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

Procedimiento

– Se llevó a cabo la calibración del medidor con el fin de establecer el factor de conversión necesario para transformar la masa del contenido, expresada en kilogramos (kg) o libras (lb), en masa unitaria en kg/m³ o lb/ft³.

– Compactación: El concreto fue vertido en el medidor en tres capas de volumen similar. Para cada capa se aplicaron 25 golpes con la varilla compactadora, dado que el volumen del recipiente no excedía los 0.28 m³. En caso de haber superado este volumen, se habrían aplicado 50 golpes por capa. Las condiciones de compactación fueron similares a las utilizadas para la elaboración de probetas. Tras compactar cada capa, se golpearon los laterales del molde con un martillo de goma entre 10 y 15 veces para eliminar posibles bolsas de aire. No se empleó vibración interna durante el procedimiento.

– Una vez completada la compactación, no se permitió que la mezcla sobresaliera más de 3 mm (1/8") por encima del borde del recipiente. Si fue necesario, se añadió una pequeña cantidad de mezcla para corregir deficiencias de nivel, o se retiró el exceso con una cuchara para concreto.

– Posteriormente, se realizó el enrasado de la superficie utilizando la placa enrasadora. Esta se presionó inicialmente cubriendo aproximadamente dos tercios de la superficie del medidor, desplazándola con un movimiento en forma de sierra. Luego, se colocó nuevamente la placa en la sección original y se repitió el movimiento hasta enrasar completamente. Para obtener un mejor acabado, se dieron ligeros golpes con el borde inclinado de la placa enrasadora; alternativamente, se podía utilizar una llana de albañil.

– Una vez finalizado el enrasado, se procedió a limpiar cuidadosamente cualquier residuo o exceso de concreto que hubiera quedado sobre el borde del molde o la placa. A continuación, se determinó la masa neta del concreto contenido en el medidor. Paralelamente, se registraron las dimensiones exactas del recipiente con el fin de calcular su volumen, así como su peso vacío.

Los parámetros señalados se calculan con el uso de las siguientes fórmulas:

- Densidad del concreto en estado fresco

$$W = \frac{Mc - Mm}{Vm}; \text{ Mc es la masa del medidor lleno de concreto, Mm es la masa del medidor vacío y Vm es el volumen del medidor.}$$

- Rendimiento

$$Y = \frac{W_1}{W}; \text{ rendimiento expresado en m}^3$$

- Rendimiento relativo

$$Ry = \frac{Y}{Y_d}; \text{ donde un valor superior a 1.00 significa que el concreto se está produciendo en exceso, mientras que un valor inferior denota que la tanda es pequeña para su volumen de diseño.}$$

- Contenido de cemento

$$N = \frac{Nt}{Y}; \text{ donde indica la cantidad de cemento está presente en la mezcla.}$$

Contenido de aire

$$A = \frac{Y-V}{Y} \text{ ó } A = \frac{T-W}{T}$$

7.2.10. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de hormigón (concreto) (NTP 339.184)

Equipos y Materiales

- Se realizó la medición de temperatura con una aproximación de ± 0.5 grados.



Muestra

- Se extrajo una muestra representativa del concreto en estado fresco, correspondiente a la primera tanda de mezclado, con un volumen aproximado al de una carretilla, asegurando que esta fuese adecuada para realizar el ensayo.

Procedimiento

- El dispositivo para medir la temperatura fue insertado de manera que quedara sumergido al menos 75 mm dentro del concreto fresco recientemente mezclado.
- Se comprimió suavemente el concreto alrededor del punto de inserción del termómetro, a fin de sellar el espacio y evitar interferencias térmicas provenientes del ambiente.
- Finalmente, se tomó la lectura de la temperatura registrada por el termómetro digital y se consignó el valor obtenido.

Cálculos

- Se registró la lectura del termómetro digital, aproximando el valor al 0.5 °C, obteniéndose una temperatura de 25 °C.

7.2.11. Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la compresión del hormigón (concreto) (NTP 339.034)

Equipos y Materiales

- Máquina hidráulica de ensayo de compresión (marca PERUTEST), correctamente calibrada para garantizar la precisión de las mediciones.
- Dos bloques de carga fabricados en acero, con superficies de contacto debidamente endurecidas

Muestra

- Se verificó que los cilindros de concreto no presentaran una variación superior al 2 % entre sus diámetros, condición necesaria para validar el ensayo.



- Asimismo, se comprobó que la desviación respecto al eje vertical no excediera los 0.5° , garantizando así la perpendicularidad adecuada de las muestras para la validez del procedimiento.

Procedimiento

- El ensayo de resistencia a la compresión se ejecutó utilizando testigos de concreto en condición húmeda, los cuales fueron retirados del tanque de curado y trasladados al laboratorio externo inmediatamente antes del procedimiento.
- Para iniciar el ensayo, se colocó el bloque de carga inferior debidamente alineado sobre la plataforma de la máquina hidráulica, posicionándolo directamente debajo del bloque de carga superior.
- Las superficies de ambos bloques de carga fueron limpiadas con un paño para eliminar residuos que pudieran interferir en el contacto. Luego, se colocó cuidadosamente el testigo cilíndrico sobre el bloque inferior, asegurando su correcta alineación con el bloque superior.
- Antes de iniciar la aplicación de carga, se verificó que el indicador del sistema estuviera calibrado en cero. La carga fue aplicada de forma continua y uniforme, evitando impactos repentinos, a una velocidad controlada dentro del rango especificado de 0.25 ± 0.05 MPa/s (equivalente a 35 ± 7 psi/s).
- La aplicación de carga se mantuvo hasta que el testigo alcanzó su punto de ruptura, momento en el que se registró el valor máximo de carga soportada por el espécimen.

Cálculos

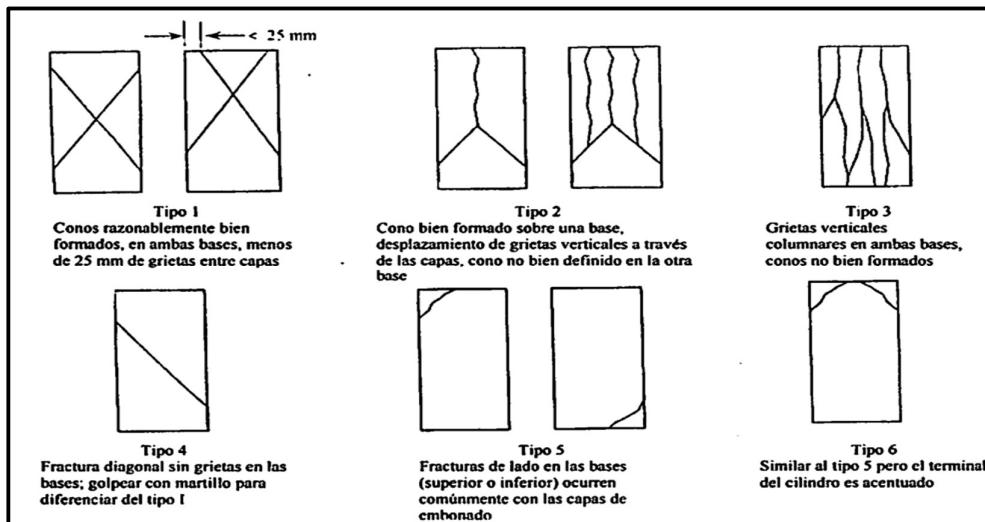
- La resistencia a la compresión axial de los especímenes cilíndricos de concreto fue determinada calculando el cociente entre la carga máxima soportada por cada testigo y el área

promedio de su sección transversal previamente medida. El resultado obtenido se expresó con una aproximación de 0,1 MPa (equivalente a 10 psi).

– Posteriormente, se registraron los valores correspondientes a la resistencia a la compresión para cada muestra ensayada.

Figura 22.

Esquema de los patrones de tipos de fracturas



Nota. NTP 339.034(2008), p.15



Resultados Promedio de Resistencia a la Compresión

Tabla 37.

Promedio de resistencia a la compresión $n F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (0% Microsilice – 0% Fibra PVA)

TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - MUESTRA PATRÓN				
RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	28,150.00 Kg.	15.10 cm	179.08 cm ²	157.19 Kg/cm ²
2	29,360.00 Kg.	15.20 cm	181.46 cm ²	161.80 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				159.50 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
3	41,490.00 Kg.	15.11 cm	179.32 cm ²	231.38 Kg/cm ²
4	39,140.00 Kg.	15.15 cm	180.27 cm ²	217.12 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				224.25 Kg/cm²
TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 0.5% FIBRA PVA - ADICION 5% MICROSILICE				
RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	13,020.00 Kg.	10.10 cm	80.12 cm ²	162.51 Kg/cm ²
2	12,760.00 Kg.	10.15 cm	80.91 cm ²	157.70 Kg/cm ²
3	12,080.00 Kg.	9.98 cm	78.23 cm ²	154.42 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				158.21 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
4	45,730.00 Kg.	15.14 cm	180.03 cm ²	254.02 Kg/cm ²
5	45,020.00 Kg.	15.12 cm	179.55 cm ²	250.73 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				252.37 Kg/cm²



Tabla 39.

Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (10% Microsilice – 0.5% Fibra PVA)

**TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 0.5% FIBRA PVA -
ADICION 10% MICROSILICE**

RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	13,910.00 Kg.	9.99 cm	78.38 cm ²	177.46 Kg/cm ²
2	12,840.00 Kg.	10.00 cm	78.54 cm ²	163.48 Kg/cm ²
3	13,180.00 Kg.	10.05 cm	79.33 cm ²	166.15 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				169.03 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
4	48,430.00 Kg.	15.10 cm	179.08 cm ²	270.44 Kg/cm ²
5	47,980.00 Kg.	15.15 cm	180.27 cm ²	266.16 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				268.30 Kg/cm²

Tabla 40.

Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (15% Microsilice – 0.5% Fibra PVA)

**TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 0.5% FIBRA PVA -
ADICION 15% MICROSILICE**

RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	14,150.00 Kg.	10.07 cm	79.64 cm ²	177.67 Kg/cm ²
2	13,840.00 Kg.	10.09 cm	79.96 cm ²	173.09 Kg/cm ²
3	14,060.00 Kg.	10.09 cm	79.88 cm ²	176.01 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				175.59 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
4	46,230.00 Kg.	15.05 cm	177.89 cm ²	259.87 Kg/cm ²
5	47,300.00 Kg.	15.07 cm	178.37 cm ²	265.18 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				262.53 Kg/cm²



Tabla 41.

Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (5% Microsilice – 1.0% Fibra PVA)

TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 1.0% FIBRA PVA - ADICION 5% MICROSILICE				
RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	34,150.00 Kg.	15.12 cm	179.55 cm ²	190.19 Kg/cm ²
2	32,450.00 Kg.	15.08 cm	178.60 cm ²	181.69 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				185.94 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
3	48,980.00 Kg.	15.15 cm	180.27 cm ²	271.71 Kg/cm ²
4	47,250.00 Kg.	15.12 cm	179.55 cm ²	263.15 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				267.43 Kg/cm²

Tabla 42.

Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (10% Microsilice – 1.0% Fibra PVA)

TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 1.0% FIBRA PVA - ADICION 10% MICROSILICE				
RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	48,720.00 Kg.	15.17 cm	180.74 cm ²	269.55 Kg/cm ²
2	49,120.00 Kg.	15.20 cm	181.46 cm ²	270.70 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				270.12 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
3	53,380.00 Kg.	15.09 cm	178.84 cm ²	298.48 Kg/cm ²
4	53,250.00 Kg.	15.10 cm	179.08 cm ²	297.36 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				297.92 Kg/cm²



Tabla 43.

Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (15% Microsilice – 1.0% Fibra PVA)

**TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 1.0% FIBRA PVA -
ADICION 15% MICROSILICE**

RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	38,910.00 Kg.	15.25 cm	182.65 cm ²	213.03 Kg/cm ²
2	37,940.00 Kg.	15.24 cm	182.41 cm ²	207.99 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				210.51 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
3	51,090.00 Kg.	15.15 cm	180.27 cm ²	283.41 Kg/cm ²
4	50,610.00 Kg.	15.10 cm	179.08 cm ²	282.61 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				283.01 Kg/cm²

Tabla 44.

Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (5% Microsilice – 1.5% Fibra PVA)

**TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 1.5% FIBRA PVA -
ADICION 5% MICROSILICE**

RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	15,020.00 Kg.	10.10 cm	80.12 cm ²	187.47 Kg/cm ²
2	14,630.00 Kg.	10.00 cm	78.54 cm ²	186.27 Kg/cm ²
3	14,880.00 Kg.	10.25 cm	82.52 cm ²	180.33 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				184.69 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
4	43,470.00 Kg.	15.10 cm	179.08 cm ²	242.74 Kg/cm ²
5	41,650.00 Kg.	15.14 cm	180.03 cm ²	231.35 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				237.05 Kg/cm²



Tabla 45.

Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (10% Microsilice – 1.5% Fibra PVA)

TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 1.5% FIBRA PVA - ADICION 10% MICROSILICE				
RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	15,980.00 Kg.	10.15 cm	80.91 cm ²	197.49 Kg/cm ²
2	15,070.00 Kg.	10.08 cm	79.80 cm ²	188.84 Kg/cm ²
3	15,370.00 Kg.	10.14 cm	80.75 cm ²	190.33 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				192.22 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
4	43,040.00 Kg.	15.20 cm	181.46 cm ²	237.19 Kg/cm ²
5	44,510.00 Kg.	15.00 cm	176.71 cm ²	251.88 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				244.53 Kg/cm²

Tabla 46.

Promedio de resistencia a la compresión $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ (15% Microsilice – 1.5% Fibra PVA)

TESTIGOS CILÍNDRICOS DE CONCRETO - ADICION 1.5% FIBRA PVA - ADICION 15% MICROSILICE				
RESISTENCIA A LOS 7 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
1	15,120.00 Kg.	10.10 cm	80.12 cm ²	188.72 Kg/cm ²
2	15,290.00 Kg.	10.00 cm	78.54 cm ²	194.68 Kg/cm ²
3	15,130.00 Kg.	10.17 cm	81.23 cm ²	186.25 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				189.88 Kg/cm²
RESISTENCIA A LOS 28 DIAS				
PROBETA	FUERZA	DIAMETRO	AREA	F'C
4	43,830.00 Kg.	14.98 cm	176.24 cm ²	248.69 Kg/cm ²
5	42,980.00 Kg.	14.99 cm	176.48 cm ²	243.54 Kg/cm ²
RESISTENCIA PROMEDIO:				246.12 Kg/cm²



7.2.12. Método de ensayo normalizado para determinar la resistencia a la flexión del hormigón (concreto) (NTP 339.072)

Equipos y Materiales

- Máquina de ensayo equipada con un sistema de carga hidráulico y accesorios adecuados para ensayos de flexión (marca PERUTEST), debidamente calibrada según normativa vigente.
- Dos apoyos de acero cilíndricos con superficie lisa y endurecida, dispuestos a una distancia de 45 cm entre sí, según la longitud de las vigas de ensayo.
- Dos cuchillas de carga superiores (también de acero endurecido), que aplican la carga a un tercio de la luz total de la viga.
- Pie de rey y reglas metálicas para la medición de las dimensiones exactas de las muestras prismáticas.

Muestra

- Se utilizaron probetas prismáticas de concreto de dimensiones estándar: 15 cm × 15 cm × 50 cm.
 - Se verificó que la desviación de las caras laterales respecto a la perpendicularidad no superara los 0.5°, y que las dimensiones longitudinales no presentaran más del 2 % de variación respecto a las medidas nominales.
 - Las muestras fueron curadas en condiciones húmedas durante 28 días y retiradas del tanque de curado inmediatamente antes del ensayo, siguiendo el procedimiento indicado en la norma.

Procedimiento

- Se colocó la viga de concreto sobre los dos apoyos de acero, asegurando una alineación exacta y simetría con respecto a los puntos de carga superior.



- Se comprobó que las superficies de contacto estuvieran limpias y libres de partículas que pudieran alterar el resultado.
- Las cuchillas de carga fueron posicionadas sobre la cara superior de la muestra, a 15 cm de cada extremo (carga en tercios), conforme a la geometría del ensayo.
- El sistema hidráulico fue accionado para aplicar la carga de forma continua y uniforme, sin choques ni interrupciones, a una velocidad de incremento controlada, dentro del rango especificado de 0.06 ± 0.02 MPa/s (según norma).
- La carga se mantuvo hasta que la viga presentó una falla claramente visible, momento en el que se detuvo el ensayo y se registró la carga máxima soportada.

Cálculos

- La resistencia a la flexión del concreto fue determinada mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

R = resistencia a la flexión (MPa)

P = carga máxima aplicada (N)

L = luz entre apoyos (mm)

b = ancho de la muestra (mm)

d = altura de la muestra (mm)

- Los resultados fueron expresados con una aproximación de 0.1 MPa, y se registraron individualmente para cada viga ensayada.



- Las observaciones de la falla fueron anotadas para clasificar la ruptura (en la fibra inferior central, fuera del tercio, etc.), según criterios visuales definidos por la norma NTP 339.072.

Resultados Promedio de Resistencia a la Flexión

Tabla 47.

Promedio de resistencia a la flexión n F'c = 210 Kg/cm² (0% Microsilice – 0% Fibra PVA)

TESTIGOS PRISMÁTICOS DE CONCRETO – MUESTRA PATRON

RESISTENCIA A LOS 28 DIAS						
PROBETA	FUERZA	ANCHO	ALTO	LARGO	F'C	%
1	2,420.00 Kg.	15.00 cm	15.00 cm	50.00 cm	34.00 Kg/cm ²	16%
2	1,990.00 Kg.	15.00 cm.	15.00 cm.	50.00 cm	28.00 Kg/cm ²	13%
3	2,560.00 Kg.	15.00 cm.	15.00 cm.	50.00 cm	35.00 Kg/cm ²	17%
RESISTENCIA PROMEDIO:					32.33 Kg/cm²	

Tabla 48.

Promedio de resistencia a la flexión n F'c = 210 Kg/cm² (0% Microsilice – 0% Fibra PVA)

TESTIGOS PRISMÁTICOS DE CONCRETO - OPTIMA RESISTENCIA

RESISTENCIA A LOS 28 DIAS						
PROBETA	FUERZA	ANCHO	ALTO	LARGO	F'C	%
1	3,500.00 Kg.	15.00 cm	15.00 cm	50.00 cm	48.00 Kg/cm ²	23%
2	3,000.00 Kg.	15.00 cm	15.00 cm	50.00 cm	41.00 Kg/cm ²	20%
3	3,460.00 Kg.	15.00 cm	15.00 cm	50.00 cm	47.00 Kg/cm ²	22%
4	3,250.00 Kg.	15.00 cm	15.00 cm	50.00 cm	45.00 Kg/cm ²	21%
5	3,420.00 Kg.	15.00 cm	15.00 cm	50.00 cm	47.00 Kg/cm ²	22%
6	3,760.00 Kg.	15.00 cm	15.00 cm	50.00 cm	52.00 Kg/cm ²	25%
RESISTENCIA PROMEDIO:					46.67 Kg/cm²	



ANEXO 03

PANEL
FOTOGRÁFICO

7.3. ANEXO 03 - PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N° 01: Cantera “La Sorpresa”



Fotografía N° 02: Extracción de los Agregados de la Cantera
“La Sorpresa”



Fotografía N° 03 y N° 04: Se realiza el cuarteo del Agregado Fino



Fotografía N° 05 y N° 06: Se realiza el cuarteo del Agregado Grueso



Fotografía N° 07: Colocando la muestra del agregado fino al horno para el ensayo de contenido de humedad



Fotografía N° 08, N° 09 y N° 10: Peso de tara más muestra para el ensayo de contenido de humedad del agregado fino.

11



Fotografía N° 11: Colocando la muestra del agregado grueso al horno para el ensayo de contenido de humedad

12



13



14



Fotografía N° 12, N° 13 y N° 14: Peso de tara más muestra para el ensayo de contenido de humedad del agregado grueso.

15



16



Fotografía N° 15 y N° 16: Tamizado manual para el análisis granulométrico del agregado fino

17



18



Fotografía N° 17 y N° 18: Tamizado manual para el análisis granulométrico del agregado grueso



Fotografía N° 19: Pesado del recipiente para realizar el ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino y agregado grueso.



Fotografía N° 20 y N° 21: Mediciones para el cálculo del volumen del recipiente para realizar el ensayo de peso unitario suelto y compactado del agregado fino y agregado grueso.

22



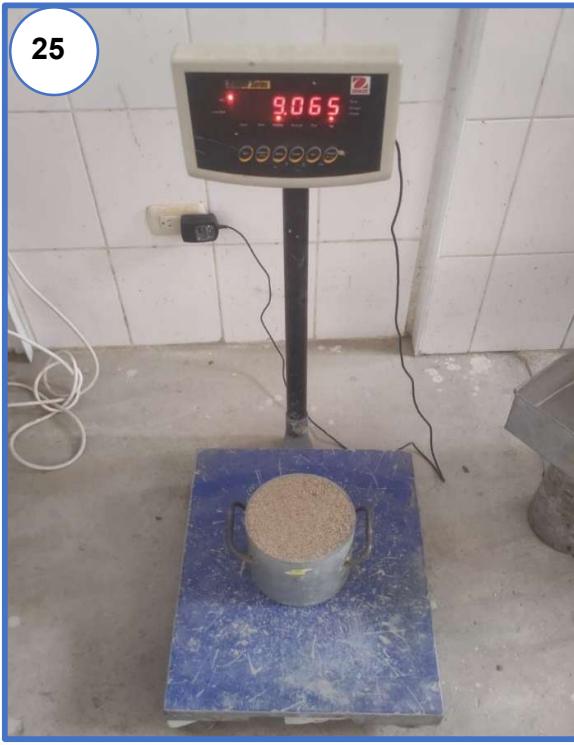
23



24



25



Fotografía N° 22, N° 23, N° 24 y N° 25: Llenado, enrasado, limpieza y pesado del recipiente cilíndrico más muestra para el ensayo del peso unitario suelto del agregado fino.



Fotografía N° 26, N° 27, N° 28, N° 29 y N° 30: Llenado, varillado, enrasado, limpieza y pesado del recipiente cilíndrico más muestra para el ensayo del peso unitario compactado del agregado fino.



Fotografía N° 31, N° 32 y N° 33: Llenado, enrasado y pesado del recipiente cilíndrico más muestra para el ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso.



Fotografía N° 34, N° 35, N° 36 y N° 37: Llenado, varillado, enrasado y pesado del recipiente cilíndrico más muestra para el ensayo del peso unitario compactado del agregado grueso.

38



Fotografía N° 38: Muestra para ensayos de peso específico y absorción del agregado fino.

39



Fotografía N° 39: Recipiente más muestra del agregado fino sumergida en agua durante 24 horas.

40



Fotografía N° 40: Secado uniforme del agregado fino mediante aire caliente continuo.

41



42



Fotografía N° 41 y N° 42: Colocación de muestra en molde cónico para apisonarlo con 25 golpes de formar uniforme hasta el momento de retirar el molde y la muestra se derrumbe, demostrando que el agregado fino se encuentra saturado superficialmente seco.

43



44



Fotografía N° 43 y N° 44: Muestra del material del agregado fino dentro del frasco volumétrico llenada de agua destilada hasta la marca de enrase y eliminación de burbujas de aire con el uso de cocina eléctrica

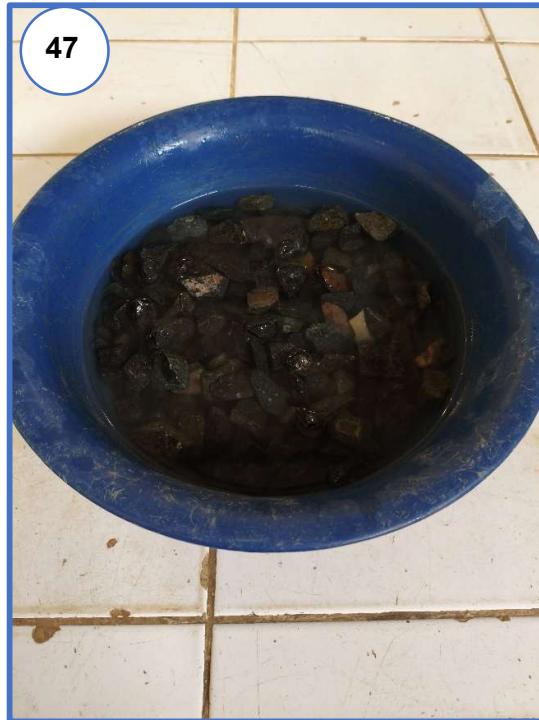
45



Fotografía N° 45: Muestra el pesaje del material del agregado fino dentro del frasco volumétrico luego de llenar con más agua destilada luego de haber eliminado las burbujas



Fotografía N° 46: La muestra se coloca en el horno a temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, , luego a temperatura ambiente se deja enfriar aproximadamente 90 minutos para la obtención de la absorción y de su peso específico.



Fotografía N° 47: Recipiente con la muestra de agregado grueso sumergido durante 24 horas.



Fotografía N° 48: Para la obtención del peso de la muestra saturada con superficie seca se retira del agua la muestra y se deja secar sobre papel absorbente, mientras se termina de retirar el agua de cada piedra desde el más grande hasta el más pequeño



Fotografía N° 49 y N° 50: Tras secar la muestra se coloca en una canastilla y se obtiene su peso sumergido, luego de eso la muestra se seca en el horno durante de dos horas a una temperatura estimada de $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ dejándose enfriar alrededor de dos horas, procediendo a pesar dicha muestra

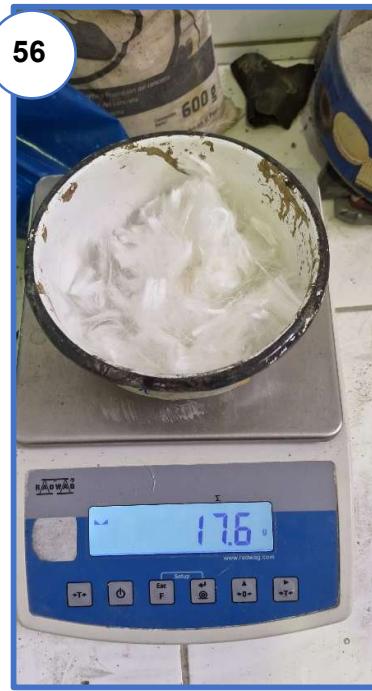
51



52



Fotografía N° 51 y N° 52: Moldes cilíndricos de acero para elaboración de probetas.



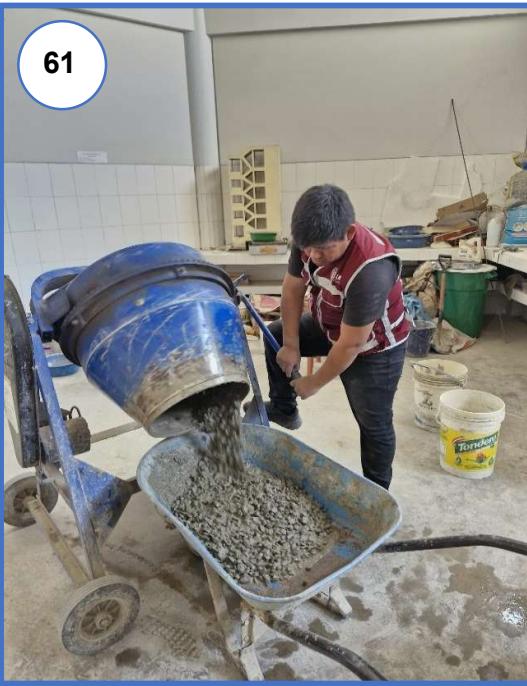
Fotografía N° 53, N° 54, N° 55, N° 56 y N° 57: Materiales para realizar las probetas con la muestra patrón y con los diferentes porcentajes de adición de microsílice y fibra PVA



Fotografía N° 58: Mezcladora de concreto tipo trompo para la elaboración de las probetas de concreto



Fotografía N° 59 y N° 60: Se procedió a vaciar los agregados y el agua en conjunto con los aditivos tanto la Fibra PVA y el microsílice.



Fotografía N° 61 y N° 62: Luego de haberse mezclado debidamente los materiales se proceden a vaciar el concreto a una carretilla tipo buggy, continuamente se hace la medición de la temperatura



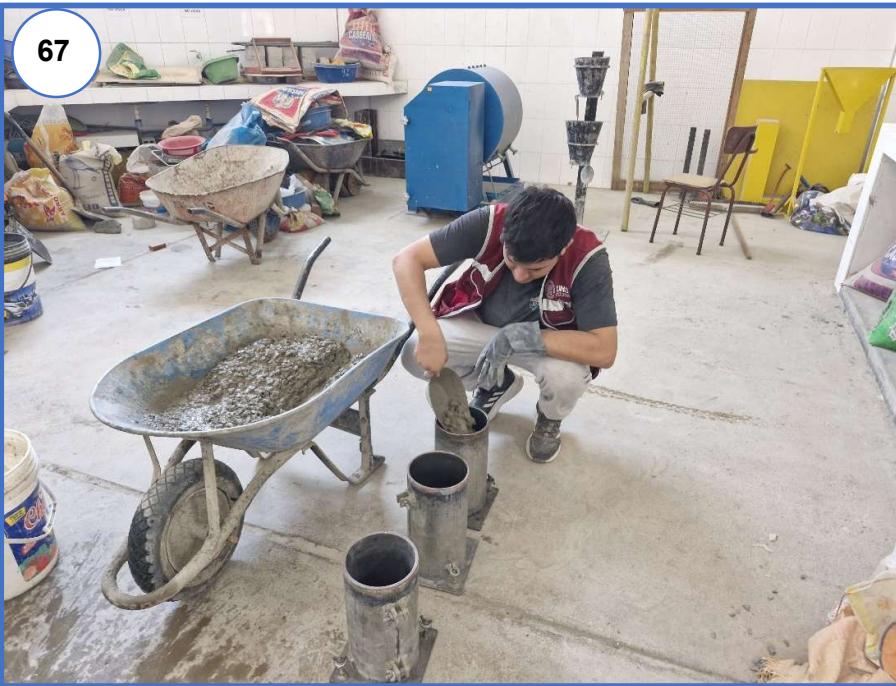
Fotografía N° 63: Se realizó también la medición del peso unitario del concreto fresco



Fotografía N° 64 y N° 65: Se hace el procedimiento para determinar el asentamiento de concreto o “slump” mediante la compactación de 3 capas con 25 golpes de manera uniforme sobre cada una de ellas, utilizamos para dicho procedimiento una varilla lisa de 5/8”



Fotografía N° 66: Se retira el molde hacia arriba y se hace la medición del asentamiento de concreto o “slump”



Fotografía N° 67: Luego de haber corroborado el slump, se continúa con los trabajos de vaciado de concreto a los moldes de acero, mediante la utilización de un cucharón



Fotografía N° 68: Se realizó la compactación en 3 capas con 25 golpes de manera uniforme sobre cada una de ellas, se utilizó una varilla lisa de 5/8", acto seguido se golpeó suavemente los lados del molde con el martillo de goma para liberar el aire atrapado y asentar el concreto.



Fotografía N° 69: Se completan las muestras por cada dosificación ya antes calculada en laboratorio



Fotografía N° 70 y N°71: Se realizó el pesaje del molde cilíndrico de metal, y luego con la muestra del concreto en estado fresco para determinar el peso del concreto compactado y por ende la densidad de la muestra.



Fotografía N° 72: Se dejó fraguar durante un día.



Fotografía N° 73: Curado de las probetas codificadas correctamente para su identificación en los ensayos de rotura.



Fotografía N° 74, N° 75 y N° 76: Se midieron las dimensiones del molde prismático



Fotografía N° 77: Moldes prismáticos para el vaciado de concreto



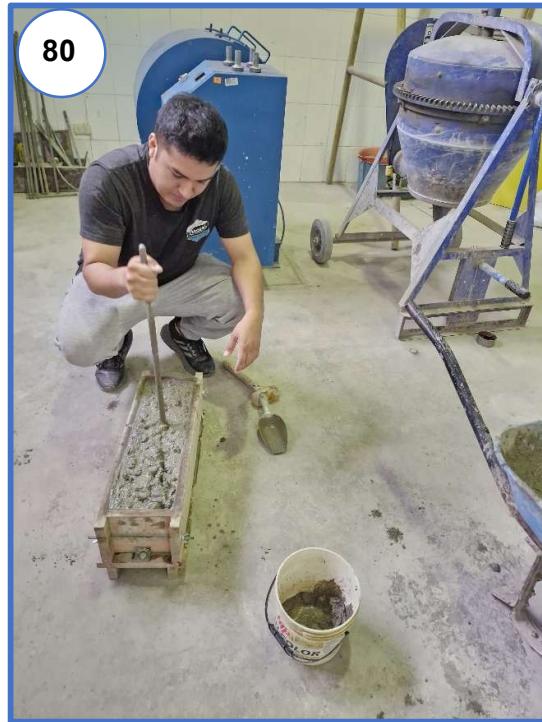
78

Fotografía N° 78: Luego de haberse mezclado debidamente los materiales se proceden a vaciar el concreto a una carretilla tipo buggy.



79

Fotografía N° 79: Se continúa con los trabajos de vaciado de concreto a los moldes de acero, mediante la utilización de un cucharón



Fotografía N° 80: Se realiza compactación de 2 capas con 25 golpes de manera uniforme sobre cada una de ellas, utilizamos para dicho procedimiento con una varilla lisa de 5/8"



Fotografía N° 81 y N° 82: Después de 24 horas de fraguado se realizó el desencofrado de las probetas prismáticos cuidadosamente para su posterior curado



Fotografía N° 83: Curación de las vigas codificadas correctamente para su identificación en los ensayos de flexión.



Fotografía N° 84: Rotura de muestra patrón a los 28 días.



Fotografía N° 85: Rotura de muestra adicionando 0.5% fibra de PVA y 5.0% de microsílice a los 28 días.



Fotografía N° 86: Rotura de muestra adicionando 0.5% fibra de PVA y 10.0% de microsílice a los 28 días.



Fotografía N° 87: Rotura de muestra adicionando 0.5% fibra de PVA y 15.0% de microsílice a los 28 días.



Fotografía N° 88: Rotura de muestra adicionando 1.0 % fibra de PVA y 5.0% de microsílice a los 28 días.



Fotografía N° 89: Rotura de muestra adicionando 1.0 % fibra de PVA y 5.0% de microsílice a los 28 días.



Fotografía N° 90: Rotura de muestra adicionando 1.0 % fibra de PVA y 10.0% de microsílice a los 28 días.

91

5%PVA- 5%MC.SIL-2M



Fotografía N° 91: Rotura de muestra adicionando 1.0 % fibra de PVA y 15.0% de microsílice a los 28 días.

92

5%PVA- 5%MC.SIL-2M



Fotografía N° 92: Rotura de muestra adicionando 1.5% fibra de PVA y 5.0% de microsílice a los 28 días.



Fotografía N° 93: Rotura de muestra adicionando 1.5% fibra de PVA y 10.0% de microsílice a los 28 días.



Fotografía N° 94: Rotura de muestra adicionando 1.5% fibra de PVA y 15.0% de microsílice a los 28 días.



Fotografía N° 95: Rotura de muestra óptima a los 28 días



Fotografía N° 96 Y N°97: Rotura de viga prismática de muestra patrón a los 28 días para la resistencia a la flexión.



Fotografía N° 98 Y N°99: Rotura de viga prismática del óptimo porcentaje a los 28 días para la resistencia a la flexión.



ANEXO 04

FICHA TECNICA DEL CEMENTO

7.4. ANEXO 04 – FICHA TÉCNICA DEL CEMENTO**Cemento Portland compuesto tipo ICo.****Requisitos Normalizados**

NTP 334.090 / Resultado promedio de nuestros productos.

Propiedades Químicas

QUÍMICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
MgO (%)	6.0 máx.	2.2
SO ₃ (%)	4.0 máx.	2.3

Propiedades Físicas

REQUISITOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE ENSAYOS
Contenido de aire del mortero (Volumen %)	12 máx.	5
Superficie específica (cm ² /g)	A	5920
Retenido M325 (%)	A	1.7
Expansión en autoclave (%)	0.80 máx.	0.07
Contracción en autoclave (%)	0.20 máx.	0.00
Densidad (g/mL)	A	2.96
Resistencia a la compresión mín. (MPa)		
1 día	A	9.8
3 días	13.0	22.1
7 días	20.0	29.7
28 días	25.0	37.9
Tiempo de Fraguado, minutos, Vicat		
Inicial, no menor que:	45	123
Final, no mayor que:	420	252

A No especifica.

VENTAJAS

Presentaciones: Bolsas de 42.5 kg, granel y big bag de 1TM.



Fecha y hora de envasado garantiza máxima frescura.

Certificamos que el cemento descrito arriba, al tiempo del envío, cumple con los requisitos químicos y físicos de la NTP 334.090.2016.

Pacasmayo



ANEXO 05

ENsayo de los AGREGADOS



7.5. ANEXO 05 – ENSAYO DE LOS AGREGADOS

ANALISIS GRANULOMÉTRICO



"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS

TESIS: PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTA Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre

Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

MUESTRA: Agregado Fino

FECHA: SETIEMBRE 2024

CANTERA: La Sorpresa

ASESOR Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

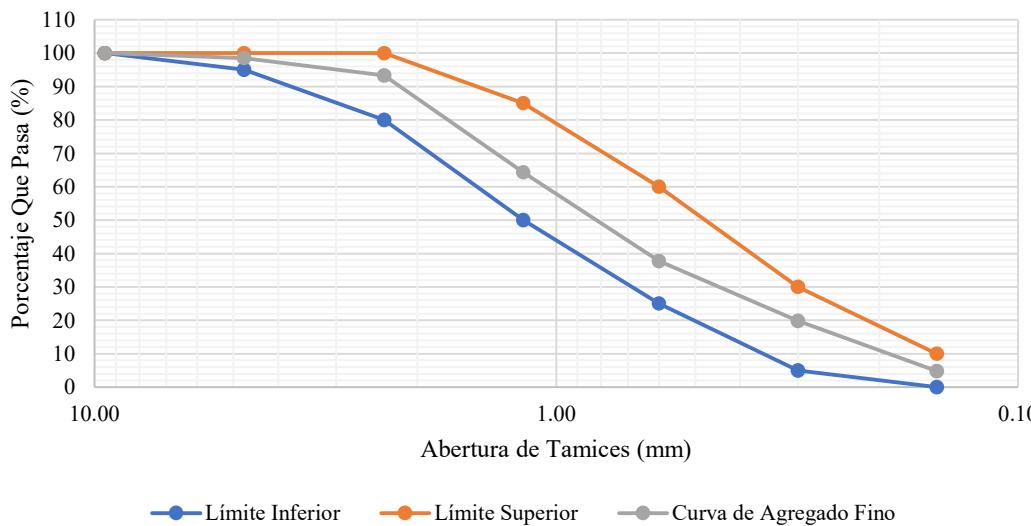
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136 / NTP 400.037)

Peso inicial de la muestra: 1000 gr.

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Peso del bowl (g)	Peso malla + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
3/8"	9.50	98.45	98.45	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº 4	4.75	98.45	112.92	14.47	1.45	1.45	98.55
Nº 8	2.36	98.45	151.36	52.91	5.29	6.74	93.26
Nº 16	1.18	98.45	387.65	289.20	28.92	35.66	64.34
Nº 30	0.60	98.45	364.41	265.96	26.60	62.25	37.75
Nº 50	0.30	98.45	277.42	178.97	17.90	80.15	19.85
Nº 100	0.15	98.45	248.77	150.32	15.03	95.18	4.82
Nº 200	0.075	98.45	128.33	29.88	2.99	98.17	1.83
BC	0.00	98.45	116.74	18.29	1.83	100.00	0.00
TOTAL				1000.00	100.00		

Módulo de Finura 2.81

CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO FINO





TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

MUESTRA: Agregado Grueso

FECHA: SETIEMBRE 2024

CANTERA: La Sorpresa

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

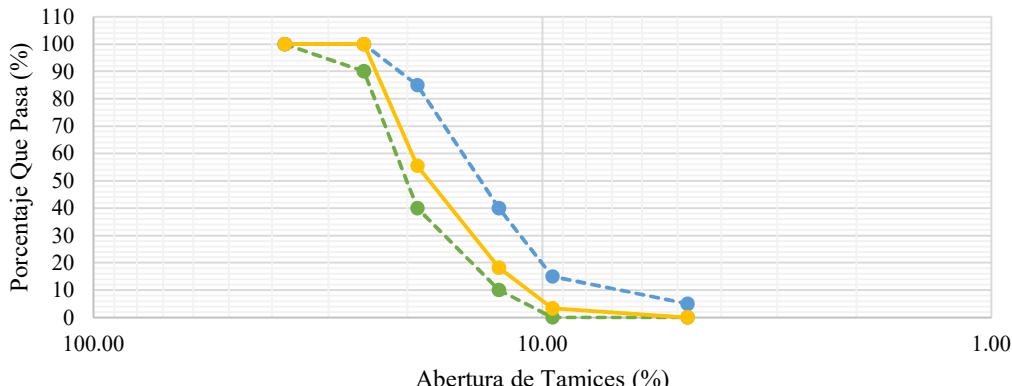
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136 / NTP 400.037)

Peso inicial de la muestra: 5320 gr.

Nº Tamiz	Abertura (mm)	Peso de la malla (g)	Peso malla + muestra (g)	Peso Retenido (g)	Porcentaje Retenido (%)	Porcentaje Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa (%)
1 1/2"	37.50	796.08	796.08	0.00	0.00	0.00	100.0
1"	25.00	478.92	478.92	0.00	0.00	0.00	100.0
3/4"	19.00	485.49	2852.25	2366.76	44.49	44.49	55.5
1/2"	12.50	527.33	2515.14	1987.81	37.36	81.85	18.1
3/8"	9.50	792.00	1578.32	786.32	14.78	96.63	3.4
Nº 4	4.75	711.04	890.15	179.11	3.37	100.00	0.0
BC	0.00	483.71	483.71	0.00	0.00	100.00	0.0
TOTAL				5320.00	100.00		

Tamaño Máximo Nominal 3/4"

CURVA GRANULOMÉTRICA DE AGREGADO GRUESO





CONTENIDO DE HUMEDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"		
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino		
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú	MUESTRA:	Agregado Grueso
FECHA:	SETIEMBRE 2024	CANTERA:	La Sorpresa
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla		

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80 / NTP 339.185)

CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	CODIGO DE MUESTRA		
				A	B	C
1	Peso de la tara		gr	27.012	27.120	27.131
2	Peso de la tara + Muestra Húmeda		gr	138.639	149.048	153.583
3	Peso de la tara + Muestra Seca		gr	138.296	148.659	153.210
W	Masa de la Muestra Humeda Original	(2)-(1)	gr	111.627	121.928	126.452
D	Masa de la Muestra Seca	(3)-(1)	gr	111.284	121.539	126.079
P	Contenido de Humedad Total Evaporable	100 x (W-D)/D	%	0.308	0.320	0.296
Contenido de Humedad Total Evaporable Promedio del Agregado Grueso				0.31%		



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"		
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino		
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú	MUESTRA:	Agregado Fino
FECHA:	SETIEMBRE 2024	CANTERA:	La Sorpresa
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla		



CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80 / NTP 339.185)

CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	CODIGO DE MUESTRA		
				A	B	C
1	Peso de la tara		gr	26.957	27.252	27.185
2	Peso de la tara + Muestra Húmeda		gr	94.451	86.479	96.451
3	Peso de la tara + Muestra Seca		gr	94.144	86.206	96.120
W	Masa de la Muestra Humeda Original	(2)-(1)	gr	67.494	59.227	69.266
D	Masa de la Muestra Seca	(3)-(1)	gr	67.187	58.954	68.935
P	Contenido de Humedad Total Evaporable	100 x (W-D)/D	%	0.457	0.463	0.480
Contenido de Humedad Total Evaporable Promedio del Agregado Fino				0.47%		



PESO UNITARIO



TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

MUESTRA: Agregado Fino

FECHA: SETIEMBRE 2024

CANTERA: La Sorpresa

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9085.00	9065.00	9070.00
	Peso Unitario Seco Suelto	((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1609	1602	1603
Peso Unitario Seco Suelto del agregado fino			kg/m ³	1604		

PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9590.00	9600.00	9620.00
	Peso Unitario Seco Compactado	((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1787	1790	1798
Peso Unitario Seco compactado del agregado fino			kg/m ³	1792		





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

MUESTRA: Agregado Grueso

FECHA: SETIEMBRE 2024

CANTERA: La Sorpresa

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	8535.00	8460.00	8510.00
	Peso Unitario Seco Compactado	((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1414	1388	1406
Peso Unitario Seco Suelto del agregado grueso			kg/m ³	1403		

PESO UNITARIO COMPACTADO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO		
				1	2	3
A	Peso del molde		gr	4530.00	4530.00	4530.00
B	Volumen del Molde		cm ³	2831.68	2831.68	2831.68
C	Peso del molde + Muestra Compactada		gr	9035.00	9000.00	9075.00
	Peso Unitario Seco Compactado	((C-A)/B)x1000	kg/m ³	1591	1579	1605
Peso Unitario Seco Compactado del agregado grueso			kg/m ³	1592		





PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú **MUESTRA:** Agregado Fino

FECHA: SETIEMBRE 2024 **CANTERA:** La Sorpresa

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
S	Peso de la Muestra Saturada con Superficie Seca		gr	500.36
C	Peso del Picnometro Aforado + Muestra Saturada Superficialmente Seca +Agua		gr	985.46
A	Peso al aire de la muestra desecada		gr	491.92
B	Peso del Picnometro Aforado lleno de Agua		gr	670.64
Peso Específico Nominal		(A/(B+S-C))	gr/cm3	2.78
Absorción		((S-A)/A)X100	%	1.72





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

MUESTRA: Agregado Grueso

FECHA: SETIEMBRE 2024

CANTERA: La Sorpresa

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

PESO UNITARIO SUELTO (ASTM C-29 / NTP 400.017)

CODIGO	DESCRIPCIÓN	OPERACIÓN	UNIDAD	PESO
B	Peso en el aire de la muestra saturada		gr	2516.40
C	Peso Sumergido en agua, de la muestra saturada		gr	1559.50
A	Peso en el aire de la muestra Seca		gr	2505.30
Peso Específico Nominal		A/(A-C)	gr/cm3	2.65
Absorción		((B-A)/A)x100	%	0.44





ANEXO 06

DISEÑO DE MEZCLA



7.6. ANEXO 06 – DISEÑO DE MEZCLA



TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

FECHA: SETIEMBRE 2024

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

DISEÑO DE MEZCLA $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

Método de Diseño del Comité 211 del ACI

I. ESPECIFICACIONES:

1.1. La Resistencia Mínima de Diseño a los 28 días es de 210 Kg/cm^2 , se desconoce el valor de la desviación estándar.

1.2. Materiales:

1.2.1. Cemento Pacasmayo Tipo I.

Peso Específico	2.96	gr/cm^3
-----------------	------	------------------

1.2.2. Agregado Fino

Arena Gruesa (La Sorpresa)	2.78	gr/cm^3
Peso Específico Nominal	1.72	%
Absorción	0.47	%
Contenido de Humedad	2.81	
Módulo de Fineza	1604.47	Kg/m^3
Peso Unitario Suelto	1791.63	Kg/m^3
Peso Unitario Compactado		

1.2.3. Agregado Grueso

Piedra Sarandeada (Cantera de la Zona)	3/4"	
Tamaño Máximo Nominal	2.65	gr/cm^3
Peso Específico Nominal	0.44	%
Absorción	0.31	%
Contenido de Humedad	1402.58	Kg/m^3
Peso Unitario Suelto	1591.52	Kg/m^3
Peso Unitario Compactado		





1.2.4. Agua:

Aqua Potable de la zona.

II. SECUENCIA DE DISEÑO:

2.1. Selección de la Resistencia (f'cr):

Dado que no se conoce el valor de la desviación estándar, entonces se

tiene que: $f'cr = f'c + 84 \text{ Kg/cm}^2$

Entonces: $f'cr = 210 + 84 = 294 \text{ Kg/cm}^2$

2.2. Selección del Tamaño Máximo Nominal:

El tamaño máximo nominal es de $3/4"$

2.3. Selección del Asentamiento:

El presente diseño se hizo para una mezcla plástica con un asentamiento de $3"$ a $4"$.

2.4. Volumen Unitario de Agua:

Para una mezcla de concreto de $3"$ a $4"$ de asentamiento, sin aire incorporado y cuyo agregado tiene un tamaño máximo nominal de $3/4"$, el volumen unitario de agua es de 205 Lt/m^3 .

2.5. Contenido de Aire:

Se considera 2.00% de aire atrapado en relación al tamaño Máximo Nominal

2.6. Relación Agua - Cemento:

Para una resistencia de diseño $f'cr = 294 \text{ Kg/cm}^2$ sin aire incorporado, la relación agua - cemento es de 0.5584 por Resistencia

2.7. Factor Cemento:

$205.00 / 0.56 = 367.12 \text{ Kg/m}^3 = 8.64 \text{ Bls/m}^3$

2.8. Contenido de Agregado Grueso:

Para un módulo de fineza de 2.81 y un tamaño máximo nominal de $3/4"$ le corresponde un volumen unitario de 0.62 m^3 de agregado grueso varillado por unidad de volumen de concreto.

Peso del Agregado Grueso = $0.62 \times 1591.52 = 986.74 \text{ Kg/m}^3$

2.9. Cálculo de Volúmenes Absolutos:

Cemento	$367.12 / (2.96 \times 1000) =$	0.124 m^3
Agua	$205.00 / (1.00 \times 1000) =$	0.205 m^3
Aire Atrapado	$2.00\% =$	0.020 m^3
Agregado Grueso	$986.74 / (2.65 \times 1000) =$	0.373 m^3
Total		0.722 m^3





2.10 Contenido de Agregado Fino:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agregado fino} &: 1.00 - 0.722 = 0.278 \text{ m}^3 \\ \text{Peso de agregado fino seco} &: 0.278 \times 2.78 \times 1000 = 773.459 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2.11 Valores de Diseño:

Cemento	367.12 Kg/m ³
Agua de Diseño	205.00 Lt/m ³
Agregado Fino Seco	773.46 Kg/m ³
Agregado Grueso Seco	986.74 Kg/m ³

2.12 Corrección por Humedad de los Agregados:

$$\begin{aligned} \text{Agregado Fino} & 773.46 \times 1.0047 = 777.07 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Agregado Grueso} & 986.74 \times 1.0031 = 989.78 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$

Humedad Superficial de:

$$\begin{aligned} \text{Agregado Fino} & 0.47 - 1.72 = -1.25 \% \\ \text{Agregado Grueso} & 0.31 - 0.44 = -0.14 \% \end{aligned}$$

Aporte de Humedad de los Agregados:

$$\begin{aligned} \text{Agregado Fino} & 773.46 \times [-0.0125] = -9.66 \text{ Lt/m}^3 \\ \text{Agregado Grueso} & 986.74 \times [-0.0014] = -1.33 \text{ Lt/m}^3 \\ \text{Total} & = -10.99 \text{ Lt/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Agua Efectiva} \quad 205.00 - (-10.99) = 215.99 \text{ Lt/m}^3$$

Los pesos de los materiales ya corregidos serán:

$$\begin{aligned} \text{Cemento} & 367.12 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Agua Efectiva} & 215.99 \text{ Lt/m}^3 \\ \text{Agregado Fino Húmedo} & 777.07 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Agregado Grueso Húmedo} & 989.78 \text{ Kg/m}^3 \end{aligned}$$



2.13 Proporción en Peso Húmedo:

$$367.12 / 367.12 : 777.07 / 367.12 : 989.78 / 367.12 \quad 1 : 2.12 : 2.70 / 0.59$$

2.14 Pesos por Tanda de un Saco:

Cemento	1.00	\times	42.5	=	42.50	Kg/saco
Agua Efectiva	0.59	\times	42.5	=	25.00	Lt/saco
Agregado Fino Húmedo	2.12	\times	42.5	=	89.96	Kg/saco
Agregado Grueso Húmedo	2.70	\times	42.5	=	114.58	Kg/saco



2.15 Peso por Pie Cúbico del:

Agregado Fino Húmedo	777.07	\times	35.31	/ 1604	=	17.10	Kg/pie ³
Agregado Grueso Húmedo	989.78	\times	35.31	/ 1403	=	24.92	Kg/pie ³

2.16 Dosisificación en Volumen:

Cemento	8.64	/	8.64	=	1.00	pie ³
Agregado Fino Húmedo	17.10	/	8.64	=	1.98	pie ³
Agregado Grueso Húmedo	24.92	/	8.64	=	2.88	pie ³
Agua de Mezcla	215.99	/	8.64	=	25.00	Lt/bolsa

SE RECOMIENDA USAR : 1: 2.12 : 2,70 / 25,00 Lt/bl





ANEXO 07

PESO GRAVIMÉTRICO Y CONTENIDO DE AIRE



7.7. ANEXO 07 – PESO GRAVIMÉTRICO Y CONTENIDO DE AIRE



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"		
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino		
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú	MUESTRA:	CONCRETO F'C=210 KG/CM2
FECHA:	21 de Octubre de 2024		
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla		

**PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP
339.046)**

Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	9.12	0.003
A. Fino	19.30	0.007
A. Grueso	24.58	0.009
Agua	5.36	0.005
TOTAL	58.36	0.025

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.35 cm	30.50 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.07
Volumen del recipiente metálico	0.00564
Peso del concreto 1 + recipiente	22.900
Peso del concreto 2 + recipiente	22.945
Masa total de los materiales de la tanda (W)	58.36
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.025
Masa del cemento en la tanda (Nt)	9.12
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.025

Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2366.68
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2281.08
Factor de compactación = P1/P2 (*)	0.998
Rendimiento (Y)	0.0256
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	1.038
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	356.468
Contenido de aire o % de vacíos (A)	3.617%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"	
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino	
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú	MUESTRA: CONCRETO F'C=210 KG/CM2
FECHA:	11 de Noviembre de 2024	+ 0.5% PVA + 5% MICROSILICE
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla	

**PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP
339.046)**

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	6.40	0.002
A. Fino	13.55	0.005
A. Grueso	17.26	0.007
Agua	3.77	0.004
Microsilice	0.32	0.00015
Fibra PVA	0.080	0.00009
TOTAL	41.38	0.0176

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.25 cm	30.50 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.075
Volumen del recipiente metálico	0.00557
Peso del concreto 1 + recipiente	22.645
Peso del concreto 2 + recipiente	23.015
Masa total de los materiales de la tanda (W)	41.38
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.018
Masa del cemento en la tanda (Nt)	6.4
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.018



Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2357.45
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2322.76
Factor de compactación = P1/P2 (*)	0.984
Rendimiento (Y)	0.0178
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	1.015
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	359.248
Contenido de aire o % de vacíos (A)	1.472%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú
FECHA:	11 de Noviembre de 2024
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla
MUESTRA:	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 + 0.5% PVA + 10% MICROSILICE

PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP 339.046)

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	6.32	0.002
A. Fino	13.38	0.005
A. Grueso	17.04	0.006
Agua	3.72	0.004
Microsilice	0.63	0.00029
Fibra PVA	0.080	0.00009
TOTAL	41.17	0.017

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.15 cm	30.35 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.020
Volumen del recipiente metálico	0.00547
Peso del concreto 1 + recipiente	22.395
Peso del concreto 2 + recipiente	22.805
Masa total de los materiales de la tanda (W)	41.17
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.017
Masa del cemento en la tanda (Nt)	6.32
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.017



Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2356.27
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2336.83
Factor de compactación = P1/P2 (*)	0.982
Rendimiento (Y)	0.0176
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	1.008
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	358.726
Contenido de aire o % de vacíos (A)	0.825%



TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú
FECHA:	11 de Noviembre de 2024
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla
MUESTRA:	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 + 0.5% PVA + 15% MICROSILICE

PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP 339.046)

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	6.37	0.002
A. Fino	13.47	0.005
A. Grueso	17.16	0.006
Agua	3.75	0.004
Microsilice	0.95	0.00043
Fibra PVA	0.080	0.00009
TOTAL	41.78	0.018

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.20 cm	30.45 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.070
Volumen del recipiente metálico	0.00553
Peso del concreto 1 + recipiente	22.280
Peso del concreto 2 + recipiente	23.155
Masa total de los materiales de la tanda (W)	41.78
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.018
Masa del cemento en la tanda (Nt)	6.37
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.018



Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2354.79
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2368.15
Factor de compactación = P1/P2 (*)	0.962
Rendimiento (Y)	0.0176
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	0.994
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	361.061
Contenido de aire o % de vacíos (A)	0.567%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"	
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino	
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú	MUESTRA: CONCRETO F'C=210 KG/CM2 + 1.0% PVA + 5% MICROSILICE
FECHA:	12 de Noviembre de 2024	
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla	

PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP 339.046)

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	8.79	0.003
A. Fino	18.61	0.007
A. Grueso	23.71	0.009
Agua	5.17	0.005
Microsilice	0.44	0.00020
Fibra PVA	0.220	0.00024
TOTAL	56.94	0.024

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.10 cm	30.40 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.010
Volumen del recipiente metálico	0.00544
Peso del concreto 1 + recipiente	22.345
Peso del concreto 2 + recipiente	22.580
Masa total de los materiales de la tanda (W)	56.94
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.024
Masa del cemento en la tanda (Nt)	8.79
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.024

Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2350.68
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2308.97
Factor de compactación = P1/P2 (*)	0.990
Rendimiento (Y)	0.0247
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	1.018
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	356.442
Contenido de aire o % de vacíos (A)	1.775%





TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú
FECHA:	12 de Noviembre de 2024
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla
MUESTRA:	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 + 1.0% PVA + 10% MICROSILICE

PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP 339.046)

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	9.00	0.003
A. Fino	19.05	0.007
A. Grueso	24.26	0.009
Agua	5.29	0.005
Microsilice	0.90	0.00041
Fibra PVA	0.220	0.00024
TOTAL	58.72	0.025

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.25 cm	30.50 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.075
Volumen del recipiente metálico	0.00557
Peso del concreto 1 + recipiente	22.685
Peso del concreto 2 + recipiente	22.990
Masa total de los materiales de la tanda (W)	58.72
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.025
Masa del cemento en la tanda (Nt)	9
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.025



Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2349.87
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2318.28
Factor de compactación = P1/P2 (*)	0.987
Rendimiento (Y)	0.0253
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	1.014
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	355.321
Contenido de aire o % de vacíos (A)	1.344%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

FECHA: 13 de Noviembre de 2024

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

MUESTRA: CONCRETO F'C=210 KG/CM2
+ 1.0% PVA + 15% MICROSILICE

**PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP
339.046)**

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	8.93	0.003
A. Fino	18.89	0.007
A. Grueso	24.06	0.009
Agua	5.25	0.005
Microsilice	1.34	0.00061
Fibra PVA	0.220	0.00024
TOTAL	58.69	0.025

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.20 cm	30.45 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.070
Volumen del recipiente metálico	0.00553
Peso del concreto 1 + recipiente	22.760
Peso del concreto 2 + recipiente	23.135
Masa total de los materiales de la tanda (W)	58.69
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.025
Masa del cemento en la tanda (Nt)	8.93
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.025



Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2348.36
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2364.53
Factor de compactación = P1/P2 (*)	0.984
Rendimiento (Y)	0.0248
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	0.993
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	359.776
Contenido de aire o % de vacíos (A)	0.689%



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

MUESTRA: CONCRETO F'C=210 KG/CM²
+ 1.5% PVA + 5% MICROSILICE

FECHA: 18 de Noviembre de 2024

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

**PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP
339.046)**

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	6.32	0.002
A. Fino	13.38	0.005
A. Grueso	17.04	0.006
Agua	3.72	0.004
Microsilice	0.32	0.00015
Fibra PVA	0.240	0.00026
TOTAL	41.02	0.018

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.15 cm	30.35 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.020
Volumen del recipiente metálico	0.00547
Peso del concreto 1 + recipiente	22.675
Peso del concreto 2 + recipiente	22.595
Masa total de los materiales de la tanda (W)	41.02
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.018
Masa del cemento en la tanda (Nt)	6.32
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.018

Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2343.00
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2298.45
Factor de compactación = P1/P2 (*)	1.004
Rendimiento (Y)	0.0178
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	1.019
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	354.124
Contenido de aire o % de vacíos (A)	1.902%





TESIS: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

TESISTAS: Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre
Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino

LUGAR: Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú

FECHA: 18 de Noviembre de 2024

ASESOR: Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla

MUESTRA: CONCRETO F'C=210 KG/CM²
+ 1.5% PVA + 10% MICROSILICE

**PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP
339.046)**

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m ³)
Cemento	6.30	0.002
A. Fino	13.33	0.005
A. Grueso	16.99	0.006
Agua	3.71	0.004
Microsilice	0.63	0.00029
Fibra PVA	0.230	0.00025
TOTAL	41.19	0.018

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.10 cm	30.40 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.100
Volumen del recipiente metálico	0.00544
Peso del concreto 1 + recipiente	22.810
Peso del concreto 2 + recipiente	22.650
Masa total de los materiales de la tanda (W)	41.19
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.018
Masa del cemento en la tanda (Nt)	6.3
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.018

Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2342.50
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2305.29
Factor de compactación = P1/P2 (*)	1.007
Rendimiento (Y)	0.0179
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	1.016
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	352.594
Contenido de aire o % de vacíos (A)	1.588%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú
FECHA:	18 de Noviembre de 2024
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla
MUESTRA:	CONCRETO F'C=210 KG/CM ² + 1.5% PVA + 15% MICROSILICE

**PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP
339.046)**

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	6.32	0.002
A. Fino	13.38	0.005
A. Grueso	17.04	0.006
Agua	3.72	0.004
Microsilice	0.95	0.00043
Fibra PVA	0.240	0.00026
TOTAL	41.65	0.018

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.15 cm	30.35 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.020
Volumen del recipiente metálico	0.00547
Peso del concreto 1 + recipiente	23.380
Peso del concreto 2 + recipiente	22.940
Masa total de los materiales de la tanda (W)	41.65
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.018
Masa del cemento en la tanda (Nt)	6.32
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.018

Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2340.70
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2361.50
Factor de compactación = P1/P2 (*)	1.019
Rendimiento (Y)	0.0176
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	0.991
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	358.336
Contenido de aire o % de vacíos (A)	0.889%





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERIA - ESPECIALIDAD CIVIL
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DEL CONCRETO

TESIS:	"INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"
TESISTAS:	Bach. Martinez Rodriguez, Ricardo Andre Bach. Zapata Huertas, Christian Celestino
LUGAR:	Nuevo Chimbote - Santa - Ancash - Perú
FECHA:	27 de Diciembre de 2024
ASESOR:	Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla
MUESTRA:	CONCRETO F'C=210 KG/CM2 + 1.0% PVA + 10% MICROSILICE OPTIMO

**PESO UNITARIO (DENSIDAD, RENDIMIENTO Y CONTENIDO DE AIRE (GRAVIMETRICO) DE CONCRETO (NTP
339.046)**

Tanda preparada		
Insumo	Peso (Kg)	Vol (m3)
Cemento	8.93	0.003
A. Fino	18.89	0.007
A. Grueso	24.06	0.009
Agua	5.25	0.005
Microsilice	0.89	0.00040
Fibra PVA	0.220	0.00024
TOTAL	58.24	0.025

Datos del molde	
Diametro	Altura
15.20 cm	30.45 cm

Datos técnicos elegidos para el método	
Peso del recipiente metálico	10.070
Volumen del reciempiente metálico	0.00553
Peso del concreto 1 + recipiente	22.740
Peso del concreto 2 + recipiente	22.945
Masa total de los materiales de la tanda (W)	58.24
Volumen del concreto producido por tanda (Y)	
Volumen del concreto/diseño/producirá la tanda (Yd)	0.025
Masa del cemento en la tanda (Nt)	8.93
Volumen total absoluto de ingredientes/tanda (V)	0.025

Resultados de los cálculos	
Densidad teórica (T) = W / V	2349.58
Densidad Real (Peso unitario) (D) =	2330.14
Factor de compactación = P1/P2 (*)	0.991
Rendimiento (Y)	0.0250
Rendimiento relativo (Ry) = Y / Yd (**)	1.008
Contenido de cemento real (N = Nt / Y)	357.284
Contenido de aire o % de vacíos (A)	0.827%





ANEXO 08

FICHA TÉCNICA DEL MICROSILICE



7.8. ANEXO 08 – FICHA TÉCNICA DEL MICROSILICE

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFume®

Adición mineral - Microsilice

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFume® es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de silice.

USOS

SikaFume® se utiliza en concreto proyectado, estructural, prefabricado y otros campos de construcción de concreto en los que se requieren altas exigencias a la calidad en estado fresco y endurecido.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaFume® contiene dióxido de silicio reactivo extremadamente fino. La presencia de esta sustancia imparte una gran cohesión interna y retención de agua en el concreto fresco. La capacidad de bombeo se mejora sustancialmente así como el comportamiento reológico. En el concreto endurecido, el humo de silice forma un enlace químico con la cal libre (CaOH_2). La formación adicional de productos de hidratación da como resultado una matriz cementicia final significativamente más densa.

Con el uso de SikaFume®, el concreto mostrará las siguientes propiedades:

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

SikaFume® no contiene cloruros ni otras sustancias que promueven la corrosión del acero y, por lo tanto, se puede usar sin ninguna restricción para la construcción de concreto reforzado y pretensado.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFume® cumple los requisitos de las normas EN 13263-1 y ASTM C1240.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Bolsa de 25 kg Bolsa de 20 kg
Vida Útil	36 meses de vida útil a partir de la fecha de producción, si se almacena correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.
Condiciones de Almacenamiento	Almacenamiento en un ambiente seco.
Apariencia / Color	polvo gris o crema
Specific gravity	Peso específico: 2,200 kg/m³

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto	Se deben seguir las reglas estándar de buenas prácticas relativas a la pro-
-----------------------------	---

Hoja De Datos Del Producto
SikaFume®
Marzo 2022, Versión 01.03
02140303100000019



ducción y la colocación de concreto. Las pruebas de laboratorio deben llevarse a cabo en el sitio para realizar los ajustes que sean necesarios, consulte con el soporte técnico de Sika en tanto sea necesario.

Diseño de la Mezcla de Concreto	Cuando se usa SikaFume®, se debe tener en cuenta un diseño de mezcla adecuado y se deben probar y acondicionar su desempeño con los materiales locales.
Condiciones de Curado	Sugerimos, como en todos los concretos, seguir las instrucciones dadas en el ACI 308 para un correcto curado del concreto.
Compatibilidad	Compatible con todos los productos Sika.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	5 - 10% en peso de cemento.
---------------------------------	-----------------------------

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad.

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

MEZCLADO

Se dosifica y adiciona en la planta de concreto en forma similar al cemento u otros materiales cementicios. Puede dosificarse en una mezcladora central o mixer. Seguir el procedimiento indicado en la norma ASTM C94 o NTP 339.114, Especificación estándar para concreto premezclado.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lucumo Mz. "B" Lote 6
Lurín, Lima
Tel. (511) 618-6060



ANEXO 09

Hoja de datos de Seguridad del Microsílice



7.9. ANEXO 09 – HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL MICROSÍLICE

Hoja de Seguridad no sujeta a control de actualización
Edición N°10

Revisión : 27/10/20
Impresión : 27/10/20
Sika® Fume, 1/5

Hoja de Seguridad

según Directiva 91/155/EEC y Norma ISO 11014-1
(ver instrucciones en Anexo de 93/112/EEC)

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto

Nombre comercial:

Sika® Fume

Información del Fabricante / Distribuidor

Fabricante / Distribuidor	Sika Perú S.A.C.
Dirección	Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. B Lote 6, Lurín, Lima – Perú
Código postal y ciudad	Lima 16 – Lurín
País	Perú
Número de teléfono	(51 1) 618 6060
Telefax	(51 1) 618 6070

2. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

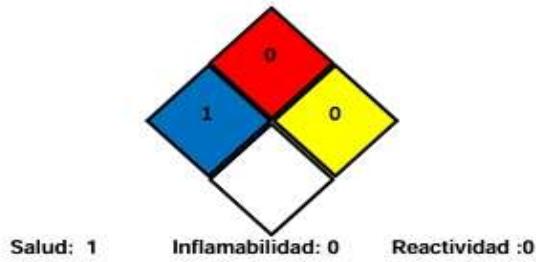
Componentes Peligrosos

Designación según Directiva 67/548/EEC

Número CAS	Concentración	Símbolo de Peligro
Dióxido de Silicio 69012-64-2	50 – 100%	Xi

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Identificación de Riesgos de Materiales según NFPA



4. PRIMEROS AUXILIOS

Instrucciones Generales

Facilitar siempre al médico la hoja de seguridad.

En caso de inhalación

Si, al respirar el polvo, se presentan irritaciones, exponer al afectado al aire fresco.
Si se sienten molestias, acudir al médico.

Sika Perú S.A.C., Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. B Lote 6, Lurín, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070/ Web: www.sika.com.pe

BUILDING TRUST





Hoja de Seguridad no sujeta a control de actualización
Edición N°10

Revisión : 27/10/20
Impresión : 27/10/20
Sika® Fume, 2/5

En caso de contacto con la piel

Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón.

Si persisten los síntomas de irritación, acudir al médico

En caso de contacto con los ojos

Lavar los ojos afectados inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos

Tratamiento médico necesario.

En caso de ingestión

No provocar el vómito

Requerir inmediatamente ayuda médica

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados

Elegir los medios de extinción según el incendio rodeante.

Medios de extinción que no deben utilizarse por razones de seguridad

No aplicable.

Riesgos específicos que resultan de la exposición a la sustancia, sus productos de combustión y gases producidos.

No aplicable

Equipo de protección para el personal de lucha contra incendios

- I Usar equipo respiratorio autónomo.

Indicaciones adicionales

- El producto no arde por si mismo.
- Los restos del incendio así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor.

6. MEDIDAS A TOMAR EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones individuales

- I Evitar la formación de polvo.

Medidas de protección del medio ambiente

- En caso de penetración en cursos de agua, el suelo o los desagües, avisar a las autoridades competentes.

Métodos de limpieza

- Recoger con medios mecánicos.
- Tratar el material recogido según se indica en el apartado "eliminación de residuos".

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación

Indicaciones para manipulación sin peligro

Ver capítulo 8 / Equipo de protección personal

Evitar la formación de polvo.

Usar solamente en áreas bien ventiladas.

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión

No aplicable

Almacenamiento

Exigencias técnicas para almacenes y recipientes

Sika Perú S.A.C., Habiltyación Industrial El Lúcumo Mz. B Lote 6, Lurín, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070/ Web: www.sika.com.pe



Hoja de Seguridad no sujeta a control de actualización
Edición N°10

Revisión : 27/10/20
Impresión : 27/10/20
Sika® Fume, 3/5

- Mantener los recipientes herméticamente cerrados y guardarlos en un sitio fresco y bien ventilado.

Indicaciones para el almacenamiento conjunto

- Manténgalo alejado de alimentos, bebidas y comida para animales.

Información adicional relativa al almacenamiento

- Proteger del agua y de la humedad del aire

8. LÍMITES DE EXPOSICIÓN Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL**Componentes con valores límites a controlar en el lugar de trabajo**

Designación del componente

Número CAS	Tipo	Ref. / País / Año
Dióxido de Silicio 69012-64-2	MAK-G	4 mg/m ³

Protección personal**Medidas generales de protección e higiene**

- No respirar el polvo
- Prever una ventilación suficiente o escape de gases en el área de trabajo.
- No fumar, ni comer o beber durante el trabajo.
- Lavarse las manos antes de los descansos y después del trabajo.
- Observar las medidas de precaución habituales en el manejo de productos químicos.

Protección respiratoria

Máscara de protección para polvos en caso de que se forme polvo concentrado.

Protección de las manos

- Guantes de goma.

**9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS****Aspecto**

Estado Físico	Polvo
Color	Gris
Olor	Inodoro

Datos significativos para la seguridad

		Método
Punto de inflamación	No aplicable	
Temperatura de autoinflamación	No aplicable	
Solubilidad en agua a 20°C	El producto no es miscible	

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**Condiciones que deben evitarse**

No se conocen

Sika Perú S.A.C., Habilización Industrial El Lucumo Mz. B Lote 6, Lurín, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070 / Web: www.sika.com.pe





Hoja de Seguridad no sujeta a control de actualización
Edición N°10

Revisión : 27/10/20
Impresión : 27/10/20
Sika® Fume, 4/5

Materias que deben evitarse / Reacciones peligrosas

Almacenando y manipulando el producto adecuadamente, no se producen reacciones peligrosas.

Descomposición Térmica y Productos de descomposición peligrosos

Utilizando el producto adecuadamente, no se descompone.

11. INFORMACIONES TOXICOLÓGICAS

Sensibilización

No se conocen efectos sensibilizantes a largo plazo.

Experiencia sobre personas

Contacto con la piel

- Puede causar irritación

Contacto con los ojos

- Puede causar irritación

Inhalación

- Puede causar irritación

Ingestión

- Puede causar perturbaciones en la salud.

12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Indicaciones adicionales

- No Aplica.

13. ELIMINACIÓN DE RESIDUOS

Producto

Recomendaciones

- Eliminar, observando las normas locales en vigor.
- Ver capítulo 15, regulaciones nacionales

Envases / embalajes sin limpiar.

Recomendaciones

- Embalajes vacíos deben tratarse según la legislación de las Autoridades Locales.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

ADR / RID

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa

IMO / IMDG

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa

IATA / ICAO

Información Complementaria

Mercancía no peligrosa

15. DISPOSICIONES DE CARÁCTER LEGAL

Sika Perú S.A.C., Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. B Lote 6, Lurín, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070/ Web: www.sika.com.pe

BUILDING TRUST





Hoja de Seguridad no sujeta a control de actualización
Edición N°10

Revisión : 27/10/20
Impresión : 27/10/20
Sika® Fume, 5/5

Etiquetado según 88 / 379 / EEC

Según Directivas CE y la legislación nacional correspondiente, el producto no requiere etiqueta.

Disposiciones nacionales

Clase de Toxicidad: libre

BAG T N°: 617300

Clasificación de peligrosidad para el agua (DE)
WGK: 1 (autoclasificación)

Clasificación contra incendios (CH)
6

Indicaciones y codificación para la eliminación de residuos
Disponer en contenedores como material inerte.

16. OTRAS INFORMACIONES

En caso de emergencia consultar a Aló EsSalud
Teléfono: 472-2300 ó 0801-10200

**"La presente Edición anula y reemplaza la Edición N°9
la misma que deberá ser destruida"**

Advertencia:

La información contenida en esta Hoja de Seguridad corresponde a nuestro nivel de conocimiento en el momento de su publicación. Quedan excluidas todas las garantías. Se aplicarán nuestras Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Por favor, consulte la Hoja Técnica del producto antes de su utilización. Los usuarios deben remitirse a la última edición de las Hojas de Seguridad 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

Aprobado por: CVS

Sika Perú S.A.C., Habilitación Industrial El Lúcumo Mz. B Lote 6, Lurín, Lima – Perú
Tel: (51-1) 618-6060 / Fax: (51-1) 618-6070/ Web: www.sika.com.pe

BUILDING TRUST





ANEXO 10

FICHA TÉCNICA DE LA FIBRA DE ALCOHOL POLIVINILICO

7.10. ANEXO 10 – FICHA TECNICA DE LA FIBRA DE ALCOHOL POLIVINILICO

Revised 16 Feb, 2024



Ruyuan® Fibre



Description

Ruyuan® Fibre is a monofilament polypropylene fibre for use in concrete to reduce the incidence of plastic shrinkage cracking. Ruyuan® Fibre increases the strain capacity of the fresh concrete therefore reducing plastic cracking. Ruyuan® Fibre is ideal for use in concrete used to produce:

Uses

- Floor slabs
- Driveways
- Tilt slabs
- Floor toppings
- Precast units
- Coloured concrete

Ruyuan® Fibre can be used in both dry and wet shotcrete applications such as:

- Pools
- Channels
- Retaining walls
- Building restoration

Advantages

Ruyuan® Fibre provides the following benefits:

- Less plastic shrinkage cracking
- Increased resistance to impacts and shattering
- Increased abrasion resistance
- Non staining

When used in shotcrete the benefits are:

- Reduced rebound waste
- Thicker layer builds
- Reduced sag
- Increased fatigue resistance
- Alkali and dust proof
- Non staining

Storage and Shelf Life

Product can be stored for indefinite period in a dry shade environment.

Application

Ruyuan® Fibre shall be added at minimum dose rate of 0.6kg (1 bag) per cubic metre of concrete.

Dosage

Mixing

Place the bag directly into the ready mixed truck or central mixer. Mix for a minimum of three (3) minutes or when fibres are evenly distributed through concrete.

Revised 16 Feb, 2024

**Technical Data (Typical)**

Material Type	100% Virgin Monofilament Polypropylene Fibers
Length of Fibre	3-22 mm
Diameter	22 µm - Nominal
Tenacity CN/Tex	28.0 minimum
Elongation at Break	20-30%
Sotening (melt) Point	160-170°C
Ignition Temperature	Above 350°C
Density	0.91 grams/ml
Absorption	Nil
Thermal Conductivity	Low
Electrical Conductivity	Low
Acid and Salt Resistance	High
Youngs Modulus	3.5 k N/mm ²
Packaging	600g 900g 1000g bags or as your request

Important Notes

- The addition of Ruyuan® Fibre to a concrete mix is no substitute for proper curing practices.
- Ruyuan® Fibre is not a structural fibre and therefore should not be used as a substitute for structural steel or steel fibres in structural applications.
- Concrete fibres in general can exhibit lower slumps and the use of a super plasticiser such as Ruyuan® is recommended.

Handling Precautions

- Avoid contact with skin and eyes.
- Wear protective gloves and eye protection during work.
- If skin contact occurs, wash skin thoroughly.
- If in eyes, hold eyes open, flood with warm water and seek medical attention without delay.
- A full Material Safety Data Sheet is available from Ruyuan® on request.

Important Notification

The information, and, in particular, the recommendations relating to the application and end-use of Ruyuan's products, are given in good faith based on Ruyuan's current knowledge and experience of the products when properly stored, handled and applied under normal conditions. In practice, the differences in materials, substrates and actual site conditions are such that no warranty in respect of merchantability or of fitness for a particular purpose, nor any liability arising out of any legal relationship whatsoever, can be inferred either from this information, or from any written recommendations, or from any other advice offered. The proprietary rights of third parties must be observed. All orders are accepted subject of our terms and conditions of sale. Users should always refer to the most recent issue of the Australian version of the Technical Data Sheet for the product concerned, copies of which will be supplied on request.

PLEASE CONSULT OUR TECHNICAL DEPARTMENT FOR FURTHER INFORMATION.



ANEXO 11

ENSAYO DE REISTENCIA A LA COMPRESIÓN



7.11. ANEXO 11 – ENSAYO DE REISTENCIA A LA COMPRESIÓN



ENsayo de Resistencia a la Compresión ASTM C-39

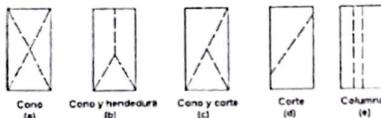
PROYECTO: "INFLUENCIA DEL MICROSILOCE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA : 28 DE OCTUBRE DEL 2024
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP-0073

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/F C %	FALLA
1	PATRON - MP01	21/10/2024	28/10/2024	7	28150	179.08	210	157.19	74.85	B
2	PATRON - MP02	21/10/2024	28/10/2024	7	29360	181.46	210	161.80	77.05	B



ICCSA INGENIEROS SAC
RIVASPIATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536

correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

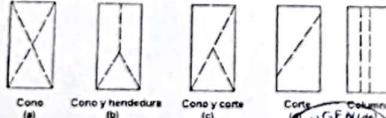
PROYECTO: " INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA :18 DE NOVIEMBRE DEL 2024
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP:0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	F/C %	FALLA
1	P01 - 0.5 % PVA - 5% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	13020	80.12	210	162.51	77.39	D
2	P02 - 0.5 % PVA - 5% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	12760	80.91	210	157.70	75.09	D
3	P03 - 0.5 % PVA - 5% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	12080	78.23	210	154.47	73.54	D
4	P01 - 0.5 % PVA - 10% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	13910	78.38	210	177.46	84.51	E
5	P02 - 0.5 % PVA - 10% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	12840	78.54	210	163.48	77.85	E
6	P03 - 0.5 % PVA - 10% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	13180	79.33	210	166.15	79.12	D
7	P01 - 0.5 % PVA - 15% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	14150	79.64	210	177.67	84.60	E
8	P02 - 0.5 % PVA - 15% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	13840	79.96	210	173.09	82.42	E
9	P03 - 0.5 % PVA - 15% MICROSILICE	11/11/2024	18/11/2024	7	14060	79.88	210	176.01	83.82	E
10	PATRON MP03	21/10/2024	18/11/2024	28	41490	179.32	210	231.38	110.18	B
11	PATRON MP 04	21/10/2024	18/11/2024	28	39140	180.27	210	217.12	103.39	B



correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

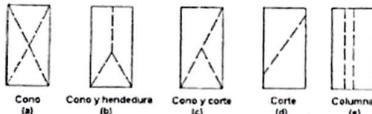
PROYECTO: " INFLUENCIA DEL MICROSILICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA : 19 DE NOVIEMBRE DEL 2024
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

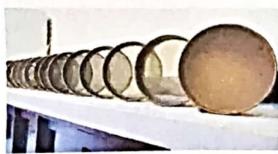
MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 [PERUTEST] - EXP:0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO MUESTRA	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	P01 - 1% PVA - 5% MICROSILICE	12/11/2024	19/11/2024	7	34150	179.55	210	190.19	90.57	E
2	P02 - 1% PVA - 5% MICROSILICE	12/11/2024	19/11/2024	7	32450	178.60	210	181.69	86.52	E
3	P01 - 1% PVA - 10% MICROSILICE	12/11/2024	19/11/2024	7	48720	180.74	210	269.55	128.36	C
4	P02 - 1% PVA - 10% MICROSILICE	12/11/2024	19/11/2024	7	49120	181.46	210	270.70	128.90	B



correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com - RUC 20445792439



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA – ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

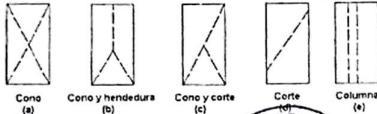
PROYECTO: "INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA : 20 DE NOVIEMBRE DEL 2024
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP-0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	PO1 - 1% PVA - 15% MICROSILICE	13/11/2024	20/11/2024	7	38910	182.65	210	213.03	101.44	C
2	PO2 - 1% PVA - 15% MICROSILICE	13/11/2024	20/11/2024	7	37940	182.41	210	207.99	99.04	C



ICCSA INGENIEROS SAC
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536

correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ENSAZO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

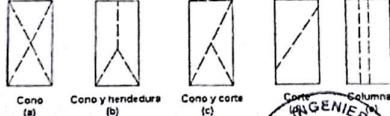
PROYECTO: "INFLUENCIA DEL MICROSILICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA : 25 DE NOVIEMBRE DEL 2024
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP:0073

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	P01 - 1.5 % PVA - 5% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	15020	80.12	210	187.47	89.27	E
2	P02 - 1.5 % PVA - 5% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	14630	78.54	210	186.27	88.70	C
3	P03 - 1.5 % PVA - 5% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	14880	82.52	210	180.33	85.87	C
4	P01 - 1.5 % PVA - 10% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	15980	80.91	210	197.49	94.04	B
5	P02 - 1.5 % PVA - 10% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	15070	79.80	210	188.84	89.93	B
6	P03 - 1.5 % PVA - 10% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	15370	80.75	210	190.33	90.63	E
7	P01 - 1.5 % PVA - 15% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	15120	80.12	210	188.72	89.87	E
8	P02 - 1.5 % PVA - 15% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	15290	78.54	210	194.68	92.70	D
9	P03 - 1.5 % PVA - 15% MICROSILICE	18/11/2024	25/11/2024	7	15130	81.23	210	186.25	88.69	D



ICCSA INGENIEROS SAC
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536

correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

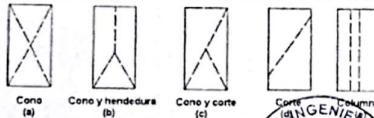
PROYECTO: " INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA :09 DE DICIEMBRE DEL 2024
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP:0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/Fc %	FALLA
1	P4 - 0.5%PVA - 5% MICROSILICE	11/11/2024	09/12/2024	28	45730	180.03	210	254.02	120.96	C
2	P5 - 0.5%PVA - 5% MICROSILICE	11/11/2024	09/12/2024	28	45020	179.55	210	250.73	119.40	C
3	P4 - 0.5%PVA - 10% MICROSILICE	11/11/2024	09/12/2024	28	48430	179.08	210	270.44	128.78	D
4	P5 - 0.5%PVA - 10% MICROSILICE	11/11/2024	09/12/2024	28	47980	180.27	210	266.16	126.74	D
5	P4 - 0.5%PVA - 15% MICROSILICE	11/11/2024	09/12/2024	28	46230	177.89	210	259.87	123.75	E
6	P5 - 0.5%PVA - 15% MICROSILICE	11/11/2024	09/12/2024	28	47300	178.37	210	265.18	126.28	D



Cono (a)
Cono y hendidura (b)
Cono y corte (c)
Corte (d)



ICCSA INGENIEROS SAC
BASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536

correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA – ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

PROYECTO: " INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

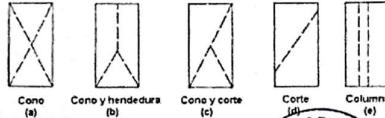
FECHA :10 DE DICIEMBRE DEL 2024

SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP:0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/F %	FALLA
1	P3 - 1 %PVA - 5% MICROSILICE	12/11/2024	10/12/2024	28	48980	180.27	210	271.71	129.39	E
2	P4 - 1 %PVA - 5% MICROSILICE	12/11/2024	10/12/2024	28	47250	179.55	210	263.15	125.31	B
3	P3 - 1 %PVA - 10% MICROSILICE	12/11/2024	10/12/2024	28	53380	178.84	210	298.48	142.13	E
4	P4 - 1 %PVA - 10% MICROSILICE	12/11/2024	10/12/2024	28	53250	179.08	210	297.36	141.60	E



ICCSA INGENIEROS SAC
RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536

CORREO Electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com - DNI: 30415702120



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA – ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPREsión ASTM C-39

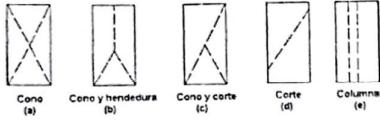
PROYECTO: " INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA :11 DE DICIEMBRE DEL 2024
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP.0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	F/C/F C %	FALLA
1	P3 - 1 %PVA - 15% MICROSILICE	13/11/2024	11/12/2024	28	51090	180.27	210	283.41	134.96	B
2	P4 - 1 %PVA -15% MICROSILICE	13/11/2024	11/12/2024	28	50610	179.08	210	282.61	134.58	B



correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

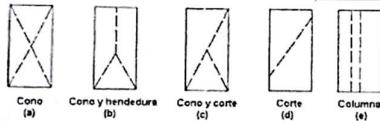
PROYECTO: " INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA :16 DE DICIEMBRE DEL 2024
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP.0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/F'C %	FALLA
1	P4 - 1.5%PVA - 5% MICROSILICE	18/11/2024	16/12/2024	28	43470	179.08	210	242.74	115.59	B
2	P5 - 1.5%PVA - 5% MICROSILICE	18/11/2024	16/12/2024	28	41650	180.03	210	231.35	110.17	B
3	P4 - 1.5%PVA - 10% MICROSILICE	18/11/2024	16/12/2024	28	43040	181.46	210	237.19	112.95	E
4	P5 - 1.5%PVA - 10% MICROSILICE	18/11/2024	16/12/2024	28	44510	176.71	210	251.88	119.94	E
5	P4 - 1.5%PVA - 15% MICROSILICE	18/11/2024	16/12/2024	28	43830	176.24	210	248.69	118.42	E
6	P5 - 1.5%PVA - 15% MICROSILICE	18/11/2024	16/12/2024	28	42980	176.48	210	243.54	115.97	E



correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA – ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

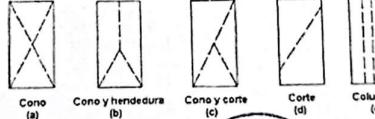
PROYECTO: " INFLUENCIA DEL MICROSILICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA : 24 DE ENERO DEL 2025
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP-0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/FC %	FALLA
1	P1 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	57590	179.08	210	321.59	153.14	C
2	P2 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	58060	181.46	210	319.96	152.36	C
3	P3 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	58320	180.98	210	322.74	153.45	E
4	P4 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	59230	175.54	210	337.42	160.68	E
5	P5 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	57900	176.24	210	328.52	156.44	B
6	P6 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	58930	179.08	210	329.07	156.70	B
7	P7 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	57590	179.55	210	320.74	152.73	B
8	P8 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	58400	180.74	210	323.11	153.86	B
9	P9 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	58930	180.50	210	326.47	155.46	B
10	P10 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	27/12/2024	24/01/2025	28	58360	180.27	210	323.74	154.16	B



ICCSA INGENIEROS SAC

V.O. Zapata Huertas

RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 287536

correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

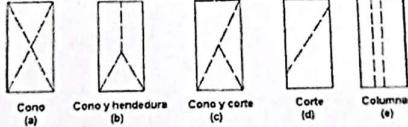
PROYECTO: "INFLUENCIA DEL MICROSILICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023"

FECHA : 25 DE ENERO DEL 2025
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP-0073

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA CIA FINAL	FC/F.C %	FALLA
1	P11 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	58360	179.08	210	325.89	155.19	B
2	P12 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	57500	178.37	210	322.37	153.51	B
3	P13 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	59010	179.55	210	328.65	156.50	A
4	P14 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	58120	178.60	210	325.41	154.96	E
5	P15 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	58760	181.46	210	323.82	154.20	B
6	P16 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	58030	176.24	210	329.26	156.79	B
7	P17 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	58910	176.01	210	334.70	159.38	B
8	P18 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	58900	180.50	210	326.31	155.38	B
9	P19 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	58000	178.60	210	324.74	154.64	A
10	P20 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	28/12/2024	25/01/2025	28	59060	177.66	210	332.44	158.30	A



ICCSA INGENIEROS SAC

RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGÉNERO CIVIL
CIP. N° 282536



ICCSA INGENIEROS SAC

PROYECTOS DE INGENIERÍA – ESTUDIOS DE GEOTECNIA, CONCRETO Y ASFALTO.

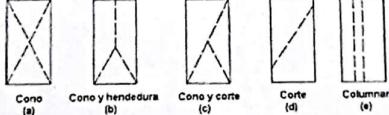
ENSAZO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN ASTM C-39

PROYECTO: " INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR - NUEVO CHIMBOTE - 2023"

FECHA : 27 DE ENERO DEL 2025
SOLICITA : MARTINEZ RODRIGUEZ, RICARDO ANDRE
ZAPATA HUERTAS, CHRISTIAN CELESTINO

MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL : MODELO PC-1000 - SERIE 1114 (PERUTEST) - EXP:0073 CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: LFP-711-2024

Nº PROBETA	TESTIGO - ELEMENTO	FECHA DE MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	EDAD DIAS	CARGA MAXIMA KG	SECCIÓN CM2	RESISTENCIA ESPERADA KG/CM2	RESISTENCIA FINAL	FC/FC %	FALLA
1	P21 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	58130	179.55	210	323.75	154.17	A
2	P22 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	58430	176.24	210	331.53	157.87	E
3	P23 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	58060	176.48	210	328.99	156.66	E
4	P24 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	59090	181.46	210	325.64	155.07	E
5	P25 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	57870	180.27	210	321.02	152.87	E
6	P26 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	57840	178.60	210	323.84	154.21	E
7	P27 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	59120	180.03	210	328.39	156.38	A
8	P28 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	58340	176.48	210	330.58	157.42	A
9	P29 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	57760	179.79	210	321.26	152.98	B
10	P30 OPT - 1% PVA - 10% MICROSILICE	30/12/2024	27/01/2025	28	58600	176.71	210	331.61	157.91	B



ICCSA INGENIEROS SAC

RIVASPLATA VASQUEZ VICTOR OCTAVIO
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 282536

correo electrónico: iccsaingenierossac@gmail.com – RUC 20445792439



ANEXO 12

CERTIFICADO DE CALIBRACION - COMPRESION



7.12. ANEXO 12 – CERTIFICADO DE CALIBRACION

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-711-2024

Página : 1 de 2

Expediente	: 352-2024	El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.													
Fecha de emisión	: 2024-07-25														
1. Solicitante	: ICCSA INGENIEROS S.A.C.														
Dirección	: JR. JOSE MARIA ARGUEDAS MZA. E LOTE. 9 URB. BELLAMAR - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH														
2. Descripción del Equipo	: MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.													
Marca de Prensa	: PERUTEST														
Modelo de Prensa	: PC-1000														
Serie de Prensa	: 1114														
Capacidad de Prensa	: 100 t														
Marca de indicador	: NO INDICA														
Modelo de Indicador	: NO INDICA														
Serie de Indicador	: NO INDICA														
Marca de Transductor	: ZEMIC	Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.													
Modelo de Transductor	: YB15														
Serie de Transductor	: KZA3943														
Bomba Hidráulica	: ELÉCTRICA														
3. Lugar y fecha de Calibración	URB. BELLAMAR MZ. J LOTE 5 - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH														
24 - JULIO - 2024															
4. Método de Calibración	La Calibracion se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .														
5. Trazabilidad	<table border="1"><thead><tr><th>INSTRUMENTO</th><th>MARCA</th><th>CERTIFICADO</th><th>TRAZABILIDAD</th></tr></thead><tbody><tr><td>CELDA DE CARGA</td><td>AEP TRANSDUCERS</td><td>INF-LE 217</td><td>SISTEMA INTERNACIONAL</td></tr><tr><td>INDICADOR</td><td>AEP TRANSDUCERS</td><td></td><td></td></tr></tbody></table>			INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD	CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 217	SISTEMA INTERNACIONAL	INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		
INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD												
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 217	SISTEMA INTERNACIONAL												
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS														
6. Condiciones Ambientales	<table border="1"><thead><tr><th></th><th>INICIAL</th><th>FINAL</th></tr></thead><tbody><tr><td>Temperatura °C</td><td>19.5</td><td>19.5</td></tr><tr><td>Humedad %</td><td>72</td><td>72</td></tr></tbody></table>				INICIAL	FINAL	Temperatura °C	19.5	19.5	Humedad %	72	72			
	INICIAL	FINAL													
Temperatura °C	19.5	19.5													
Humedad %	72	72													
7. Resultados de la Medición	Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.														
8. Observaciones	Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.														
		<p>Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631</p>													
<p>Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620 www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.</p>															



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-711-2024

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	10063	10080	-0,63	-0,80	10072	-0,71	-0,17
20000	19918	20070	0,41	-0,35	19994	0,03	-0,76
30000	30098	30120	-0,33	-0,40	30109	-0,36	-0,07
40000	40189	40195	-0,47	-0,49	40192	-0,48	-0,02
50000	50260	50310	-0,52	-0,62	50285	-0,57	-0,10
60000	60380	60408	-0,63	-0,68	60394	-0,65	-0,05
70000	70415	70479	-0,59	-0,68	70447	-0,63	-0,09
80000	80510	80520	-0,64	-0,65	80515	-0,64	-0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- 1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$ $Rp = Error(2) - Error(1)$
- 2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- 3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9925x + 86,995$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

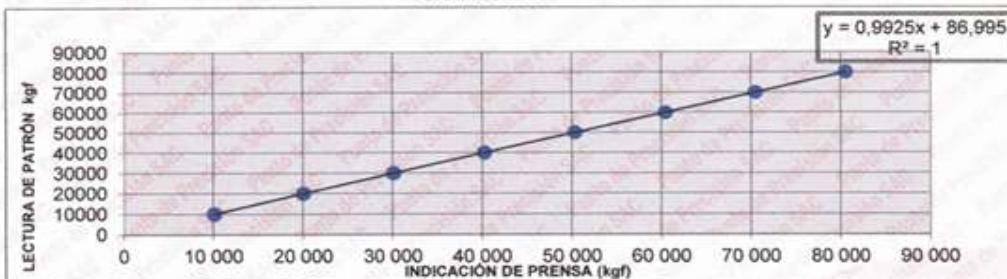
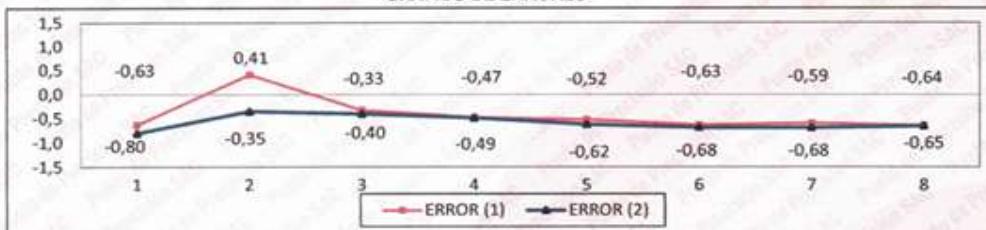


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620
www.puntodeprecision.com E-mail: ventas@puntodeprecision.com.pe / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



ANEXO 13

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION



7.13. ANEXO 13 – ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXION



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	<u>INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023”</u>	REGISTRO N°	<u>OC-IMF-RF-01</u>
SOLICITA	<u>BACH, MARTINEZ RODRIGUEZ RICARDO ANDRÉ - BACH, ZAPATA HUERTAS CHRISTIAN CELESTINO</u>	PAGINA N°	<u>01 de 01</u>
UBICACIÓN	<u>Distrito: Nvo Chimbote - Provincia: Santa - Depto: Ancash</u>	RESISTENCIA	<u>f_c = 210 kg/cm²</u>

**FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS
CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO**
(ASTM C-78; MTC E-709)

Nº	Identificación y Características de la Prueba						Ensayo de Rotura						
	Estructura Vacía	Luz entre apoyos (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura Dial (kgf)	Carga Máxima (N)	Módulo de Rotura (MPa)	f _c (kg/cm ²)	%	Módulo Rotura Promedio (Mpa)	Observación
01	MP-01	450	150	150	19/06/2025	28	2420	24663	3.3	34	16	3.2	Falla dentro del 1/3 medio de la viga
02	MP-02	450	150	150	19/06/2025	28	2560	26041	3.5	35	17		Falla dentro del 1/3 medio de la viga
03	MP-03	450	150	150	19/06/2025	28	1990	20430	2.7	28	13		Falla dentro del 1/3 medio de la viga

Observaciones y/o recomendaciones:

Las muestras de vigas fueron realizadas por el cliente.

Rev. H.L.V.
Eje. H.D.

1º Licor Alfredo Huerta Lázaro
INGENIERO CAVL
REG. CEN N° 216087



Pje. Fátima • Mz. Y, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

KAE Ingeniería

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

TESIS	INFLUENCIA DEL MICROSÍLICE Y FIBRA DE ALCOHOL POLIVINÍLICO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DEL CONCRETO ESTÁNDAR – NUEVO CHIMBOTE – 2023*	REGISTRO N°	CC-JMF-RF-02
SOLICITA	BACH. MARTINEZ RODRIGUEZ RICARDO ANDRÉ - BACH. ZAPATA HUERTAS CHRISTIAN CELESTINO	PAGINA N°	01 de 01
UBICACIÓN	Distrito: Nvo Chimbote - Provincia: Santa - Depto: Ancash	RESISTENCIA	f'c = 210 kg/cm ²
		FECHA MOLDEO	30/05/2025

**FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS
CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO**
(ASTM C-78; MTC E-709)

Item	Identificación y Características de la Probeta								Ensayo de Rotura				
	Estructura Vaciada	Luz entre apoyos (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Fecha de Rotura	Edad (días)	Lectura Dial (kgf)	Carga Máxima (N)	Módulo de Rotura (MPa)	f'c (kg/cm ²)	%	Módulo Rotura Promedio (Mpa)	Observación
01	OP-01	450	150	150	27/06/2025	28	3500	35294	4.7	48	23	4.6	Falla dentro del 1/3 medio de la viga
02	OP-02	450	150	150	27/06/2025	28	3000	30372	4.0	41	20		Falla dentro del 1/3 medio de la viga
03	OP-03	450	150	150	27/06/2025	28	3460	34900	4.7	47	23		Falla dentro del 1/3 medio de la viga
04	OP-04	450	150	150	27/06/2025	28	3250	32997	4.5	45	21		Falla dentro del 1/3 medio de la viga
05	OP-05	450	150	150	27/06/2025	28	3420	34751	4.7	47	22		Falla dentro del 1/3 medio de la viga
06	OP-06	450	150	150	27/06/2025	28	3760	38070	5.2	52	25		Falla dentro del 1/3 medio de la viga

Observaciones y/o recomendaciones:

Las muestras de vigas fueron realizadas por el cliente.

Rev: H.L.V.
Eje: H.L.D.

Lic. Alonso Herrera Lázaro
INGENIERO CAVI
REG. CAVI N° 916087



Pje. Fátima • Mz. Y, Lt. 1A • P.J. Miraflores Alto • Chimbote
Celular: 95444061 • 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com