



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO
CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y
NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:


PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA


PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES


SEGUNDO MIEMBRO

:


Ing. WILFREDO DAVID SUÑO PACORI

ASESOR DE TESIS

:


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 214-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de abril del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-004580 presentado por el (la) Bachiller: JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Ing. WILFREDO DAVID SUPO PACORI

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (s) la) docente, Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

ARTICULO TERCERO.- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miércoles 16 de abril del 2025
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Mg. WALTER L. LIZARRAGA ARMAZA
DÉCANO (e)
CIP. 70808



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Francisco Maximiliano Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
Interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 403-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 10 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-06783 por el o (la) Bachiller: JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 470 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 073 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 073 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso de las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivar
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 187-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliana, 18 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-04624, presentado por el señor (a) JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 209 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 79 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI ha presentado su propuesta de investigación Títulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 79 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución O989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Títulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interacción (1)



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

19%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	14%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to University of Zululand Trabajo del estudiante	<1%
8	reformasyconstruccionesandrei.es Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	44062095
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-1100-5039
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	WILFREDO DAVID SUPO PACORI
Tipo de documento	DNI



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI, identificado con DNI Nro. 44062095, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO
CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE
Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 23 de mayo del 2025

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Agradezco a Dios, a la Santa Tierra Pachamama y a nuestro Apu Kunurana por darme salud, por darme la vida, la fuerza necesaria para superar cada obstáculo que se presentó en el camino y permitirme lograr este gran anhelo y poder concluir mi objetivo.

A mi padre, Ricardo Chuquimamani Capia, que siempre me ha brindado su apoyo incondicional y ha sido mi fuente de fortaleza, a pesar de las circunstancias.

A mi madre, Adela Ari de Chuquimamani, por ser la mujer que me ha depositado su confianza, por su paciencia, sabiduría, y por mi constante motivadora.

A mis hermanos Jhunió Richard, Esthefany Milagros, Danny Katherin, Gladys Vilma, y Edzon Jhosep, por el apoyo incondicional que siempre me brindaron para cumplir con mis sueños.

A mi esposa Berna Gonzales Supo por su compañía constante y por darme las fuerzas necesarias cuando más lo necesitaba y así poder alcanzar de mejor manera mis metas.

A mi hija Valeria Dayana por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos repare un futuro mejor.



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por su invaluable contribución con mi formación académica y por otorgarme la oportunidad de lograr mi objetivo de convertirme en una profesional

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por su acogida, apoyo constante durante el transcurso de mi carrera y por brindarme una formación integral en términos científicos, éticos y humanísticos.

A mi asesor de la tesis Dr. Milthon Quispe Huanca, por haberme brindado la oportunidad de aprovechar su capacidad y conocimiento científico, así como su paciencia al guiarme a lo largo del desarrollo de la tesis.

A los Jurados Dr. Oscar Vicente Viamonte Calla, Dr. Arnaldo Yana Torres y Ing. Wilfredo David Supo Pacori quienes contribuyeron en gran medida a la finalización exitosa de este trabajo de investigación.

Y a todas aquellas personas que, de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de esta investigación hago extensivo mi más sincero agradecimiento.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática.....	13
1.2 Planteamiento del problema.....	14
1.2.1 Problema General.....	14
1.2.2 Problemas Específicos.....	14
1.3 Objetivos de la investigación.....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 Justificaciones.....	15
1.4.1 Justificación Técnica.....	15
1.4.2 Justificación Social.....	15
1.4.3 Justificación ambiental.....	16
1.5 Hipótesis.....	16
1.5.1 Hipótesis General.....	16
1.5.2 Hipótesis Específicas.....	16
1.6 Variables e indicadores.....	16
1.6.1 Variable Independiente.....	16
1.6.2 Variable Dependiente.....	17
1.7 Operacionalización de Variables.....	17

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1 Antecedentes Internacionales.....	18



2.1.2	Antecedentes nacionales.....	22
2.1.3	Antecedentes regionales.	25
2.2	Bases teóricas.....	27
2.2.1	Concreto.....	27
2.2.1.1	Clasificación del concreto	28
2.2.1.2	Propiedades físicas del concreto	32
2.2.1.3	Propiedades mecánicas de concreto	36
2.2.2	Nanosílice.....	40
2.2.2.1	Propiedades físicas del nanosílice	40
2.2.2.2	Propiedades químicas del nanosílice.....	40
2.2.2.3	Beneficios obtenidos usando nanosílice	41
2.2.3	Microsílice	41
2.2.3.1	Características del microsílice	41
2.2.3.2	Propiedades del microsílice	42
2.2.4	Cemento.....	43
2.2.4.1	Cemento Portland:.....	44
2.2.4.2	Composición del Cemento Portland.....	44
2.2.4.3	Proceso de Fabricación	45
2.2.4.4	Tipos de Cemento Portland	46
2.2.4.5	Propiedades del Cemento Portland	47
2.2.5	Aditivos.....	49
2.2.6	Agregados	50
2.2.6.1	Agregado grueso:	51
2.2.6.2	Agregado fino:	52
2.2.6.3	Agregados según su procedencia.....	53
2.2.6.4	Propiedades físicas del agregado.....	56
2.2.6.5	Propiedades mecánicas del agregado	57
2.2.7	Diseño de mezclas	58
2.2.7.1	Consideraciones Importantes:	60
2.3	Marco conceptual.....	60

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la Investigación	62
3.2	Método de la Investigación.....	62
3.3	Nivel y tipo de la investigación	63



3.3.1 Nivel de la Investigación	63
3.3.2 Tipo de la investigación	63
3.3.3 Enfoque de la investigación.....	63
3.4 Población y Muestra	64
3.4.1 Población.....	64
3.4.2 Muestra	64
3.5 Técnicas e instrumentos	65
3.5.1 Técnicas de recolección de datos.....	65
3.5.2 Instrumentos de recolección de datos.....	66
3.6 Procedimiento para la recolección de datos.....	67
3.6.1 Desarrollo de plan	67
3.7 Procesamiento de datos.....	72

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.....	73
4.1.1 Elaboración del concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$	78
4.1.2 Consistencia del concreto convencional fresco con la adición de microsílíce y nanosílíce	81
4.1.3 Influencia del microsílíce y nanosílíce sobre la resistencia a la compresión del concreto.....	83
4.1.3.1 Cuadro resumen de resistencias a compresión del concreto.	93
4.2 Discusión de resultados.....	95
CONCLUSIONES	99
RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS	101
ANEXOS.....	106



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operación de variables.....	17
Tabla 2 Características físicas y químicas del nanosílice.....	41
Tabla 3 Muestras a elaborarse.....	64
Tabla 4 Tamizado del AG.....	73
Tabla 5 Tamizado del AF.....	74
Tabla 6 % humedad.....	75
Tabla 7 Peso (suelto) AF.....	76
Tabla 8 Peso (suelto) AG.....	76
Tabla 9 Peso (Compactado) AF.....	77
Tabla 10 Peso (Compactado) AG.....	77
Tabla 11 Propiedades del material.....	78
Tabla 12 Proporcionamiento según diseño de mezclas.....	78
Tabla 13 Dosificación por m3.....	79
Tabla 14 Dosificación del aditivo nanosílice.....	80
Tabla 15 Dosificación del aditivo microsílice.....	80
Tabla 16 Consistencia del concreto con el empleo de aditivo nanosílice.....	81
Tabla 17 Consistencia del concreto con adición de aditivo microsílice.....	82
Tabla 18 Esfuerzo del concreto estándar, obtenida en 7 días.....	83
Tabla 19 Esfuerzo del concreto estándar, obtenida en 14 días.....	83
Tabla 20 Esfuerzo del concreto estándar, obtenida en 28 días.....	84
Tabla 21 Esfuerzo del concreto + 0.3% de nanosílice a 7 días.....	84
Tabla 22 Resistencia del concreto + 0.3% de nanosílice a 14 días.....	85
Tabla 23 Resistencia del concreto + 0.3% de nanosílice en 28 días.....	85
Tabla 24 Esfuerzo en 7 días del concreto + nanosílice al 0.6%.....	86
Tabla 25 Resistencia a 14 días del concreto con aditivo nanosílice al 0.6%.....	86
Tabla 26 Esfuerzo en 28 días del concreto + aditivo nanosílice al 0.6%.....	87
Tabla 27 Esfuerzo en 7 días del concreto + aditivo nanosílice al 0.9%.....	87
Tabla 28 Resistencia a 14 días del concreto + aditivo nanosílice al 0.9%.....	88
Tabla 29 Esfuerzo en 28 días del concreto + aditivo nanosílice al 0.9%.....	88
Tabla 30 Esfuerzo en 7 días del concreto con aditivo microsílice al 1%.....	89
Tabla 31 Esfuerzo en 14 días del concreto + aditivo microsílice al 1%.....	89
Tabla 32 Esfuerzo en 28 días del concreto con aditivo microsílice al 1%.....	90
Tabla 33 Esfuerzo en 7 días del concreto + aditivo microsílice al 3%.....	90
Tabla 34 Esfuerzo en 14 días del concreto con aditivo microsílice al 3%.....	91



Tabla 35 Esfuerzo en 28 días del concreto + aditivo microsílíce al 3%.	91
Tabla 36 Esfuerzo en 7 días del concreto con aditivo microsílíce al 5%.	92
Tabla 37 Esfuerzo en 14 días del concreto + aditivo microsílíce al 5%.	92
Tabla 38 Esfuerzo en 28 días del concreto + aditivo microsílíce al 5%.	93
Tabla 39 Resistencias del concreto con empleo de Nanosílíce en porcentajes variables.	93
Tabla 40 Resistencias del concreto con empleo de Microsílíce en porcentajes variables.	94



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Asentamiento del concreto.....	36
Figura 2 Ensayo de la resistencia.	39
Figura 3 Ensayo de humedad del agregado.....	68
Figura 4 Ensayo de Picnómetro.	69
Figura 5 Tamizado del material.	70
Figura 6 Rotura de testigo.....	72
Figura 7 Curva del AG	74
Figura 8 Curva del AF	75
Figura 9 Dosificaciones según diseño ACI 211	79
Figura 10 Proporción diseño de mezclas	79
Figura 11 Comportamiento del asentamiento de concreto	81
Figura 12 Comportamiento asentamiento de concreto	82
Figura 13 Comparativa del comportamiento de las resistencias a compresión $f'c$, en edades diferentes.	94
Figura 14 Comparativa del comportamiento de las resistencias a compresión $f'c$, en edades diferentes.	95



RESUMEN

La tesis titulada "Evaluación de las propiedades de un concreto convencional con la adición de microsílíce y nanosílíce en el distrito de San Miguel", empleó una metodología de investigación cuantitativa con un diseño experimental. la investigación realizada fue integral, enfocándose en el examen de 105 briquetas de concreto específicas. Las metodologías y herramientas empleadas abarcaron guías de observación de campo. La creación del concreto siguió un diseño de mezcla con una resistencia a compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. Las proporciones utilizadas fueron 1.00: 0.44: 2.62: 2.00 para cemento, agua, agregado grueso y agregado fino, respectivamente. La adición de nanosílíce y microsílíce al concreto resultó en una mejora en su consistencia, manteniendo un rango de trabajabilidad de 3 a 4. Se evaluó la resistencia a después de 28 días. El concreto de referencia presentó una resistencia de 218.20 kg/cm^2 . Sin embargo, cuando se añadió un 0,3% de nanosílíce, la resistencia aumentó a $219,78 \text{ kg/cm}^2$. La adición adicional de un 0,6% y un 0,9% de nanosílíce dio como resultado resistencias de $221,98 \text{ kg/cm}^2$ y $229,56 \text{ kg/cm}^2$, respectivamente. Cabe destacar que la resistencia más alta se produjo con la adición de un 0,9% de nanosílíce. Con respecto a la microsílíce, la adición de un 1% dio como resultado una resistencia de $234,22 \text{ kg/cm}^2$, mientras que una adición de un 3% dio como resultado una resistencia de $224,39 \text{ kg/cm}^2$, y una adición de un 5% dio como resultado una resistencia de $220,00 \text{ kg/cm}^2$. El estudio determinó que la inclusión de un 1% de microsílíce dio como resultado una excelente resistencia, pero cantidades mayores tuvieron un pequeño efecto de disminución.

Palabras Clave: Concreto convencional, aditivo nanosílíce, aditivo microsílíce, asentamiento, resistencia a compresión.



ABSTRACT

The thesis entitled "Evaluation of the properties of a conventional concrete with the addition of microsilica and nanosilica in the District of San Miguel", used a quantitative research methodology with an experimental design. The research carried out was comprehensive, focusing on the examination of 105 specific concrete briquettes. The methodologies and tools used included field observation guides. The creation of the concrete followed a mix design with a compressive strength of $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$. The proportions used were 1.00: 0.44: 2.62: 2.00 for cement, water, coarse aggregate and fine aggregate, respectively. The addition of nanosilica and microsilica to the concrete resulted in an improvement in its consistency, maintaining a workability range of 3 to 4. The strength was evaluated after 28 days. The reference concrete presented a strength of 218.20 kg/cm^2 . However, when 0.3% nanosilica was added, the strength increased to 219.78 kg/cm^2 . Further addition of 0.6% and 0.9% nanosilica resulted in strengths of 221.98 kg/cm^2 and 229.56 kg/cm^2 , respectively. It is noteworthy that the highest strength occurred with the addition of 0.9% nanosilica. Regarding microsilica, the addition of 1% resulted in a strength of 234.22 kg/cm^2 , while a 3% addition resulted in a strength of 224.39 kg/cm^2 , and a 5% addition resulted in a strength of 220.00 kg/cm^2 . The study determined that the inclusion of 1% microsilica resulted in excellent strength, but higher amounts had a small decreasing effect.

Keywords: Conventional concrete, nanosilica admixture, microsilica admixture, slump, compressive strength.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria de la construcción se enfrenta al desafío constante de mejorar las propiedades y el rendimiento de los materiales utilizados, buscando siempre soluciones innovadoras y sostenibles. Entre estos materiales, el concreto se destaca como uno de los más empleados debido a su versatilidad y resistencia. Sin embargo, la necesidad de optimizar sus características mecánicas y durabilidad ha impulsado la investigación y el desarrollo de aditivos que puedan mejorar significativamente su desempeño. En este contexto, la microsílíce y la nanosílíce han emergido como aditivos prometedores debido a sus atributos físicas y químicas que pueden mejorar la matriz del concreto. La microsílíce, un derivado de la producción de silicio metálico y ferro-silicio, es conocida por su habilidad para aumentar la densidad y resistencia del concreto. Por otro lado, la nanosílíce, con sus partículas ultrafinas, puede actuar a nivel nanométrico para rellenar microvacíos y mejorar la cohesión interna del material. El distrito de San Miguel, presenta un entorno urbano con características específicas que demandan materiales de construcción de alta calidad y durabilidad. Evaluar el impacto del empleo de microsílíce y nanosílíce en concreto convencional utilizado en esta área puede proporcionar valiosas perspectivas y beneficios potenciales para futuras obras de construcción en la región.

El objetivo evaluar propiedades mecánicas y de dureza de un concreto convencional al que se le ha añadido microsílíce y nanosílíce, teniendo en cuenta su aplicabilidad y beneficios en el contexto particular del distrito de San Miguel. Mediante un enfoque experimental riguroso, se pretende determinar cómo estos aditivos pueden mejorar el rendimiento del concreto, favoreciendo la creación de estructuras más fuertes y duraderas. Los objetivos principales de este estudio incluyen la caracterización de las propiedades físicas y mecánicas del concreto modificado, la comparación con el concreto convencional sin aditivos y la identificación de las ventajas y posibles limitaciones del



empleo de microsílíce y nanosílíce. Se espera que los resultados obtenidos puedan servir de base para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la industria de la construcción, promoviendo el uso de tecnologías avanzadas y materiales innovadores en beneficio del desarrollo urbano sostenible.

Para la presente tesis está constituida por 4 capítulos:

Capítulo I: En el primer capítulo se describe el problema, lo que implica analizar la situación actual, plantear el problema de forma clara y determinar cuáles son los objetivos precisos del estudio.

Capítulo II: En este capítulo se presentan ideas y temas de la teoría de lo concreto, propuestos por autores y organizaciones de renombre. De esta manera, podemos explicar no sólo el punto principal de la tesis, sino también los conceptos complementarios necesarios para comprender la investigación en su conjunto.

Capítulo III: El capítulo 3 establece los pasos para realizar una investigación, incluida la definición del problema, la elección de un tema de estudio, la recabar de datos relevantes y el desarrollo de una metodología.

Capítulo IV: El capítulo cuatro aborda la evolución del tema principal del estudio, analizando exhaustivamente cada subtema según la metodología establecida. Concluye con un resumen de los objetivos logrados y proporciona recomendaciones para futuros avances en el campo.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática.

A nivel mundial, la industria de la construcción enfrenta grandes retos relacionados con la sostenibilidad y el desempeño de los materiales. El concreto, a pesar de ser el material más utilizado, presenta problemas asociados con su durabilidad, resistencia y huella ambiental. Por ello, en la última década, investigadores han buscado mejorar sus propiedades mediante la incorporación de materiales suplementarios como la microsílíce y nanosílíce, que han demostrado potencial para aumentar la resistencia mecánica y prolongar la vida útil del concreto. Sin embargo, estos avances no se aplican de manera uniforme, debido a diferencias en condiciones ambientales y disponibilidad de materiales en distintas regiones.

En Perú, la construcción es un sector clave para el desarrollo económico, pero aún enfrenta desafíos técnicos vinculados a la calidad del concreto producido con materiales locales. La falta de estudios detallados sobre el comportamiento de aditivos avanzados como la microsílíce y nanosílíce en el concreto limita su uso y el aprovechamiento de sus beneficios, especialmente en zonas con climas y recursos geológicos particulares. Además, las normas técnicas nacionales no contemplan



suficientemente la incorporación de estos materiales, dificultando su adopción en proyectos de infraestructura y vivienda.

En el distrito de San Miguel, la elaboración de concreto convencional se realiza con materiales locales que pueden presentar variaciones en calidad y propiedades debido a las condiciones climáticas y geográficas particulares de la región, caracterizada por altitudes elevadas y fluctuaciones térmicas que afectan la hidratación y endurecimiento del concreto.

Por tanto, resulta necesario evaluar el efecto de la adición de microsílíce y nanosílíce en el concreto convencional fabricado en San Miguel, con la finalidad de proponer mezclas mejoradas que respondan a las necesidades técnicas y ambientales específicas de la región, contribuyendo así a la innovación y desarrollo de la construcción local.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 *Problema General.*

¿Cuáles son las propiedades de un concreto convencional con la adición de microsílíce y nanosílíce en el distrito de San Miguel?

1.2.2 *Problemas Específicos.*

1. ¿Cuáles son las proporciones de los elementos para la elaboración de un concreto convencional $f'c=210\text{kg/cm}^2$, en el distrito de San Miguel?
2. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la consistencia de la mezcla de concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel?
3. ¿Cuál es la influencia de la aplicación de microsílíce y nanosílíce en la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel?



1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo General

Evaluar las propiedades de un concreto convencional con la adición de microsílíce y nanosílíce en el distrito de San Miguel.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Determinar las proporciones de los elementos para la elaboración de un concreto convencional $f'c=210\text{kg/cm}^2$, en el distrito de San Miguel.
2. Determinar el efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce en la consistencia de la mezcla de concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel.
3. Determinar la influencia de la aplicación de microsílíce y nanosílíce en la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel.

1.4 Justificaciones.

1.4.1 Justificación Técnica.

El diseño concreto es crucial para proyectos de construcción de mediana y gran envergadura debido a las numerosas ventajas que ofrece. Estas ventajas incluyen la optimización de la capacidad portante, la creación de secciones esbeltas y la reducción significativa de los costes, especialmente en la construcción de edificios altos o puentes de grandes luces.

1.4.2 Justificación Social.

Este proyecto tiene como objetivo proporcionar una referencia o manual para las instituciones públicas y privadas interesadas en desarrollar especificaciones técnicas con aditivos para las construcciones. Con esta iniciativa se pretende abordar una



problemática específica y beneficiar a la población de la ciudad mejorando la seguridad y calidad de las estructuras modernas de gran altura.

1.4.3 Justificación ambiental.

El estudio se centra en hacer frente a la contaminación ambiental tanto a escala mundial como local haciendo hincapié en la importancia de las actividades de reciclado. Esta investigación pretende reducir la contaminación incorporando aditivos al concreto convencional utilizado en los proyectos de construcción de las ciudades.

1.5 Hipótesis.

1.5.1 Hipótesis General.

Las propiedades de un concreto convencional mejorarán con la adición de microsílíce y nanosílíce en el distrito de San Miguel.

1.5.2 Hipótesis Específicas.

1. Las proporciones para la elaboración del concreto convencional, estará con acuerdo a los lineamientos del método ACI 211.11.
2. El efecto de la incorporación de microsílíce y nanosílíce incrementará ligeramente la consistencia de la mezcla de concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de San Miguel.
3. La influencia de la aplicación de microsílíce y nanosílíce incrementará la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210$ kg/cm² en el distrito de San Miguel.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable Independiente.

Microsílíce y Nanosílíce

Indicadores:

- Adición de 1%, 3% y 5% de microsílíce
- Adición de 0.3%, 0.6% y 0.9% de nanosílíce

1.6.2 Variable Dependiente

Propiedades del concreto

Indicadores:

- Asentamiento
- Resistencia a compresión.

1.7 Operacionalización de Variables.

Tabla 1

Operación de variables.

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Microsílíce y Nanosílíce	La microsílíce, también conocida como humo de sílice, es un subproducto ultrafino generado principalmente en la producción de silicio y ferro-silicio en hornos de arco eléctrico. La nanosílíce (nano-SiO ₂) es un material inorgánico ultrafino, con partículas de tamaño nanométrico (1–100 nanómetros, nm), mucho más pequeñas y puras que las de la microsílíce.	Proporción de aplicación	Adición de 1%, 3% y 5% de microsílíce Adición de 0.3%, 0.6% y 0.9% de nanosílíce	Ficha de laboratorio
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Propiedades del concreto convencional	Las propiedades físico-mecánicas del concreto convencional dependen de la proporción de materiales, el tipo de cemento y otros factores.	Físicas Mecánicas	Asentamiento Resistencia a la compresión	Equipos de laboratorio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Según Alvansaz y Rosero (2022), en su investigación titulada "Estudio de la Incorporación de Nanosílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC)". El propósito de este proyecto de investigación es investigar el impacto que tiene el empleo de partículas de nanosílice en las características físico mecánicas del hormigón de alto rendimiento. Estos parámetros incluyen esfuerzo compresión, tracción, módulo elástico, módulo de Poisson y módulo de ruptura. Además, se incorporaron partículas de nanosílice en la mezcla de hormigón regular como sustituto del 0,75%, 1,5% y 3% en peso de la cantidad total de cemento. Además, se utilizaron partículas de nanosílice como reemplazo del 5% y 10% de la microsílice. Las cualidades de tener un $f'c$ mayor de 55 MPa y tener una buena trabajabilidad se tomaron en consideración al diseñar el hormigón de alto rendimiento. Se utilizó una adición de un superplastificante para lograr el nivel apropiado de trabajabilidad en todas las dosis. Para establecer el impacto que tienen los empleos de sílice en la microestructura y la hidratación del hormigón, se llevaron a cabo estudios de microscopía. Los hallazgos obtenidos permitieron concluir que la proporción de nanosílice que produce los mejores resultados es 1.5%. A la edad de 28 días, los



resultados de las pruebas realizadas determinaron que el porcentaje óptimo de nanosílice produce una mejora en los siguientes aspectos: resistencia a la compresión de 8.44% y 7.52%, fuerza tracción de 4.31% y 26.30%, módulo de ruptura de 16.21% y 9.63%, y módulo de elasticidad de 16.53% y 4.51% respectivamente.

Según Parada y Pérez (2015) En su estudio titulada "Estudio del comportamiento de concretos con adición de microsíllice". Entre las tecnologías más recientes que se están utilizando como aditivos para aumentar la fuerza a compresión del concreto se encuentra el microsíllice. Estas tecnologías se están empleando en el mundo actual. En el transcurso de este proyecto de grado especial, se investigó y evaluó la actuación de mezclas de concreto de baja y media resistencia que contienen este material mediante el uso de métodos experimentales. Se utilizó microsíllice y otros aditivos para reemplazar parcialmente el cemento en las mezclas creadas. Luego, estas mezclas se compararon con mezclas estándar para evaluar sus propiedades principales, que incluyeron fuerza a compresión, módulo de elasticidad, homogeneidad y trabajabilidad. Además, se realizó un análisis comparativo de los precios de las diversas combinaciones como parte de una investigación económica. Si bien hay aumentos significativos en la resistencia, los costos m³ concreto con microsíllice son muy altos, lo que aumenta el costo del concreto entre un sesenta por ciento y un cien por ciento, lo que lo convierte en una alternativa económicamente inviable. Los resultados mostraron que las muestras con microsíllice reemplazaron al cemento a una tasa del veintidós por ciento, y se observaron otros aumentos del cuarenta y cinco por ciento y cincuenta y seis por ciento para las muestras con la adición de diez por ciento y quince por ciento de microsíllice, respectivamente.

Según Torre y M. (2022) En artículo titulado "Uso de las redes neuronales artificiales en el estudio del coeficiente de permeabilidad de concretos adicionados con microsíllice, metacaolín y puzolana". El propósito de este estudio fue llegar a una predicción con respecto a la permeabilidad del hormigón que contenía aditivos minerales



ultrafinos. Durante la fase experimental, se crearon mezclas de hormigón con y sin adiciones de metacaolín (1), microsílíce (2) y puzolana (3). Además, se prepararon 4 mezclas de hormigón sin ningún aditivo. Pudimos obtener valores de permeabilidad que estaban dentro del rango de $[0,12, 733] \times 10^{-13}$ metros por segundo. Después de 28 días, se determinó mediante el uso del análisis de varianza ordinario que la permeabilidad del hormigón logra estabilidad con las adiciones (2) y (3), pero no se estabiliza con la adición (1). La fase de simulación arrojó correlaciones que oscilaban entre 0,904 y 0,907 al probar varias topologías diferentes para redes neuronales artificiales. Con el uso de redes neuronales, ahora es posible hacer predicciones precisas con respecto a los coeficientes de permeabilidad de los hormigones que se han añadido. Se ha determinado que las adiciones (2) y (3) tienen un impacto opuesto sobre la permeabilidad del hormigón, y que éste vuelve a su estado original después de 28 días.

Según Yépez, (2011) en su estudio "Influencia del porcentaje de adición de la microsílíce y del tipo de curado, en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño". El hormigón es elemento más usado en la construcción a nivel mundial. No se presta la suficiente atención a su durabilidad, tal vez porque los edificios construidos con él no parecen necesitar mucho mantenimiento cuando se exponen a las condiciones habituales. Cada vez más, se utiliza el término "durabilidad" para describir los materiales, ya que se ha demostrado que la vida útil de un material es directamente proporcional a su capacidad para resistir las agresiones ambientales. La creciente importancia del término "durabilidad" es la razón fundamental de esta tendencia. La reparación y el mantenimiento de infraestructuras cuestan miles de millones de dólares al año tanto en los países ricos como en los países en desarrollo. El hecho de que se estén realizando estas inversiones hace que esto sea extremadamente importante para la economía nacional. Los grandes proyectos de construcción están en aumento, y con ellos viene una mayor necesidad de materiales de construcción innovadores como el hormigón de alto rendimiento (HPC) entre los ingenieros y arquitectos. Esto nos ha permitido estudiar



la longevidad de este hormigón en nuestras naciones subdesarrolladas. Esta tesis se propuso abordar lo anterior investigando cómo los colombianos elaboran Concretos de Alto Desempeño con materiales que se cultivan allí mismo en el país. Entre estos recursos se encuentran la arena de río de Tabio, hiperplastificantes, Cemento Tipo I, agregados de Guayuriba y microsílíce. Asimismo, se realizó un estudio exhaustivo sobre la resistencia y durabilidad del concreto de alto (HPC) en relación con uno de los eventos más complejos que enfrenta el concreto: la entrada de iones de cloruro. Los edificios tienen una vida útil más corta como resultado de este fenómeno porque el acero se corroe. Cuando un frente de cloruro se acerca al acero, la corrosión comienza dentro del metal y el concreto que rodea al acero comienza a desprenderse. No abordar este asunto de manera rápida y correcta puede provocar interrupciones en el servicio y quizás el colapso del edificio. Como parte de esta tesis de maestría, se construyó un sistema de computación de alto desempeño. El siguiente paso fue someter este HPC a una batería de pruebas de caracterización mecánica, que incluyeron verificaciones de durabilidad del concreto, fuerza a compresión y módulo elástico. El objetivo principal de esta tesis fue determinar cómo la adición de microsílíce afectaba al comportamiento de las cerámicas de alto rendimiento (CPR) cuando se exponían a cloruros. Para lograrlo, las muestras se sumergieron en una solución salina durante cuatro meses para medir el poder de penetración del ión. Esta medición se llevó a cabo utilizando una solución de nitrato de plata y el método colorimétrico descrito por Mario Collepari (1995). Los resultados de un experimento de migración no estacionaria formaron la base del coeficiente de migración de cloruros Nordtest Method NT-Built 492, que se utilizó en este ensayo para determinar las mediciones finales de profundidad de penetración. También se realizaron mediciones de resistividad eléctrica en muestras de hormigón de seis meses de antigüedad. Estos ensayos se llevaron a cabo utilizando los procedimientos descritos en la norma española UNE 83988-1, que también se denomina Técnicas de ensayo para determinar la resistividad eléctrica. Sin embargo, los ensayos no se llevaron a cabo de acuerdo con un protocolo. Además, las muestras que habían estado almacenadas durante seis meses se



sometieron a pruebas rápidas de permeabilidad a cloruros (RCPT). Para llevar a cabo estas pruebas, de acuerdo con la norma ASTM-C1202 2005, se utilizó una indicación eléctrica de la capacidad del hormigón para resistir la Entrada de iones de cloruro. Finalmente, se sometieron probetas de ocho meses de antigüedad a pruebas de porosidad abierta. La Entrada de iones de cloruro en el hormigón y su relación con las pruebas antes mencionadas fueron objeto de una disertación exhaustiva y una discusión posterior que siguió a la recopilación de datos experimentales.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Según Puma, (2017) en su investigación "Influencia del nanosílice en el concreto con agregado angular y agregado redondeado". El objetivo investigar el impacto que tiene la nanosílice (AQUA 840) en los hormigones compuestos por partículas angulares y redondeadas. En el marco de este estudio, se investigarán específicamente las características de estos hormigones, tanto en su estado inicial como en su aspecto solidificado. En la producción de los hormigones, que se elaborarán con cemento tipo I, se utilizará una proporción de agua a cemento de 0,40. Los dos tipos de agregado utilizarán un AG que TMN de un cuarto de pulgada. La inclusión de un porcentaje aditivo (0,5, 1,0 o 1,2) del peso del cemento servirá como parámetro analítico. Esto contrasta con una mezcla de hormigón típica que no contiene ningún ingrediente adicional. Cada uno de los seis capítulos que componen la tesis se divide en párrafos que se comentan en los siguientes párrafos. Además de realizar una investigación exhaustiva de las propiedades de la nanosílice tanto en su fase fresca como endurecida, proporciona un análisis completo de la importante investigación que se ha llevado a cabo en esta área. Además del aditivo Nanosílice, los componentes incluyen cemento, agregados finos, agregados gruesos y agregados gruesos. La investigación ofrece una explicación completa de las pruebas específicas que se llevaron a cabo en hormigones que contenían una variedad de agregados. Además, se presenta una visión general de la metodología de diseño, la técnica que se aplicó y los criterios correspondientes que se



siguieron a lo largo de la investigación. En el sexto capítulo se detallan las pruebas que se llevaron a cabo, los aparatos que se utilizaron, las características principales de los aparatos, la presentación de los resultados, las metodologías y criterios de diseño que se utilizaron en el estudio, los resultados de las exámenes que se realizaron al concreto fresco y endurecido, así como el análisis y los hallazgos que se obtuvieron de la investigación.

Según Lara, (2022) en su investigación titulada "Efecto de la Incorporación de Nanosílice para un Concreto Antideslave $F'_{C}=280$ Kg/Cm² Aplicado a Cimentaciones Profundas con Alto Nivel Freático". En este estudio se utilizan métodos de investigación cuantitativos, aplicados y explicativos. Con un resultado de 254,02 milímetros, se descubrió que el diseño con 0,50% y 1% de nanosílice se ajusta a consistencia que se realizó en el diseño de la mezcla. Con respecto a la exudación, los diseños experimentales demostraron valores de 0,06, 0,02 y 0,01 mililitros por centímetro cúbico. Las temperaturas que se midieron fueron 22,6 grados Celsius, 21,85 grados Celsius, 22,05 grados Celsius y 21,15 grados Celsius. Por otro lado, los tiempos de fraguado final fueron 7,08 horas, 8,49 horas, 11,26 horas y 13,24 horas. Los tiempos de fraguado inicial fueron 5,76 horas, 6,66 horas, 9,78 horas y 10,19 horas. Si nos fijamos en la fuerza a compresión, a los siete días, las resistencias fueron de 325,1 y 325,3 kg/cm², a los catorce días, las resistencias fueron de 371,6 y 376,12 kg/cm², y por último, a los veintiocho días, las resistencias fueron de 434,4 y 334,9 kg/cm². Se determinó que la incorporación de nanosílice al hormigón en estado fresco da como resultado una mejora positiva de sus cualidades. Además, se encontró que el diseño con 0,50% de nanosílice es el que demuestra el beneficio más significativo, a pesar de que el aumento de la resistencia en el estado endurecido del hormigón es muy poco.

Según Aliaga, (2014) en su investigación titulada "Propiedades mecánicas del concreto elaborado con aditivo microsíllice". La resistencia de los hormigones de



microsílice (o de humo de cherna) es el foco de este estudio. La cantera de Río Cajamarquino suministrará las rocas y se utilizará Cemento tipo 1, que tiene una relación A/C de 0,58, para hacer los hormigones. La fuerza a compresión de una combinación es máxima cuando el cemento y los agregados se mezclan juntos. Cada una de las combinaciones planificadas se prueba para la fuerza a compresión mediante la creación de un hormigón estándar (CPA) con una relación A/C de 0,58. Después, las otras combinaciones se evalúan en relación con este hormigón específico. Cuando se agregó 5% de aditivo de microsilíce a la mezcla normal, luego se agregó 8% y 10% del peso del cemento, la mezcla quedó terminada. También se incluye en esta publicación una explicación detallada de cómo se diseñan las distintas combinaciones y cómo se mide la fuerza a compresión. También se analizan los datos recopilados. La fuerza máxima a compresión de 309 kg/cm² se logró a 28 días de edad mediante la aplicación de una dosis de cemento al 5%. La presión medida fue de 309 kg/cm² a 28 días.

Según Carrera, (2021) en su investigación titulada "Influencia del microsilíce en un concreto de alta resistencia para bypass en Trujillo, 2021". En la ciudad de Trujillo, el hormigón de alta resistencia es el material más utilizado en la construcción de carreteras. Estas edificaciones consisten en corredores y puentes de superficie plana, también conocidos como bypasses. Estas edificaciones requieren de hormigón de alta soporte para un funcionamiento. Tomemos como ejemplo el bypass oval de Mansiche. La frecuente ocurrencia de congestiones de tránsito se puede atribuir a la convergencia de dos vías principales, a saber, las avenidas Mansiche y Nicolás de Piérola, junto con varias vías secundarias. Esta situación supone un riesgo sustancial para la seguridad de los automovilistas. El acceso, por un lado, se realiza a través de calles menores, lo que repercutirá negativamente en la reputación de la ciudad de Trujillo.

2.1.3 Antecedentes regionales.

Según Mamani y Cajavilca (2022) en su investigación titulada "Influencia de la adición de microsílíce en las propiedades físicas y mecánicas para mejorar el concreto, Juliaca – Puno". El objetivo general del estudio es determinar los efectos sobre las características mecánicas y físicas del concreto en el área de Juliaca al agregarle microsílíce. El presente estudio incorpora un enfoque cuantitativo, un diseño experimental y un protocolo de investigación aplicada. La diferencia más notable, incluso si las cualidades físicas del concreto permanecen iguales, es la densidad unitaria, que disminuye con incremento de la altura. La adición de microsílíce al concreto mejora significativamente sus características mecánicas. Estas mejoras llevaron a una mejora del 6% en las tensiones de compresión y flexión. Se puede lograr un aumento de 188,28 kg/cm², 228,49 kg/cm² y 306,58 kg/cm² en la resistencia a la compresión del hormigón, de 175 kg/cm² y 210 kg/cm² respectivamente. Después de un aumento gradual de 26,98 a 28,30 kg/cm², seguido de 32,64 a 33,79 kg/cm² y, últimamente, de 43,45 a 46,04 kg/cm², la resistencia a la flexión del hormigón mejora de manera similar. Según la investigación, la actuación óptima de microsílíce para la compresión es del 6%, mientras que para la flexión es del 3%. Se observa una disminución de las características físicas con un aumento en la concentración de microsílíce.

Según Rojas, (2022) en su investigación "Propiedades Físicas y Mecánicas de concreto hidráulico modificado con microsílíce y cal en revestido de canales, Puno 2022". Estos métodos incluyeron el uso de un diseño experimental con un nivel explicativo de tipo factorial. Se emplearon métodos como el método científico. Durante el período de persistencia, se presenta un inventario de los efectos que se lograron: Los resultados de durabilidad (con un margen de error de 2,01%), absorción (con un margen de error de 10,999%), resistencia a la compresión (con un valor $f'c$ de 121,07% \pm 11,44 kg/cm²) y fuerza a flexión (con un valor M_r de 32,99 kg/cm² \pm 2,03 kg/cm²) fueron los siguientes a los 28 días. Estos números proporcionan una demostración de la capacidad de absorción



del material y su resistencia. A través del uso de ciertas combinaciones de compuestos, es posible mejorar las cualidades mecánicas y físicas del concreto. La absorción, la fuerza a compresión, flexión y la durabilidad del concreto pueden aumentarse ajustando las cantidades de microsílíce y cal que se emplean en la fórmula. Un ejemplo de dicho porcentaje sería (tres por ciento de microsílíce y doce por ciento de cal), diez % de microsílíce y cinco % de cal, y tres % de microsílíce y diez por ciento de cal.

Según Almonte (2021) en su investigación "Influencia del nanosílíce por sustitución parcial al cemento en el diseño de mezcla de concreto de alta resistencia, en la ciudad de Puno 2017". Preparamos 18 muestras de hormigón convencional de 350 kg/cm² y 90 muestras de la misma densidad, pero con cantidades variables de nanosílíce como parte del método de estudio. Un aumento de fuerza compresión de 14,50%, 19,95%, 29,51%, 19,33% y 5,33% respectivamente se puede lograr sustituyendo 1%, 1,5%, 2% y 3% de nanosílíce en hormigón regular, según las conclusiones del estudio. Se usa cemento puzolánico Portland de tipo IP, con una relación A/C de 0,42. El diseño se derivó de la norma 211.4 del American Concrete Institute. Los resultados mostraron que el esfuerzo a compresión máxima alcanzada en 28 días empleando 2% de nanosílíce fue de 453,28 kg/cm². La resistencia máxima posible está representada por este número. Además, aprovechando los beneficios de la nanosílíce, se realizó un estudio de costos de fabricación. Este estudio descubrió que el uso de nanosílíce al 1% redujo los costos en un 0,01%, mientras que el uso de nanosílíce al 2% redujo los costos en un 2,02%. Después de 28 días, finalmente se probó el hormigón para hallar su resistencia a la tracción por compresión diametral, lo que demostró que había alcanzado resistencias superiores a las del hormigón convencional.

Según Gutierrez y V. (2018) su tesis "Estudio comparativo de la determinación de propiedades de resistencia en el concreto utilizando micro y Nanosílíce con agregados de la cantera Cutimbo – Puno". Nuestro objetivo principal es determinar cuál de las opciones



disponibles es más apropiada para las instituciones públicas y estructuras de gran altura ubicadas en la región de Puno. Tanto la microsílíce como la nanosílíce son opciones técnicas que ofrecen mayor resistencia, calidad y durabilidad. El propósito principal es evaluar y comparar las cualidades de resistencia del concreto que emplea cualquiera de estos dos tipos de sílice. Al asegurar el desempeño estructural y la resistencia de las construcciones civiles, estas características son absolutamente necesarias. Se observa un incremento de fuerza compresión de 45,71%, 59,83% y 54,28% como resultado de la adición de microsílíce en concentraciones de 5%, 10% y 15%, respectivamente, según los datos. Cuando se incorpora nanosílíce a un material en concentraciones de 0,5%, 1% y 1,5%, la resistencia a la compresión del material aumenta en 41,78%, 50,40% y 51,32%, respectivamente. Con una relación A/C de 0,4, en el proyecto de construcción se utilizó cemento Portland puzolánico tipo IP. El diseño se basa en el manual ACI 211.1 para concreto, que se utilizó desde el inicio. Cuando el contenido de microsílíce fue de 10%, la mayor fuerza a compresión que se registra en 28 días fue de 570,95 kg/cm², y cuando la concentración de nanosílíce fue de 1,5%, fuerza a compresión fue de 540,54 kg/cm². Después de obtener las resistencias mediante el uso de aditivos, se realizó un análisis de costos. Con niveles de nanosílíce de 0,5%, 1% y 1,5%, respectivamente, el costo se redujo en un 37,19%, 41,31% y 38,38% en promedio. Se observó una reducción del costo del 7,82%, 9,66% y 21,44%, respectivamente, cuando la concentración de microsílíce se incrementó al 5%, 10% y 15%.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Concreto

El hormigón se usa en la industria de la construcción. Por lo general, el hormigón está constituido de cemento Portland, agua, agregados finos y grueso. El hormigón es un material compuesto al que a menudo se hace referencia como hormigón. El hormigón a menudo se conoce como "hormigón" en varias partes del mundo. Ocasionalmente, el

hormigón puede mejorarse mediante la utilización de materiales particulares del material durante su aplicación. Según el American Concrete Institute (ACI), el hormigón se define como una combinación uniforme de cemento, H₂O, agregado fino y grueso que se solidifica con el tiempo como resultado de reacciones químicas (hidratación) entre el cemento y el agua. El hormigón es un elemento que se utiliza a menudo en proyectos de construcción e infraestructura. 2018 según el (ACI), el hormigón es una sustancia que se puede moldear mientras está en un estado blando y puede soportar fuerzas después de que se endurece, como lo explicó Paulo Helene (2019), un especialista en tecnología del hormigón. El hormigón a menudo se define como una sustancia maleable. "El hormigón es una mezcla sintética de partículas de piedra o arena finamente trituradas y cemento, que se solidifica mediante la introducción de agua", explica Neville, una autoridad destacada en hormigón. "Neville es un experto en el campo del hormigón". El hormigón es un material de construcción diseñado específicamente para su uso en proyectos de edificación.

2.2.1.1 Clasificación del concreto

Clasificación del Concreto según su Peso

La densidad del concreto es un criterio fundamental para su clasificación. Esta categoría se divide en concreto ligero, concreto normal y concreto pesado.

1. Concreto Ligero:

- Definición: El concreto ligero tiene una densidad menor que la del concreto normal, generalmente menor a 2,000 kg/m³.
- Usos: Se utiliza en la construcción de estructuras que requieren una reducción de peso, como techos y muros prefabricados. También es común en aplicaciones donde se busca mejorar el aislamiento térmico y acústico Mindess, Young y Darwin, (2023).
- Ejemplos: Concreto de agregados ligeros, concreto celular y concreto espumoso.

2. Concreto Normal:

- Definición: Concreto normal varía entre 2,000 y 2,400 kg/m³.

- Usos: Es el tipo más comúnmente utilizado en aplicaciones de construcción generales, como en edificios, puentes y pavimentos (Neville y Brooks, 2019).
- Ejemplos: Concreto convencional con agregados naturales como arena y grava.

3. Concreto Pesado:

- Definición: El concreto pesado tiene una densidad mayor a $2,400 \text{ kg/m}^3$.
- Usos: Requieren una alta densidad y resistencia a la radiación, como en centrales nucleares y estructuras de protección contra radiación (Gambhir, 2020).
- Ejemplos: Concreto de barita, hematita o limonita.

Clasificación del Concreto según su Resistencia

Es otro criterio esencial para la clasificación del concreto. Se divide en concreto de baja resistencia, de resistencia media y de alta resistencia.

1. Concreto de Baja Resistencia:

- Definición: Este tipo de concreto tiene una resistencia a la compresión menor a 20 MPa.
- Usos: Generalmente se utiliza en obras temporales o no estructurales, donde las exigencias de carga no son elevadas Mehta y Monteiro, (2021).

2. Concreto de Resistencia Media:

- **Definición:** Su resistencia a la compresión oscila entre 20 y 40 MPa.
- **Usos:** Es adecuado para aplicaciones estructurales comunes, como en la construcción de edificios, puentes y pavimentos Neville, (2020).

3. Concreto de Alta Resistencia:

- Definición: Tiene una resistencia a la compresión mayor a 40 MPa.
- Usos: Este tipo de concreto se utiliza en estructuras que requieren una alta capacidad de carga, como rascacielos, puentes de gran envergadura y estructuras industriales (ACI Committee 363, 2018).

Clasificación del Concreto según su Uso

El uso específico del concreto también es un criterio clave para su clasificación. Se divide en concreto estructural y no estructural.

1. Concreto Estructural:

- **Definición:** Diseñado para soportar cargas estructurales.
- **Usos:** Se utiliza en la construcción de elementos como columnas, vigas, losas y cimentaciones. Este tipo de concreto es fundamental para la integridad y seguridad de las estructuras Mindess et al., (2023).

2. Concreto No Estructural:

- **Definición:** No está destinado a soportar cargas estructurales significativas.
- **Usos:** Se utiliza en aplicaciones como pavimentos, revestimientos y elementos decorativos donde no se requiere una alta resistencia estructural Gambhir, (2024).

Clasificación del Concreto según su Composición

La composición del concreto varía según los materiales y métodos empleados. Esta clasificación incluye concreto simple, concreto reforzado, y concreto pretensado y postensado.

1. Concreto Simple:

- **Definición:** No contiene refuerzos de acero.
- **Usos:** Se utiliza en aplicaciones no estructurales y elementos decorativos, donde la resistencia a la tracción no es una consideración importante Neville, (2019).

2. Concreto Reforzado:

- **Definición:** Contiene refuerzos de acero para mejorar la fuerza tracción.
- **Usos:** Adecuado para elementos estructurales como columnas, vigas y losas. El refuerzo de acero aumenta la capacidad del concreto para soportar cargas de tracción y flexión Mehta y Monteiro, (2019).

3. Concreto Pretensado y Postensado:

- Definición: Incluye cables o tendones de acero que se tensan antes (pretensado) o después (postensado) de la colocación del concreto.
- Usos: Utilizado en grandes estructuras y elementos prefabricados como puentes, donde se requiere una alta resistencia y capacidad de carga ACI Committee 318, (2019).

Clasificación del Concreto según su Consistencia

Se refiere a su fluidez y trabajabilidad, clasificada en concreto seco, plástico y fluido.

1. Concreto Seco:

- Definición: Tiene muy poca cantidad de agua y es más difícil de trabajar.
- Usos: Usado en aplicaciones donde no se requiere alta trabajabilidad, como en bloques de concreto Mindess et al., (2023).

2. Concreto Plástico:

- Definición: Tiene una consistencia moderada y es fácil de manejar y colocar.
- Usos: Adecuado para la construcción general de estructuras donde se necesita una buena trabajabilidad Neville y Brooks, (2018).

3. Concreto Fluido:

- Definición: Contiene una alta cantidad de agua, facilitando su colocación en estructuras complejas.
- Usos: Utilizado en encofrados con formas complicadas y espacios reducidos, donde se requiere una mayor fluidez Mehta y Monteiro, (2020).

Clasificación del Concreto según su Durabilidad

Se clasifica según su capacidad para resistir condiciones ambientales adversas, dividiéndose en concreto de alta durabilidad y de durabilidad normal.

1. Concreto de Alta Durabilidad:

- Definición: Diseñado para resistir condiciones adversas durante largos períodos.
- Usos: Utilizado en estructuras expuestas a ambientes agresivos, como plantas industriales y obras marítimas Gambhir, (2021).

2. Concreto de Durabilidad Normal:

- Definición: Tiene una durabilidad adecuada para condiciones normales de exposición.
- Usos: General de edificios y puentes en ambientes no agresivos (Neville, 1995).

2.2.1.2 Propiedades físicas del concreto

Densidad: La densidad del concreto es una medida de su masa por unidad de volumen. Dependiendo de la densidad, el concreto se puede clasificar en tres categorías principales:

1. Concreto Ligero:

- Definición: Este tipo de concreto tiene una densidad menor a $2,000 \text{ kg/m}^3$.
- Usos: Se utiliza en la construcción de estructuras donde se necesita reducir el peso, como en techos y muros prefabricados. Además, el concreto ligero es apreciado por su capacidad de proporcionar mejor aislamiento térmico y acústico Mindess, Young y Darwin, (2023).
- Ejemplos: Concreto de agregados ligeros, concreto celular y concreto espumoso.

2. Concreto Normal:

- Definición: La densidad del concreto normal varía entre $2,000$ y $2,400 \text{ kg/m}^3$.
- Usos: Es el tipo más comúnmente utilizado en aplicaciones generales de construcción, como edificios, puentes y pavimentos. Su equilibrio entre resistencia y peso lo hace ideal para una amplia gama de usos Neville y Brooks, (2019).
- Ejemplos: Concreto convencional con agregados naturales como arena y grava.

3. Concreto Pesado:

- Definición: El concreto pesado tiene una densidad mayor a $2,400 \text{ kg/m}^3$.



- Usos: Se utiliza en aplicaciones que requieren alta densidad, como en la construcción de barreras contra la radiación en plantas nucleares y otras estructuras que necesitan protección contra la radiación Gambhir, (2019).
- Ejemplos: Concreto hecho con agregados de barita, hematita o limonita.

Porosidad y Absorción: La porosidad y la absorción son propiedades relacionadas que afectan la durabilidad y la integridad del concreto.

Porosidad: La porosidad se refiere a la cantidad de espacios vacíos dentro del concreto. Estos poros pueden llenarse con agua u otros líquidos, lo que puede afectar la durabilidad del concreto. Un concreto con alta porosidad es más susceptible a la penetración de agua y sustancias químicas, lo que puede conducir a la degradación del material Mehta y Monteiro, (2019).

Absorción: La absorción es la capacidad del concreto para absorber agua. Se mide como el porcentaje de agua absorbida respecto a su peso seco. Un bajo nivel de absorción es deseable ya que indica una menor porosidad y, por lo tanto, una mayor durabilidad. La absorción es un indicador clave de la calidad del concreto y su resistencia a la penetración de agua y sustancias químicas Neville, (2023).

Permeabilidad: La permeabilidad es la capacidad del concreto para permitir el paso de fluidos a través de sus poros. Esta propiedad es crucial para la durabilidad del concreto, especialmente en ambientes donde el material está expuesto a agua, productos químicos agresivos o ciclos de congelación y descongelación.

Importancia: Un concreto de baja permeabilidad es esencial para estructuras que estarán expuestas a ambientes agresivos. La baja permeabilidad reduce la posibilidad de penetración de agua y productos químicos, lo que puede mejorar significativamente la durabilidad del concreto. Además, ayuda a prevenir la corrosión del acero de refuerzo dentro del concreto, extendiendo así la vida útil de las estructuras Mindess et al., (2020).



Resistencia a Compresión: Se define como la capacidad del material para soportar cargas axiales sin fallar.

Medición: La resistencia a la compresión se mide en megapascales (MPa) y se determina mediante pruebas de compresión en cilindros o cubos de concreto estandarizados. Estas pruebas son fundamentales para asegurar que el concreto cumple con los requisitos de diseño y las normativas de construcción Neville y Brooks, (2021).

Importancia: Esta propiedad es crucial para la mayoría de las aplicaciones estructurales, como columnas, vigas y cimentaciones. La resistencia a la compresión del concreto determina su capacidad para soportar cargas pesadas y su desempeño general en una estructura ACI Committee 318, (2021).

Resistencia a Tracción: El concreto tiene menor resistencia a la tracción que a la compresión, evaluada mediante pruebas de tracción directa, flexión o división.

Tracción Directa: Mide la resistencia del concreto a ser estirado.

Prueba de Flexión: Determina la fuerza a flexión del concreto y es crucial para elementos estructurales que están sujetos a fuerzas de flexión, como vigas y losas.

Prueba de División: Fuerza tracción indirecta, que es importante para entender el comportamiento del concreto bajo cargas combinadas Mehta y Monteiro, (2024).

Resistencia al Desgaste: Esta propiedad es especialmente importante en aplicaciones como pavimentos y suelos industriales, donde el concreto está expuesto a tráfico pesado y condiciones de desgaste continuo.

Importancia: La resistencia al desgaste del concreto es esencial para asegurar la durabilidad y el mantenimiento de superficies expuestas a tráfico constante. Un concreto con alta resistencia al desgaste tendrá una vida útil más larga y requerirá menos mantenimiento Neville, (2021).

Módulo de Elasticidad: El módulo de elasticidad del concreto, también conocido como módulo de Young, mide su rigidez o capacidad para deformarse elásticamente bajo carga.



Medición: El módulo de elasticidad se determina mediante la relación entre la tensión y la deformación en una prueba de compresión. Se expresa en gigapascales (GPa).

Importancia: Un alto módulo de elasticidad indica un concreto rígido, adecuado para estructuras que deben minimizar las deformaciones bajo carga. Esta propiedad es crucial en el diseño de estructuras altas y largas, donde la deflexión y las deformaciones deben mantenerse dentro de límites aceptables Mindess et al., (2023).

Coefficiente de Expansión Térmica: El coeficiente de expansión térmica mide el cambio en las dimensiones del concreto en respuesta a cambios de temperatura. Este factor es importante en el diseño de juntas de expansión y en la consideración de efectos térmicos en estructuras.

Importancia: Un coeficiente de expansión térmica adecuado es crucial para evitar grietas y daños en el concreto debido a los cambios de temperatura. Las estructuras sometidas a variaciones térmicas significativas deben diseñarse teniendo en cuenta esta propiedad para asegurar su durabilidad y funcionalidad a largo plazo Neville y Brooks, (2019).

Conductividad Térmica: La conductividad térmica del concreto determina su capacidad para transferir calor. Esta propiedad es importante en aplicaciones donde el aislamiento térmico es crucial, como en edificios y pavimentos.

Importancia: Un concreto con baja conductividad térmica es deseable para mejorar la eficiencia energética de los edificios, proporcionando un mejor aislamiento térmico. Por otro lado, en aplicaciones donde se requiere disipación de calor, como en algunas estructuras industriales, un concreto con alta conductividad térmica puede ser más adecuado Gambhir, (2022).

Figura 1*Asentamiento del concreto*

2.2.1.3 Propiedades mecánicas de concreto

Resistencia a la Compresión: Esta propiedad se mide generalmente mediante la realización de pruebas estándar en cilindros o cubos de concreto preparados y curados bajo condiciones controladas.

- **Procedimiento de Medición:** En una prueba típica, se utilizan cilindros de concreto de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, que se someten a una carga axial en una máquina de prueba de compresión hasta que se produce la falla. La carga máxima soportada por el espécimen se divide por el área de la sección transversal para obtener la resistencia a la compresión, expresada en MPa Neville y Brooks, (2019).
- **Importancia Práctica:** La resistencia a la compresión es fundamental para el diseño de elementos estructurales que soportan cargas pesadas, como columnas, vigas y losas. Las especificaciones de diseño estructural generalmente requieren que el concreto utilizado en la construcción cumpla con ciertos estándares mínimos de resistencia a la compresión, los cuales son establecidos por códigos y normativas como el ACI 318 ACI Committee 318, (2019).

Resistencia a la Tracción: La resistencia a la tracción del concreto, aunque menor que la compresión, es crucial para ciertas aplicaciones estructurales. Mide su capacidad para resistir fuerzas que lo alargan.

Métodos de Prueba:

- Prueba de Tracción Directa: Aunque menos común debido a las dificultades experimentales, esta prueba mide directamente la capacidad del concreto para soportar fuerzas de tracción.
- Prueba de Flexión (Módulo de Ruptura): Utiliza una viga de concreto sometida a una carga en tres puntos o en cuatro puntos hasta la falla. Esta prueba es común en la evaluación de pavimentos y losas de concreto Mehta y Monteiro, (2022).
- Prueba de Tracción Indirecta (Prueba Brasileña): Un cilindro de concreto se somete a una carga de compresión a lo largo de su diámetro, induciendo una tensión transversal que provoca la falla. Esta prueba es más práctica y ampliamente utilizada Mindess et al., (2021).

Resistencia a la Flexión: La resistencia a la flexión o módulo de ruptura es una propiedad importante para elementos estructurales que experimentan fuerzas de flexión, como pavimentos, losas y vigas.

- Procedimiento de Prueba: Se utiliza una viga de concreto estándar, generalmente de 150 mm x 150 mm x 700 mm, que se somete a una carga en tres puntos hasta la falla. La resistencia a la flexión se calcula en función de la carga máxima aplicada y las dimensiones de la viga Neville, (2020).
- Aplicaciones: Esta propiedad es crucial para pavimentos de carreteras y aeropuertos, donde las cargas inducidas por el tráfico generan esfuerzos de flexión en el concreto. Un mayor módulo de ruptura indica una mayor capacidad del pavimento para resistir cargas de tráfico sin fracturarse.

Módulo de Elasticidad: El módulo de elasticidad o módulo de Young es una medida de la rigidez del concreto y su capacidad para deformarse de manera elástica bajo carga.

- **Determinación:** Se realiza una prueba de compresión en un cilindro de concreto instrumentado con extensómetros para medir la deformación bajo carga. El módulo de elasticidad se calcula como la pendiente de la curva de tensión-deformación en el rango elástico Mindess et al., (2023).
- **Relevancia:** Un alto módulo de elasticidad es deseable para estructuras que requieren minimizar las deformaciones bajo carga, como puentes, edificios altos y otras estructuras que soportan cargas significativas. Esta propiedad también es importante para el diseño de elementos de concreto pretensado y postensado.

Tenacidad: La tenacidad es la capacidad del concreto para absorber energía y deformarse plásticamente antes de fracturarse. Esta propiedad es especialmente importante en aplicaciones donde el concreto puede estar sujeto a impactos y cargas dinámicas.

- **Evaluación:** Se mide mediante pruebas de impacto y otras pruebas que evalúan la capacidad del concreto para absorber energía. Las pruebas de tenacidad pueden incluir la caída de un peso sobre una muestra de concreto o el uso de un martillo de impacto Gambhir, (2024).
- **Importancia:** La tenacidad es crucial en pavimentos, estructuras sometidas a vibraciones, y elementos de protección donde se espera que el concreto resista impactos sin fallar catastróficamente. Un concreto con alta tenacidad tendrá una mayor capacidad para deformarse sin fracturarse, lo cual es importante para la seguridad y durabilidad de las estructuras.

Resistencia al Impacto: La resistencia al impacto es la capacidad del concreto para resistir cargas de impacto repentinas y de alta intensidad.

- **Métodos de Prueba:** Las pruebas de impacto comúnmente incluyen la caída de un peso desde una altura determinada sobre una muestra de concreto. La capacidad de la muestra para resistir el impacto sin fracturarse se mide y se registra Neville y Brooks, (2019).

- Aplicaciones: Esta propiedad es vital para pavimentos de aeropuertos, muelles, plataformas industriales y otras estructuras expuestas a impactos frecuentes. La capacidad del concreto para resistir impactos puede influir en su durabilidad y en la necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo.

Resistencia al Corte: La resistencia al corte mide la capacidad del concreto para resistir fuerzas que tienden a deslizar una parte del material sobre otra.

- Evaluación: Las pruebas de resistencia al corte generalmente implican la aplicación de una carga que induce fuerzas de corte en una muestra de concreto, como en vigas o losas sometidas a cargas transversales. La resistencia al corte se determina mediante la evaluación de la capacidad de la muestra para resistir estas fuerzas sin fallar Mehta y Monteiro, (2019).
- Importancia: Esta propiedad es esencial en aplicaciones como vigas, losas y elementos estructurales sometidos a fuerzas de corte significativas. Una alta resistencia al corte es importante para garantizar la integridad estructural y prevenir fallas catastróficas bajo cargas transversales.

Figura 2

Ensayo de la resistencia.





2.2.2 Nanosílice

La mayor parte del tamaño de la nanosílice proviene del dióxido de silicio, y las partículas en sí son nanométricas (decenas de nanómetros). Con sus capacidades puzolánicas, mejora las propiedades del cemento cuando se combina con los ingredientes hidratados del cemento. Al llenar las regiones vacías con el C-S-H (gel), se mejora la densidad, la cohesión y la impermeabilidad. El proceso de hidratación se acelera cuando las partículas de nanosílice reaccionan con $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (portlandita o CH). Debido a esto, los productos de hidratación están mejor integrados y son más estables, lo que aumenta la resistencia. La estabilización y el refuerzo de las propiedades del material a una escala mil veces menor que el nivel micro se han atribuido al Li. Nanotecnología desde 2006.

2.2.2.1 Propiedades físicas del nanosílice

Comparemos las propiedades del microsílice con las del nanosílice. El color, el tamaño de las partículas y la composición química son tres formas en las que varían. El microsílice en polvo y el nanosílice líquido, bastante viscoso, son los dos tipos principales de este material.

2.2.2.2 Propiedades químicas del nanosílice

Los fabricantes de esta sustancia han mantenido estricta confidencialidad sobre su composición química exacta. Se puede deducir que la nanosílice, al igual que la microsílice, está compuesta mayoritariamente por dióxido de silicio, dado que se trata de sílice amorfa y pasa por procesos puzolánicos. Ríos López, Nanosílice, (2019).

Tabla 2*Características físicas y químicas del nanosílice.*

Propiedades Químicas y Físicas de la Nanosílice	
Aspecto	Líquido levemente viscoso
Color	Blanco opalescente
Olor	Característico
Densidad	1.030 ± 0.02 g/ml
Sólidos	15 ± 1.8 %
Solubilidad	Totalmente soluble en agua
Vida útil	6 Meses en envase cerrado y lugar fresco

2.2.2.3 Beneficios obtenidos usando nanosílice

Además de tener efectos positivos sobre el medio ambiente, las capacidades físicas y químicas de la nanosílice mejoran enormemente las cualidades del hormigón recién mezclado y curado. Ríos López, Nanosílice, (2019, pág. 10).

2.2.3 Microsílice

El microsílice es una sustancia finamente pulverizada que se produce como resultado de la separación del humo de las chimeneas de los altos hornos en la industria del ferrosilicio. Está compuesto principalmente de un 90% a un 95% de dióxido de sílice amorfo. El microsílice exhibe una reactividad puzolánica significativa, lo que le permite experimentar reacciones químicas con hidróxido de calcio y producir un gel que ayuda en gran medida los atributos deseables del hormigón. El microsílice es un material finamente molido que se crea en empresas que fabrican silicio metálico o aleaciones a base de silicio. Las fuertes cualidades puzolánicas y la alta finura de este material permiten la creación de pastas de mortero y hormigones con una porosidad reducida, lo que da como resultado una estructura más uniforme y compacta.

2.2.3.1 Características del microsílice

La microsílice se fabrica como un polvo gris muy fino que posee los siguientes atributos generales:

- El contenido debe consistir en al menos un 90 % de SiO_2 .
- Partículas con un diámetro medio que oscila entre 0,1 y 0,2 micrómetros.
- La superficie de la esfera es mayor de 15 000 metros cuadrados por kilogramo.
- Las partículas tienen forma esférica.
- La menor cantidad de carbono presente.

2.2.3.2 Propiedades del microsílíce

Está compuesto principalmente por partículas de sílice extremadamente finas, con un tamaño típicamente en el rango de micrómetros (millonésimas de metro), aunque a veces pueden encontrarse partículas en la escala nanométrica. Estas diminutas partículas confieren al aditivo microsílíce una serie de propiedades únicas y beneficiosas en una variedad de aplicaciones, como sector constructivo y en la producción de materiales refractarios. Algunas de las propiedades clave del aditivo microsílíce son las siguientes:

Mejora de la resistencia y durabilidad: Cuando se añade al hormigón como aditivo, el microsílíce acciona hidróxido de calcio presente en la mezcla para formar geles de silicato de calcio que llenan los poros del hormigón. Esto conduce a una mayor densidad y una matriz más compacta, mejorando así la fuerza a compresión, la durabilidad y fuerza a la penetración de agentes agresivos como el agua y los químicos.

Reducción de la permeabilidad: La incorporación de microsílíce en el hormigón reduce significativamente su permeabilidad al agua y a los agentes agresivos, lo que mejora la durabilidad y la fuerza a corrosión del hormigón.

Aumento de la resistencia a altas temperaturas: El microsílíce mejora la estabilidad térmica del hormigón y de otros materiales refractarios, lo que los hace adecuados para aplicar que necesita la resistencia a temperaturas elevadas, como en la industria metalúrgica y de fundición.

Mejora de la adherencia y la cohesión: La presencia de microsílíce en el hormigón mejora la adherencia entre los agregados y la matriz de cemento, así como la

cohesión interna del hormigón, lo que contribuye a una mejor resistencia al desgaste y a la abrasión.

Reducción del sangrado y la segregación: El microsílíce ayuda a reducir el sangrado y la segregación en las mezclas de hormigón fresco, lo que facilita su colocación y acabado, y mejora la calidad superficial del hormigón endurecido.

La durabilidad.

- La resistencia del hormigón bajo tensiones de compresión se conoce como resistencia a la compresión. Tal como lo exige la legislación y los requisitos de la industria para la construcción.
- El término "entorno de curado" se refiere a las circunstancias específicas que se deben cumplir para que el hormigón experimente una hidratación completa durante el proceso de curado.
- La documentación y el control de calidad exhaustivos requieren la conservación de documentos específicos relacionados con el diseño de la mezcla, los resultados de las pruebas y las modificaciones implementadas.

2.2.4 Cemento

En la construcción, el cemento une materiales para crear una masa sólida y duradera. Es esencial en hormigón y mortero, con el cemento Portland siendo el más utilizado, hecho de piedra caliza, arcilla, sílice, alúmina y óxido de hierro. La hidratación del cemento con agua forma compuestos cristalinos, endureciendo la mezcla y desarrollando su resistencia.

Un paso temprano del endurecimiento del cemento se produce cuando se combina con agua, y esta fase se conoce como fraguado. Aunque todavía no ha alcanzado su resistencia máxima, la mezcla está pasando de un estado líquido a un estado sólido durante esta etapa del proceso. El endurecimiento se refiere al proceso de adquisición progresiva de resistencia y durabilidad durante un período prolongado de



tiempo, en el que la combinación de A/C se vuelve gradualmente más sólida. La duración de este procedimiento puede variar desde unas pocas semanas hasta muchos meses.

Una de las funciones del cemento es actuar como agente cementante, lo que significa que crea una unión entre los componentes que están presentes en la mezcla de hormigón o mortero.

Resistencia: Se ve afectada significativamente tanto por la calidad como por la cantidad de cemento presente en la mezcla. En gran medida, la resistencia del hormigón está determinada por la calidad del cemento y las cantidades que se utilizan.

Para lograr las cualidades necesarias en el material terminado, es fundamental garantizar que se utilice la cantidad adecuada de cemento.

2.2.4.1 Cemento Portland:

El cemento Portland es uno de los materiales más fundamentales en la construcción moderna. Su nombre se deriva de la piedra de Portland, una piedra caliza de color gris claro utilizada en la construcción, debido a la similitud en apariencia entre el cemento endurecido y esta piedra natural. Este tipo de cemento se destaca por su capacidad para formar una pasta que se endurece y adhiere a otros materiales, lo que lo convierte en un componente esencial en la fabricación de concreto.

Origen e Historia: El cemento Portland fue patentado por Joseph Aspdin en 1824 en Inglaterra. Aspdin, un albañil británico, buscaba un material de construcción que imitara las propiedades de la piedra de Portland, que era muy valorada por su durabilidad y apariencia en la construcción. Aspdin mezcló caliza y arcilla, las calcinó a altas temperaturas, y luego molió el clinker resultante con yeso para crear un polvo que se endurecía al mezclarlo con agua. Este método de fabricación y la composición del cemento han evolucionado, pero la esencia del proceso permanece similar a la patente original de Aspdin.

2.2.4.2 Composición del Cemento Portland

El cemento Portland se compone principalmente de clinker, un material granular producido al calentar caliza y arcilla a altas temperaturas en un horno rotatorio. El clinker

es el componente principal que le da al cemento sus propiedades de resistencia y durabilidad. La composición básica del cemento Portland incluye:

Clinker: El clinker es el producto resultante de la calcinación de una mezcla de piedra caliza y arcilla. Está compuesto principalmente por cuatro fases minerales:

- Alita (C_3S): Silicato tricálcico, que proporciona la mayor parte de la resistencia inicial y final del cemento.
- Belita (C_2S): Silicato dicálcico, que contribuye a la resistencia a largo plazo.
- Aluminato tricálcico (C_3A): Contribuye a la resistencia inicial y al desarrollo de calor durante el fraguado.
- Ferrita tetracálcica (C_4AF): Influye en el color del cemento y en el desarrollo de calor durante el fraguado.

Yeso: Se añade al clinker para controlar el tiempo de fraguado del cemento. El yeso ralentiza el proceso de fraguado para permitir un manejo adecuado del cemento antes de que se endurezca.

Otros Adiciones (opcional): Dependiendo del tipo de cemento Portland y de sus aplicaciones específicas, pueden añadirse otros materiales como cenizas volantes, escoria de alto horno, o puzolana para modificar las propiedades del cemento Neville y Brooks, (2019).

2.2.4.3 Proceso de Fabricación

La fabricación del cemento Portland involucra varios pasos complejos y controlados:

Extracción y Preparación de Materias Primas:

- Extracción: Las materias primas principales, como la piedra caliza y la arcilla, se extraen de canteras mediante excavación y voladura.
- Preparación: Las materias primas se trituran y se mezclan en proporciones precisas para obtener una mezcla homogénea.

Molienda y Mezcla:



- Las materias primas trituradas se muelen finamente en un molino y se mezclan para formar una mezcla homogénea conocida como "crudo".

Calcinación:

- La mezcla cruda se introduce en un horno rotatorio, donde se calienta a temperaturas que pueden alcanzar hasta 1450°C. Durante este proceso, los minerales en la mezcla se calcinan y reaccionan químicamente para formar el clinker.

Enfriamiento y Molienda:

- El clinker caliente se enfría rápidamente en un enfriador para evitar el desarrollo excesivo de calor. Luego, se muele finamente junto con una pequeña cantidad de yeso para formar el cemento Portland en polvo.

Almacenamiento y Despacho:

- El cemento terminado se almacena en silos para evitar la humedad y se despacha en sacos o a granel según sea necesario para su uso en la construcción.

2.2.4.4 Tipos de Cemento Portland

Existen diferentes tipos de cemento Portland, cada uno diseñado para aplicaciones específicas en función de sus propiedades. Los tipos más comunes son:

Cemento Portland Tipo I:

- Descripción: Cemento general de uso común, adecuado para la mayoría de las aplicaciones de construcción.
- Aplicaciones: Construcción de cimientos, columnas, vigas, y pavimentos donde no se requieren propiedades especiales.

Cemento Portland Tipo II:

- Descripción: Cemento con una mayor resistencia a los sulfatos y una liberación moderada de calor durante el fraguado.
- Aplicaciones: Estructuras expuestas a ambientes con sulfatos moderados, como cimientos en suelos con alto contenido de sulfato.

Cemento Portland Tipo III:

- Descripción: Cemento de alta resistencia inicial que permite un rápido desarrollo de resistencia.
- Aplicaciones: Construcciones que requieren desmoldes rápidos, estructuras en climas fríos donde se desea acelerar el fraguado.

Cemento Portland Tipo IV:

- Descripción: Cemento con baja generación de calor durante la hidratación.
- Aplicaciones: Estructuras masivas como presas y cimientos grandes, donde el calor generado por la hidratación del cemento puede causar fisuración.

Cemento Portland Tipo V:

- Descripción: Cemento con alta resistencia a los sulfatos.
- Aplicaciones: Entornos altamente agresivos como el contacto con agua de mar o suelos sulfatados, donde la resistencia a los sulfatos es crítica.

2.2.4.5 Propiedades del Cemento Portland

El cemento Portland ofrece una serie de propiedades que lo hacen adecuado para diversas aplicaciones en la construcción:

1. Resistencia a la Compresión:

- **Descripción:** El cemento Portland desarrolla una alta resistencia a la compresión, lo que es esencial para la mayoría de las aplicaciones estructurales.
- **Medición:** Se mide a través de pruebas de compresión de cilindros o cubos de concreto, y se expresa en megapascales (MPa).

2. Tiempo de Fraguado:

- **Descripción:** El tiempo que tarda el cemento en pasar de un estado fluido a un estado sólido. El yeso añadido al cemento controla este tiempo.
- **Importancia:** Permite a los constructores trabajar con el cemento antes de que se endurezca y adapte el tiempo de trabajo según las necesidades del proyecto.

3. Durabilidad:



- **Descripción:** El cemento Portland ofrece una excelente durabilidad, resistiendo condiciones ambientales adversas como ciclos de congelación y deshielo, y exposición a productos químicos.
- **Aplicaciones:** Ideal para estructuras expuestas a condiciones climáticas severas y ambientes corrosivos.

4. Trabajabilidad:

- **Descripción:** La facilidad con la que la pasta de cemento puede ser mezclada, manipulada y moldeada antes de que endurezca.
- **Relevancia:** Permite moldear el cemento en diversas formas y es fundamental para la construcción de formas complejas y acabados superficiales.

Aplicaciones del Cemento Portland

El cemento Portland se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones en la construcción debido a sus propiedades versátiles:

1. Edificaciones:

- **Descripción:** Utilizado en la construcción de cimientos, columnas, vigas, losas y otros elementos estructurales.
- **Ejemplos:** Edificios residenciales, comerciales y de oficinas, donde el cemento Portland proporciona la resistencia necesaria para soportar las cargas estructurales.

2. Infraestructura:

- **Descripción:** Esencial en la construcción de puentes, carreteras, túneles y presas.
- **Ejemplos:** Puentes de concreto armado, pavimentos de carreteras, y presas que requieren un material duradero y resistente a condiciones extremas.

3. Prefabricados:

- **Descripción:** Utilizado en la fabricación de bloques, adoquines, tubos y otros elementos prefabricados.
- **Ejemplos:** Bloques de construcción, adoquines para pavimentación, y tubos de concreto para drenaje.

4. Hormigón Armado y Pretensado:

- **Descripción:** Usado en la construcción de elementos estructurales reforzados con acero, como vigas y losas de concreto armado y pretensado.
- **Ejemplos:** Estructuras de puentes y edificios de gran altura donde se requiere una combinación de resistencia a la compresión y flexibilidad.

2.2.5 Aditivos

La nanosílice está formada por partículas a escala nanométrica, normalmente de decenas de nanómetros de tamaño, compuestas principalmente de dióxido de silicio. Presenta características puzolánicas, lo que mejora las propiedades del cemento al reaccionar con sus componentes hidratados. El C-S-H (gel) llena los huecos para mejorar la compacidad, la coherencia y la impermeabilidad. Esto se consigue mediante la interacción entre las partículas de nanosílice y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (también conocido como portlandita o CH), que acelera el proceso de hidratación. En consecuencia, esto mejora la incorporación y la durabilidad de los productos de hidratación, aumentando así la resistencia. Desde 2006, Li. La nanotecnología ha sido responsable de mejorar la estabilidad y fortalecer las propiedades del material a una escala mil veces menor que el nivel micro. Esto permite el desarrollo de la nanosílice. El año 2013 fue documentado por Hortelano.

La clasificación de los aditivos la realiza el Comité 494 de la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM). Reductores de agua de TIPO A y retardadores de fraguado de TIPO B.

Existen aceleradores de tipo C adicionales disponibles.

Las cuatro categorías de reductores y retardadores de agua son el tipo D, el tipo E, el tipo F y el tipo G. El tipo D funciona como reductor y retardador de agua, mientras que el tipo E actúa como reductor y acelerador de agua. El tipo F es un reductor de agua de alto rango y el tipo G es un reductor y retardador de agua de alto rango.

El término "nanotecnología" se refiere al campo de la ciencia y la tecnología que se ocupa de la manipulación y el control de la materia a escala nanométrica, que normalmente va de 1 a 100 nanómetros. El término se deriva del prefijo "nano", que representa una milmillonésima parte de una unidad en el sistema internacional, multiplicada por 10^{-9} (1 nanómetro = 1 nm = 10^{-9} m). Esto se logra reorganizando los átomos y la estructura molecular para ejercer dominio sobre la materia.

Richard Feynman, una figura prominente en nanotecnología, introdujo el concepto de un nuevo nanomundo en su discurso de 1959 titulado "Hay mucho espacio en el fondo". En la presentación del Premio Nobel de Física de 1965, se nos presentó una gama de posibilidades potenciales que estaban listas para ser examinadas (Henche, 2011, punto 7).

En 1974, el científico japonés Norio Taniguchi acuñó la palabra "nanotecnología" durante un discurso. La nanotecnología es la manipulación deliberada de materiales a nivel atómico y molecular utilizando técnicas como procesamiento, separación, consolidación y deformación. Además, ofreció una explicación detallada de la mecánica de la nanotecnología.

En el negocio de la construcción, la nanotecnología: La nanotecnología ha contribuido significativamente a un progreso significativo en varias áreas, como la construcción, la fabricación de vidrio, el reciclaje y el sector químico. Actualmente existen nanopartículas o nanomateriales de dióxido de titanio, óxido de hierro, óxido de aluminio y dióxido de silicio que son accesibles. La selección del tipo de adición se determinará en función de las características específicas que se requieran mejorar.

2.2.6 Agregados

Algunos ejemplos de agregados son arena, grava, piedra triturada y escoria respectivamente. Estos ingredientes son necesarios para la producción de productos de hormigón y desempeñan un papel importante en la resistencia y durabilidad del material que se produce como consecuencia del proceso de fabricación.

2.2.6.1 Agregado grueso:

El agregado grueso es un tipo de material granular que se utiliza en la producción de hormigón y mortero para impartir resistencia mecánica a la sustancia que se mezcla. La resistencia y la estabilidad de la mezcla están directamente influenciadas por este componente, que representa la mayor cantidad de volumen en el hormigón y desempeña una función esencial en la mezcla.

Tamaño y clasificación: Son partículas de distintos tamaños y, por lo general, pasan por un tamiz de 3/8 pulgadas de diámetro y quedan retenidas en una pantalla de 3 pulgadas de diámetro. Las cualidades del hormigón, como su resistencia y su trabajabilidad, están influenciadas por el tamaño de las partículas.

- **Materiales:** La grava, la piedra triturada, la escoria, el hormigón reciclado y otros materiales inertes son algunos de los muchos recursos que se utilizan a menudo para la producción de agregado grueso. La selección del material está determinada por una serie de criterios, incluida la disponibilidad del material en la zona y los requisitos del proyecto.

- El agregado grueso debe ser robusto y duradero. La resistencia del hormigón es algo que está directamente influenciado por la calidad del agregado. Se prueban una serie de características, incluyendo la fuerza a compresión, la absorción de agua y la fuerza a la abrasión, para determinar si el agregado es adecuado o no.

- **Volumen de huecos:** el volumen de pasta de cemento que se requiere para llenar los huecos en las partículas de agregado grueso está influenciado por la cantidad de espacio que existe entre las partículas. Esto contribuye a la trabajabilidad, densidad y resistencia del hormigón, entre otras características.

- Sus aplicaciones incluyen la creación de estructuras de hormigón, como edificios, puentes, presas, pavimentos y otras obras civiles. También se emplea en la demolición de edificios. Con el fin de soportar cargas y garantizar la estabilidad a largo plazo, el agregado grueso ofrece la resistencia estructural que se requiere.

- **Normas:** los requisitos para el agregado grueso en términos de tamaño, forma, resistencia y otros atributos están especificados por normas y estándares que son de

naturaleza local o mundial. Se garantiza que tanto la fabricación como la aplicación del hormigón serán de alta calidad y consistentes con estos criterios. Los agregados gruesos, el término "gradación" se refiere a la distribución de diferentes tamaños de partículas en la mezcla. La trabajabilidad y la resistencia del hormigón mejoran con la gradación correcta del material.

2.2.6.2 Agregado fino:

Uno de los materiales granulares que se utilizan en la producción de mortero y hormigón se conoce como agregado fino. El agregado fino se distingue del agregado grueso por su tamaño de partícula más pequeño, que normalmente le permite pasar a través de una malla de tamiz de 3/8 de pulgada. El agregado fino está formado por partículas diminutas, a menudo arena, y se clasifica según su tamaño y granulometría. Se mide al pasar a través de una malla de tres octavos de pulgada de tamaño. El proceso de granulometría, también conocido como selección de tamaños, es fundamental para lograr cualidades particulares en el hormigón.

El término "agregado fino" puede referirse a una variedad de materiales, incluida la arena natural, la arena fabricada (que se produce mediante operaciones de trituración de rocas) y otros minerales finos inertes. La decisión está determinada por una serie de criterios, incluidos los requisitos del proyecto y la disponibilidad de recursos en el área.

Propiedades físicas: Consistencia, la resistencia y la durabilidad del hormigón se perfudican por el agregado fino disponible. Las propiedades que son esenciales para la creación de hormigón de alta dureza incluyen la forma de las partículas, la rugosidad de la superficie, la cantidad de agua absorbida y la distribución del tamaño.

La formación de la pasta de hormigón se logra combinando el AF con cemento y agua. Esta es la función del hormigón. La matriz que rodea y une el agregado grueso se forma mediante la combinación de estos dos elementos. Durante el proceso de fraguado y endurecimiento, la pasta de hormigón proporciona la resistencia necesaria juntar los elementos de agregado y crear una masa sólida que sea a la vez fuerte y estable.

Aplicaciones: Los requisitos para el agregado fino en términos de tamaño, forma, limpieza y otros atributos están especificados por reglas y normas, al igual que para el agregado grueso. Estas regulaciones y normas son similares a las que rigen el agregado grueso. Se garantiza que tanto la fabricación como la aplicación del hormigón serán de alta calidad y conforme a estos criterios.

2.2.6.3 Agregados según su procedencia

Los agregados, como arena, grava y piedra triturada, son materiales granulares esenciales que se mezclan con aglutinantes como cemento o asfalto para formar hormigón y asfalto. La clasificación de los agregados según su procedencia permite entender sus características y aplicaciones específicas. A continuación, se describen en detalle las tres principales categorías de agregados según su procedencia: naturales, artificiales y reciclados.

1. Agregados Naturales

Los agregados naturales se extraen directamente de depósitos naturales sin sufrir procesos de manufactura que alteren significativamente su composición química o física.

- **Arena Natural:** Se obtiene de lechos de ríos, lagos, mares o canteras. La arena natural es fina y suele tener partículas redondeadas. Se utiliza principalmente en la preparación de hormigones y morteros debido a su excelente trabajabilidad y resistencia. Ejemplos de su uso incluyen la construcción de edificios, pavimentos, y obras hidráulicas.
- **Grava Natural:** Proviene de depósitos de ríos y lechos de arroyos. Las partículas de grava son más grandes que las de la arena y tienen una forma redondeada o angular. La grava natural se usa en la construcción de carreteras, caminos, y como agregado grueso en el hormigón. Su tamaño y forma proporcionan una mejor compactación y estabilidad a las estructuras.
- **Piedra Triturada:** Se extrae de canteras y se tritura hasta obtener fragmentos de diferentes tamaños. La piedra triturada se usa principalmente como agregado grueso

en el hormigón, en la construcción de bases de carreteras y en obras de drenaje debido a su alta resistencia y durabilidad.

2. Agregados Artificiales

Estos procesos pueden incluir la calcinación, la trituración o la manipulación química y térmica.

- Escoria de Alto Horno: Producto de desecho de la producción de hierro en los altos hornos. La escoria se enfría rápidamente para formar un material granulado. Este tipo de agregado se utiliza en la construcción de carreteras, en la fabricación de cemento Portland y como agregado en hormigones ligeros y resistentes al fuego.
- Agregado de Arcilla Expandida: Se obtiene mediante la calcinación de arcillas a altas temperaturas, lo que provoca la expansión de las partículas. Este agregado es ligero y tiene buenas propiedades de aislamiento térmico y acústico. Se usa en la fabricación de hormigón ligero, en aplicaciones de aislamiento térmico y como material de relleno en obras de construcción.
- Agregado de Pizarra Expandida: Similar a la arcilla expandida, pero se produce a partir de pizarra. Tiene propiedades similares y se utiliza en aplicaciones donde se requiere un material ligero y resistente.
- Perlita y Vermiculita: Minerales naturales que, al calentarse, se expanden y forman agregados ligeros. Se utilizan en la construcción de paneles de yeso, aislamiento térmico y acústico, y en la fabricación de hormigón ligero.

3. Agregados Reciclados

Los agregados reciclados provienen de la reutilización de materiales de construcción demolidos o desechados. Este tipo de agregados es fundamental para promover la sostenibilidad en la construcción y reducir el impacto ambiental.

- Hormigón Reciclado: Obtenido de la trituración de escombros de concreto. Este material puede ser procesado para eliminar contaminantes y obtener agregados de

diferentes tamaños. Se utiliza en la elaboración de nuevo hormigón, en bases y subbases de pavimentos y en rellenos estructurales.

- **Asfalto Reciclado:** Derivado de la molienda de pavimentos asfálticos retirados. Este material se mezcla con nuevo asfalto para formar mezclas asfálticas recicladas, que se utilizan en la construcción y reparación de carreteras. El asfalto reciclado ofrece beneficios económicos y medioambientales, ya que reduce la necesidad de asfalto virgen y disminuye la cantidad de residuos enviados a los vertederos.
- **Agregados de Vidrio Reciclado:** Se obtienen de la trituración de vidrio desechado. Estos agregados pueden usarse en la fabricación de hormigón y asfalto, mejorando sus propiedades de durabilidad y resistencia. También se emplean en aplicaciones decorativas y en la construcción de pavimentos permeables.
- **Agregados de Ladrillo Reciclado:** Proviene de la trituración de ladrillos de demoliciones. Estos agregados se utilizan en la construcción de carreteras, como relleno en proyectos de paisajismo y en la fabricación de hormigón de baja resistencia.

Importancia de la Clasificación: La clasificación de los agregados según su procedencia es crucial para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, así como su idoneidad para diferentes aplicaciones en la construcción. Esta clasificación también facilita la gestión y la toma de decisiones respecto a la sostenibilidad y el impacto ambiental de los materiales utilizados.

- **Propiedades Físicas y Mecánicas:** Diferentes tipos de agregados tienen distintas propiedades de resistencia, durabilidad, y trabajabilidad, que afectan el rendimiento de las mezclas de construcción. Por ejemplo, los agregados naturales suelen ser más resistentes que los reciclados, mientras que los agregados artificiales pueden tener propiedades específicas deseables, como ligereza o aislamiento térmico.
- **Aplicaciones Específicas:** La elección del tipo de agregado depende del tipo de construcción y de las condiciones específicas del proyecto. Por ejemplo, los

agregados ligeros son ideales para estructuras que requieren aislamiento térmico, mientras que los agregados reciclados son adecuados para proyectos que buscan reducir el impacto ambiental.

- **Sostenibilidad y Medio Ambiente:** El uso de agregados reciclados y artificiales contribuye a la sostenibilidad en la construcción al reducir la explotación de recursos naturales y la generación de residuos. Además, algunos agregados artificiales, como la escoria de alto horno, reutilizan subproductos industriales, disminuyendo así el impacto ambiental de la industria.

2.2.6.4 Propiedades físicas del agregado

Las características físicas del agregado, material granular usado en concreto y mortero, son cruciales para su calidad y rendimiento:

Tamaño de Partícula:

- **Tamaño Máximo:** Especifica la dimensión máxima de la partícula en el agregado. Puede ser el TMN (el tamaño de la abertura de la malla por la cual pasa la mayor parte del agregado) o el TMR (el tamaño máximo de una partícula individual).
- **Gradación:** La distribución de tamaños de partículas en el agregado, que puede clasificarse como bien graduado, uniformemente graduado o mal graduado.

Forma y Textura:

- **Forma:** Angular, redonda, o intermedia. La forma afecta la consistencia del concreto.
- **Textura Superficial:** Puede ser rugosa, lisa o intermedia. La textura influye en la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento.

Densidad y Peso Específico:

- **Densidad Aparente:** Relación entre la masa del agregado y su volumen, incluyendo los huecos entre partículas.
- **Densidad Real:** Relación entre la masa del agregado y su volumen excluyendo los huecos entre partículas.
- **Peso Específico:** Peso del agregado por unidad de volumen.

Porosidad y Absorción:

- Porosidad: Proporción de espacio poroso en el agregado.
- Absorción de Agua: Cantidad de agua que puede ser absorbida por el agregado. La baja absorción es deseable para prevenir problemas de durabilidad.

Limpieza y Contaminantes:

- Limpieza: El agregado debe estar libre de materiales extraños, como arcilla, limo o partículas orgánicas, que puedan afectar la adherencia del concreto.
- Contenido de Sustancias Perjudiciales: Debe cumplir con límites específicos para sustancias perjudiciales como sulfatos, cloruros o materiales orgánicos.

Humedad:

- Contenido de Agua: El porcentaje de agua presente en el agregado puede afectar la cantidad de agua que se debe agregar a la mezcla de concreto.

2.2.6.5 Propiedades mecánicas del agregado

Al evaluar la resistencia y las propiedades mecánicas del hormigón que contiene agregados, es esencial tener en cuenta las características mecánicas de los agregados. A continuación, se incluye una recopilación de las características mecánicas esenciales que poseen los agregados:

La prueba de desgaste de Los Ángeles es un ejemplo ilustrativo de una prueba que evalúa la durabilidad de los agregados en términos de su resistencia al desgaste. Esta prueba se realiza en condiciones que implican pruebas de abrasión e impacto. El agregado se somete a un proceso en el que se hacen rodar bolas de acero continuamente dentro de un tambor giratorio. La resistencia al desgaste del agregado se evalúa midiendo la cantidad de masa que pierde.

Resistencia al aplastamiento: la resistencia al aplastamiento del agregado es una evaluación exhaustiva de soporte del agregado para aguantar tensiones de compresión cuando se tritura.

La tenacidad del agregado es una evaluación cuantitativa de la potencial de un agregado chupa energía de su entorno antes de fracturarse. Un indicador potencial de

una mayor capacidad para soportar el impacto es un mayor nivel de tenacidad. La dureza del agregado es un término cuantitativo que representa la capacidad del agregado para resistir la abrasión, la indentación y otros tipos de desgaste.

2.2.7 Diseño de mezclas

Es un proceso que implica la selección y proporción adecuada de los ingredientes que componen la mezcla, incluyendo cemento, agua, agregados y, en algunos casos, aditivos o adiciones. El objetivo es lograr un concreto con propiedades específicas que se adapten a los requisitos de la aplicación y las condiciones del proyecto. Aquí hay algunos pasos y consideraciones comunes en el diseño de mezclas de concreto:

Pasos Generales en el Diseño de Mezclas:

El método ACI 211 es un procedimiento estándar para el diseño de mezclas de concreto. A continuación, se describen los pasos generales para realizar un diseño de mezclas utilizando este método:

1. Determinación de las especificaciones del concreto

- Resistencia a la compresión (f'_c): Determina la resistencia requerida para la mezcla de concreto.
- Condiciones de exposición: Determina las condiciones ambientales a las que estará expuesto el concreto, como la exposición a sulfatos, la resistencia al congelamiento y deshielo, etc.
- Requisitos de asentamiento (slump): Define la trabajabilidad requerida según el método de colocación y las características del proyecto.
- Tamaño máximo del agregado: Selecciona el tamaño máximo del agregado según la sección más estrecha de la estructura y el refuerzo.

2. Selección de los materiales

- Cemento: Selecciona el tipo de cemento adecuado según las especificaciones del proyecto.



- Agregados: Selecciona agregados finos y gruesos que cumplan con las especificaciones ASTM C33.
- Agua: Utiliza agua potable o agua que cumpla con las especificaciones ASTM C94.
- Aditivos: Considera el uso de aditivos como reductores de agua, retardantes, acelerantes, etc.

3. Estimación del contenido de aire

- Determina el contenido de aire necesario según la exposición del concreto y las recomendaciones del ACI.

4. Determinación de la relación agua-cemento (w/c)

- Utiliza tablas del ACI 211 para determinar la relación agua-cemento adecuada según la resistencia requerida y las condiciones de exposición.

5. Determinación del contenido de agua

- Utiliza las tablas del ACI para estimar la cantidad de agua necesaria para obtener la trabajabilidad (slump) deseada.

6. Cálculo del contenido de cemento

- Divide el contenido de agua por la relación agua-cemento para obtener la cantidad de cemento necesaria.

7. Selección del contenido de agregado grueso

- Utiliza tablas del ACI para determinar el volumen absoluto del agregado grueso según el tamaño máximo del agregado y la trabajabilidad deseada.

8. Cálculo del contenido de agregado fino

- Resta el volumen absoluto de los materiales (cemento, agua y agregado grueso) del volumen total del concreto para obtener el volumen de agregado fino necesario.

9. Ajuste de la mezcla

- Realiza ajustes en la mezcla según los ensayos de laboratorio para cumplir con las especificaciones de resistencia, trabajabilidad y durabilidad.



- Realiza pruebas de asentamiento, contenido de aire y resistencia a la compresión para validar el diseño de la mezcla.

10. Documentación y validación

- Documenta todos los cálculos, resultados de pruebas y ajustes realizados.
- Valida la mezcla en condiciones reales de trabajo mediante ensayos en campo y ajustes finales si es necesario.

2.2.7.1 Consideraciones Importantes:

- La durabilidad es el aguante del hormigón factores ambientales nocivos, como el clima, entornos hostiles o congelaciones y descongelaciones repetidas.
- La resistencia del hormigón bajo tensiones de compresión se conoce como resistencia a la compresión. Tal como lo exige la legislación y los requisitos de la industria para la construcción.
- La relación A/C es un componente importante que halla la resistencia y durabilidad del hormigón. El proyecto debe considerarse cuidadosamente al realizar ajustes.
- El término "entorno de curado" se refiere a las circunstancias específicas que se deben cumplir para que el hormigón experimente una hidratación completa durante el proceso de curado.

2.3 Marco conceptual

- Aditivo nanosílice.** - El dióxido de silicio (SiO_2) es un compuesto químico que se presenta de forma natural en diversas formas, entre ellas, el cuarzo, la cristobalita y la tridimita. En la naturaleza se pueden encontrar muchos tipos diferentes de sílice.
- Aditivo microsílice.** - La producción de ferrosilicio y silicio metálico da como resultado el aditivo de microsílice, también conocido como humo de sílice o sílice coloidal. Este material está compuesto por partículas de sílice muy finas. Aunque la mayoría de estas partículas tienen tamaños en el rango de los micrómetros



(millonésimas de metro), otras pueden ser cientos de veces más pequeñas, en la escala nanométrica.

- c. **Agregado.** - Los materiales granulados como arena, grava, escoria, piedra triturada o guijarros se denominan comúnmente "áridos" en el ámbito de la construcción y el hormigón. Para producir hormigón, estas sustancias se mezclan con cemento y agua.
- d. **Asentamiento.** - El asentamiento del hormigón mide la facilidad con la que el hormigón fresco fluye y se maneja, evaluando el desplazamiento vertical de la masa de hormigón recién mezclado bajo su propio peso y la gravedad, después de cesar las vibraciones.
- e. **Cemento.** - El cemento, un aglutinante en polvo, al mezclarse con agua forma una pasta que se solidifica con el tiempo. El hormigón, producido mediante hidratación, es un material fuerte y sólido. El cemento es crucial en la construcción, utilizado en estructuras, pavimentos y elementos ornamentales.
- f. **Concreto.** - En ingeniería civil y construcción estructural, el hormigón es un material ampliamente utilizado, constituido por cemento, áridos (arena y grava) y agua. Aditivos pueden añadirse para mejorar sus propiedades específicas.
- g. **Resistencia a compresión.** - Es la medida de cuánto peso puede soportar una determinada superficie de hormigón. Esta propiedad crucial está presente en el hormigón una vez que ha fraguado, lo que suele ocurrir después de 28 días.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación

El término "diseño" se refiere al proceso de desarrollar un plan o estrategia para recopilar la información necesaria para abordar un problema específico. Por ello, es esencial seguir una serie de pasos secuenciales para garantizar que el estudio produzca resultados útiles Hernández y Baptista, (2018).

En este caso, la investigación es cuasi experimental, dada la capacidad de manipular la variable independiente, en el que se empleó un grupo de control estándar y varios grupos experimentales con distintas variaciones en la mezcla, enfocándose en la adición de nanosílice y microsílice.

3.2 Método de la Investigación

Según Tamayo y Tamayo (2019), el método científico es un conjunto de procedimientos que facilita la formulación de problemas científicos, el desarrollo de hipótesis y la evaluación de estas hipótesis mediante herramientas de investigación. Este método, una estrategia organizada utilizada principalmente para adquirir conocimientos en ciencias, se aplicará en la investigación. Para alcanzar el resultado final, es necesario seguir una serie de pasos.

3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la Investigación

Mario Bunge diferencia entre investigación pura e investigación aplicada. La investigación pura busca generar conocimiento, mientras que la investigación aplicada se enfoca en lograr mejoras prácticas.

Dado el carácter de las variables involucradas, el estudio propuesto será de nivel explicativo. Esto se debe a que se centra en la relación de causa y efecto, implicando la implementación de intervenciones para provocar cambios en grupos de control.

3.3.2 Tipo de la investigación

De acuerdo con Hernández y Baptista (2019), la investigación aplicada se enfoca en resolver problemas prácticos específicos dentro de un área de especialización.

El estudio realizado adopta este tipo, utilizando metodologías, procedimientos y procesos secuenciales para recolectar la información necesaria.

3.3.3 Enfoque de la investigación.

Según Creswell (2019) el enfoque cuantitativo es un enfoque centrado en la medición objetiva, donde el investigador se enfoca en la recolección de datos numéricos a través de encuestas, pruebas o experimentos para probar teorías o hipótesis.

El enfoque de investigación es cuantitativo, dado que se utiliza un método basado en la medición precisa y la recolección de datos numéricos para evaluar las propiedades mecánicas del concreto. A través de un diseño experimental riguroso, se cuantifican variables como la resistencia a la compresión de las mezclas de concreto con diferentes aditivos. Los datos obtenidos, que incluyen valores de resistencia a diferentes tiempos de curado (7, 14 y 28 días), son analizados mediante herramientas estadísticas para identificar patrones y correlaciones entre la cantidad de microsílíce y nanosílíce y la mejora de las propiedades del concreto. La investigación se apoya en estos datos

numéricos para demostrar si los aditivos tienen un efecto significativo sobre la resistencia y durabilidad del concreto en las condiciones específicas del distrito de San Miguel.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

De acuerdo con Hernández y Baptista (2018, p. 165), un universo o población se define como un grupo de elementos que comparten características comunes y de los cuales se obtendrán datos. En este caso, la población estará formada por los concretos tradicionales producidos en el barrio de San Miguel.

3.4.2 Muestra

Según Hernández y Baptista (2018, p. 173), la población objetivo se subdivide en subconjuntos más pequeños, conocidos como muestras, de los cuales se obtendrán los datos. Es crucial identificar y definir este subconjunto específico antes de comenzar el estudio para asegurar que represente adecuadamente a toda la población. En este caso, la población estará formada por concreto con una resistencia de $f'c$ 210 kg/cm², con diferentes proporciones de nanosílice y microsílice añadidas.

Tabla 3

Muestras a elaborarse

Descripción	% de adición	Cantidad	Edad
Concreto patrón	0%		
Concreto con nanosílice	0.3%		
Concreto con nanosílice	0.6%		
Concreto con nanosílice	0.9%	15 briquetas	7, 14 y 28 días
Concreto con microsílice	1.0%		
Concreto con microsílice	3.0%		
Concreto con microsílice	5.0%		

Nota. Elaboración propia.



3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Para poner en práctica los métodos se requiere un enfoque sistemático, y aquí es donde entran en juego las metodologías de investigación científica. Hernández y Duana, (2020, pág. 51). Estas técnicas permiten obtener, procesar y analizar la información necesaria para responder a las preguntas del estudio y alcanzar los objetivos propuestos. La presente investigación empleará la técnica de observación, la cual es fundamental para recolectar datos de manera directa y sistemática sobre el fenómeno de estudio.

La técnica de observación es particularmente útil en estudios donde se requiere obtener información detallada sobre el comportamiento o las características de los sujetos o fenómenos en su entorno natural. En este caso, se analizarán las ventajas del empleo de los residuos metálicos de obras en el concreto. Este enfoque permitirá observar directamente cómo los residuos metálicos afectan las propiedades del concreto, proporcionando datos empíricos esenciales para evaluar su viabilidad y eficiencia.

Para asegurar la rigurosidad y consistencia en recopilación de datos, se utilizarán diversos instrumentos. Las fichas y los formatos de campo son herramientas clave en este proceso. Las fichas de observación permitirán registrar de manera sistemática las características y comportamientos observados, asegurando que no se omitan detalles importantes. Los formatos de campo, por su parte, facilitarán la organización y estructuración de los datos recopilados, permitiendo un posterior análisis más eficiente y preciso.

Además, estos instrumentos ayudarán a garantizar la objetividad y la fiabilidad de los datos obtenidos. La utilización de fichas y formatos estandarizados permite que diferentes observadores puedan recoger datos de manera uniforme, reduciendo la influencia de sesgos personales. Esto es crucial para la validez de los resultados, ya que asegura que las conclusiones derivadas de la investigación estén basadas en datos precisos y replicables.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Es un equipo especialmente diseñado que permite la medición empírica de una variable o fenómeno de interés. La validez de las herramientas de estudio es crucial para garantizar que produzcan resultados fiables de forma constante. Hernández y Duana, (2020, pág. 52). La validación es el proceso mediante el cual se verifica que el instrumento mide efectivamente lo que se propone medir, garantizando así la precisión y la exactitud de los datos recopilados.

En esta investigación, se utilizará como principal instrumento la guía de observación. La guía de observación es una herramienta estructurada que permite registrar de manera sistemática las observaciones realizadas sobre el fenómeno estudiado. Este tipo de instrumento es particularmente útil en estudios donde se requiere una observación detallada y precisa de los comportamientos, características o condiciones de los sujetos o fenómenos en su entorno natural.

La recolección de datos se llevará a cabo mediante el uso de formatos de laboratorio y guías de observación de campo. Los formatos de laboratorio están diseñados para documentar las observaciones y mediciones realizadas en un entorno controlado, donde se pueden evaluar con precisión las propiedades del concreto al incorporar residuos metálicos. Estos formatos permitirán registrar variables específicas como la fuerza, durabilidad y otras atributos mecánicas y físicas del concreto modificado. Por otro lado, las guías de observación de campo serán utilizadas para recolectar datos en el ambiente natural de las obras de construcción. Estas guías permitirán observar y registrar cómo se comporta el concreto con residuos metálicos en condiciones reales de uso. Esto incluye aspectos como la facilidad de manejo, el proceso de mezcla y vertido, así como la resistencia a factores ambientales como la humedad y las temperaturas extremas.

Es crucial que tanto las fichas de laboratorio como las guías de observación de campo sean validados antes de su uso en la recolección de datos. La validación de estos instrumentos implica varias etapas, como pruebas piloto y la revisión por expertos, para



asegurar que los datos obtenidos sean consistentes y representativos. Además, la validación ayuda a identificar y corregir posibles errores o sesgos en los instrumentos, mejorando así la fiabilidad y la validez de los resultados obtenidos.

3.6 Procedimiento para la recolección de datos

3.6.1 Desarrollo de plan

ETAPA I: RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En el primer paso se exploran datos relacionados con el tema de investigación. Se examinan libros, revistas, tesis y normas pertinentes que son necesarias para llevar a cabo el estudio.

ETAPA II: ORIGEN DE LOS MATERIALES

Actualmente, el proyecto se encuentra en la fase de recolección de muestras de materiales para la fabricación de hormigón, es decir, utilizando polvo de hormigón reciclado.

Cantera de Isla: Desde un sitio ubicado a 7,5KM Juliaca, los agregados se extraen mediante una combinación de mano de obra humana y maquinaria pesada. Se tarda entre 25 y 30 minutos en llegar a este punto en el lado oeste. Hay una variedad de vegetación en la región, incluyendo pasto y paja que el ganado puede comer.

Aditivo Microsílice: Las partículas rígidas de dióxido de silicio reactivo forman el SikaFume®. La adición de esta sustancia al hormigón recién mezclado mejora su cohesión interna y su capacidad para retener agua. Tanto la bombeabilidad como las propiedades reológicas mejoran considerablemente. La cal (CaOH_2) y el humo de sílice forman un enlace químico en el hormigón endurecido. La matriz cementicia final se vuelve mucho más densa a medida que se desarrollan progresivamente los productos de hidratación.

Aditivo Nanosílice: Sika® ViscoCrete®-40 HSCL es un aditivo líquido que combina nanosílice modificada con un hiperplastificante de última generación, creando

un efecto sinérgico que otorga al hormigón un alto desempeño en resistencia e impermeabilidad.

ETAPA III: CARACTERÍSTICAS DE AGREGADOS

Humedad

$$\%w = \frac{W_w}{W_g} * 100$$

Figura 3

Ensayo de humedad del agregado.



Módulo de fineza

$$mc = rf * mf + rg * mg$$

Masa específico y absorción (AG)

$$\%Absorcion = \frac{A}{(B - C)} * 100$$

Figura 4*Ensayo de Picnómetro.***Masa específica y absorción (AF)**

$$\%Aborcion = \frac{D - A}{A} * 100$$

Peso suelto

$$Peso Unitario = \frac{(\%Gx\%PUG) + (\%FxPUF)}{100}$$

Peso compactado

$$P.U.C. = \frac{P.Agregado}{Vol.Recipiente}$$

ETAPA IV: DISEÑO DE MEZCLAS**Paso 1: Recolección de Datos**

Determinar la resistencia a compresión requerida del concreto ($f'c$).

Obtener las propiedades de los materiales disponibles, incluyendo:

- Tipo y características del cemento.
- Tipo y atributos de los agregados finos y gruesos.
- Agua de mezclado disponible y su calidad.
- Aditivos que se puedan utilizar (si aplica).

Paso 2: Selección del Asentamiento

Elegir el asentamiento deseado (slump), basado en el tipo de estructura y las condiciones de trabajo. Se refiere a la trabajabilidad del concreto fresco.

Paso 3: Selección del TMN

Seleccionar el TMN del material grueso de acuerdo con el tipo de estructura y el espacio disponible entre refuerzos y dimensiones de la estructura.

Figura 5

Tamizado del material.





Paso 4: Estimación de Agua y Aire

Determinar el contenido H₂O Y AIRE (si se requiere concreto aireado), basándose en el asentamiento y el tamaño máximo del agregado.

Paso 5: Agua/Cemento

Seleccionar la relación agua/cemento (w/c) basada en la resistencia requerida y las condiciones de exposición del concreto.

Paso 6: Cálculo del Contenido de Cemento

Calcular el contenido de cemento en base a la relación A/C y la cant, de agua por metro cúbico de concreto.

Paso 7: Hallar el Volumen de Agregado Grueso

Determinar la cantidad de AG usando tablas proporcionadas por el ACI que relacionan el TM del agregado y la cantidad de AF presente en la mezcla.

Paso 8: Determinación del Volumen de Agregado Fino

Determinar la cantidad de agregado fino usando el método volumétrico:

- Calcular los volúmenes de agua, cemento y agregado grueso.
- Restar estos volúmenes del volumen total del concreto (1 m³) para obtener el volumen de los agregados finos.

Paso 9: Ajustes de la Mezcla

Ajustar las proporciones para tener en cuenta las condiciones específicas de los materiales disponibles y las características del proyecto.

Realizar ajustes adicionales si se usan aditivos, considerando sus efectos sobre la trabajabilidad, tiempo de fraguado, y resistencia.

Paso 10: Verificación y Pruebas de la Mezcla

Preparar una prueba de la mezcla en laboratorio y realizar pruebas de asentamiento, aire contenido, y esfuerzo a compresión.

ETAPA V: ESFUERZO A COMPRESIÓN

Calcular la resistencia a la compresión utilizando la siguiente fórmula:

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

donde:

- f'_c es fuerza a compresión (MPa),
- P es la carga máxima aplicada (N),
- A es el área de la sección transversal del espécimen (mm²)

Figura 6

Rotura de testigo.



3.7 Procesamiento de datos

El procesamiento y evaluación de los datos incluirá el uso de diversas herramientas, como cálculos, tablas y gráficos. Mediante el uso de procedimientos confiables que faciliten la recopilación sistemática de datos, realizaremos experimentos para obtener los resultados deseados.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Ensayos de granulometría:

Tabla 4

Tamizado del AG

MALLA	PESO RET.	% PAR.	% ACUM.	% PAS.	ESPECIF.
3"					
2 1/2"				100.00	
2"				100.00	
1 1/2"				100.00	
1"	62.00	1.77	1.77	98.23	100 %
3/4"	452.00	12.91	14.69	85.31	90 - 100 %
1/2"	1116.00	31.89	46.57	53.43	
3/8"	568.00	16.23	62.80	37.20	20 - 55 %
1/4"					
N 4	1302.00	37.20	100.00	0.00	0 - 10 %
BASE		0.00	0.00	100.0	0.0
TOTAL		3500.00	100.00		
% PÉRDIDA		0.00			

Figura 7

Curva del AG

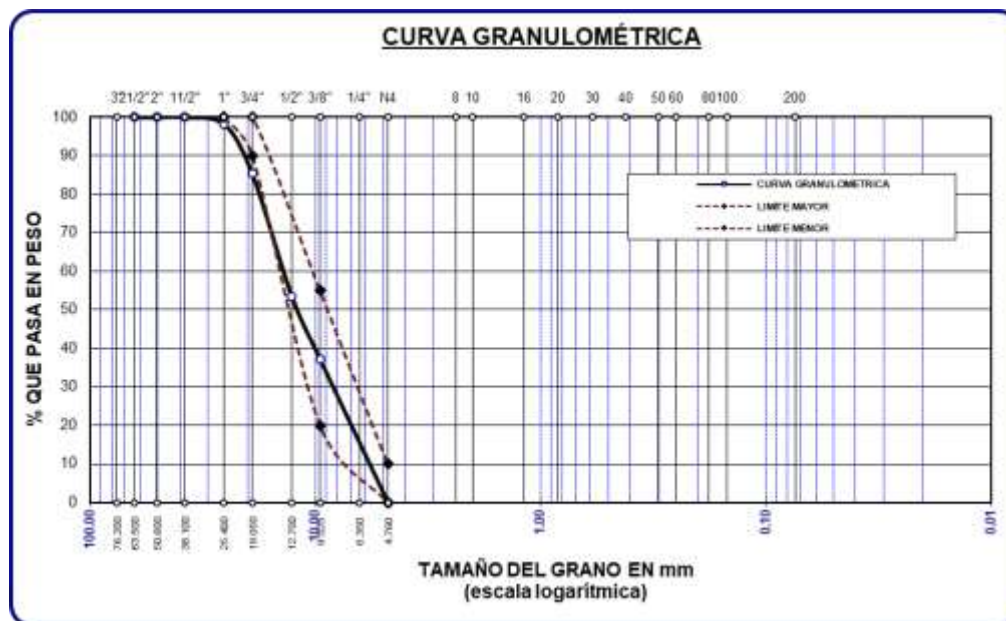
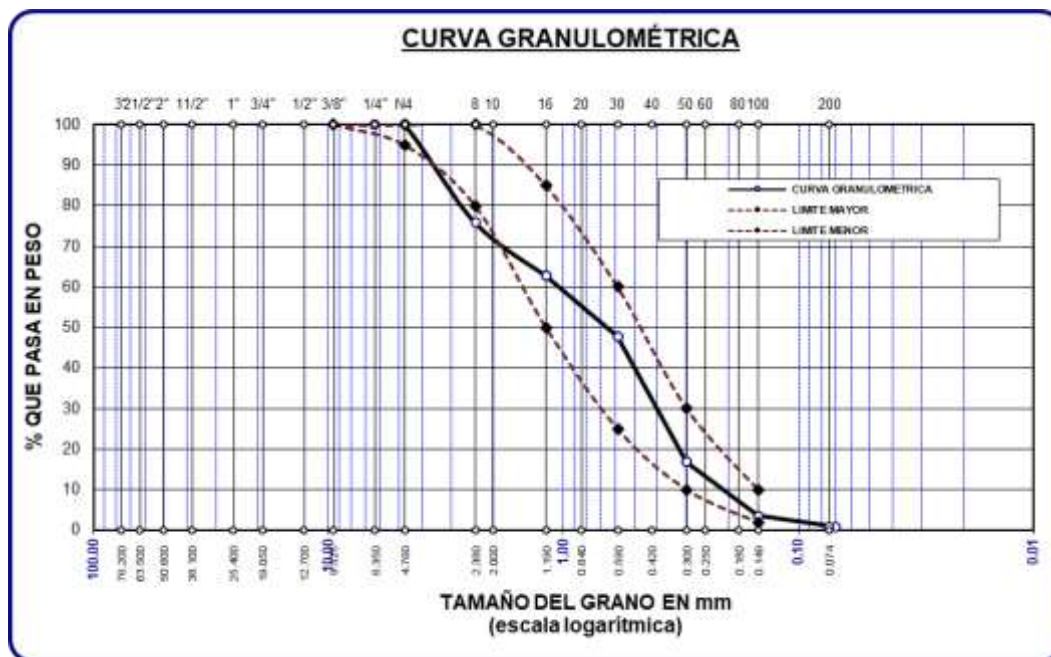


Figura 8

Curva del AF



Módulo de fineza

$$MF = 2.93$$

HUMEDAD:

Tabla 6

% humedad

Descripción	Agreg. Fino	Agreg. Grueso
Masa húmeda con recipiente	306.62	442.48
Masa seca con recipiente	292.87	428.12
Masa del recipiente	51.25	59.84
Masa húmeda	255.37	382.64
Masa seca	241.62	368.28
Masa del líquido	13.75	14.36
Contenido de agua	5.69	3.90

La tabla 5 presenta los datos de masa húmeda y seca de agregados finos y gruesos, incluyendo el contenido de agua. Los valores muestran que el agregado fino tiene un contenido de agua de 5.69, mientras que el agregado grueso tiene 3.90. Esto permite evaluar la cantidad de humedad en cada tipo de agregado.



Material AF

- Peso específico (Pe): 2.58 g/cm³
- Absorción (Abs): 2.67%

Material AG

- Peso específico (Pe): 2.53 g/cm³
- Absorción (Abs): 1.79%

PESO SUELTO:

Tabla 7

Peso (suelto) AF

PESO (SUELTO)			
Peso del contenedor	5920	5920	5920
Volumen del contenedor	2128	2128	2128
Introducción de la muestra	Caída abierta	Caída abierta	Caída abierta
Peso del contenedor con muestra suelta	9290	9305	9285
Peso de la muestra sin compactar	3370	3385	3365
Menor densidad de la muestra seca	1.584	1.591	1.581
Promedio		1.585 gr/cm ³	

Es posible observar la densidad aparente suelta del material fino, el cual se determinó trabajando con tres muestras, cuyo promedio fue de 1,585 gramos por centímetro cúbico.

Tabla 8

Peso (suelto) AG

PESO (SUELTO)			
Peso del contenedor	7105	7105	7105
Volumen del contenedor	3241	3241	3241
Introducción de la muestra	Caída abierta	Caída abierta	Caída abierta
Peso del contenedor con muestra suelta	11815	11835	11845
Peso de la muestra sin compactar	4710	4730	4740
Menor densidad de la muestra seca	1.453	1.459	1.463
Promedio		1.458 gr/cm ³	

Se exhibe la densidad aparente suelta del material grueso, donde trabajaron con tres muestras donde se sacó el promedio de 1.458 gr/cm³.



PESO COMPACTADO

Tabla 9

Peso (Compactado) AF

PESO (VARILLADO)			
Masa del recipiente	5920	5920	5920
Capacidad del recipiente	2128	2128	2128
Número de estratos	3	3	3
Número de compactaciones por estrato	25	25	25
Masa del recipiente con muestra compactada	9485	9495	9485
Masa de la muestra compactada	3565	3575	3565
Densidad máxima de la muestra desecada	1.675	1.680	1.675
Valor medio	1.677 gr/cm ³		

Se exhibe la densidad aparente compactada del material fino, donde trabajaron con tres muestras donde se sacó el promedio de 1.677 gr/cm³.

Tabla 10

Peso (Compactado) AG

PESO (VARILLADO)			
Masa del recipiente	7105	7105	7105
Capacidad del recipiente	3241	3241	3241
Número de estratos	3	3	3
Cantidad de compactaciones por capa	25	25	25
Masa del recipiente con muestra compactada	12225	12180	12220
Masa de la muestra compactada	5120	5075	5115
Densidad pico de la muestra deshidratada	1.580	1.566	1.578
Valor medio	1.575 gr/cm ³		

Se aprecia la densidad aparente compactada del material grueso, donde trabajaron con tres muestras donde se sacó el promedio de 1.575 gr/cm³.

4.1.1 Elaboración del concreto convencional $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$.

Tabla 11

Propiedades del material

Descrip.	Agreg. Grueso	Agreg. Fino
Peso Específico Saturado y Seco	2.53	2.58
Densidad Compactada	1575	1677
Densidad Suelta	1458	1585
Tasa de Absorción	1.79	2.67
Tasa de Humedad	3.90	5.69
Índice de Fineza	-	2.93

La tabla detalla las propiedades de los agregados gruesos y finos. Se enumeran el peso específico de sólidos (2.53 y 2.58, respectivamente), peso unitario varillado (1575 kg/m³ y 1677 kg/m³) y suelto (1458 kg/m³ y 1585 kg/m³), porcentaje de absorción (1.79% y 2.67%) y humedad natural (3.90% y 5.69%). Además, el agregado fino se caracteriza por un módulo de finura de 2,93. Estos atributos son esenciales para evaluar el calibre y la idoneidad de los materiales en la construcción.

PROPORCIONAMIENTO SEGÚN DISEÑO DE MEZCLAS

Tabla 12

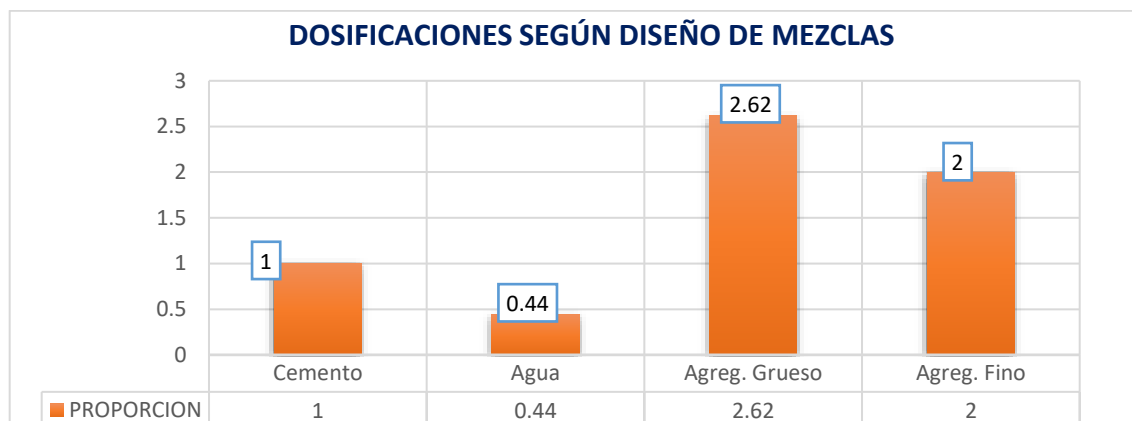
Proporcionamiento según diseño de mezclas

ELEMT.	PESO s.	VOL.	HÚMEDO	VOLUMEN HÚMEDO
Cemento	373	1.00	373	1.00
Agua	205	0.55	164	0.44
Agreg. Grueso	938	2.52	975	2.62
Agreg. Fino	704	1.89	744	2.00
Aire	2.0 %		2.0 %	

La tabla muestra las proporciones de una mezcla de concreto, indicando el peso seco, volumen, peso húmedo y volumen húmedo de cada componente. Los valores para el cemento son 373 (peso seco y húmedo) y 1.00 (volumen). El agua tiene un peso seco de 205 y un peso húmedo de 164, con volúmenes de 0.55 y 0.44. El agregado grueso y fino tienen pesos secos de 938 y 704, y volúmenes húmedos de 2.62 y 2.00. También se incluye un 2.0% de aire.

Figura 9

Dosificaciones según diseño ACI 211



Ilustra las relaciones de los componentes en términos de volumen y peso húmedo, según la composición de las mezclas utilizadas en la producción de hormigón tradicional.

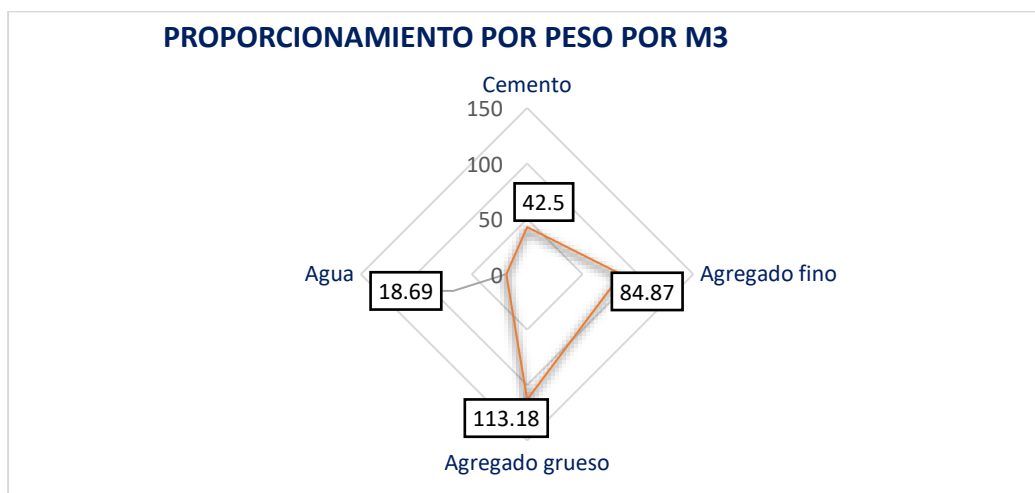
Tabla 13

Dosificación por m³

Proporcionamiento	
Cemento	42.50 kg
Agregado fino	84.87 kg
Agregado grueso	113.18 kg
Agua	18.69 kg

Figura 10

Proporción diseño de mezclas



Se muestra las proporciones de los materiales en peso por m³, para creación de concreto según diseño se mezclas.

Tabla 14*Dosificación del aditivo nanosílice*

Materiales	(Patrón)	(0.3%)	(0.6%)	(0.9%)
Cemento (Kg)	373	373	373	373
Agua (Litros)	164	164	164	164
A. Grueso (Kg)	975	975	975	975
A. Fino (Kg)	744	744	744	744
Nanosílice (Kg)	0.00	1.12	2.24	3.36

Se evalúa la dosificación para preparar muestras de hormigón ordinario y hormigón con adición de Nanosílice utilizando proporciones variables para los experimentos relacionados.

Tabla 15*Dosificación del aditivo microsílice*

Materiales	(Patrón)	(1.0%)	(3.0%)	(5.0%)
Cemento (Kg)	373	373	373	373
Agua (Litros)	164	164	164	164
A. Grueso (Kg)	975	993	993	993
A. Fino (Kg)	744	731	731	731
Microsílice (Kg)	0.00	3.73	11.19	18.65

Es necesario conocer la dosis para preparar probetas de hormigón tipo y de hormigón con adición de Microsílice, en cantidades variables, para los ensayos correspondientes.

4.1.2 Consistencia del concreto convencional fresco con la adición de microsílíce y nanosílíce

A continuación, encontrará los resultados del examen de la consistencia del hormigón cuando aún estaba en su estado fresco.

Tabla 16

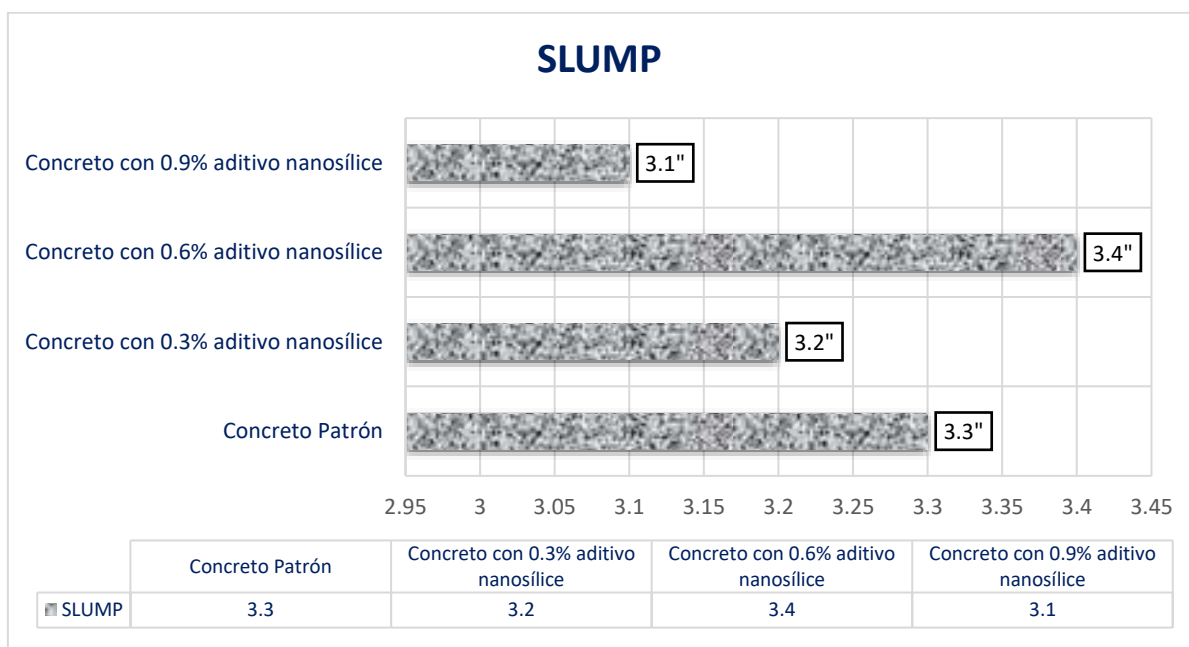
Consistencia del concreto con el empleo de aditivo nanosílíce.

TIPO	SLUMP	TRABAJABILIDAD
Concreto Patrón	3.3"	Trabajable
Concreto con 0.3% aditivo nanosílíce	3.2"	Trabajable
Concreto con 0.6% aditivo nanosílíce	3.4"	Trabajable
Concreto con 0.9% aditivo nanosílíce	3.1"	Trabajable

Se muestra el ensayo de consistencia del concreto + aditivo nanosílíce en proporciones variables, siendo este en su mayoría dando resultados como trabajable.

Figura 11

Comportamiento del asentamiento de concreto



En la figura se aprecia el comportamiento del asentamiento del concreto + aditivo nanosílíce en proporciones variables, dio como resultado en mayoría trabajable.

Tabla 17

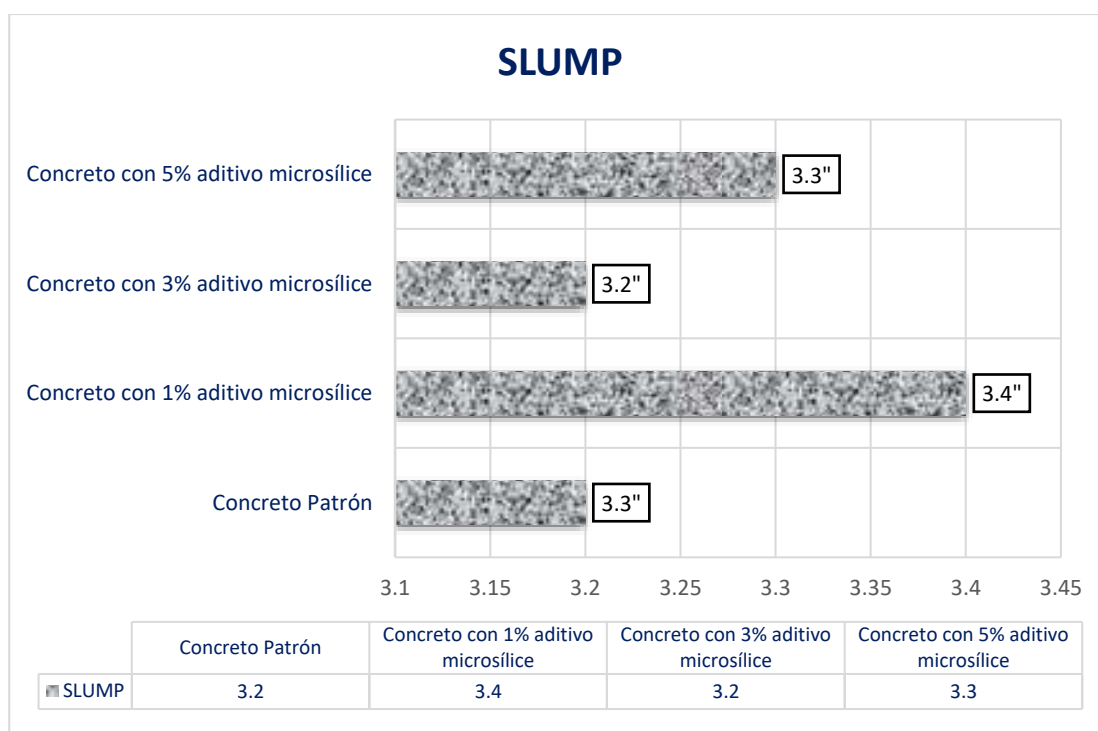
Consistencia del concreto con adición de aditivo microsílíce

TIPO	SLUMP	TRABAJABILIDAD
Concreto Patrón	3.3"	Trabajable
Concreto con 1% aditivo microsílíce	3.4"	Trabajable
Concreto con 3% aditivo microsílíce	3.2"	Trabajable
Concreto con 5% aditivo microsílíce	3.3"	Trabajable

La tabla se exhibe el asentamiento del concreto con el empleo de piedra pómez pulverizada, en proporciones variables.

Figura 12

Comportamiento asentamiento de concreto



La figura se exhibe la actuación de la fluidez del concreto fresco + aditivo microsílíce en proporciones variables, nos dio como resultado en su mayoría trabajable.

4.1.3 Influencia del microsílíce y nanosílíce sobre la resistencia a la compresión del concreto.

Prueba en 7 días

A. Resistencia del concreto, muestra estándar

Tabla 18

Esfuerzo del concreto estándar, obtenida en 7 días.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	29878	169.53		
Testigo 2	29875	169.51		
Testigo 3	29806	168.44	7	169.20 kg/cm ²
Testigo 4	29798	169.07		
Testigo 5	29865	169.45		

La tabla muestra los resultados del esfuerzo del concreto estándar en 7 días para cinco muestras de prueba. Todas las muestras tienen una edad de 7 días, y el promedio de rotura es de 169.20 kg/cm².

Prueba en 14 días

Tabla 19

Esfuerzo del concreto estándar, obtenida en 14 días.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ROTURA (Kg/cm ²)	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	33432	189.69		
Testigo 2	33421	189.63		
Testigo 3	33398	188.74	14	189.30 kg/cm ²
Testigo 4	33422	188.88		
Testigo 5	33412	189.58		

La Tabla muestra los resultados del esfuerzo del concreto estándar obtenido en 14 días para cinco probetas. Los valores de carga varían entre 33398 kg y 33432 kg, mientras que la resistencia a la rotura se encuentra entre 188.74 kg/cm² y 189.69 kg/cm². Todas las probetas tienen una edad de 14 días, y el promedio de resistencia es de 189.30 kg/cm².

Prueba en 28 días

Tabla 20

Esfuerzo del concreto estándar, obtenida en 28 días.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ROTURA (Kg/cm ²)	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	38508	217.62		
Testigo 2	38364	216.81		
Testigo 3	38602	219.03	28	218.20 kg/cm ²
Testigo 4	38715	219.67		
Testigo 5	38552	217.87		

La Tabla muestra el esfuerzo del concreto a 28 días para cinco muestras, con resistencias a la rotura entre 216.81 kg/cm² y 219.67 kg/cm². El promedio de resistencia es de 218.20 kg/cm².

B. Concreto + aditivo nanosílice al 0.3%.

Prueba a los 7 días

Tabla 21

Esfuerzo del concreto + 0.3% de nanosílice a 7 días.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	30556	172.68		
Testigo 2	30495	173.03		
Testigo 3	30562	173.41	7	173.50 kg/cm ²
Testigo 4	30601	173.63		
Testigo 5	30927	174.78		

La Tabla muestra el esfuerzo del concreto con 0.3% de nanosílice a 7 días para cinco muestras. Los valores de carga varían entre 30495 kg y 30927 kg, mientras que la resistencia a la rotura se encuentra entre 172.68 kg/cm² y 174.78 kg/cm². Todas las muestras tienen una edad de 7 días, y el promedio de resistencia es de 173.50 kg/cm².

Prueba en 14 días**Tabla 22***Resistencia del concreto + 0.3% de nanosílice a 14 días.*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	33284	188.10		
Testigo 2	33235	187.82		
Testigo 3	33251	188.67	14	188.30 kg/cm ²
Testigo 4	33256	188.69		
Testigo 5	33305	188.22		

La Tabla muestra la resistencia del concreto con 0.3% de nanosílice a 14 días para cinco muestras. Las cargas varían entre 33235 kg y 33305 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 187.82 kg/cm² y 188.69 kg/cm². El promedio de resistencia es de 188.30 kg/cm².

Prueba en 28 días**Tabla 23***Resistencia del concreto + 0.3% de nanosílice en 28 días.*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	38802	219.28		
Testigo 2	38798	220.14		
Testigo 3	38795	220.12	28	219.78 kg/cm ²
Testigo 4	38801	220.16		
Testigo 5	38789	219.21		

La Tabla muestra la resistencia del concreto con 0.3% de nanosílice a 28 días para cinco muestras. Las cargas varían entre 38789 kg y 38802 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 219.21 kg/cm² y 220.16 kg/cm². El promedio de resistencia es de 219.78 kg/cm².

C. Concreto con adición de aditivo nanosilíce al 0.6%.

Prueba en 7 días

Tabla 24

Esfuerzo en 7 días del concreto + nanosilíce al 0.6%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	31198	176.31		
Testigo 2	30985	175.81		
Testigo 3	31156	176.78	7	176.22 kg/cm ²
Testigo 4	30997	175.88		
Testigo 5	31201	176.33		

La Tabla muestra el esfuerzo del concreto con 0.6% de nanosilíce a 7 días para cinco muestras. Las cargas varían entre 30985 kg y 31201 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 175.81 kg/cm² y 176.78 kg/cm². El promedio de resistencia es de 176.22 kg/cm².

Prueba en 14 días

Tabla 25

Resistencia a 14 días del concreto con aditivo nanosilíce al 0.6%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	33621	190.76		
Testigo 2	33602	190.66		
Testigo 3	33598	189.87	14	190.18 kg/cm ²
Testigo 4	33587	190.57		
Testigo 5	33315	189.03		

La Tabla muestra la resistencia a 14 días del concreto con aditivo nanosilíce al 0.6% para cinco muestras. Las cargas varían entre 33315 kg y 33621 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 189.03 kg/cm² y 190.76 kg/cm². El promedio de resistencia es de 190.18 kg/cm².

Prueba a los 28 días**Tabla 26***Esfuerzo en 28 días del concreto + aditivo nanosílice al 0.6%.*

MUESTRA	CARGA	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	39283	222.00		
Testigo 2	39269	221.92		
Testigo 3	39118	221.95	28	221.98 kg/cm ²
Testigo 4	39201	222.43		
Testigo 5	39215	221.62		

La Tabla muestra el esfuerzo del concreto con aditivo nanosílice al 0.6% a 28 días para cinco muestras. Las cargas varían entre 39118 kg y 39283 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 221.62 kg/cm² y 222.43 kg/cm². El promedio de resistencia es de 221.98 kg/cm².

D. Concreto + aditivo nanosílice al 0.9%.

Prueba en 7 días**Tabla 27***Esfuerzo en 7 días del concreto + aditivo nanosílice al 0.9%.*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	32266	182.35		
Testigo 2	32280	183.16		
Testigo 3	32301	183.27	7	182.87 kg/cm ²
Testigo 4	32249	182.25		
Testigo 5	32306	183.30		

La Tabla muestra el esfuerzo a 7 días del concreto con aditivo nanosílice al 0.9% para cinco muestras. Las cargas varían entre 32249 kg y 32306 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 182.25 kg/cm² y 183.30 kg/cm². El promedio de resistencia es de 182.87 kg/cm².

Prueba en 14 días**Tabla 28***Resistencia a 14 días del concreto + aditivo nanosílice al 0.9%.*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	34213	194.12		
Testigo 2	34125	193.62		
Testigo 3	34098	192.70	14	193.55 kg/cm ²
Testigo 4	34190	193.22		
Testigo 5	34205	194.08		

La Tabla muestra la resistencia a 14 días del concreto con aditivo nanosílice al 0.9% para cinco muestras. Las cargas varían entre 34098 kg y 34213 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 192.70 kg/cm² y 194.12 kg/cm². El promedio de resistencia es de 193.55 kg/cm².

Prueba en 28 días**Tabla 29***Esfuerzo en 28 días del concreto + aditivo nanosílice al 0.9%.*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	40593	230.32		
Testigo 2	40535	229.99		
Testigo 3	40498	228.56	28	229.56 kg/cm ²
Testigo 4	40548	230.07		
Testigo 5	40499	228.87		

La Tabla muestra el esfuerzo a 28 días del concreto con aditivo nanosílice al 0.9% para cinco muestras. Las cargas varían entre 40498 kg y 40593 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 228.56 kg/cm² y 230.32 kg/cm². El promedio de resistencia es de 229.56 kg/cm².

E. Concreto + aditivo microsílíce al 1%.

Prueba en 7 días

Tabla 30

Esfuerzo en 7 días del concreto con aditivo microsílíce al 1%.

MUESTRA	CARGA	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	32898	185.92		
Testigo 2	32875	186.53		
Testigo 3	32836	186.31	7	186.18 kg/cm ²
Testigo 4	32857	186.43		
Testigo 5	32865	185.73		

La Tabla muestra el esfuerzo a 7 días del concreto con aditivo microsílíce al 1% para cinco muestras. Las cargas varían entre 32836 kg y 32898 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 185.73 kg/cm² y 186.53 kg/cm². El promedio de resistencia es de 186.18 kg/cm².

Prueba en 14 días

Tabla 31

Esfuerzo en 14 días del concreto + aditivo microsílíce al 1%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	34390	195.13		
Testigo 2	34401	195.19		
Testigo 3	34386	194.33	14	194.98 kg/cm ²
Testigo 4	34378	195.06		
Testigo 5	34405	195.21		

La Tabla muestra la resistencia a 14 días del concreto con aditivo microsílíce al 1% para cinco muestras. Las cargas varían entre 34373 kg y 34405 kg, mientras que las resistencias a la rotura están entre 194.33 kg/cm² y 195.21 kg/cm². El promedio de resistencia es de 194.98 kg/cm².

Prueba en 28 días**Tabla 32**

Esfuerzo en 28 días del concreto con aditivo microsílíce al 1%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	41406	234.00		
Testigo 2	41398	233.95		
Testigo 3	41356	234.65	28	234.22 kg/cm ²
Testigo 4	41368	234.72		
Testigo 5	41369	233.79		

La tabla muestra la resistencia a la compresión del concreto con un aditivo de microsílíce al 1% a los 28 días. Las muestras tienen cargas alrededor de 41369 Kg y esfuerzos de rotura entre 233.79 y 234.72 Kg/cm². El promedio de resistencia es de 234.22 Kg/cm², indicando una leve variación entre las muestras.

F. Resistencia del concreto + aditivo microsílíce al 3%.

Prueba en 7 días**Tabla 33**

Esfuerzo en 7 días del concreto + aditivo microsílíce al 3%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	31764	179.51		
Testigo 2	31798	180.42		
Testigo 3	31779	180.31	7	179.98 kg/cm ²
Testigo 4	31768	180.25		
Testigo 5	31750	179.43		

La tabla presenta la resistencia del concreto con aditivo de microsílíce al 3% a los 7 días. Las muestras tienen cargas entre 31750 y 31798 Kg y esfuerzos de rotura entre 179.43 y 180.42 Kg/cm². El promedio de resistencia es de 179.98 Kg/cm², mostrando una variación mínima entre las muestras.

Prueba en 14 días**Tabla 34**

Esfuerzo en 14 días del concreto con aditivo microsílíce al 3%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	33150	188.09		
Testigo 2	33109	187.86		
Testigo 3	33098	187.05	14	187.84 kg/cm ²
Testigo 4	33145	188.06		
Testigo 5	33162	188.16		

La tabla muestra la resistencia del concreto con aditivo de microsílíce al 3% a los 14 días. Las muestras tienen cargas entre 33098 y 33162 Kg y esfuerzos de rotura entre 187.05 y 188.16 Kg/cm². El promedio de resistencia es de 187.84 Kg/cm², indicando una consistencia en los resultados.

Prueba en 28 días**Tabla 35**

Esfuerzo en 28 días del concreto + aditivo microsílíce al 3%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	39633	223.98		
Testigo 2	39645	224.05		
Testigo 3	39651	224.98	28	224.39 kg/cm ²
Testigo 4	39641	224.92		
Testigo 5	39639	224.01		

La tabla presenta la resistencia del concreto con aditivo de microsílíce al 3% a los 28 días. Las muestras tienen cargas entre 39633 y 39651 Kg y esfuerzos de rotura entre 223.98 y 224.98 Kg/cm². El promedio de resistencia es de 224.39 Kg/cm², mostrando una alta consistencia en los resultados obtenidos.

G. Concreto + aditivo microsílíce al 5%.

Prueba en 7 días

Tabla 36

Esfuerzo en 7 días del concreto con aditivo microsílíce al 5%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	30542	172.60		
Testigo 2	30498	173.04		
Testigo 3	30536	173.26	7	172.90 kg/cm ²
Testigo 4	30533	173.24		
Testigo 5	30499	172.36		

La tabla presenta la resistencia del concreto con aditivo de microsílíce al 5% a los 7 días. Las muestras tienen cargas entre 30498 y 30542 Kg y esfuerzos de rotura entre 172.36 y 173.26 Kg/cm². El promedio de resistencia es de 172.90 Kg/cm², mostrando una alta consistencia en los resultados obtenidos.

Prueba en 14 días

Tabla 37

Esfuerzo en 14 días del concreto + aditivo microsílíce al 5%.

MUESTRA	CARGA (Kg)	ESF. ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	32016	181.66		
Testigo 2	32022	181.69		
Testigo 3	32012	180.91	14	181.49 kg/cm ²
Testigo 4	32005	181.60		
Testigo 5	32004	181.59		

La tabla presenta la resistencia del concreto con aditivo de microsílíce al 5% a los 14 días. Las muestras tienen cargas entre 32004 y 32022 Kg y esfuerzos de rotura entre 180.91 y 181.69 Kg/cm². El promedio de resistencia es de 181.49 Kg/cm², mostrando una alta consistencia en los resultados obtenidos.

Prueba en 28 días**Tabla 38***Esfuerzo en 28 días del concreto + aditivo microsílíce al 5%.*

MUESTRA	CARGA (Kg)	ROTURA	EDAD	PROMEDIO
Testigo 1	38861	219.62		
Testigo 2	38875	219.69		
Testigo 3	38854	220.46	28	220.00 kg/cm ²
Testigo 4	38884	220.63		
Testigo 5	38862	219.62		

La tabla presenta la resistencia del concreto con aditivo de microsílíce al 5% a los 28 días. Las muestras tienen cargas entre 38854 y 38884 Kg y esfuerzos de rotura entre 219.62 y 220.63 Kg/cm². El promedio de resistencia es de 220.00 Kg/cm², mostrando una alta consistencia en los resultados obtenidos.

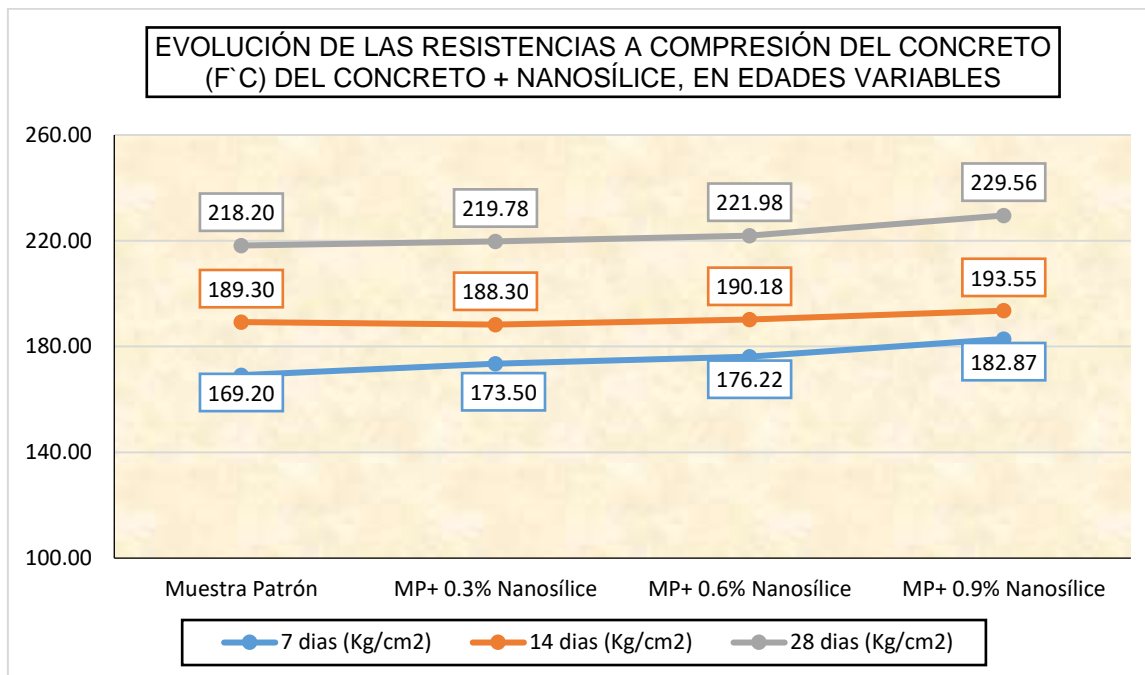
4.1.3.1 Cuadro resumen de resistencias a compresión del concreto.**Tabla 39***Resistencias del concreto con empleo de Nanosílíce en porcentajes variables.*

Descripción	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Muestra Patrón	169.20	189.30	218.20
MP+ 0.3% Nanosílíce	173.50	188.30	219.78
MP+ 0.6% Nanosílíce	176.22	190.18	221.98
MP+ 0.9% Nanosílíce	182.87	193.55	229.56

La resistencia a compresión del concreto convencional con diferentes porcentajes de nanosílíce (0.3%, 0.6% y 0.9%) a edades de 7, 14 y 28 días. Se observa un incremento progresivo en la resistencia conforme aumenta la cantidad de nanosílíce y el tiempo de curado. La mezcla con 0.9% de nanosílíce alcanza la mayor resistencia a los 28 días, superando la muestra patrón, lo que evidencia el efecto positivo de este aditivo en el desempeño mecánico del concreto.

Figura 13

Comparativa del comportamiento de las resistencias a compresión $f'c$, en edades diferentes.



Se aprecia que todas las mezclas incrementan su resistencia con la edad, destacando que la mezcla con 0.9% nanosílice presenta el mayor aumento y supera consistentemente a la muestra patrón. Esto confirma el efecto positivo de la nanosílice en la mejora progresiva del comportamiento mecánico del concreto a lo largo del tiempo.

Tabla 40

Resistencias del concreto con empleo de Microsílice en porcentajes variables.

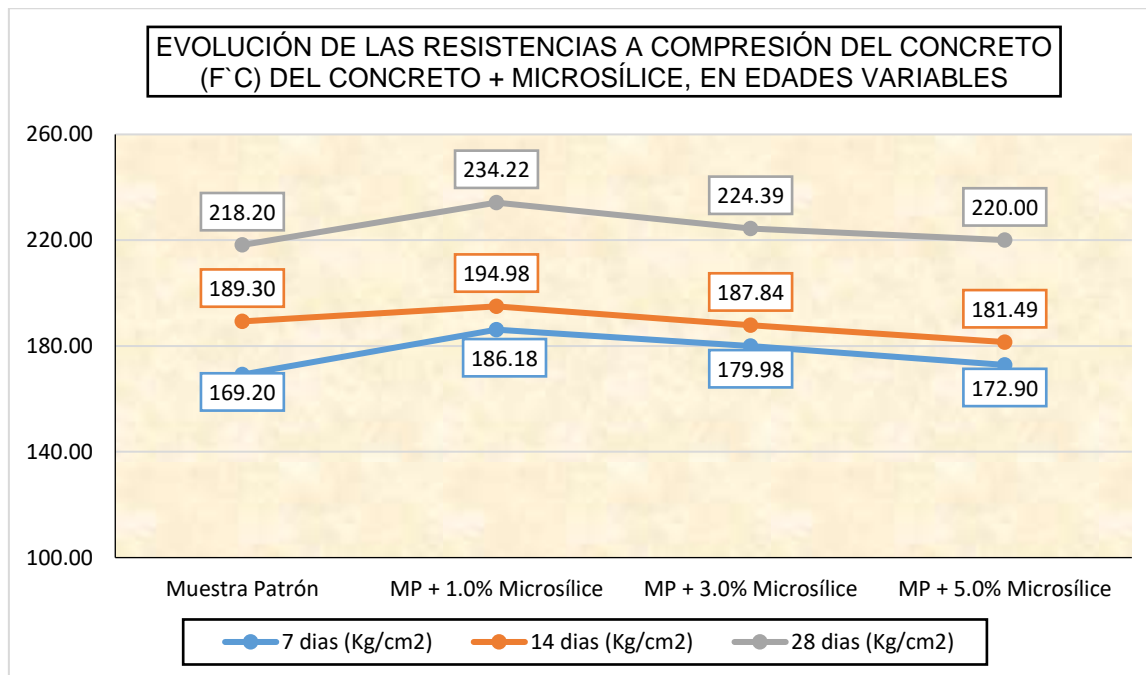
Descripción	7 días (kg/cm ²)	14 días (kg/cm ²)	28 días (kg/cm ²)
Muestra Patrón	169.20	189.30	218.20
MP + 1.0% Microsílice	186.18	194.98	234.22
MP + 3.0% Microsílice	179.98	187.84	224.39
MP + 5.0% Microsílice	172.90	181.49	220.00

La resistencia del concreto con diferentes porcentajes de microsílice (1.0%, 3.0% y 5.0%) a 7, 14 y 28 días. Se observa que la mezcla con 1.0% de microsílice presenta la mayor resistencia en todas las edades, superando a la muestra patrón. Incrementos mayores en

el porcentaje de microsílíce no mejoran la resistencia, lo que indica un porcentaje óptimo para este aditivo en la mezcla de concreto.

Figura 14

Comparativa del comportamiento de las resistencias a compresión $f'c$, en edades diferentes.



Se observa que la mezcla con 1.0% de microsílíce alcanza la mayor resistencia a todas las edades, superando a la muestra patrón. Porcentajes mayores de microsílíce muestran una disminución progresiva en la resistencia, evidenciando un efecto óptimo de dosificación para mejorar el rendimiento del concreto.

4.2 Discusión de resultados

Comportamiento del concreto con nanosílíce

La adición de nanosílíce en proporciones del 0.3%, 0.6% y 0.9% generó un incremento sostenido en la resistencia a la compresión conforme aumentó la edad del concreto y la concentración del aditivo. A los 28 días, la mezcla con 0.9% de nanosílíce alcanzó una resistencia promedio de 229.56 kg/cm², lo que representa un incremento del 5.18% respecto a la muestra patrón (218.20 kg/cm²).

Este comportamiento coincide con lo reportado por Almonte (2021), quien observó un aumento de hasta 29.51% en la resistencia a la compresión al utilizar 2% de nanosílice en concretos de alta resistencia ($f_c = 350 \text{ kg/cm}^2$). Aunque los incrementos de nuestro estudio son relativamente más bajos, esto se debe a que se utilizó una dosificación base menor de cemento y un concreto de resistencia estándar. No obstante, el patrón de mejora es coherente, destacando la eficiencia de la nanosílice como adición mineral activa.

Asimismo, se verificó que la trabajabilidad del concreto con nanosílice se mantuvo dentro de parámetros normales (slump promedio entre 3.1" y 3.4"), lo cual demuestra que la adición no afectó negativamente las condiciones de colocación y manejo del concreto fresco.

Comportamiento del concreto con microsíllice

En cuanto a la microsíllice, se trabajó con tres niveles de adición: 1.0%, 3.0% y 5.0%. A los 28 días, la mezcla con 1.0% de microsíllice logró una resistencia promedio de 234.22 kg/cm^2 , superando incluso al concreto con nanosílice. Esto representa un incremento del 7.34% en comparación con el concreto patrón. No obstante, a medida que se incrementó la cantidad del aditivo a 3.0% y 5.0%, la resistencia disminuyó a 224.39 kg/cm^2 y 220.00 kg/cm^2 , respectivamente, indicando que existe un punto óptimo de dosificación más eficiente en niveles bajos.

Estos resultados se relacionan directamente con los hallazgos de Mamani y Cajavilca (2022), quienes identificaron que el uso de microsíllice mejora tanto la resistencia a compresión como a la flexión, especialmente cuando se emplea en dosificaciones controladas. En su estudio, observaron un comportamiento similar, con mejoras hasta un 6%, y concluyeron que el porcentaje óptimo para resistencia a compresión se ubica alrededor del 6%, aunque en nuestro caso los mejores resultados se registraron con 1.0%, posiblemente por diferencias en el tipo de cemento, proporción agua/cemento o características locales de los agregados utilizados.



Por otro lado, Rojas (2022) también encontró que combinaciones de microsílíce y cal permitieron alcanzar valores de resistencia $f'c$ hasta un 121.07%, lo cual refuerza la conclusión de que la microsílíce actúa como un material puzolánico eficaz, reduciendo la porosidad y mejorando la densidad de la matriz del concreto, siempre que se manejen adecuadamente las proporciones de aditivos.

Comparación y sinergia entre ambos aditivos

Al contrastar ambos aditivos, se puede observar que tanto la nanosílíce como la microsílíce influyen positivamente en el desarrollo de resistencia del concreto. Sin embargo, sus efectos no son idénticos. Mientras que la nanosílíce mostró una respuesta progresiva con el aumento del porcentaje (siendo 0.9% el más eficiente), la microsílíce alcanzó su mayor desempeño con 1.0%, y luego disminuyó al sobrepasar este valor, lo cual evidencia una posible saturación en la reacción puzolánica o una sobrecarga de finos que afecta la compactación.

Esto se relaciona con los resultados de Gutiérrez y V. (2018), quienes determinaron que la nanosílíce y la microsílíce pueden aumentar la resistencia a compresión hasta en un 50%, pero que la eficacia depende del control del diseño de mezcla. En su estudio, el mejor resultado para microsílíce fue con 10%, y para nanosílíce con 1.5%. En nuestra investigación, si bien no se alcanzaron esos porcentajes, los resultados siguen la misma lógica: una dosificación controlada y balanceada maximiza los beneficios mecánicos del concreto.

Además, estudios como el de Gutiérrez también analizaron la relación costo-beneficio, destacando que el uso de nanosílíce en pequeñas cantidades puede reducir costos hasta en un 41.31%. Si bien este estudio no incluyó una evaluación económica, se recomienda considerar este aspecto en futuras investigaciones, ya que la resistencia mejorada puede reducir el volumen estructural o el uso de refuerzo en determinadas obras.

Conclusión



En resumen, los resultados experimentales obtenidos coinciden con los antecedentes científicos disponibles, validando la hipótesis de que el uso de adiciones minerales como nanosílice y microsílice mejora las propiedades mecánicas del concreto. La incorporación de 0.9% de nanosílice y 1.0% de microsílice son las dosificaciones óptimas dentro del rango evaluado, ya que permitieron obtener incrementos significativos de resistencia sin comprometer la trabajabilidad ni la consistencia del concreto.

Estos hallazgos representan un aporte técnico para el diseño de mezclas más eficientes, sostenibles y con mejores prestaciones, especialmente en regiones como Puno, donde las condiciones climáticas y de altitud requieren materiales de alto desempeño.



CONCLUSIONES

General, la adición de microsílíce y nanosílíce en la mezcla fresca del concreto convencional mantiene la consistencia plástica dentro del rango requerido de 3" – 4", además mejora la resistencia a la compresión, notándose que mientras mayor porcentaje de nanosílíce se adiciona la resistencia incrementa; sin embargo, mientras mayor es el porcentaje de incorporación de microsílíce, la resistencia tiende a reducir, viéndose que la adición de 0.9% de nanosílíce es el ideal.

Primera. las proporciones, de acuerdo con el diseño de mezclas para la elaboración de concreto con una resistencia de 210 kg/cm², son las siguientes en términos de volumen y peso húmedo: 1.00 para cemento, 0.44 para agua, 2.62 para agregado grueso y 2.00 para agregado fino.

Segunda, el efecto del aditivo nanosílíce y microsílíce en la consistencia del concreto es positiva, ya que mantiene la consistencia plástica de la mezcla fresca, siendo este trabajable estando en el rango de 3" a 4", notándose que los materiales incorporados no inciden significativamente en el asentamiento del concreto en su estado fresco.

Tercera, se evaluó la resistencia a la compresión del concreto estándar a los 28 días de fraguado. La muestra estándar alcanzó 218.20 kg/cm², mientras que los concretos con la adición de 0.3% de nanosílíce alcanzaron 219.78 kg/cm², los de 0.6% lograron 221.98 kg/cm² y los de 0.9% obtuvieron 229.56 kg/cm², siendo esta última adición la que mostró mayor resistencia y resultando la más óptima. Por otro lado, los concretos con 1% de microsílíce alcanzaron 234.22 kg/cm², los de 3% llegaron a 224.39 kg/cm² y los de 5% obtuvieron 220.00 kg/cm². El uso del 1% de microsílíce logró una resistencia muy alta, concluyendo que a mayor proporción de microsílíce, la resistencia tiende a disminuir ligeramente.



RECOMENDACIONES

General, se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar la durabilidad a largo plazo del concreto con microsílíce y nanosílíce en diversas condiciones ambientales y de carga. Además, sería útil investigar su aplicación en estructuras de alta resistencia y explorar el uso de estos aditivos en la construcción sostenible, evaluando su desempeño frente a factores como la corrosión y la penetración de agua.

Primera, utilizar agregados artificiales y realizar un diseño de mezclas para un concreto de alta resistencia para su uso en pavimentos rígidos, empleando aditivos y otros materiales reciclables que cumplan con las normativas para asegurar una resistencia excepcional y aportando al cuidado del medio ambiente.

Segunda, realizar un estudio sobre el comportamiento del aditivo nanosílíce y microsílíce en altas proporciones en un concreto diseñado para pavimentos, con el fin de observar cómo afecta este en el asentamiento del concreto en estado fresco.

Tercera, realizar investigaciones adicionales o experimentos sobre aditivos y diseñar concretos de alta resistencia para analizar cómo se relacionan con la proporción agua-cemento y otras propiedades de los agregados, esto permitirá evaluar con precisión el comportamiento de los materiales.

REFERENCIAS

- Alave Huanca, M. D., & Mendoza Ríos, J. P. (2019). *Influencia del Sillar como Sustituto del Agregado Grueso en la Mejora de las Propiedades del Concreto De $F'C= 175$ Kg/Cm² para Muros de Tabiquerías en Edificación en la Ciudad de Tacna*. Tacna: Universidad Privada de Tacna. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12969/1137>
- Alvansaz, M. F., Bombon, C., & Rosero, B. (2022). *Estudio de la Incorporación de Nano Sílice en Concreto de Alto Desempeño (HPC)*. Quito, ECUADOR: Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Central del Ecuador, Facultad De Ingeniería Y Ciencias Aplicadas, Quito Ecuador. doi:<https://doi.org/10.29166/ingenio.v5i1.3786>
- Arias, F. (2012). *El PROYECTO de INVESTIGACIÓN. Introducción a la metodología científica*. Caracas: Episteme.
- Aznar , Caceres & Romero. (2018). *Efecto de la metodología mobile learning en la enseñanza universitaria*.
- BORJA.S. (2012). *METODOLOGIA DE INVESTIGACION CIENTIFICA PARA INGENIERIA CIVIL*.
- Caggiano, A., Folino, P., Lima, C., Martinelli, E., & Pepe, M. (2017). On the mechanical response of Hybrid Fiber Reinforced Concrete with Recycled and Industrial Steel Fibers. *Construction and Building Materials*, 147, 286-295. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.160>
- Calderon Mamani, R. A., & Cajavilca Choquemamani, J. L. (2022). *Influencia de la adición de microsíllice en las propiedades físicas y mecánicas para mejorar el concreto, Juliaca – Puno*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110802>
- Cegara, S. J. (2019). *Los métodos de investigación*. España.



- Concha Marquez, Y. L., & Fernandez Huallpa, L. M. (2022). *Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del concreto con la adición de residuos de sillar – Arequipa, 2022*. Arequipa: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/104796>
- Frazão, C., Barros, J., Bogas, J. A., & García-Cortés, V. (2022). Technical and environmental potentialities of recycled steel fiber reinforced concrete for structural applications. *Journal of building Engineering*, 45. doi:<https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103579>
- Hernandez & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Mexico.
- Hernández Medina, J. A., Osorio Vagner, S. S., & Cogollo Díaz, C. A. (2015). *Caracterización de agregado fino tipo piedra pómez para su uso en concretos estructurales*. Bogota: Universidad La Gran Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11396/3530>
- Hernández, S., & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. 9(17).
- Huamán Casaperalta, E. F. (2022). *Resistencia mecánica de concreto modificado con sillar reciclado como parte del agregado grueso, Arequipa 2021*. Arequipa: Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/13053>
- Huatay Aliaga, E. Y. (2014). *Propiedades mecánicas del concreto elaborado con aditivo microsílíce*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/662>
- Jiménez Lara, R. S. (2022). *Efecto de la Incorporación de Nanosilice para un Concreto Antideslave $F'_{C}=280$ Kg/Cm² Aplicado a Cimentaciones Profundas con Alto Nivel Freático*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12848/4954>
- Loayza Puma, K. A. (2017). *Influencia del nanosilice en el concreto con agregado angular y agregado redondeado*. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2382>



- López Yépez, L. G. (2011). *Influencia del porcentaje de adición de la microsilice y del tipo de curado, en la penetración del ion cloruro en el concreto de alto desempeño*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Obtenido de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7507>
- LOPEZ, E. (2000). *NATURALEZA Y MATERIALES DEL CONCRETO*. LIMA: ANGEL GOMEZ.
- LOPEZ, E. (2005). *SUPERVICION DEL CONCRETO EN OBRA*. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCION Y GERENCIA.
- Mendoza Almonte, H. (2021). *Influencia del nanosílice por sustitución parcial al cemento en el diseño de mezcla de concreto de alta resistencia, en la ciudad de Puno 2017*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/15492>
- Merino Carrera, K. F. (2021). *Influencia del microsilice en un concreto de alta resistencia para bypass en Trujillo, 2021*. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/29592>
- Mite Ortiz, A. M. (2023). *Análisis de la mezcla de hormigón alivianado utilizando piedra pómez chasqui*. Guayaquil: ULVR. Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6049>
- Montalvo Zavaleta, C. H., & Solis Prado, R. L. (2023). *Fabricación de concreto normal empleando piedra pómez como sustituyente del cemento*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10998>
- Nicomedes. (2018). tipo de investigacion.
- Pachacutec Gutierrez, Y. P., & Vilca Salazar, N. G. (2018). *Estudio comparativo de la determinación de propiedades de resistencia en el concreto utilizando micro y nano sílice con agregados de la cantera Cutimbo – Puno*. Puno: Universidad



- Nacional del Altiplano Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/7092>
- Parada, G. E., & Pérez, J. L. (2015). *Estudio del comportamiento de concretos con adición de microsílíce*. Caracas VENEZUELA: Universidad Central de Venezuela. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10872/11039>
- Reyes Rondon, F. K. (2023). *Resistencia a la compresión, flexión y abrasión de un concreto f'c 210 kg/cm2 con adición de vidrio molido y piedra pómez en reemplazo parcial del agregado fino y grueso, Lima 2022*. Lima: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/35382>
- RIVERA, G. (2002). *CONCRETO SIMPLE*. LIMA: LIMA.
- Rodriguez Ticona, V. M. (2021). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto ligero para uso estructural, adicionando piedra pómez, Juliaca - Puno, 2021*. Juliaca: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/87108>
- Rosado Rojas, A. S. (2022). *Propiedades físicas y mecánicas de concreto hidráulico modificado con microsilice y cal en revestimiento de canales, Puno 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110924>
- Sanabria, B. A., Galeano, R. A., & Marín, F. M. (2019). Estudio exploratorio de arcilla expandida y piedra pómez como agregados en la producción de concretos ligeros. *Ingeniería y Desarrollo*, Ing. Desarro. vol.37 no.2 Barranquilla July/Dec. 2019. doi:<https://doi.org/10.14482/inde.37.2.1624>
- Torre1, A. V., Espinoza2, P. C., & Matias1, J. A. (2022). Uso de las redes neuronales artificiales en el estudio del coeficiente de permeabilidad de concretos adicionados con microsílíce, metacaolín y puzolana. *Scielo*, Vol.33. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000500081>
- TORRES, A. (2004). *Curso Basico de Tecnologia del Concreto Para Ingenieros Civiles*. LIMA: UNI.



Ventura Abad, E. M., & Quispe Sondor, Y. (2023). *Diseño de concreto incorporando residuos metálicos de obra para incrementar la resistencia de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ – Piura, 2023.* Piura: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/130507>



ANEXOS



TITULO DE TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General: ¿Cuáles son las propiedades de un concreto convencional con la adición de microsíllice y nanosíllice en el distrito de San Miguel?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar las propiedades de un concreto convencional con la adición de microsíllice y nanosíllice en el distrito de San Miguel.</p>	<p>Hipótesis General: Las propiedades de un concreto convencional mejorarán con la adición de microsíllice y nanosíllice en el distrito de San Miguel.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Concreto convencional</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Microsíllice</i> • <i>Nanosíllice</i> <p>Variable Dependiente</p> <p><i>Propiedades del concreto</i></p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Asentamiento</i> • <i>Resistencia a compresión.</i> 	<p>Fichas y Herramientas de Laboratorio</p> <p>Equipos y herramienta de Laboratorio de Concretos.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Cuáles son las proporciones de los elementos para la elaboración de un concreto convencional $f'c=210\text{kg/cm}^2$, en el distrito de San Miguel?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de microsíllice y nanosíllice en la consistencia de la mezcla de concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la aplicación de microsíllice y nanosíllice en la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel?</p>	<p>Determinar las proporciones de los elementos para la elaboración de un concreto convencional $f'c=210\text{kg/cm}^2$, en el distrito de San Miguel.</p> <p>Determinar el efecto de la incorporación de microsíllice y nanosíllice en la consistencia de la mezcla de concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel.</p> <p>Determinar la influencia de la aplicación de microsíllice y nanosíllice en la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel.</p>	<p>Las proporciones para la elaboración del concreto convencional, estará con acuerdo a los lineamientos del método ACI 211.11.</p> <p>El efecto de la incorporación de microsíllice y nanosíllice incrementará ligeramente la consistencia de la mezcla de concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel.</p> <p>La influencia de la aplicación de microsíllice y nanosíllice incrementará la resistencia a la compresión del concreto convencional de $f'c=210\text{ kg/cm}^2$ en el distrito de San Miguel.</p>		

Anexo 2. Ensayos de laboratorio.

Fotografía 1. Pesaje de los materiales



Fotografía 2. Peso unitario Suelto



Fotografía 3. Peso unitario Compactado



Fotografía 4. Ensayo de Granulometría



Fotografía 5. Preparando los moldes



Fotografía 6. Curado del concreto



Fotografía 6. Resistencia a compresión





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI
CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
: ISLA - AGREGADO FINO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0,00	0,00	100,00	A	-Peso de muestra secada al horno = 487,00
N° 4	0,00	0,00	0,00	100,00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 500,00
N° 8	120,45	24,09	24,09	75,91	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1307,54
N° 16	65,74	13,15	37,24	62,76	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1613,52
N° 30	74,62	14,92	52,16	47,84	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	155,28	31,06	83,22	16,78	Wc+B =	1808 Wc+B-W = 194
N° 100	65,95	13,19	96,41	3,59	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2,58 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	13,65	2,73	99,14	0,86	ABSORCIÓN	
FONDO	4,31	0,86	100,00	0,00	B =	500,00 B-A = 13,00
SUMA	500,00	100,00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 2,67 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA					2,93	

AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0,00	0,00	100,00	A	-Peso de muestra secada al horno = 785,95
1 1/2"	0	0,00	0,00	100,00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 800,00
1"	62	1,77	1,77	98,23	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1307,54
3/4"	452	12,91	14,69	85,31	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1791,87
1/2"	1116	31,89	46,57	53,43	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	568	16,23	62,80	37,20	Wc+B =	2108 Wc+B-W = 316
N° 4	0	0,00	62,80	37,20	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2,53 \text{ gr/cm}^3$
N° 8	1302	37,20	100,00	0,00	ABSORCIÓN	
FONDO	0,00	0,00	100,00	0,00	B =	800,00 B-A = 14,05
SUMA	3500,00	100,00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 1,79 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICA - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



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

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI
CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
ISLA - AGREGADO FINO
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días entonces la resistencia promedio $F'cr = 294 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI TIPO IP

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: 3/4" (19,05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		2,58
P.e SSS	2,53	
P.e Bulk		1677
P.U. Varillado	1575	
P.U. Suelto	1458	1585
% de Absorción	1,79	2,67
% de Humedad Natural	3,90	5,69
Modulo de Fineza	-	2,93

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal 3/4" (19,05mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m³
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2,0 %
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0,55
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:
 $(205 \text{ Lt/m}^3) / (0,55) = 372 \text{ Kg/m}^3$



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



7. De acuerdo al módulo de finiza del agregado fino = 2,93 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1575 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19,05mm) se recomienda el uso de 0,596 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0,596) \cdot (1575) = 938 \text{ Kg/m}^3$$

8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0,205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (373) / (2,85 \cdot 1000) = 0,131 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (938) / (2,53 \cdot 1000) = 0,371 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2,0) / (100) = 0,020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0,727 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1,000 - 0,727) = 0,273 \text{ m}^3$$

$$(0,273) \cdot (2,58) \cdot 1000 = 704 \text{ Kg/m}^3$$

9. De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (938) \cdot (1,038992) = 975 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (704) \cdot (1,0569) = 744 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

10. El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$205 - 938 \cdot \left(\frac{3,90 - 1,79}{100} \right) - 704 \cdot \left(\frac{5,69 - 2,67}{100} \right) = 164$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	373	1,00	373	1,00
Agua	205	0,55	164	0,44
Agreg. Grueso	938	2,52	975	2,62
Agreg. Fino	704	1,89	744	2,00
Aire	2,0 %		2,0 %	

8,77 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento 42,50 Kg.
 Agregado fino húmedo 84,87 Kg.
 Agregado grueso húmedo 111,18 Kg.
 Agua efectiva 18,69 Kg.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

[Firma]
 Mgtr. Arnaldo Iana Torres
 CIP 103257

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA JURÍDICA TUMBURA



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1,0 Bolsa de Cemento:		Redondeo	
1,89 p3 de Arena		1,9	p3 de Arena
2,69 p3 de Piedra Chancada		2,7	p3 de Piedra Chancada
19 Lt. de Agua		19	Lt. de Agua

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACION POR TANDAS.

* Se debiera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD NACIONAL CAJAMARCA
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. DEFURATURA

Mgtr. Arnaldo Xana Torres
DIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

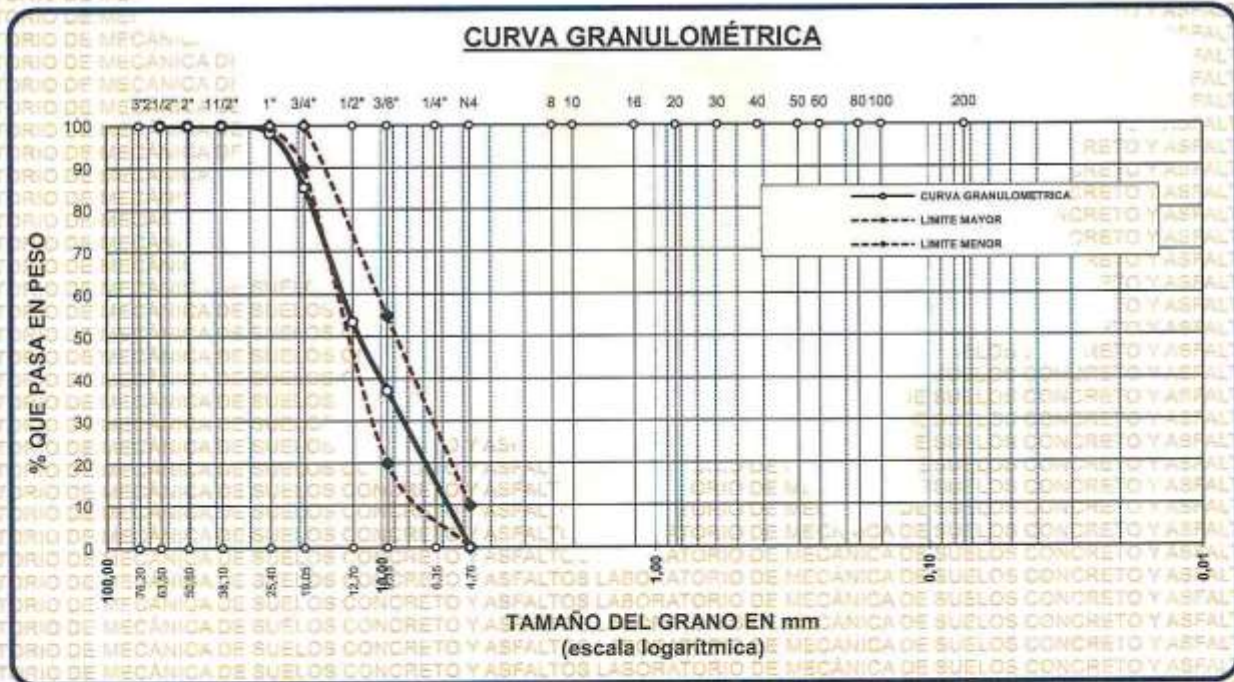


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI
CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76,200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4" OBSERVACIONES:
2 3/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	100 %	
2"	50,800	0,00	0,00	0,00	100,00	90 - 100 %	
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00		
1"	25,400	62,00	1,77	1,77	98,23		
3/4"	19,050	452,00	12,91	14,69	85,31		
1/2"	12,700	1116,00	31,89	46,57	53,43		
3/8"	9,525	565,00	16,23	62,80	37,20	20 - 55 %	
1/4"	6,350						
No4	4,760	1302,00	37,20	100,00	0,00	0 - 10 %	
BASE		0,00	0,00	100,0	0,0		
TOTAL		3500,00	100,00				
% PERDIDA		0,00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mgta. Arnoldo Yana Torres
103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

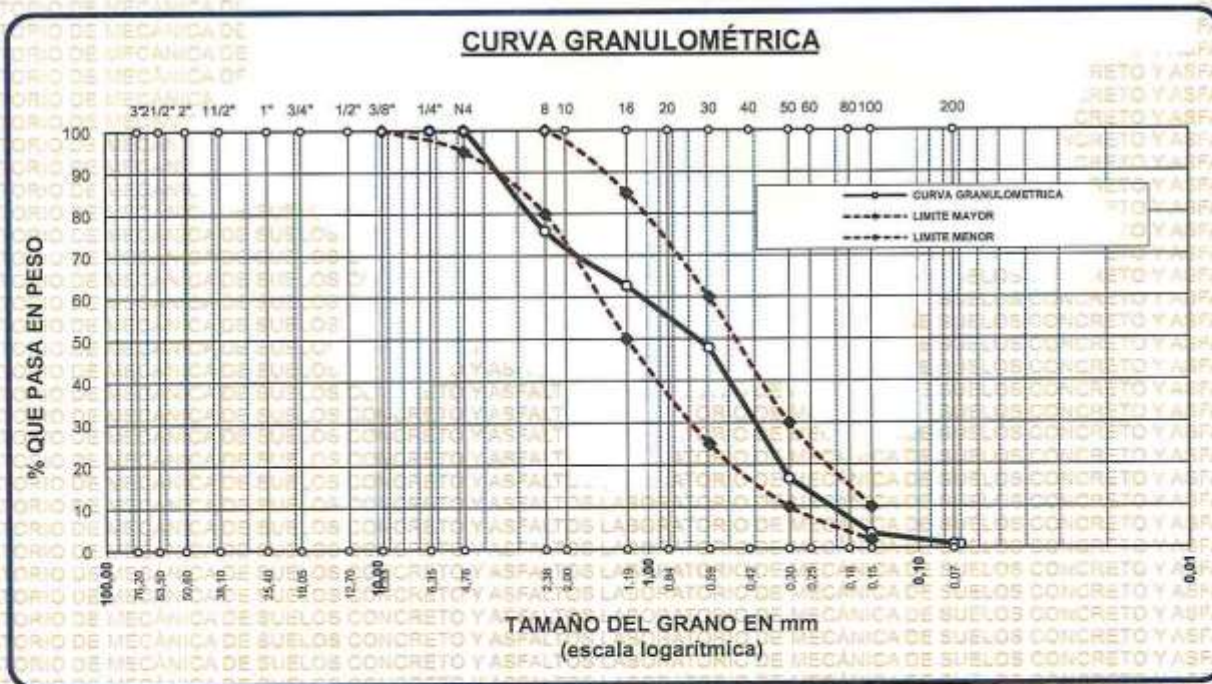


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI
CANTERA : ISLA - AGREGADO FINO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9,525	0,00	0,00	0,00	100,00	100%	Peso Inicial = 500 gr. Módulo de Fineza = 2,93 OBSERVACIONES:
1/4"	6,350	0,00	0,00	0,00	100,00	95 - 100 %	
No4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00	80 - 100 %	
No8	2,380	120,45	24,09	24,09	75,91		
No10	2,000					50 - 85 %	
No16	1,190	65,74	13,15	37,24	62,76		
No20	0,840					25 - 60 %	
No30	0,590	74,62	14,92	52,16	47,84		
No40	0,420					10 - 30 %	
No50	0,300	155,28	31,06	83,22	16,78		
No60	0,250					2-10%	
No80	0,180						
No100	0,149	65,95	13,19	96,41	3,59		
No200	0,074	13,65	2,73	99,14	0,86		
BASE		4,31	0,86	100	0,00		
TOTAL		500,00	100,00				
% PERDIDA		0,86					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CARR. INGENIERÍA CIVIL

M.S.C.A. JEFATURA
M.A. CALLEJÓN

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

BIF: B006-00314789



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
ISLA - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm ³	2128 cm ³	2128 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9290,00 gr	9305,00 gr	9285,00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3370,00 gr	3385,00 gr	3365,00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1,584 gr/cm ³	1,591 gr/cm ³	1,581 gr/cm ³
PROMEDIO	1,585 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm ³	2128 cm ³	2128 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9485,00 gr	9495,00 gr	9485,00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3565,00 gr	3575,00 gr	3565,00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1,675 gr/cm ³	1,680 gr/cm ³	1,675 gr/cm ³
PROMEDIO	1,677 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yano Torres
CIP: 103257





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL
SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI
CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
: ISLA - AGREGADO FINO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm ³	3241 cm ³	3241 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	11815,00 gr	11835,00 gr	11845,00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4710,00 gr	4730,00 gr	4740,00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1,453 gr/cm ³	1,459 gr/cm ³	1,463 gr/cm ³
PROMEDIO	1,458 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm ³	3241 cm ³	3241 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GÓLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12225,00 gr	12180,00 gr	12220,00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5120,00 gr	5075,00 gr	5115,00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1,580 gr/cm ³	1,566 gr/cm ³	1,578 gr/cm ³
PROMEDIO	1,575 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CARRILLO INGENIERÍA CIVIL
 Mg. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

CANTERA : ISLA - AGREGADO GRUESO
: ISLA - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO

N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	306,62
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	292,87
PESO DEL TARRO (gr.)	51,25
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	255,37
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	241,62
PESO DEL AGUA (gr.)	13,75
% HUMEDAD	5,69

MUESTRA : AGREGADO GRUESO

N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	442,48
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	428,12
PESO DEL TARRO (gr.)	59,84
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	382,64
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	368,28
PESO DEL AGUA (gr.)	14,36
% HUMEDAD	3,90

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Xana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : ABRIL DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION CONCRETO CONVENCIONAL

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	29878	14,98	176,24	169,53	210	23/04/2024	30/04/2024	7	80,73
2	BRIQUETA DE PRUEBA	29875	14,98	176,24	169,51	210	23/04/2024	30/04/2024	7	80,72
3	BRIQUETA DE PRUEBA	29806	15,01	176,95	168,44	210	23/04/2024	30/04/2024	7	80,21
4	BRIQUETA DE PRUEBA	29798	14,98	176,24	169,07	210	23/04/2024	30/04/2024	7	80,51
5	BRIQUETA DE PRUEBA	29655	14,98	176,24	169,45	210	23/04/2024	30/04/2024	7	80,69
Promedio De Esf. Rotura					169,20					80,57

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33432	14,98	176,24	189,69	210	23/04/2024	07/05/2024	14	90,33
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33421	14,98	176,24	189,63	210	23/04/2024	07/05/2024	14	90,30
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33398	15,01	176,95	188,74	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,88
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33422	15,01	176,95	188,88	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,94
5	BRIQUETA DE PRUEBA	33412	14,98	176,24	189,58	210	23/04/2024	07/05/2024	14	90,28
Promedio De Esf. Rotura					189,30					90,14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	38508	15,01	176,95	217,62	210	23/04/2024	21/05/2024	28	103,63
2	BRIQUETA DE PRUEBA	38364	15,01	176,95	216,81	210	23/04/2024	21/05/2024	28	103,24
3	BRIQUETA DE PRUEBA	38602	14,98	176,24	219,03	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,30
4	BRIQUETA DE PRUEBA	38715	14,98	176,24	219,67	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,60
5	BRIQUETA DE PRUEBA	38552	15,01	176,95	217,87	210	23/04/2024	21/05/2024	28	103,75
Promedio De Esf. Rotura					218,20					103,90

BSERVACIONE:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - OEP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A.
JEFATURA
Mgta. Arnelly Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL.

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : ABRIL DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON NANOSÍLICE AL 0.3%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	30556	15,01	176,95	172,68	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,23
2	BRIQUETA DE PRUEBA	30495	14,98	176,24	173,03	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,39
3	BRIQUETA DE PRUEBA	30562	14,98	176,24	173,41	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,58
4	BRIQUETA DE PRUEBA	30601	14,98	176,24	173,63	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,68
5	BRIQUETA DE PRUEBA	30927	15,01	176,95	174,78	210	23/04/2024	30/04/2024	7	83,23
Promedio De Esf. Rotura					173,50					82,62

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33284	15,01	176,95	188,10	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,57
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33235	15,01	176,95	187,82	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,44
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33251	14,98	176,24	188,67	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,84
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33256	14,98	176,24	188,69	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,85
5	BRIQUETA DE PRUEBA	33305	15,01	176,95	188,22	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,63
Promedio De Esf. Rotura					188,30					89,67

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	φ	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	38902	15,01	176,95	219,28	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,42
2	BRIQUETA DE PRUEBA	38798	14,98	176,24	220,14	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,83
3	BRIQUETA DE PRUEBA	38795	14,98	176,24	220,12	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,82
4	BRIQUETA DE PRUEBA	38801	14,98	176,24	220,16	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,84
5	BRIQUETA DE PRUEBA	38789	15,01	176,95	219,21	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,39
Promedio De Esf. Rotura					219,78					104,66

OBSERVACIONES
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP, INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL, CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : ABRIL DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON NANOSÍLICE AL 0.6%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	31198	15,01	176,95	176,31	210	23/04/2024	30/04/2024	7	83,96
2	BRIQUETA DE PRUEBA	30985	14,98	176,24	175,81	210	23/04/2024	30/04/2024	7	83,72
3	BRIQUETA DE PRUEBA	31156	14,98	176,24	176,76	210	23/04/2024	30/04/2024	7	84,18
4	BRIQUETA DE PRUEBA	30997	14,98	176,24	175,86	210	23/04/2024	30/04/2024	7	83,75
5	BRIQUETA DE PRUEBA	31201	15,01	176,95	176,33	210	23/04/2024	30/04/2024	7	83,87
Promedio De Esf. Rotura					176,22					83,91

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33621	14,98	176,24	190,76	210	23/04/2024	07/05/2024	14	90,84
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33602	14,98	176,24	190,66	210	23/04/2024	07/05/2024	14	90,79
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33596	15,01	176,95	189,87	210	23/04/2024	07/05/2024	14	90,42
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33587	14,98	176,24	190,57	210	23/04/2024	07/05/2024	14	90,75
5	BRIQUETA DE PRUEBA	33315	14,98	176,24	189,03	210	23/04/2024	07/05/2024	14	90,01
Promedio De Esf. Rotura					190,18					90,56

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	39283	15,01	176,95	222,00	210	23/04/2024	21/05/2024	28	105,71
2	BRIQUETA DE PRUEBA	39269	15,01	176,95	221,92	210	23/04/2024	21/05/2024	28	105,68
3	BRIQUETA DE PRUEBA	39118	14,98	176,24	221,95	210	23/04/2024	21/05/2024	28	105,69
4	BRIQUETA DE PRUEBA	39201	14,98	176,24	222,43	210	23/04/2024	21/05/2024	28	105,92
5	BRIQUETA DE PRUEBA	39215	15,01	176,95	221,82	210	23/04/2024	21/05/2024	28	105,53
Promedio De Esf. Rotura					221,98					105,71

OBSERVACIONE
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mtro. Alfredo Yano Torres
CIP 703257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSIÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL.

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : ABRIL DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON NANOSÍLICE AL 0.9%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	32288	15,01	176,95	182,35	210	23/04/2024	30/04/2024	7	86,83
2	BRIQUETA DE PRUEBA	32280	14,98	176,24	183,16	210	23/04/2024	30/04/2024	7	87,22
3	BRIQUETA DE PRUEBA	32301	14,98	176,24	183,27	210	23/04/2024	30/04/2024	7	87,27
4	BRIQUETA DE PRUEBA	32249	15,01	176,95	182,25	210	23/04/2024	30/04/2024	7	86,79
5	BRIQUETA DE PRUEBA	32306	14,98	176,24	183,30	210	23/04/2024	30/04/2024	7	87,29
Promedio De Esf. Rotura					182,87					87,08

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	34213	14,98	176,24	194,12	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,44
2	BRIQUETA DE PRUEBA	34125	14,98	176,24	193,62	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,20
3	BRIQUETA DE PRUEBA	34098	15,01	176,95	192,70	210	23/04/2024	07/05/2024	14	91,76
4	BRIQUETA DE PRUEBA	34190	15,01	176,95	193,22	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,01
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34206	14,98	176,24	194,08	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,42
Promedio De Esf. Rotura					193,55					92,17

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	40593	14,98	176,24	230,32	210	23/04/2024	21/05/2024	28	109,88
2	BRIQUETA DE PRUEBA	40635	14,98	176,24	229,99	210	23/04/2024	21/05/2024	28	109,52
3	BRIQUETA DE PRUEBA	40498	15,02	177,19	228,56	210	23/04/2024	21/05/2024	28	108,84
4	BRIQUETA DE PRUEBA	40548	14,98	176,24	230,07	210	23/04/2024	21/05/2024	28	109,58
5	BRIQUETA DE PRUEBA	40499	15,01	176,95	228,87	210	23/04/2024	21/05/2024	28	108,99
Promedio De Esf. Rotura					229,58					109,32

OBSERVACIONE!

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁZQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Augusto Yana Torres
CIP: 1111257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PÚBICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 330.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI
LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA : ABRIL DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON MICROSÍLICE AL 1%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	32898	15,01	176,95	185,92	210	23/04/2024	30/04/2024	7	88,53
2	BRIQUETA DE PRUEBA	32875	14,98	176,24	186,53	210	23/04/2024	30/04/2024	7	88,82
3	BRIQUETA DE PRUEBA	32836	14,98	176,24	186,31	210	23/04/2024	30/04/2024	7	88,72
4	BRIQUETA DE PRUEBA	32857	14,98	176,24	186,43	210	23/04/2024	30/04/2024	7	88,78
5	BRIQUETA DE PRUEBA	32865	15,01	176,95	185,73	210	23/04/2024	30/04/2024	7	88,44
Promedio De Est. Rotura					186,18					88,66

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	34390	14,98	176,24	195,13	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,92
2	BRIQUETA DE PRUEBA	34401	14,98	176,24	195,19	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,95
3	BRIQUETA DE PRUEBA	34388	15,01	176,95	194,33	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,54
4	BRIQUETA DE PRUEBA	34378	14,98	176,24	195,06	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,89
5	BRIQUETA DE PRUEBA	34405	14,98	176,24	195,21	210	23/04/2024	07/05/2024	14	92,96
Promedio De Est. Rotura					194,98					92,85

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'C	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	41406	15,01	176,95	234,00	210	23/04/2024	21/05/2024	28	111,43
2	BRIQUETA DE PRUEBA	41398	15,01	176,95	233,95	210	23/04/2024	21/05/2024	28	111,41
3	BRIQUETA DE PRUEBA	41356	14,98	176,24	234,65	210	23/04/2024	21/05/2024	28	111,74
4	BRIQUETA DE PRUEBA	41368	14,98	176,24	234,72	210	23/04/2024	21/05/2024	28	111,77
5	BRIQUETA DE PRUEBA	41369	15,01	176,95	233,79	210	23/04/2024	21/05/2024	28	111,33
Promedio De Est. Rotura					234,22					111,53

OBSERVACIONES
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. SEPATUNA

Mtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : ABRIL DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON MICROSÍLICE AL 3%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	31784	15,01	176,95	179,51	210	23/04/2024	30/04/2024	7	85,48
2	BRIQUETA DE PRUEBA	31798	14,98	176,24	180,42	210	23/04/2024	30/04/2024	7	85,91
3	BRIQUETA DE PRUEBA	31779	14,98	176,24	180,31	210	23/04/2024	30/04/2024	7	85,86
4	BRIQUETA DE PRUEBA	31768	14,98	176,24	180,25	210	23/04/2024	30/04/2024	7	85,83
5	BRIQUETA DE PRUEBA	31750	15,01	176,95	179,43	210	23/04/2024	30/04/2024	7	85,44
Promedio De Esf. Rotura					179,88					85,71

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	33150	14,98	176,24	188,09	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,57
2	BRIQUETA DE PRUEBA	33109	14,98	176,24	187,86	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,46
3	BRIQUETA DE PRUEBA	33098	15,01	176,95	187,05	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,07
4	BRIQUETA DE PRUEBA	33145	14,98	176,24	188,08	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,55
5	BRIQUETA DE PRUEBA	33182	14,98	176,24	188,16	210	23/04/2024	07/05/2024	14	89,60
Promedio De Esf. Rotura					187,84					89,45

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	39633	15,01	176,95	223,98	210	23/04/2024	21/05/2024	28	106,86
2	BRIQUETA DE PRUEBA	39645	15,01	176,95	224,05	210	23/04/2024	21/05/2024	28	106,89
3	BRIQUETA DE PRUEBA	39651	14,98	176,24	224,98	210	23/04/2024	21/05/2024	28	107,13
4	BRIQUETA DE PRUEBA	39641	14,98	176,24	224,92	210	23/04/2024	21/05/2024	28	107,11
5	BRIQUETA DE PRUEBA	39639	15,01	176,95	224,01	210	23/04/2024	21/05/2024	28	106,67
Promedio De Esf. Rotura					224,39					106,85

OBSERVACIONE
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 JULIACA
 M. Sc. *Arnaldo Yana Torres*
 CIP/103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION

NTP 339.034

TEMA : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSÍLICE Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : BACHILLER JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANIARI

LUGAR : LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA : ABRIL DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA DEL CONCRETO CON MICROSÍLICE AL 5%

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	30542	15,01	176,95	172,60	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,19
2	BRIQUETA DE PRUEBA	30498	14,98	176,24	173,04	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,40
3	BRIQUETA DE PRUEBA	30536	14,98	176,24	173,28	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,50
4	BRIQUETA DE PRUEBA	30533	14,98	176,24	173,24	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,50
5	BRIQUETA DE PRUEBA	30499	15,01	176,95	172,38	210	23/04/2024	30/04/2024	7	82,08
Promedio De Esf. Rotura					172,90					82,33

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	32016	14,98	176,24	181,66	210	23/04/2024	07/05/2024	14	86,50
2	BRIQUETA DE PRUEBA	32022	14,98	176,24	181,89	210	23/04/2024	07/05/2024	14	86,52
3	BRIQUETA DE PRUEBA	32012	15,01	176,95	180,91	210	23/04/2024	07/05/2024	14	86,15
4	BRIQUETA DE PRUEBA	32005	14,98	176,24	181,00	210	23/04/2024	07/05/2024	14	86,47
5	BRIQUETA DE PRUEBA	32004	14,98	176,24	181,59	210	23/04/2024	07/05/2024	14	86,47
Promedio De Esf. Rotura					181,49					86,42

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA	38861	15,01	176,95	219,62	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,56
2	BRIQUETA DE PRUEBA	38875	15,01	176,95	219,69	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,62
3	BRIQUETA DE PRUEBA	38854	14,98	176,24	220,48	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,98
4	BRIQUETA DE PRUEBA	38884	14,98	176,24	220,63	210	23/04/2024	21/05/2024	28	105,06
5	BRIQUETA DE PRUEBA	38862	15,01	176,95	219,62	210	23/04/2024	21/05/2024	28	104,58
Promedio De Esf. Rotura					220,00					104,76

OBSERVACIÓN:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Ing. *Yana Torres*
CIP 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 23-05-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JHON FRANKLIN CHUQUIMAMANI ARI

Dirección: Jr. SANTA LUCIA Mz. I Lt. 8B Urb. TAMBOPATA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 44062095

Teléfono: 971 151 776 email: jhonchuqari@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE UN CONCRETO

CONVENCIONAL CON LA ADICIÓN DE MICROSILICE

Y NANOSÍLICE EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Palabras claves, (3 a 5 términos): CONCRETO CONVENCIONAL, ADITIVO NANOSILICE, ADITIVO MICROSILICE, ASENTAMIENTO, RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES - P17


Firma de Autor



huella digital

23-05-2025

Fecha