



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO
DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO
DE SAN MIGUEL**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO
DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL
CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO
DE SAN MIGUEL**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

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

: 
Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



TESIS UANCV

UNIVERSIDAD ANDINA

“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”



VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN
“OFICINA DE INVESTIGACIÓN”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1053-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-8064 presentado por el (la) Bachiller: **GILMA TANIA QUISPE VENTURA** 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. **GILMA TANIA QUISPE VENTURA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL 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** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTICULO TERCERO. – APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **GILMA TANIA QUISPE VENTURA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 19 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - 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.

cc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



TESIS UANCV



UNIVERSIDAD ANDINA



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1741-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 16548 por el señor (a): **GILMA TANIA QUISPE VENTURA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1468 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 336- 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 señor (a): **GILMA TANIA QUISPE VENTURA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL 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 **Dr. 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° 336- 2024 **aprobandolo** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL 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 merito al Art. 27 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, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **GILMA TANIA QUISPE VENTURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL 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), **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTON QUISPE HUANCAP
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraim Paillo Bosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1138-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 13412, presentado el señor (a) **GILMA TANIA QUISPE VENTURA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO** - N° 1038-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 321-2024 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 señor (a): **GILMA TANIA QUISPE VENTURA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL 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 **Dr. 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° 321-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL 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 0989-2022-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 señor (a): **GILMA TANIA QUISPE VENTURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL 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 **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDR. MATHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo 2024
Interesado (a)



GILMA TANIA QUISPE VENTURA

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO ...

 TESIS DE PREGRADO

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:553770459

Fecha de entrega

6 feb 2026, 11:32 GMT-5

Fecha de descarga

10 feb 2026, 10:03 GMT-5

Nombre del archivo

T036_72353739_T.docx

Tamaño del archivo

32.3 MB

137 páginas

15.715 palabras

84.456 caracteres



16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

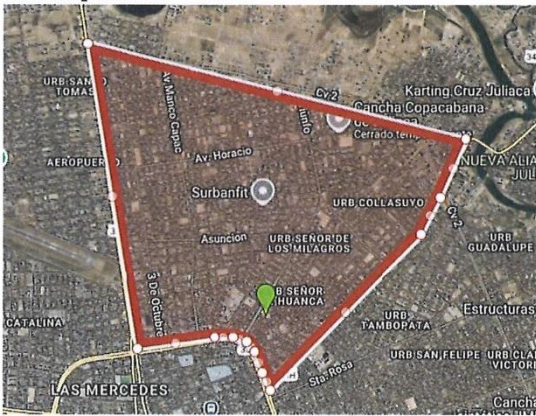
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la Tesis	
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	GILMA TANIA QUISPE VENTURA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72353739
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-5058-4530
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
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	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.4043684 Longitud: -70.1204903 URL Maps:  https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1IivfCMLwMUA07vjtRFCd_BIQ2eD2KgE&usp=sharing
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2024 – Setiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.htm - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00



UNIVERSIDAD ANDINA "MESTRAS VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Gilma Tania Quispe Vantura, identificado con DNI
Nro. 72353739, en mi condición de egresado de:

☒ Escuela Profesional

☐ Programa de Segunda Especialidad,

☐ Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Civil

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

“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL
EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL”

Asesorado por: Mgter. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 25 de OCTUBRE del 2024

Firma del Asesor

Firma del Estudiante

Huella





DEDICATORIA

Expreso mi agradecimiento a la institución académica y a los docentes que, mediante su orientación y conocimientos, contribuyeron al desarrollo de la presente investigación. Asimismo, agradezco a mi familia por el apoyo brindado durante mi formación profesional.



AGRADECIMIENTO

Dedico esta tesis a Dios, por permitirme culminar esta etapa profesional y guiar mi camino. A mis padres y hermana, por amor, sacrificio y apoyo incondicional, pilares fundamentales de este logro.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

1 LA PROBLEMÁTICA EN LA INVESTIGACIÓN

1.1 El problema.....	1
1.1.1 Análisis del problema.	1
1.2 Planteamiento de la problemática.....	5
1.2.1 Problema General.	5
1.2.2 Problemas específicos.	5
1.3 Objetivos de la Investigación.	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos.	6
1.4 Justificación de la Investigación.....	6
1.4.1 Teórica	6
1.4.2 Práctica	6
1.4.3 Social	7
1.4.4 Ambiental	7
1.4.5 Económica	7
1.5 Alcances y delimitaciones de la investigación	8
1.5.1 Alcances.....	8
1.5.2 Delimitaciones	8



1.6 Hipótesis.....	8
1.6.1 Hipótesis General.....	8
1.6.2 Hipótesis Específicas.....	9
1.7 Variables e Indicadores.....	9
1.7.1 Variable Independiente.....	9
1.7.2 Variable Dependiente.....	9
1.8 Operacionalización de Variables.....	10

CAPÍTULO II

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes investigativos.....	11
2.1.1 Internacionales.....	11
2.1.2 Nacionales.....	13
2.1.3 Locales.....	15
2.2 Bases Teóricas.....	17
2.2.1 Concreto.....	17
2.2.2 Materiales.....	21
2.2.3 Agregados.....	22
2.2.4 Humo de sílice.....	24
2.2.5 Cemento Portland.....	28
2.3 Marco Conceptual.....	31

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño.....	35
3.1.1 Enfoque.....	35
3.1.2 Tipo de diseño.....	36
3.1.3 Método.....	36
3.2 Nivel y tipo.....	37
3.2.1 Nivel de la Investigación.....	37
3.2.2 Tipo de la Investigación.....	37



3.3 Población y muestra	37
3.3.1 Población	37
3.3.2 Muestra	38
3.4 Técnicas e instrumentos	39
3.4.1 Técnicas de recolección de datos	39
3.4.2 Instrumentos de recolección de datos	40
3.5 Procedimientos	40
3.6 Tratamiento.....	47

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Características de los agregados	48
4.1.1 Características físicas del Humo de Sílice	48
4.2 Características de la cantera	49
4.2.1 Cantera unocolla	49
4.3 Resultados logrados	49
4.3.1 Análisis de los agregados finos y gruesos	49
4.3.2 Diseño de mezclas	62
4.3.3 Asentamiento del concreto	66
4.3.4 Análisis resumen de la resistencia $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ del concreto agregado con humo de sílice.....	68
4.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	70
4.4.1 Discusión de la $f'c$ del C° adicionado convencional	70
4.4.2 Comparación de los resultados con antecedentes de investigación	71
4.4.3 Determinación del porcentaje óptimo de humo de sílice	72
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	76
RREFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	80



INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización	10
Tabla 2	Composición de los cementos	29
Tabla 3	Proporción de especímenes	38
Tabla 4	Resumen de la caracterización del HS	48
Tabla 5	Características de Cantera unocolla.....	49
Tabla 6	Características de los agregados finos	50
Tabla 7	Prop. de los agreggds AG.....	51
Tabla 8	% de hum AF	53
Tabla 9	Proporción de humedad AG	55
Tabla 10	Peso específico y abs. AF	56
Tabla 11	Peso específico y abs. AG.....	57
Tabla 12	P. unit. suelto AF.....	59
Tabla 13	Peso unit compactado AF.....	59
Tabla 14	P. unit suelto AG	60
Tabla 15	P. unit compactado AG	60
Tabla 16	Abrasión los ángeles AG	61
Tabla 17	Resumen de asentamiento	67
Tabla 18	Resumen de las resistencias	68
Tabla 19	Comparativa con otros autores.....	72



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Tipos de concreto.....	18
Figura 2	Tipos de concreto.....	24
Figura 3	Humo de sílice SikaFume	25
Figura 4	Ubicación geográfica de Unocolla	42
Figura 5	Equipo de f'c	46
Figura 6	Ensayo de granulometría de los agregados.....	49
Figura 7	Características de los agregados finos	50
Figura 8	Prop. de los agreggds AG	52
Figura 9	Ensayo de % de hum con picnómetro.....	53
Figura 10	Proporción de humedad AF	54
Figura 11	Proporción de humedad AG	55
Figura 12	Ensayo de abs. de agregados con horno.....	56
Figura 13	Ensayo de peso suelto y compactado de los agregados	58
Figura 14	Elaboración de la mezcla con adición de 5 y 10 % de humo de sílice	66
Figura 15	Asentamiento del concreto.....	66
Figura 16	Resumen del asentamiento.....	67
Figura 17	Gráfica resumen de las resistencias	69



RESUMEN

La presente investigación buscó determinar la influencia de la incorporación de humo de sílice en el concreto ordinario utilizado en el distrito de San Miguel, provincia de San Román, región Puno. La investigación surge por la necesidad de mejorar el comportamiento mecánico del concreto utilizado en estructuras civiles, pero que sean capaces de mejorar sus propiedades resistentes con el uso de adiciones minerales. Desde una perspectiva cuantitativa, de carácter explicativo y aplicado, se llevó a cabo la indagación. La población consistió en concretos habituales de la zona y la muestra consistió en cilindros de concreto creados en laboratorio. La etapa experimental consistió en la creación de concretos con variados grados de humo de sílice como aditivo mineral, sometidos a ensayos de f'_c durante 7, 14 y 28 días. Los hallazgos revelaron que el humo de sílice elevó las características mecánicas del concreto común, incrementando su capacidad de compresión con el paso del tiempo, en contraste con el concreto sin humo de sílice. Además, se descubrió un nivel ideal de humo de sílice para potenciar las características mecánicas del concreto sin alterar su comportamiento. Se determinó que la incorporación de humo de sílice es una tecnología viable para optimizar las características mecánicas del concreto común en el distrito de San Miguel, permitiendo así la creación de proyectos constructivos más eficientes.

Palabras clave: humo de sílice, concreto convencional, f'_c , propiedades mecánicas.



ABSTRACT

This research sought to determine the influence of incorporating silica fume into ordinary concrete used in the district of San Miguel, province of San Román, Puno region. The research arose from the need to improve the mechanical behavior of concrete used in civil structures, but which are capable of improving their resistant properties with the use of mineral additives. The investigation was carried out from a quantitative, explanatory, and applied perspective. The population consisted of concrete commonly used in the area, and the sample consisted of concrete cylinders created in the laboratory. The experimental stage consisted of creating concrete with varying degrees of silica fume as a mineral additive, which was subjected to compressive strength tests for 7, 14, and 28 days. The findings revealed that silica fume increased the mechanical characteristics of common concrete, increasing its compressive strength over time, in contrast to concrete without silica fume. In addition, an ideal level of silica fume was discovered to enhance the mechanical characteristics of concrete without altering its behavior. It was determined that the incorporation of silica fume is a viable technology for optimizing the mechanical characteristics of common concrete in the district of San Miguel, thus allowing for the creation of more efficient construction projects.

Keywords: silica fume, conventional concrete, compressive strength, mechanical properties.



INTRODUCCIÓN

El concreto convencional reina en el universo, gracias a su capacidad de adaptación, abundancia de materiales y una eficacia estructural excepcional. Sin embargo, su rendimiento y longevidad están profundamente influenciados por la excelencia de sus componentes y el ingenioso diseño de mezcla empleado. En tiempos recientes, la arquitectura se ha dedicado a explorar adiciones minerales para potenciar las características del concreto y perfeccionar su rendimiento mecánico.

A escala global y nacional, diversas investigaciones han revelado que el uso de materiales puzolánicos, como el humo de sílice, potencia la tenacidad del concreto, fortalece su estructura cementicia y reduce su capacidad de porosidad. Sin embargo, su efectividad varía según la proporción empleada, la naturaleza del concreto y las particularidades del entorno en el que se aplica el material.

En el distrito de San Miguel, provincia de San Román, región Puno, el concreto convencional se emplea en edificaciones civiles, aunque necesita perfeccionar su resistencia mecánica frente al clima local. Aunque ya hay estudios previos sobre el humo de sílice, aún es necesario desentrañar cómo este influye en el concreto común bajo las circunstancias locales, lo que nos lleva a la realización de esta investigación.

En este contexto, la investigación intentó desentrañar cómo el humo de sílice moldea las características mecánicas del concreto convencional, ofreciendo datos técnicos para optimizar la creación de mezclas y fomentar soluciones constructivas más efectivas. La investigación se despliega en



capítulos que abarcan la base teórica, el enfoque metodológico, la exposición y debates de hallazgos, y las conclusiones y sugerencias.

El estudio se divide en cuatro secciones. El primer capítulo: El Enigma de la Indagación, donde se encuentra la formulación del enigma, la definición del problema, los objetivos, las hipótesis y la justificación.

El Capítulo II presenta el marco referencial, que comprende los antecedentes de investigación, las bases teóricas y el marco conceptual que sustentan el estudio.

El Capítulo III describe la metodología de la investigación, detallando el enfoque, tipo, nivel y diseño de la investigación, así como la población, muestra, técnicas e instrumentos utilizados.

El Capítulo IV expone el análisis de los resultados obtenidos, incluyendo su interpretación y discusión en función de los objetivos planteados.



CAPÍTULO I

1 LA PROBLEMÁTICA EN LA INVESTIGACIÓN

1.1 El problema.

1.1.1 *Análisis del problema.*

A nivel mundial, la industria del cemento y del concreto es una de las más contaminantes en términos de emisiones planetarias de CO₂. De acuerdo con estudios reconocidos, la producción de cemento genera entre el 7 % y el 8 % del CO₂ mundial, debido a las reacciones químicas para producir clínker y al uso intensivo de combustibles fósiles en los hornos industriales (GLOBE, 2022; Andrew, 2018).

Por su gran aporte al efecto invernadero, la ciencia y la tecnología mundial han trabajado en desarrollar concretos más sustentables, por medio de la adición de materiales complementarios cementicios (SCMs), siendo el humo de sílice uno de los más estudiados. Estudios actuales han demostrado que el uso de humo de sílice y otras adiciones minerales puede reducir las emisiones de gases

de efecto invernadero al disminuir el contenido de cemento en las mezclas sin afectar las propiedades mecánicas del concreto (Yaseen, 2024).

Adicionalmente, el diseño de mezclas sostenibles no sólo se basa en el comportamiento mecánico convencional ($f'c$), sino que busca optimizar variables ambientales y económicas (emisiones de CO_2 y costo total). Por ejemplo, investigaciones recientes proponen marcos de diseño para concretos de bajo carbono y bajo costo utilizando aditivos como humo de sílice y analizando su efecto en la resistencia, trabajabilidad y durabilidad (Wang et al., 2022).

Al mismo tiempo, la literatura científica ha demostrado que la utilización de SCMs como humo de sílice no solo reduce la huella de carbono, sino que también puede mejorar la microestructura del concreto, haciéndolo más resistente y menos permeable, lo cual es crucial para la durabilidad de las estructuras (Yaseen, 2024).

En el Perú, el sector construcción es un motor de desarrollo económico, pero también es una fuente de impacto ambiental por su alto consumo de cemento y áridos naturales. La creciente expansión de infraestructura urbana, vial y de vivienda ha aumentado significativamente la demanda de cemento convencional, y por ende las emisiones de CO_2 que implica su producción (Ministerio del Ambiente, 2016).

Estudios técnicos señalan que el sector cementero en el Perú, a través de la producción de clinker y el uso de combustibles fósiles, es un gran emisor nacional de gases de efecto invernadero. Según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, el sector industrial, incluyendo la producción de cemento, muestra un incremento en sus emisiones, lo que evidencia la necesidad de



implementar tecnologías más limpias y eficientes en el uso de materiales cementicios (MINAM, 2019).

Pero a la vez, el Perú tiene limitaciones en la gestión y aprovechamiento de los residuos industriales susceptibles de ser utilizados en la construcción. Materiales como el humo de sílice, ampliamente utilizados como aditivos minerales del hormigón en otros países, aún tienen un uso limitado en el ámbito nacional, a pesar de la evidencia científica que demuestra que mejoran su resistencia mecánica, durabilidad y eficiencia (Mehta y Monteiro, 2014). Esta situación genera una dependencia casi total del cemento Portland como único material cementante y aumentan los costos económicos y ambientales de las obras civiles.

Además, estudios de tipo académico en el ámbito nacional han demostrado que la incorporación de adiciones minerales al concreto permite optimizar el uso de cemento, mejorar sus propiedades mecánicas y reducir el impacto ambiental asociado a su producción, sin afectar la trabajabilidad y resistencia estructural requerida (Flores, 2021; Mendoza, 2021). Sin embargo, la aplicación de tales alternativas todavía no se ha integrado totalmente en la práctica constructiva nacional.

A escala local, el crecimiento urbano y demográfico ha provocado que se necesiten más construcciones y pavimentaciones, aumentando así el uso de concreto normal como principal material constructivo. Este crecimiento, que apoya el desarrollo económico local, ha aumentado el consumo de cemento Portland, incrementando indirectamente las emisiones de dióxido de carbono y



la presión sobre los recursos naturales existentes en la zona (Municipalidad Provincial de San Román, 2019).

Las particularidades climáticas del altiplano puneño —marcadas por temperaturas reducidas, oscilaciones térmicas significativas y la recurrencia de heladas— inciden de manera desfavorable en el desempeño mecánico y la vida útil del concreto convencional cuando este es elaborado sin un diseño de mezcla técnicamente optimizado. Diversas investigaciones advierten que dichas condiciones ambientales interfieren en el proceso de hidratación del cemento, limitando el desarrollo de resistencia en edades tempranas y pudiendo derivar en deficiencias estructurales si no se adoptan criterios técnicos adecuados durante la dosificación y ejecución del material (Flores, 2021).

En el caso específico de Juliaca, la práctica constructiva local evidencia una incorporación limitada de adiciones minerales, a pesar de la existencia de antecedentes académicos que demuestran las ventajas del empleo de materiales suplementarios —como el humo de sílice— para incrementar la $f'c$ y mejorar la durabilidad del concreto. Predomina, en gran parte de las edificaciones de carácter vernáculo, un enfoque empírico en el diseño de mezclas, orientado únicamente a cumplir valores mínimos de resistencia, sin explorar alternativas que permitan optimizar el comportamiento mecánico y el desempeño integral del material desde una perspectiva técnica y ambiental (Mendoza, 2021).

Asimismo, la ciudad presenta deficiencias en la gestión y valorización de residuos y subproductos industriales, los cuales no son aprovechados de manera sistemática. Esta situación limita la aplicación de principios de economía circular

en el sector de la construcción, desaprovechando recursos que podrían incorporarse como materiales suplementarios en el concreto, contribuyendo tanto a la mejora de sus propiedades como a la reducción del impacto ambiental asociado a la producción de cemento Portland (MINAM, 2019).

1.2 Planteamiento de la problemática.

1.2.1 Problema General.

¿De qué manera la adición de humo de sílice influye en las propiedades mecánicas del concreto convencional utilizado en el distrito de San Miguel?

1.2.2 Problemas específicos.

- ❖ ¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de humo de sílice en la f_c del concreto convencional a los 7, 14 y 28 días de curado en el distrito de San Miguel?
- ❖ ¿Qué diferencias se presentan en las propiedades mecánicas del concreto convencional al incorporar 0 %, 5 % y 10 % de humo de sílice como adición mineral en el distrito de San Miguel?
- ❖ ¿Cuál es el porcentaje de humo de sílice que permite mejorar las propiedades mecánicas del concreto convencional empleado en el distrito de San Miguel?

1.3 Objetivos de la Investigación.

1.3.1 Objetivo General

Analizar la influencia de la adición de humo de sílice en las propiedades mecánicas del concreto convencional utilizado en el distrito de San Miguel.

1.3.2 Objetivos Específicos.

- ❖ Evaluar la $f'c$ del concreto convencional con adición de 0 %, 5 % y 10 % de humo de sílice a los 7, 14 y 28 días de curado en el distrito de San Miguel.
- ❖ Comparar las propiedades mecánicas del concreto convencional patrón con las de las mezclas modificadas mediante la adición de humo de sílice en el distrito de San Miguel.
- ❖ Determinar el porcentaje de humo de sílice que permite mejorar las propiedades mecánicas del concreto convencional empleado en el distrito de San Miguel.

1.4 Justificación de la Investigación.

1.4.1 Teórica

La presente investigación se sustenta, desde el punto de vista teórico, en la ampliación del conocimiento relacionado con el comportamiento del concreto convencional modificado mediante la incorporación de adiciones minerales, particularmente humo de sílice. Los resultados obtenidos contribuirán a complementar y fortalecer los estudios existentes sobre el uso de materiales cementantes suplementarios y su incidencia en las propiedades mecánicas del concreto, consolidando el marco conceptual de los concretos modificados.

1.4.2 Práctica

Desde una perspectiva aplicada, el estudio adquiere relevancia debido a que los resultados podrán ser utilizados directamente en el diseño y producción de concretos empleados en las construcciones del distrito de San Miguel. La



incorporación de humo de sílice permitirá mejorar el desempeño mecánico del concreto convencional, favoreciendo su aplicación en edificaciones y otras estructuras locales.

1.4.3 Social

La justificación social de la investigación radica en que la mejora de las propiedades mecánicas del concreto contribuye a la ejecución de infraestructuras más seguras y duraderas, en beneficio de la población del distrito de San Miguel. Asimismo, la adopción de adiciones minerales fomenta prácticas constructivas más eficientes, lo cual puede reflejarse en una mayor calidad de vida a través de obras con mayor vida útil.

1.4.4 Ambiental

Desde el punto de vista ecológico, la justificación de la investigación se basa en que la adición de humo de sílice como material mineral permite reducir parcialmente el cemento Portland y, por lo tanto, las emisiones de carbono producidas por éste. Así se promueve el consumo de materiales más verdes y se estimula la construcción de menor impacto ambiental.

1.4.5 Económica

La base económica se basa en que al agregar humo de sílice como aditivo mineral se puede optimizar el consumo de cemento en el concreto ordinario, reduciendo así los costos de producción. Además, la optimización de las características mecánicas del hormigón puede disminuir los gastos asociados a la reparación y mantenimiento de estructuras, con beneficios económicos a mediano y largo plazo.



1.5 Alcances y delimitaciones de la investigación

1.5.1 Alcances

El estudio se enfoca en desentrañar cómo el humo de sílice altera las propiedades mecánicas del hormigón tradicional, especialmente su capacidad para resistir la compresión a lo largo de 7, 14 y 28 días. La investigación se realiza utilizando herramientas actuales y métodos experimentales adaptados al área de San Miguel.

1.5.2 Delimitaciones

- ❖ La investigación se realiza únicamente con concreto convencional y no considera otros tipos de concreto especiales.
- ⊗ El estudio se limita a porcentajes de adición de humo de sílice de 0 %, 5 % y 10 %.
- ❖ Las propiedades mecánicas evaluadas corresponden únicamente a la f'_c .
- ❖ El ámbito geográfico del estudio se circunscribe al distrito de San Miguel.

1.6 Hipótesis.

1.6.1 Hipótesis General.

La adición de humo de sílice influye significativamente en las propiedades mecánicas del concreto convencional utilizado en el distrito de San Miguel.

1.6.2 Hipótesis Específicas.

- ❖ La adición de diferentes porcentajes de humo de sílice influye significativamente en la $f'c$ del concreto convencional a los 7, 14 y 28 días de curado en el distrito de San Miguel.
- ❖ La incorporación de humo de sílice en porcentajes de 5 % y 10 % mejora las propiedades mecánicas del concreto convencional en comparación con el concreto patrón sin adición, en el distrito de San Miguel.
- ❖ Existe un porcentaje de humo de sílice que optimiza las propiedades mecánicas del concreto convencional utilizado en el distrito de San Miguel.

1.7 Variables e Indicadores.

1.7.1 Variable Independiente.

Adición de humo sílice

Indicadores:

adición de humo de sílice

1.7.2 Variable Dependiente

Propiedades mecánicas del concreto.

Indicadores:

- Resistencia mecánica (kg/cm²)

1.8 Operacionalización de Variables.

Tabla 1

Operacionalización

Variable	Def. conceptual	Def. operacional	Dimensión	Indicador	Técnica	Instrumento	Escala
VI: Adición de humo de sílice	Material puzolánico extremadamente fino que mejora la microestructura del concreto (Mehta y Monteiro, 2014).	Porcentaje de humo de sílice incorporado al concreto	Dosificación	% de humo de sílice	Observación experimental	Diseño de mezclas	Escala de razón
VD: Propiedades mecánicas del concreto	Características que describen el comportamiento del concreto frente a cargas (Neville, 2011).	Resistencia obtenida en ensayo	F'c	f'c (kg/cm ²) a 7, 14 y 28 días	Ensayo de laboratorio	Máquina de compresión	Escala de razón



CAPÍTULO II

2 MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes investigativos

2.1.1 Internacionales

En 1998, Aitcin llevó a cabo un experimento en Canadá para desentrañar cómo los concretos de alta resistencia se comportan al incorporar humo de sílice como aditivo cementante. El estudio pertenece al ámbito de la ingeniería de materiales y ha sido publicado en revistas técnicas dedicadas a la tecnología del hormigón. La meta primordial de la investigación consistió en desentrañar cómo el humo de sílice moldea la fortaleza del hormigón frente a la compresión y la densidad de su matriz cementante. La táctica adoptada consistió en elaborar concretos con variados grados de humo de sílice, sustituyendo parcialmente al cemento Portland, para evaluar sus características mecánicas en diversas fases de curado. Los hallazgos revelaron un incremento en la capacidad de compresión, posiblemente debido a la reacción puzolánica del humo de sílice y a la habilidad de sus diminutas partículas para llenar las grietas del concreto. El



escritor concluyó que el humo de sílice actúa como un titán formidable en la metamorfosis del concreto, siempre y cuando se emplee en proporciones exactas.

Mehta y Monteiro (2014) llevaron a cabo una investigación de carácter internacional que integró un estudio detallado de la microestructura y del comportamiento del concreto, convirtiéndose en un referente esencial dentro del ámbito de los materiales cementicios. En dicho trabajo se analiza la influencia de distintas adiciones minerales, entre ellas el humo de sílice, sobre el desempeño tanto del concreto convencional como del concreto de alta resistencia. El objetivo principal fue interpretar cómo estos materiales cementantes suplementarios, en particular el humo de sílice, inciden en las propiedades mecánicas del concreto, poniendo especial atención en su $f'c$ y en su durabilidad a largo plazo. La metodología adoptada se basó en una revisión comparativa de resultados experimentales reportados en diversos estudios, considerando variables relevantes como el contenido de humo de sílice, la relación agua-cemento y las condiciones de curado. Los resultados obtenidos demostraron que la incorporación de humo de sílice produce un incremento significativo de la resistencia mecánica del concreto, efecto asociado a la reducción del hidróxido de calcio y a la formación adicional de gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H). En función de estos resultados, los autores concluyen que el humo de sílice se posiciona como uno de los materiales cementantes suplementarios más eficientes para mejorar el desempeño mecánico del concreto.

Malhotra y Mehta (2005) emprendieron una odisea global para crear concretos superiores, incorporando aditivos como el humo de sílice, con el fin de

potenciar las características mecánicas y reducir el impacto ambiental del concreto tradicional. La meta primordial de la investigación consistió en desentrañar cómo el humo de sílice influye en la tenacidad y el desempeño mecánico del concreto al sustituir parcialmente al cemento Portland. El estudio se realizó de forma experimental, fusionando hormigón con diversas dosis de humo de sílice y luego evaluando su fortaleza mecánica en el laboratorio. Los hallazgos revelaron que el humo de sílice, a medida que avanza la edad, se vuelve más resistente a la compresión debido a su intensa reacción puzolánica. Los científicos descubrieron que el humo de sílice actúa como un poderoso aliado para potenciar las características mecánicas del hormigón tradicional, por lo que aconsejan su uso en dosis ideales. Este relato se entrelaza con esta investigación, pues agudiza la urgencia de explorar experimentalmente cómo el humo de sílice moldea el concreto.

2.1.2 Nacionales

Flores Huamán (2021) desarrolló una investigación en la ciudad de Cusco como parte de una tesis de pregrado, en la cual evaluó la influencia del humo de sílice en las propiedades mecánicas del concreto convencional utilizado en edificaciones. El estudio se enmarca en el ámbito de la ingeniería civil y aborda la mejora del desempeño del concreto mediante la incorporación de adiciones minerales. El objetivo central fue analizar el efecto del humo de sílice sobre la f_c del concreto convencional, considerando distintos porcentajes de adición y diferentes edades de curado. La investigación se condujo bajo un enfoque cuantitativo y de carácter experimental, mediante la elaboración de mezclas de concreto con sustitución parcial del cemento por humo de sílice en diversas



proporciones. Se realizaron ensayos mecánicos para determinar la f_c del concreto a los 7, 14 y 28 días. Los resultados evidenciaron que la incorporación controlada de humo de sílice produjo un incremento significativo en la resistencia mecánica del concreto en comparación con la mezcla patrón. En función de estos hallazgos, el autor concluyó que el empleo de humo de sílice, en dosificaciones adecuadas, mejora de manera sustancial las propiedades mecánicas del concreto convencional.

Mendoza Apaza (2021) realizó un estudio en Puno, que culminó en una tesis universitaria, enfocándose en el análisis del comportamiento mecánico del concreto tradicional enriquecido con minerales. El estudio se realizó considerando las peculiaridades climáticas y arquitectónicas de la zona meridional del Perú. La misión de la investigación fue desentrañar cómo el humo de sílice moldea las propiedades mecánicas del hormigón tradicional, poniendo especial atención en su capacidad para resistir la compresión. La investigación se ejecutó mediante un enfoque experimental, creando mezclas de concreto con diversos grados de humo de sílice como sustituto parcial del cemento Portland. Se realizaron análisis de briquetas cilíndricas en múltiples fases de maduración. Los descubrimientos revelaron que las mezclas de hormigón con humo de sílice mostraron una f_c superior a la del hormigón sin aditivos. El escritor concluyó que la mezcla de humo de sílice es una alternativa técnica viable para perfeccionar las propiedades mecánicas del hormigón tradicional.

Quispe Mamani (2019) emprendió un estudio en Juliaca, que culminó en una tesis de pregrado en una universidad peruana, con el propósito de analizar la incorporación de minerales en el concreto tradicional para mejorar su eficacia

mecánica. El estudio se despliega en el contexto de la edificación urbana en la zona meridional del país. El objetivo primordial fue desentrañar cómo el humo de sílice influye en la capacidad de compresión del hormigón tradicional, empleando variados grados de adición. La técnica empleada consistió en la creación de muestras de concreto con y sin humo de sílice, las cuales fueron sometidas a experimentos de $f'c$ a lo largo de distintas edades. Los descubrimientos revelaron que el hormigón moldeado con humo de sílice desplegó una capacidad mecánica superior a la del tradicional, especialmente en las etapas intermedias y avanzadas de su vida útil. El escritor concluyó que el humo de sílice mejora las propiedades mecánicas del hormigón tradicional, proponiendo su uso como un aditivo mineral.

2.1.3 Locales

Condori Apaza (2020) llevó a cabo un estudio en el distrito de San Miguel, ubicado en la provincia de San Román, región Puno, con el propósito de analizar el comportamiento físico del concreto convencional modificado mediante la incorporación de adiciones minerales. La investigación tomó en consideración las condiciones climáticas características del entorno altoandino, tales como las bajas temperaturas y los elevados niveles de radiación solar, las cuales influyen de manera directa en el desempeño del concreto durante su vida útil. El objetivo fundamental del estudio fue determinar el efecto del humo de sílice sobre la $f'c$ del concreto tradicional utilizado en las obras del mencionado distrito. El trabajo se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental, en el que se elaboraron mezclas de concreto patrón y mezclas con distintos porcentajes de humo de sílice como sustituto parcial del cemento. Las probetas cilíndricas



confeccionadas fueron sometidas a ensayos de $f'c$ a edades de 7, 14 y 28 días. Los resultados obtenidos demostraron que las mezclas con incorporación de humo de sílice alcanzaron resistencias mecánicas superiores en comparación con el concreto convencional. A partir de estos resultados, el autor concluyó que la adición de humo de sílice mejora de manera significativa las propiedades mecánicas del concreto, siempre que su dosificación sea técnicamente controlada.

Huanca Quispe (2022) emprendió una exploración en la región puneña de San Román. Esta investigación se presentó como tesis universitaria en una universidad local, enfocándose en desentrañar cómo las adiciones puzolánicas transforman el concreto tradicional empleado en obras urbanas. La investigación buscó desentrañar cómo la mezcla de humo de sílice moldea las propiedades mecánicas del hormigón tradicional, enfocándose especialmente en su fortaleza frente a la compresión y su comportamiento durante el proceso de curado. La investigación se realizó siguiendo un enfoque experimental, creando mezclas de concreto con diversos grados de humo de sílice como aditivo mineral. Se realizaron ensayos de $f'c$ en piezas cilíndricas a edades específicas de retorno. Los descubrimientos revelaron que el humo de sílice incrementó la fortaleza mecánica del concreto y elevó la densidad de la matriz cementante en comparación con el tradicional. El escritor concluyó que utilizar humo de sílice es una alternativa técnica viable para perfeccionar las características mecánicas del hormigón tradicional en la zona de San Román.

2.2 Bases Teóricas.

2.2.1 Concreto.

Debido a su capacidad de soportar grandes fuerzas de torsión, el hormigón se convierte en un elemento fundamental en la construcción. Es una mezcla de minerales, agua, cemento Portland y otros materiales. El humo de sílice, un desecho industrial, es un aditivo para fortalecer y alargar la vida útil. Este aditivo refuerza la tenacidad, la trabajabilidad y la durabilidad del concreto y reduce su permeabilidad. "Aprovecha residuos industriales y disminuye la huella ecológica del cemento, haciéndolo sustentable". El hormigón preparado con humo de La sílice posee las mejores propiedades mecánicas. Resistencia del material y alarga su vida útil.

Tipos de concreto

Concreto convencional: Cimientos, columnas, losas y paredes son solo algunos de los muchos usos del hormigón convencional, que se compone de áridos, agua y cemento Portland.

Aquí están los componentes principales del concreto convencional:

- **Cemento Portland:** se forma mezclando cemento Portland finamente molido con agua; esta pasta une los agregados y da al hormigón su resistencia.
- **Agua:** la proporción de agua utilizada determina la trabajabilidad del hormigón.

- **Agregados:** Incluyen arena y grava o piedra triturada. Los agregados proporcionan volumen al concreto y contribuyen a su resistencia. La combinación adecuada de agregados ayuda a lograr una mezcla con las propiedades mecánicas y de durabilidad deseadas.

Figura 1*Tipos de concreto*

Nota. Arquimanía (2021).

Al añadir algunos materiales al hormigón normal, se modifican sus características, lo que a su vez repercute en su trabajabilidad, resistencia al agua, tiempo de fraguado y resistencia. Se endurece progresivamente cuando se mezcla en la obra o en las plantas. Para diversas tareas de construcción, el

hormigón se presenta en una gran variedad de tipos, como hormigón armado, de alta resistencia y premezclado.

Procedimientos

Esta investigación evalúa la resistencia mecánica del hormigón celular de baja densidad. Se sigue un proceso en cuatro etapas, desde la caracterización de materiales (según normas ASTM) hasta medición de compresión. El F'_c se determina en muestras curadas por 28 días, con un peso seco $\leq 800 \text{ kg/m}^3$, usando la norma ASTM C-495.

Concreto fresco

El concreto fresco es la mezcla fresca de los ingredientes esenciales del concreto (cemento, agua, agregados y, quizás, aditivos) antes de convertirse en un cemento duradero. En esta condición, el concreto se transforma en una danza de elasticidad y movilidad, permitiendo su ubicación y uso en el lugar ideal antes de que se fracture y se endurezca.

Unir, transportar, verter y compactar el hormigón fresco sin que se produzca una segregación o alteración apreciable del mismo, lo que le convierte en un material muy manipulable. Las proporciones de cemento, agua, finos y aditivos determinan la eficiencia en el trabajo. La vida útil del hormigón fresco puede oscilar en dependencia del clima, la composición de la mezcla o los aditivos que incorpore. Para lograr la densidad requerida y evitar la segregación, el concreto mezclado se vacía en moldes o encofrados de acuerdo a las especificaciones del proyecto. Para hacer más fuerte el concreto, el arte de la compactación es sacarle aire y sellarlo. La hidratación del cemento y su



durabilidad mecánica y a largo plazo se logran en el proceso de curado, previo al vaciado y compactación del concreto.

Para que el concreto sea resistente y de buena calidad al resistir, es necesario manipular con exactitud los ingredientes, medirlos, vaciarlos y curarlos.

Concreto endurecido

El hormigón se considera endurecido cuando ha fraguado y alcanzado su máxima resistencia y dureza. La hidratación del cemento en la matriz forma compuestos cristalinos, lo que facilita este proceso. Factores como la resistencia, durabilidad, porosidad, rugosidad superficial, módulo de elasticidad, contracción y expansión del hormigón endurecido son cruciales.

La resistencia del hormigón se basa en su capacidad para resistir torsiones y rupturas bajo presión. Su durabilidad depende de la mezcla, los componentes y el procesamiento, y el módulo de elasticidad mide su resistencia y flexibilidad bajo presión. La forma de aplicación y compactación, con guijarros decorativos, puede dar textura a la superficie. Vale la pena aclarar que la calidad del concreto endurecido está en función de la calidad de la mezcla, colocación y compactación, y las condiciones de curado. Se expande cuando se calienta y se contrae cuando se seca. La fisuración del hormigón también determina su permeabilidad y resistencia a agentes químicos y al agua. La forma de aplicación y compactación con guijarros decorativos es capaz de cambiar la textura superficial.

Es crucial subrayar que la excelencia del concreto endurecido depende de la excelencia de la mezcla, la meticulosa colocación y compactación, y las condiciones de curado. Un ingenioso diseño de mezcla y técnicas de edificación son cruciales para alcanzar un concreto robusto que satisfaga las exigencias.

2.2.2 Materiales

➤ **Cemento**

El Clinker es un subproducto del proceso de fabricación del cemento que se crea cuando se añade yeso a la mezcla para inhibir la contracción y el endurecimiento. El cemento es un polvo endurecido en agua que se compone de piedra caliza y arcilla.

Dependiendo De las reglas de cada nación, el cemento suele ser comercializado en sacos o bolsas con un volumen y peso específicos. Una bolsa de cemento típica pesa 42,5 kg y alberga un pie cúbico de sustancia.

- El cemento es una piedra angular en la ingeniería civil y la edificación. Tiene múltiples aplicaciones tanto prácticas como ornamentales en la arquitectura moderna, integrándose en una variedad de edificaciones.

Agua

- Según Tee et al. (2018), el agua juega un rol esencial en la transformación del concreto.

Agregados

- Para edificar edificaciones robustas y longevas, los granos conocidos como áridos deben fusionarse con cemento y agua. Entre el 60 y el 75 % del peso total del conjunto de hormigón.

2.2.3 Agregados

Los áridos son materiales minerales inertes, de tamaño adecuado, utilizados en la fabricación de productos resistentes con aglomerantes hidráulicos o bituminosos. (SIEMCALSA 2008).

Agregado Grueso

Las partículas más grandes, generalmente mayores a 4,75 mm, forman el agregado grueso. Este incluye materiales como roca, piedra triturada o grava. Al incorporarse al hormigón estructural, estos agregados aumentan su resistencia y durabilidad.

Agregado de partículas finas

Las diminutas partículas de 4,75 mm (o 3/16 de pulgada) tejen una red de diminutos fragmentos, dominada por la arena. Este ingrediente sella grietas y robustece el concreto.

Agregados de Fuentes Externas

Esta categoría incluye materiales como caucho triturado, plástico reciclado y vidrio reciclado. Estos agregados se utilizan en hormigones especiales para mejorar sus propiedades, como el anclamiento o la resistencia a la abrasión.

2.2.3.1 Clasificación de los agregados

El país de origen, la forma y la densidad son algunos de los criterios utilizados para clasificar los áridos. Los tipos más comunes de áridos son los áridos gruesos, que incluyen partículas de más de 4,75 mm, los áridos finos, que



contienen partículas de 4,75 mm o menos, los áridos naturales, que proceden de fuentes naturales, y los áridos manufacturados, que están compuestos por elementos creados intencionadamente. Los agregados pueden ser angulares o redondeados; los primeros mejoran la resistencia del hormigón, mientras que los segundos facilitan su manipulación. Los agregados pueden ser de densidad ligera o pesada; los primeros añaden volumen y cualidades al hormigón, mientras que los segundos disminuyen su peso. Los agregados simples, como la arena o la grava, tienen una composición de un solo material, mientras que los agregados complejos, como el hormigón, incluyen dos o más ingredientes. Entre sus muchas aplicaciones se encuentran el hormigón estructural, los áridos de bajo peso para fabricar hormigón más ligero y el hormigón de alta resistencia. Los orígenes en geología pueden ser metamórficos o ígneos. Los tres tipos principales de áridos de roca son: ígneos (de rocas como el basalto y el granito), sedimentarios (de rocas como la arenisca y la caliza) y metamórficos (de rocas como el mármol y el esquisto).

Figura 2*Tipos de concreto*

Nota. <https://tecnologiadelconcretouapkelmer.blogspot.com/p/semana-4.html>

2.2.4 Humo de sílice

También conocido como sílice fumada o sílice amorfa, es un subproducto ultrafino de la fabricación de silicio o carburo de silicio. Se produce mediante la reacción de gas silíceo (SiO_2) en un horno a alta temperatura, lo que genera partículas extremadamente pequeñas, de tamaño microscópico. Estas partículas tienen una alta superficie específica, lo que les otorga características reactivas y una gran capacidad para interactuar con otros compuestos, como los que se encuentran en el cemento:

El humo de sílice reacciona con el calcio del cemento, formando gel de silicato de calcio (C-S-H), lo que mejora la resistencia del concreto.

Composición: Debido a su pequeño tamaño, el humo de sílice tiene una gran área superficial específica (entre 15 y 25 m^2/g), lo que facilita su capacidad

de reacción con otros compuestos, como el $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ producido durante la hidratación del cemento original.

Aplicaciones: El humo de sílice se emplea en la creación de concreto robusto, morteros únicos, asfaltos y otros materiales resistentes a la abrasión.

Beneficios Ambientales: Ayuda a disminuir desechos de edificación y demolición, al tiempo que fomenta la preservación de los recursos naturales a través de la reutilización del concreto.

Control de Calidad: Antes de incorporar el humo de sílice en nuevas mezclas de concreto, es crucial llevar a cabo mediciones para asegurarse de que cumpla con las normas y exigencias de desempeño.

Normativas: Hay Directrices locales que rigen el uso de humo de sílice en la edificación para asegurar la ejecución impecable de los proyectos

Figura 3

Humo de sílice SikaFume



Nota. SikaFume (2021).

2.2.4.1 Propiedades del humo de sílice

Mejora de la $f'c$:

El vapor de sílice eleva la calidad del concreto, especialmente en la niñez. Esto se debe a su notable afinidad con el calcio del cemento, potenciando así la creación de productos hidratados más robustos, especialmente el gel de silicato de calcio. En consecuencia, el concreto impregnado de humo de sílice suele exhibir una mayor capacidad de compresión en comparación con el tradicional.

Mejora de la durabilidad:

El humo de sílice se añade al hormigón para que dure más tiempo, ya que lo hace menos poroso al agua, a los agentes agresivos y a los productos químicos. Esto hace que sea menos probable que los refuerzos se corroan o se deterioren debido a los ciclos de congelación-descongelación. También es muy adecuado para situaciones difíciles porque el humo de sílice aumenta su resistencia a la acción de los sulfatos.

Reducción de la porosidad:

Debido a la finura de las partículas de humo de sílice, al mezclarse con el cemento, contribuye a reducir la porosidad interna del concreto. Esto aumenta la densidad del material, reduciendo los vacíos o poros que pueden ser puntos de vulnerabilidad para la infiltración de agua o agentes corrosivos.

Incremento de la resistencia a la abrasión:

El hormigón de humo de sílice mejora la resistencia a la abrasión gracias a su microestructura mejorada, lo que lo hace ideal para aplicaciones de

pavimentación y suelos industriales que requieren una mayor resistencia al desgaste.

Mejora en la trabajabilidad:

Aunque el humo de sílice puede hacer que el concreto sea menos fluido debido a la proporción de partículas finas, su incorporación de forma controlada y con el uso de aditivos superplastificantes permite mantener una buena trabajabilidad. Esto es importante para poner en el concreto.

Reducción de la retracción:

La adición de humo de sílice ayuda a controlar la retracción del concreto, especialmente la retracción por secado. Esto puede reducir las grietas que suelen formarse cuando el concreto se seca y se encoge, mejorando la integridad estructural a largo plazo.

2.2.4.2 Consideraciones:

Dosificación: El humo de sílice se utiliza generalmente en proporciones que varían entre el 5% y el 10% en peso del cemento, aunque esta proporción puede ajustarse según las necesidades del proyecto. La proporción de humo de sílice debe ser cuidadosamente controlada, ya que un exceso podría afectar negativamente la trabajabilidad o el costo de la mezcla.

Costo: El humo de sílice es más costoso que el cemento convencional. Sin embargo, debido a las mejoras en la durabilidad y resistencia, puede ser una opción rentable para proyectos donde la vida útil prolongada del concreto es crucial.

2.2.5 Cemento Portland

Las partículas de silicatos y aluminatos de calcio se trituran hasta convertirlas en un polvo fino para formar el cemento Portland, también llamado cemento hidráulico. Este material se utiliza mucho en la construcción. Se convierte en una pasta cuando se combina con agua y fragua a temperatura ambiente. Esta cualidad es consecuencia de las notables capacidades aglutinantes del material, que son el resultado de una interacción química con el agua.

2.2.5.1 Componentes del Cemento

- La metamorfosis adicional del Clinker se lleva a cabo mediante molinos de bolas, logrando una pulverización sublime. Al arribar a este punto exacto, el Clinker se enriquece con un 5% más de su peso en forma de yeso. Para domar el fraguado del cemento, es vital añadir esta proporción específica, ya que su ausencia podría provocar una solidificación vertiginosa.
- **Clinker de Cemento:** Es el componente principal, obtenido mediante la mezcla y calcinación de piedra caliza y arcilla en proporciones específicas.
- **Yeso:** Se incorpora al Clinker en el proceso de molienda con el propósito de controlar el tiempo de fraguado y evitar que el cemento se endurezca de forma acelerada.

- **Adiciones Opcionales:** En algunos casos, se pueden agregar adiciones como escoria de alto horno o ceniza volante para mejorar ciertas propiedades del cemento.

2.2.5.2 Clasificación del Cemento

Tabla 2

Composición de los cementos

Denominación	componentes		
	Clinker	Puzolana	Escoria
PC	100%	—	—
PC Puzolánico	$\geq 70\%$	$\geq 30\%$	—
PC Siderúrgico	$\geq 70\%$	—	$\leq 30\%$
Puzolánico	50 — 70%	30 — 50%	—
Siderúrgico	25 — 70%	—	30 — 75%

Nota. Abanto (2019)

2.2.5.3 Tipos de Cementos

La Norma Técnica Peruana NTP 334.009 (2016) establece la clasificación de seis tipos de cemento Portland, diferenciados principalmente por las proporciones de clinker de cemento Portland y sulfato de calcio que los componen. En relación con su comportamiento térmico durante la hidratación y el desarrollo de resistencia, el cemento Tipo II presenta un desempeño adecuado en condiciones de exposición moderada; el Tipo III se caracteriza por un rápido incremento de resistencia en edades tempranas; el Tipo IV está diseñado para aplicaciones donde se requiere un bajo calor de hidratación; mientras que el Tipo V destaca por su elevada resistencia frente a ambientes con alta concentración

de sulfatos. Por su parte, el cemento Tipo I se emplea como un material de uso general, apto para aplicaciones sin requerimientos especiales.

Puzolana

La puzolana, una brillantez silíceo o luminosa, se erige como un componente esencial del cemento PC y otros materiales de edificación. Tiene su origen en la naturaleza o se obtiene a través de procesos industriales; está llena de alúmina y sílice. Las puzolanas, al interactuar con el hidróxido de calcio durante la hidratación del cemento, potencian su fortaleza y longevidad, mientras reducen la disipación térmica durante este proceso.

Al adoptarse el hormigón puzolánico de manera amplia, la incorporación de puzolana a la mezcla de cemento potencia las propiedades del material. El uso de puzolana ofrece múltiples beneficios, tales como una robustez superior, una longevidad superior y un impacto ecológico reducido. Reducir el uso de cemento Portland minimiza el impacto ambiental, mientras que seguir las reglas garantiza el correcto uso de puzolanas conforme a los códigos de edificación.

F'c

En ingeniería estructural, la f'_c del hormigón (F'_c) es una propiedad mecánica importante para decidir si el material es adecuado para su uso en la construcción. La calidad del agregado, la edad, el tipo de cemento, la relación agua-cemento y el tipo de cemento influyen en su resistencia. La F'_c se clasifica en varios grupos y tiene un rango de 20 MPa a 40 MPa. Se requieren determinados valores de f'_c para estructuras que soportan cargas pesadas,

como puentes y rascacielos. El control de calidad es fundamental para cumplir las normas mínimas impuestas por la normativa de construcción.

2.2.5.4 Método de diseño de mezcla ACI – 211

Para establecer las proporciones de ingredientes necesarios para una unidad cúbica de hormigón, el Comité ACI 211 ha establecido una técnica para desarrollar mezclas que utiliza tablas. Los hormigones de peso convencional y ciertos parámetros se adaptan bien a este enfoque. Los datos básicos y los procedimientos de diseño del hormigón pesado y del hormigón ciclópeo son similares. Pero pueden surgir restricciones como la relación máxima agua-cemento, el contenido mínimo de cemento y el mayor contenido de aire que se puede tolerar. En este contexto, la «asentamiento» es la construcción de viviendas a largo plazo dentro de un área definida. Los tamaños de partícula más grandes que se utilizan normalmente en las mezclas de hormigón se conocen como tamaño máximo nominal de árido grueso. Para que un material o edificio cumpla ciertos criterios, debe tener una resistencia mínima a la compresión. El uso de aditivos en los materiales, el tipo de árido o cemento, o la resistencia media son posibles áreas de restricción. Existe un método metódico y metódico para calcular la proporción de materiales requeridos para crear una cúpula de hormigón.

2.3 Marco Conceptual

Aditivo mineral. Por adición mineral se considera todo material inorgánico que se introduce en el hormigón para alterar y mejorar ciertas propiedades en estado fresco y endurecido, tales como las mecánicas, la durabilidad o la microestructura. En la presente investigación el humo de sílice se comporta

como una adición mineral altamente reactiva, ya que reacciona químicamente con los productos de hidratación del cemento para formar compuestos cementantes adicionales.

Aditivos. Los aditivos son materiales elementales que, dosificados y mezclados en proporciones adecuadas (agregados, cemento y agua), crean el concreto como material compuesto. La combinación de estos elementos define las características finales del concreto (fresco o endurecido), por lo que una elección y dosificación adecuadas son esenciales.

Propiedades mecánicas del hormigón. Las propiedades mecánicas del hormigón son el conjunto de características que determinan su comportamiento bajo la aplicación de fuerzas externas y agentes mecánicos. Estas propiedades son, por ejemplo, la f'_c , la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad. En este estudio se analiza principalmente la f'_c , por ser la propiedad de diseño y control estructural del concreto.

Cemento. El cemento es el ingrediente del concreto, específicamente el cemento hidráulico Portland, que crea la pasta cementante que une a los agregados. A través de la hidratación, el cemento forma los compuestos responsables de la resistencia y rigidez del concreto endurecido, influyendo en sus propiedades mecánicas y de durabilidad.

Hormigón tradicional ó común. El concreto convencional, compuesto por cemento Portland, agua, agregados finos y gruesos, se fragua y se endurece, ganando robustez y longevidad. En esta investigación, se explora cómo el humo de sílice moldea sus características mecánicas.



Concreto. El concreto es un material constructivo muy utilizado para estructuras debido a su versatilidad, resistencia y durabilidad. Se logra mezclando en proporciones controladas agregados, cemento y agua; su resultado final depende de la calidad de sus materiales, la mezcla y las condiciones de curado.

Curado del concreto. El curado del concreto es el proceso por el cual se mantienen condiciones favorables de humedad y temperatura por un tiempo especificado para permitir que continúen las reacciones de hidratación del cemento. Un buen curado es esencial para que el concreto alcance la resistencia de diseño y sea durable en servicio.

Formulación de mezclas. El diseño de mezclas es un procedimiento técnico para determinar las proporciones adecuadas de los materiales que componen el concreto para cumplir con los requisitos especificados de resistencia, trabajabilidad y durabilidad para una aplicación particular. En esta investigación, el diseño de mezclas se basa en la incorporación de humo de sílice en distintos porcentajes como adición mineral y su influencia en el comportamiento mecánico del concreto.

Humo de sílice. El humo de sílice es un material puzolánico de extrema finura, un subproducto de la fabricación de silicio metálico o ferrosilicio. Es muy reactivo químicamente y posee gran superficie específica, por lo que reacciona en las reacciones puzolánicas. En esta investigación se usa humo de sílice como aditivo mineral para modificar la matriz cementante del concreto normal.

Matriz cementante. La matriz cementante es la estructura conformada por la pasta de cemento endurecida que envuelve y une a los agregados del

concreto. Las propiedades de esta matriz determinan el comportamiento mecánico y la durabilidad del material. La adición de humo de sílice refina la matriz cementante, haciéndola más densa y continua.

Probetas cilíndricas. Las probetas cilíndricas son especímenes de prueba para determinar las propiedades mecánicas del concreto en el laboratorio. Normalmente tienen 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, y con ellas se puede medir la f'_c siguiendo procedimientos estandarizados.

Reacción puzolánica. La reacción puzolánica es una reacción química en la que los materiales puzolánicos (humo de sílice, por ejemplo) reaccionan con el hidróxido de calcio que se libera cuando el cemento se hidrata. Esta reacción genera más productos cementantes, principalmente gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H), mejorando la microestructura y el comportamiento mecánico del concreto.

F'_c . La f'_c es la capacidad del concreto para soportar cargas compresivas sin fallar. Se define por medio de ensayos estandarizados en probetas cilíndricas y se expresa generalmente en kg/cm^2 o MPa. En este estudio, esta propiedad es el principal indicador del comportamiento mecánico del concreto modificado con humo de sílice.

Resistencia física. La durabilidad es la capacidad global del concreto para soportar fuerzas externas, incluyendo su resistencia a la tensión y otras cargas mecánicas. Esta resistencia es parte de la propiedad mecánica del concreto y depende mucho de la calidad de su matriz cementante y su diseño de mezcla.



CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño

En esta exploración experimental, se altera la variable autónoma, vinculada a la presencia de humo de sílice en diversos grados, con el fin de desentrañar cómo afecta la fortaleza frente a la compresión del hormigón tradicional. De acuerdo con Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014), el enfoque experimental altere deliberadamente una o más variables para desentrañar sus repercusiones en otras.

El estudio sigue una danza temporal, donde las pruebas de $f'c$ se llevan a cabo en diversas etapas del hormigón (7, 14 y 28 días) para descubrir cómo sus características mecánicas se transforman con el paso del tiempo.

3.1.1 Enfoque

El arte de la investigación se basa en recolectar y desmenuzar cifras de experimentos en el laboratorio. Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2014) destacan que la metodología cuantitativa se distingue por delinear variables, evaluarlas con precisión estadística y contrastarlas con imparcialidad.

En este estudio, la técnica cuantitativa reveló la fortaleza del hormigón ante la compresión a lo largo de 7, 14 y 28 días. Los datos se expresaron en Kg por centímetro cúbico, facilitando así la comparación entre el hormigón tradicional y los concretos impregnados de humo de sílice.

3.1.2 Tipo de diseño

El enfoque seleccionado es experimental, pues se altera la variable autónoma (la proporción de humo de sílice en la mezcla de hormigón) para descubrir cómo afecta su fortaleza frente a la compresión.

De acuerdo con Hernández Sampieri et al. (2014), el diseño experimental esculpe deliberadamente una o más variables autónomas para desentrañar sus repercusiones en las variables subordinadas. Los ensayos se llevaron a diferentes edades (7, 14 y 28 días), se puede observar cómo el concreto se comporta con el paso del tiempo (Bernal Torres, 2010).

3.1.3 Método

La metodología experimental aplicada en el presente estudio se fundamenta en el análisis sistemático de los efectos que genera la variación controlada de una variable independiente sobre una variable dependiente, bajo el cumplimiento de condiciones previamente definidas. Este enfoque permite establecer relaciones causales confiables a partir de la observación directa y la medición objetiva de los resultados obtenidos.

En este contexto, la técnica experimental fue utilizada para la elaboración de mezclas de concreto con distintos porcentajes de humo de sílice (0 %, 5 % y 10 %), la confección de probetas cilíndricas con dimensiones de 15 cm de



diámetro y 30 cm de altura, y la posterior determinación de su $f'c$, conforme a los procedimientos establecidos en la norma ASTM C39.

3.2 Nivel y tipo.

3.2.1 Nivel de la Investigación

La investigación busca desentrañar una conexión causal entre la adición de humo de sílice y la metamorfosis en la $f'c$ del concreto. Conforme a Kerlinger y Lee (2002), las investigaciones explicativas buscan desentrañar las raíces de los fenómenos y desentrañar las conexiones entre las variables examinadas.

Asimismo, la investigación despliega una profundidad descriptiva al detallar y analizar los resultados obtenidos en cada fase de prueba, permitiendo desentrañar el comportamiento del hormigón según la proporción de humo de sílice presente.

3.2.2 Tipo de la Investigación

La investigación se enfoca en resolver un dilema práctico vinculado a la optimización del rendimiento mecánico del concreto tradicional utilizando un puzolánico como el humo de sílice. De acuerdo con Bernal Torres (2010), la investigación aplicada persigue crear saberes que sean útiles en la resolución de desafíos concretos.

Los hallazgos revelan la factibilidad técnica de incorporar humo de sílice como ingrediente mineral en la creación de mezclas de concreto, elevando así su resistencia mecánica y su uso en proyectos de ingeniería civil.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

La muestra estudiada es concreto convencional $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, elaborado con cemento Portland Tipo I, el cual se usa en elementos estructurales de edificaciones civiles. Desde el punto de vista experimental, la población está constituida por todas las

posibles briquetas de concreto que se pueden producir en las mismas condiciones de mezcla, materiales y métodos de curado en que se realizó la investigación.

Hernández Sampieri et al. (2014), la población es la totalidad de individuos que comparten características comunes y de quienes se desean inferir conclusiones, tal como lo requiere la metodología experimental de este estudio.

3.3.2 Muestra

La muestra abarca briquetas de concreto de 15 centímetros de diámetro y 30 centímetros de altura, fabricadas en laboratorio con mezclas habituales y humo de sílice en diversas proporciones como aditivo mineral.

Para cada fracción de humo de sílice (0 %, 5 % y 10 %), se elaboraron tres briquetas para cada intervalo de prueba, totalizando 27 briquetas en total. Estas se sometieron a un ensayo de compresión, conforme a la normativa ASTM C39.

El método de muestreo es deliberadamente seleccionado, basado en criterios técnicos para alcanzar las metas investigativas y el diseño experimental deseado (Tamayo y Tamayo, 2003).

Tabla 3

Proporción de especímenes

Tipo de concreto	% de humo de sílice	Edad de ensayo (días)	Número de briquetas	Tipo de muestreo
C° Base	0 %	7	3	No probabilístico intencional
C° Base	0 %	14	3	
C° Base	0 %	28	3	
C° adicionado con HS	5 %	7	3	

Tipo de concreto	% de humo de sílice	Edad de ensayo (días)	Número de briquetas	Tipo de muestreo
C° adicionado con HS	5 %	14	3	
C° adicionado con HS	5 %	28	3	
C° adicionado con HS	10 %	7	3	
C° adicionado con HS	10 %	14	3	
C° adicionado con HS	10 %	28	3	
Total de briquetas			27	

3.4 Técnicas e instrumentos

3.4.1 Técnicas de recolección de datos

La técnica utilizada para la recolección de datos en la presente investigación fue la observación directa y la medición experimental en el transcurso de los experimentos de laboratorio. Esta metodología permitió la documentación objetiva y sistemática de los resultados obtenidos en cada etapa del proceso experimental, garantizando la exactitud y confiabilidad de los datos recopilados.

Según Hernández Sampieri et al. (2014), la observación directa y la medición son la base de las investigaciones experimentales, ya que de ellas se obtienen datos medibles de las variables estudiadas en condiciones controladas. En este caso, la vigilancia se realizó en el momento de la elaboración de las mezclas, el curado de las briquetas y el ensayo de f'c.

3.4.2 Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos para la toma de datos fueron equipos de laboratorio calibrados, usados de acuerdo a normas técnicas vigentes. Entre los principales instrumentos se tomaron en cuenta:

- **Balanza digital**, utilizada para la dosificación de los materiales constituyentes del concreto.
- **Molde cilíndrico metálico** de 15 cm de D y 30 cm de A, empleado para la elaboración de las briquetas.
- **Cono de Abrams**, utilizado para el control de la trabajabilidad del concreto fresco.
- **Tanque de curado**, destinado al mantenimiento de las condiciones adecuadas de humedad y temperatura durante el proceso de curado.
- **Máquina de compresión**, utilizada para la determinación de la f'_c del concreto, conforme a la norma ASTM C39.

3.5 Procedimientos

Etapas de desarrollo

ETAPA I: BUSQUEDA Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

En esta etapa, se realizó un exhaustivo análisis de estudios nacionales e internacionales sobre el uso del humo de sílice como aditivo mineral en el concreto, junto con la revisión de las normativas técnicas necesarias para la



creación de mezclas y la valoración de las características mecánicas del material.

Se emplearon principalmente las siguientes normas:

- **ASTM C150:** Cemento Portland
- **ASTM C1240:** Humo de sílice
- **ACI 211.1:** Diseño de mezclas de concreto
- **ASTM C143:** Ensayo de asentamiento
- **ASTM C192:** Preparación y curado de especímenes
- **ASTM C39:** Ensayo de f'_c

Esta etapa permitió definir los parámetros técnicos, % de adición y procedimientos experimentales a emplear en la investigación.

ETAPA II: PROCEDENCIA Y UBICACIÓN DE LOS MATERIALES

CANTERA UNOCOLLA

Situada a 10 kilómetros de Juliaca, la ubicación utiliza medios tanto humanos como mecánicos para recuperar agregados de las riberas de los ríos. La flora local, incluida la paja y el heno, se utiliza posteriormente como alimento para animales.

Figura 4

Ubicación geográfica de Unocolla



Nota. <https://www.google.com/maps/place/Unocolla>.

Propiedades del humo de sílice

es un subproducto de la fabricación del silicio metálico o del carburo de silicio y se presenta en forma de partículas extremadamente finas, lo que le permite tener una alta área superficial y reactividad.

ETAPA III: CARACTERÍSTICAS DE LOS AGREGADOS

Ensayos para los agregados

- Obtención y acondicionamiento de las muestras.
- Determinación del % de hum.
- Evaluación granulométrica.
- Medición de la densid. , densid. relativa y absorción del agregado grueso.
- Medición de la densid. , densid. relativa y abs. del agregado de partículas finas.

- Cálculo del p. unit. y porcentaje de vacíos del agregado.

% de hum. (ASTM C-566)

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

Características granulométricas (ASTM C-136)

Módulo de fineza (ASTM C-125)

La fórmula es la siguiente:

$$M.F. = \frac{\sum \%Acum. Ret(3,1\frac{1}{2}, 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

El módulo de finura se obtiene combinando agregados de distintos tamaños, como arena y grava:

$$mc = \left(\frac{Vol. Abs. A. Fino}{Vol. Abs. Agregado} \right) mf + \left(\frac{Vol. Abs. A. Grueso}{Vol. Abs. Agregado} \right) mg$$

Hacemos:

$$rf = \left(\frac{Vol. Abs. A. Fino}{Vol. Abs. Agregado} \right)$$

Entonces:

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

Peso e. y abs. del AG Normas mtc-e-206

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

Evaluación de la densid. relativa y abs. del AG conforme a MTC E205

Cálculos:

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

P. unitario suelto (MTC E203 – 2016)**CALCULOS:**

$$P.U.S. = \frac{P. Suelo}{Vol. Recipiente}$$

$$Peso Unitario = \frac{Peso Unitario Humedo}{1 + (\frac{W}{100})}$$

Trabajar la muestra con un 3-4 % de humedad y utilizar la vibración para determinar el p. unit. máximo o compacto le dará el p. unit. en seco.

$$Peso Unitario = \frac{(\%G \times \%PUG) + (\%F \times PUF)}{100}$$

P. unitario compactado (MTC E203-2016)**Calculo:**

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

ETAPA IV: DISEÑO DE MEZCLAS

La técnica ACI 211 para el diseño de mezclas de hormigón requiere seleccionar adecuadamente los componentes áridos, agua, cemento y aditivos y calcular sus proporciones, con el fin de lograr un hormigón rentable, trabajable, resistente a la compresión y duradero.



A pesar de algunos avances teóricos, el diseño de mezclas sigue siendo en su mayor parte un proceso empírico que se centra en obtener las cualidades concretas de $F'c$ y trabajabilidad adecuada.

Procedimiento:

- Selección del revenimiento: Elige un valor adecuado si no se especifica.
- Selección del tamaño máximo de agregado: Debe ser el más grande disponible, compatible con las dimensiones estructurales.
- Estimación del volumen de agua y aire mezclados.
- Elección de la relación agua-cemento.
- Cálculo del % cement.
- Calc. de AG y AF.
- Ajuste de la humedad del agregado y proporción de agua mezclada.

Es esencial adquirir los principios fundamentales de las materias primas, tales como el cribado de áridos, la gravedad específica a granel, el p. unit. de los áridos, la abs. de agua, la gravedad específica de la mezcla de hormigón y la relación resistencia-agua-cemento, para diversas combinaciones de cemento, material cementoso y áridos, previo al diseño de la mezcla.

ETAPA V: RESISTENCIA A LA COMPRESION

Mediante el uso de muestras cilíndricas para la evaluación de $f'c$, la medición evalúa las cualidades de rendimiento del hormigón, ofreciendo información útil para el diseño de proyectos de construcción.

La $f'c$ se calcula:

$$f'c = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}; A = \frac{\pi\phi^2}{4}$$

Dónde:

$f'c$: F'c del concreto (kg/cm²).

P: Carga (kg).

ϕ : Diámetro cilíndrica (cm).

A: Área (cm²).

Figura 5

Equipo de $f'c$



Nota. Lab. De Suelos y asfalto

ETAPA VII: RESULTADOS

Los hallazgos se estructuraron en tablas de resumen, cuadros de comparación y gráficos, facilitando la evaluación de cómo el porcentaje de humo de sílice y la edad de curado afectan la fortaleza frente a la compresión del concreto.



El estudio se llevó a cabo al comparar el comportamiento del concreto común con los concretos modificados, descubriendo patrones, optimizaciones y el porcentaje ideal de humo de sílice.

3.6 Tratamiento

Se procederá a la recolección, procesamiento y análisis de los datos mediante métodos fiables, empleando tablas, gráficos y cálculos fundamentados en investigaciones experimentales.

CAPÍTULO IV

4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Características de los agregados

4.1.1 Características físicas del Humo de Sílice

ASTM C-1240, las propiedades físicas y la composición química del humo de sílice se exponen en la Tabla.

Tabla 4

Resumen de la caracterización del HS

Datos Técnicos	
Composición	Principalmente dióxido de silicio (SiO_2) con una alta pureza.
Fineza	Tamaño de partícula muy fino, con un área de superficie específica superior a $15,000 \text{ cm}^2/\text{g}$.
Color	Generalmente blanco o gris claro.
Densid. aparente	Entre 0.15 y 0.30 g/cm^3 .
Abs. de agua	Alta, debido a su gran área superficial.
Reactividad	Altamente reactivo con el calcio en el cemento, formando compuestos de gel de silicato de calcio.
Almacenamiento	Debe mantenerse en un lugar seco para evitar la abs. de humedad.
Normativas	Cumple con las especificaciones de la ASTM C1240 y otras normas internacionales.
Fineza	Tamaño de partícula muy fino, con un área de superficie específica superior a $15,000 \text{ cm}^2/\text{g}$.

Nota. ASTM C1240 (2021); Neville (2011); ACI Committee 234 (2006).

4.2 Características de la cantera

4.2.1 Cantera unocolla

La calidad del agregado y la unocolla cantera fue evaluada mediante el análisis granulométrico, la humedad, el peso específico, el p. unit. y la f'c.

Tabla 5

Características de Cantera unocolla

Agregado	Procedencia
AG	Unocolla
AF	Unocolla

4.3 Resultados logrados

4.3.1 Análisis de los agregados finos y gruesos

Figura 6

Ensayo de granulometría de los agregados



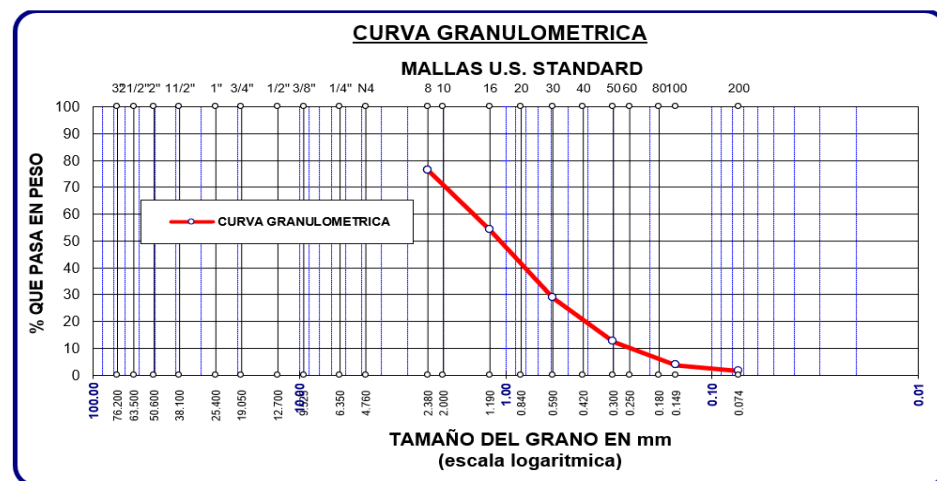
Tabla 6

Características de los agregados finos

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
No4	4.760				
No8	2.380	118.40	23.53	23.53	76.47
No10	2.000				
No16	1.190	112.60	22.38	45.92	54.08
No20	0.840				
No30	0.590	127.10	25.26	71.18	28.82
No40	0.420				
No 50	0.300	82.40	16.38	87.56	12.44
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.149	44.10	8.77	96.32	3.68
No200	0.074	10.60	2.11	98.43	1.57
BASE		7.90	1.57	100.00	0.00
TOTAL		503.10	100.00		

Figura 7

Características de los agregados finos



Interpretación

La Tabla 6 y la Figura 7 muestran los resultados del análisis granulométrico del agregado fino, realizado conforme a la normativa ASTM C136 / C136M y la NTP

400.012, evidenciando una distribución adecuada de tamaños de partículas. Los mayores % de material retenido se concentran en los tamices No. 8 (23.53 %), No. 16 (22.38 %) y No. 30 (25.26 %), lo que indica el predominio de arena media, acompañada de una fracción de arena gruesa. Asimismo, el material pasante por el tamiz No. 200 es 1.57 %, valor que confirma una baja presencia de finos (limos), cumpliendo con los límites recomendados para agregados finos destinados a concreto. La curva granulométrica presentada en la Figura 7 muestra una gradación continua y uniforme, condición favorable para la trabajabilidad del concreto y la reducción de vacíos en la mezcla, lo que permite concluir que el agregado fino analizado es apto para su uso en C° adicionado convencional.

4.3.1.1 Prop. de los agreggds AG

Tabla 7

Prop. de los agreggds AG

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.600				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400	580.00	16.57	16.57	83.43
3/4"	19.050	420.00	12.00	28.57	71.43
1/2"	12.700	910.00	26.00	54.57	45.43
3/8"	9.525	560.00	16.00	70.57	29.43
1/4"	6.350				
No4	4.760	1030.00	29.43	100.00	0.00
No8	2.380				
No10	2.000				
No16	1.190				
No20	0.840				
No30	0.590				
No40	0.420				
No 50	0.300				
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.149				
No200	0.074				
BASE		0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL		3500.00	100.00		

Prop. de los agreggds AG



En la Tabla 7 y en la Figura 8 se muestran los resultados del análisis granulométrico del agregado grueso, siguiendo la norma ASTM C136 / C136M y NTP 400.012, que muestra una granulometría adecuada para ser utilizado en concreto. Se nota que los mayores % de material retenido se localizan en los tamices 1" (16.57%), 3/4" (12.00%), 1/2" (26.00%) y No. 4 (29.43 %), siendo predominante la grava fina y la grava gruesa, de gradación uniforme y continua. El porcentaje retenido acumulado hasta el tamiz 3/8" es de 70.57 %, en tanto que el material pasante se reduce a 0.00 % en el tamiz No. 4, verificando la ausencia de fracciones finas no deseadas. Esta gradación, como puede observarse en la curva de la Figura 8, satisface las especificaciones normativas para agregados gruesos para concreto ordinario, que promueven la porosidad y la trabajabilidad del concreto endurecido.

4.3.1.2 % de hum de los agregados

Figura 9

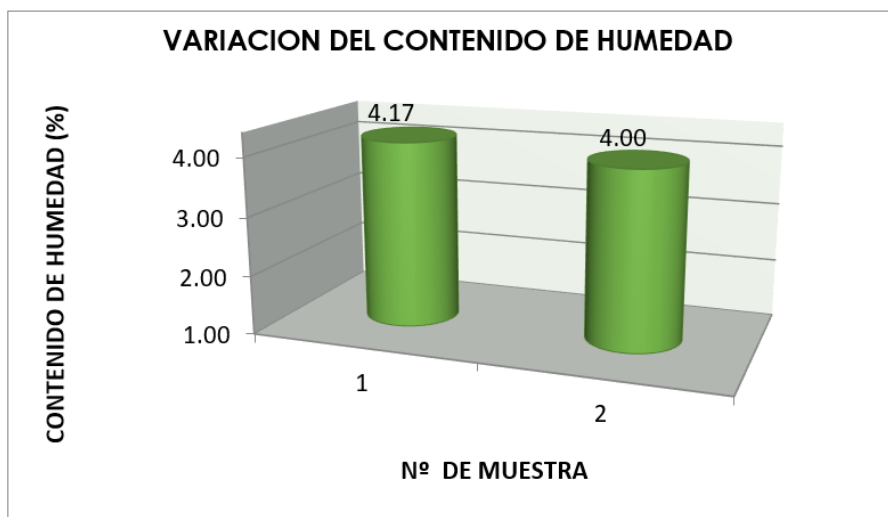
Ensayo de % de hum con picnómetro



Tabla 8

% de hum AF

AGREGADO FINO			
CARACTERISTICAS		M - 01	M - 02
RECIPIENTE (Nº)		01	02
1. P. recip.	grs	29.20	28.85
2. P. recip. + muestra húmeda	grs	321.6	302.1
3. P. recip. + muestra seca	grs	309.9	291.6
4. P. líquido	cc	11.70	10.50
5. P. muest. seca neta	grs	280.70	262.75
6. Proporción de humedad	%	4.17	4.00
PROMEDIO DE PROPORCIÓN DE HUMEDAD (%)		4.08	

Figura 10*Proporción de humedad AF***Interpretación**

La Tabla 8 del agregado fino y la Figura 10 muestran los resultados del ensayo de determinación de humedad, realizado conforme a la normativa ASTM C566 y la NTP 400.037. Los valores obtenidos para las muestras M-01 y M-02 registran contenidos de humedad de 4.17 % y 4.00 %, respectivamente, obteniéndose un promedio de 4.08 %, lo que evidencia una variación mínima entre muestras y una condición homogénea del material. Este nivel de humedad es representativo de un agregado fino en estado natural y resulta relevante para el diseño de mezcla, ya que debe ser considerado en la corrección del contenido de agua efectiva del concreto, a fin de mantener la relación agua/cemento prevista y asegurar un adecuado comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido.

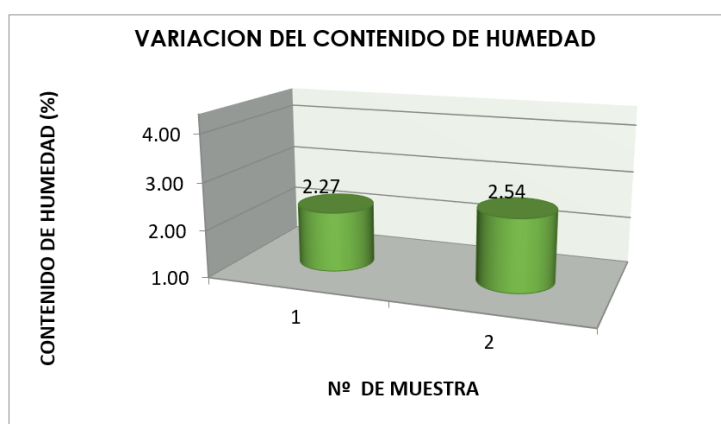
Tabla 9

Proporción de humedad AG

AGREGADO GRUESO			
CARACTERISTICAS		M - 01	M - 02
RECIPIENTE (Nº)		01	02
1. P. recip.	grs	26.40	28.70
2. P. recip. + muestra húmeda	grs	391.2	384.6
3. P. recip. + muestra seca	grs	383.1	375.8
4. P. líquido	cc	8.10	8.80
5. P. muestr. seca neta	grs	356.70	347.10
6. Proporción de humedad	%	2.27	2.54
PROMEDIO DE PROPORCIÓN DE HUMEDAD (%)		2.40	

Figura 11

Proporción de humedad AG



Interpretación

La Tabla 9 y la Figura 11 presentan los resultados del ensayo de determinación del Proporción de humedad del agregado grueso, realizado conforme a la ASTM C566 y la NTP 400.037. Los valores obtenidos para las muestras M-01 y M-02 muestran contenidos de humedad de 2.27 % y 2.54 %, respectivamente, obteniéndose un promedio de 2.40 %, lo que evidencia una baja variabilidad entre las muestras y una condición uniforme del agregado grueso. Este Proporción de humedad es característico de materiales pétreos de mayor

tamaño y debe ser considerado en el ajuste del agua de mezclado durante el diseño del concreto, a fin de controlar adecuadamente la relación agua/cemento y garantizar la consistencia y el desempeño mecánico del concreto.

4.3.1.3 Peso específico y abs.

Figura 12

Ensayo de abs. de agregados con horno



Tabla 10

Peso específico y abs. AF

P. ESPEC. Y ABS. DE AGREGADO FINO			
Nº	Descrip.	und.	Proporción
1	P. del agregado. superficialmente seca	gr.	510.00
2	P. del picnómetro + p. del líquido	gr.	720.40
3	P. de la árido seco superficial+ P. del picnómetro + p. del líquido	gr.	1030.60
4	P. del árido secada al horno + peso de la tara	gr.	615.80
5	P. del recip.	gr.	120.60
6	P. del árido secada al horno (4-5)	gr.	495.20
Resultados			
1	P. esp. aparente	gr/cm3	2.48
2	% abs.	%	2.99

Interpretación

La Tabla 10 revela los hallazgos del análisis de peso específico y abs. del agregado fino, llevado a cabo según las normas ASTM C128 y NTP 400.022. El agregado fino examinado exhibe un P. esp. aparente de 2.48 g/cm³, una cifra que se enmarca en la norma para agregados naturales empleados en concreto. Además, el 2.99 % de abs. revela una capacidad moderada para tomar agua. Este comportamiento es crucial para la creación de la mezcla, pues impacta directamente en la capacidad de agua efectiva y en la resistencia del concreto, requiriendo así tener en cuenta este valor para asegurar una armonía entre agua y cemento y un rendimiento mecánico óptimo del material endurecido.

Tabla 11

Peso específico y abs. AG

P. ESPEC. Y ABS. DE AGREGADO GRUESO			
N°	Descrip.	und.	Proporción
1	P. del agregado. secada al horno	gr.	610.4
2	P. del agregado. saturada superficialmente seca	gr.	623.9
3	P. probet. aforado + p. del líquido	gr.	1520.8
4	P. probet. + p. del líquido + P. del agregado. satur. super. Seca	gr.	1895.6
5	P. del recip.	gr.	118.2
6	P. del agregado. secada al horno + P. del recip.	gr.	728.6
resultados			
1	P. esp. aparente	gr/cm ³	2.45
2	% abs.	%	2.21

Interpretación

Los descubrimientos del experimento de peso específico y abs. del agregado grueso se detallan en la Tabla 11. El grano analizado revela un P. esp. aparente

de 2.45 g/cm^3 , un índice emblemático de los materiales pétreos ideales para la creación de concreto estructural. Asimismo, el 2.21 % de abs. indica una abs. moderada y una calidad del material adecuada. Estos descubrimientos son cruciales para la creación de la mezcla, ya que permiten ajustar el contenido de agua de amasado, asegurar la armonía entre agua y cemento, y fomentar un desempeño mecánico excepcional y longevidad del concreto.

4.3.1.4 P. unit. suelto y compactado de los agregados

Figura 13

Ensayo de peso suelto y compactado de los agregados



Tabla 12

P. unit. suelto AF

P. UNIT. SUELTO AF				
Descrip.	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
P. de la masa + molde	g	19120	19105	19130
Masa total del molde	g	10010	10010	10010
P. de la masa	g	9110	9095	9120
Capacidad volumétrica del molde	cm3	5559.84	5559.84	5559.84
P. unit	g/cm3	1.639	1.636	1.640
Promedio	g/cm3	1.638		

Tabla 13

Peso unit compactado AF

P. UNIT VARILLADO AF				
Descrip.	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
P. de la masa + molde	g	20140	20110	20125
Masa total del molde	g	10010	10010	10010
P. de la masa	g	10130	10100	10115
Capacidad volumétrica del molde	cm3	5559.84	5559.84	5559.84
P. unit	g/cm3	1.822	1.817	1.819
Promedio	g/cm3	1.819		

Interpretación

En las Tablas 12 y 13 se presentan los resultados obtenidos conforme a los procedimientos establecidos en las normas ASTM C29/C29M y NTP 400.017. El agregado fino evaluado registró un p. unit. promedio en condición suelta de 1.638 g/cm³, mientras que en estado compactado alcanzó un valor promedio de 1.819 g/cm³, evidenciando un incremento de la densidad como consecuencia del proceso de compactación. La reducida dispersión observada entre las tres muestras analizadas confirma la uniformidad del material ensayado. Los valores

obtenidos son representativos de un agregado fino adecuadamente graduado y resultan determinantes para el cálculo del volumen absoluto en el diseño de mezclas de concreto, dado que influyen directamente en la dosificación de los materiales, la trabajabilidad y el control del contenido de vacíos de la mezcla.

Tabla 14*P. unit suelto AG*

P. UNIT SUELTO AG				
Descrip.	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
P. de la masa + molde	g	18520	18490	18510
Masa total del molde	g	10010	10010	10010
P. de la masa	g	8510	8480	8500
Capacidad volumétrica del molde	cm3	5559.84	5559.84	5559.84
P. unit	g/cm3	1.531	1.525	1.529
Promedio	g/cm3	1.528		

Tabla 15*P. unit compactado AG*

P. UNIT VARILLADO AG				
Descrip.	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
P. de la masa + molde	g	19420	19410	19430
Masa total del molde	g	10010	10010	10010
P. de la masa	g	9410	9400	9420
Capacidad volumétrica del molde	cm3	5559.84	5559.84	5559.84
P. unit	g/cm3	1.692	1.691	1.694
Promedio	g/cm3	1.692		

Interpretación

La Tabla 14 y la Tabla 15 exhiben los hallazgos derivados del ensayo efectuado de acuerdo con las normas ASTM C29 / C29M y la NTP 400.017 respectivamente. El agregado grueso presenta un promedio de P. unit suelto de

1.528 g/cm³, mientras que el promedio de P. unit compactado de 1.692 g/cm³, lo que evidencia un aumento en la densidad al aplicar la compactación, un fenómeno característico de agregados de mayor tamaño. La insignificante variabilidad entre las muestras examinadas evidencia la homogeneidad del material.

Ensayo de abrasión los ángeles para el agregado grueso

Tabla 16

Abrasión los ángeles AG

N° de Malla		PROPORCIÓN			MATERIA L RETENID O EN EL TAMIZ N° 12	% DE DESGAST E DE ABRASION	METOD O	PROPORCIÓN N DE ESFERAS
PASANTE	RETENIDO	PESO	UNIDAD	%del total inicial				
1 ½"	1"	1280	gr.	25.60%	4150 gr.	850 gr.	A	12
1"	¾"	1215	gr.	24.30%				
¾"	½"	1230	gr.	24.60%				
½"	⅜"	1275	gr.	25.50%				
Total inicial en peso		5000	gr.					
Total en porcentaje			%	100.00 %		17.00%		

Observación: tamaños menores (500 revoluciones)

Interpretación

En la Tabla 16 se muestran los resultados del ensayo de abrasión Los Ángeles del agregado grueso, según la norma ASTM C131 / C131M (para tamaños menores) y NTP 400.019. El árido graduado sometido a 500 revoluciones con 12 esferas tiene una pérdida total por desgaste de 17.00 %, partiendo de 5000 g iniciales y 850 g perdidos. Este valor muestra una alta resistencia al desgaste y a la disgregación, manteniéndose dentro de los límites permitidos para agregados de concreto estructural. El bajo valor de abrasión es un indicador de la buena calidad y resistencia del material ante esfuerzos mecánicos, lo que favorece el comportamiento del concreto en servicio.

4.3.2 Diseño de mezclas

1. Diseño de mezclas de C° adicionado convencional = 210Kg/cm²

2. Normativa y método de diseño

El diseño de mezclas se llevó a cabo siguiendo el método ACI 211.1, el cual establece lineamientos técnicos para definir las proporciones de los materiales del concreto en función de la resistencia especificada, trabajabilidad y características de los agregados. Adicionalmente, se tomaron en cuenta las normas ASTM y NTP para el concreto y sus materiales componentes.

3. Datos generales de diseño

Los parámetros de diseño de las mezclas de concreto son:

- Resistencia especificada del concreto: 210 kg/cm²
- Tipo de concreto: Hormigón normal
- Consistencia necesaria: Plástica
- Asentamiento esperado: 4" - 5"
- Tamaño máximo nominal del agregado grueso: 3/4"
- Tipo de cemento: Cemento Portland Tipo I
- Estado de exposición: Normal
- Aditivo mineral: Humo de sílice
- Método de diseño: ACI 211.1

4. Selección de la relación agua/material cementante

Para la resistencia de diseño de 210 kg/cm² se empleó una relación agua/material cementante de 0.58, la misma recomendada para concretos comunes no expuestos a ambientes agresivos. Esta justificación proporciona una relación que logra un buen equilibrio entre resistencia y trabajabilidad y que

se mantuvo en todas las mezclas diseñadas para asegurar la comparabilidad de los resultados.

5. Determinación del contenido de agua

De acuerdo con el método ACI 211.1 y considerando el asentamiento requerido (4"–5") y el tamaño máximo nominal del agregado grueso, se adoptó un contenido de agua de:

$$\text{Agua} = 185 \text{ kg/m}^3$$

Este valor se mantuvo constante para todas las mezclas, tanto para el C° Base como para aquellas con adición de humo de sílice.

6. Cálculo del contenido de material cementante

El contenido de material cementante se determinó a partir de la relación agua/material cementante adoptada, según la siguiente expresión:

$$\text{Material cementante} = 1850.58 = 319 \text{ kg/m}^3$$

Este valor corresponde al total de material cementante (cemento + humo de sílice), el cual se mantiene constante en todas las mezclas, variando únicamente la proporción de reemplazo del cemento por humo de sílice.

7. Criterio de proporcionalidad

Las proporciones de las mezclas se expresan en función del material cementante total, considerando como unidad base el cemento en el caso del C° Base, y el conjunto cemento–humo de sílice en las mezclas modificadas. Este criterio permite mantener constante la relación agua/material cementante y facilita la comparación directa del comportamiento mecánico de las distintas mezclas.

8. Diseño de mezclas de concreto

8.1. Mezcla patrón (0 % de humo de sílice)

Proporciones por metro cúbico:

- Cemento: 319 kg/m³
- Agua: 185 kg/m³
- Agregado fino: 740 kg/m³
- Agregado grueso: 1050 kg/m³
- Humo de sílice: 0 kg/m³

Proporción en peso:

1 : 2.32 : 3.29 : 0.58

(Cemento : Arena : Grava : Agua)

8.2. Mezcla con 5 % de humo de sílice

Material cementante total:

- Cemento: 303 kg/m³
- Humo de sílice: 16 kg/m³
- Total: 319 kg/m³

Proporciones por metro cúbico:

Agua: 185 kg/m³

Agregado fino: 735 kg/m³

Agregado grueso: 1050 kg/m³

Proporción en peso:

1 : 2.30 : 3.29 : 0.58

Nota: El material cementante está compuesto por 95 % de cemento y 5 % de humo de sílice.

8.3. Mezcla con 10 % de humo de sílice

Material cementante total:

- Cemento: 287 kg/m³



- Humo de sílice: 32 kg/m^3
- Total: 319 kg/m^3

Proporciones por metro cúbico:

- Agua: 185 kg/m^3
- Agregado fino: 730 kg/m^3
- Agregado grueso: 1050 kg/m^3

Proporción en peso:

1 : 2.29 : 3.29 : 0.58

Nota: El material cementante está compuesto por 90 % de cemento y 10

% de humo de sílice.

9. Tabla resumen de proporciones

C° Base (0 % HS): 1 : 2.32 : 3.29 : 0.58

C° adicionado con 5 % HS: 1 : 2.30 : 3.29 : 0.58

C° adicionado con 10 % HS: 1 : 2.29 : 3.29 : 0.58

Figura 14

Elaboración de la mezcla con adición de 5 y 10 % de humo de sílice



4.3.3 Asentamiento del concreto

Figura 15

Asentamiento del concreto

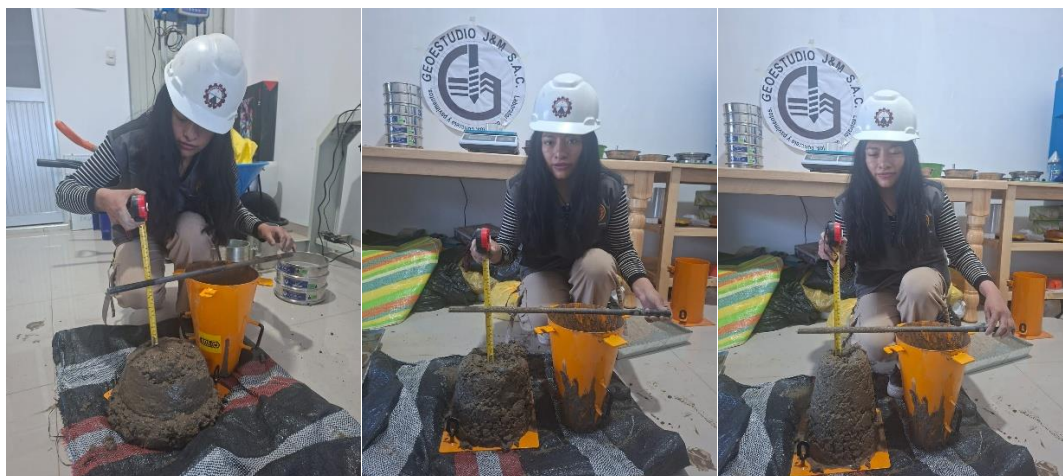


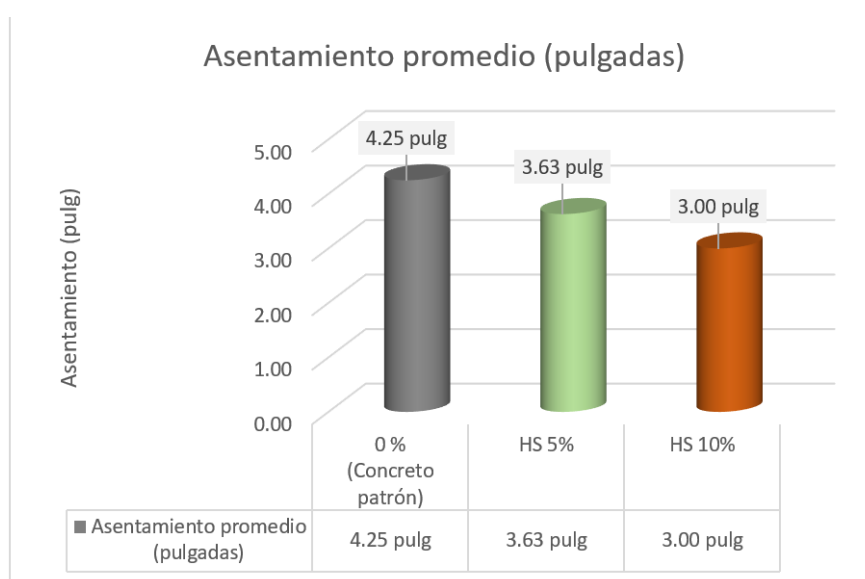
Tabla 17

Resumen de asentamiento

Porcentaje de humo de sílice (%)	Asentamiento promedio (pulgadas)	Consistencia
0 % (C° Base)	4.25 pulg	Plástico
HS 5%	3.63 pulg	Plástico
HS 10%	3.00 pulg	Plástico-seco

Figura 16

Resumen del asentamiento



Interpretación

La Tabla 17 y la Figura 16 revelan los descubrimientos del análisis de asentamiento del hormigón, realizado conforme a las directrices ASTM C143 / C143M. El hormigón patrón, con un 0% de humo de sílice, muestra un asentamiento promedio de 4.25 pulgadas, lo que indica una consistencia rígida. Además, la adición de un 5% de humo de sílice reduce el asentamiento a 3.63 pulgadas, manteniendo intacta la consistencia del material. Asimismo, el 10% de humo de sílice disminuye el asentamiento a 3.00 pulgadas, catalogándolo como plástico-seco. Estos descubrimientos revelan que la elevación del humo de sílice

disminuye paulatinamente la eficacia del hormigón, debido a su abundancia de partículas diminutas y su vasta superficie específica. Esta situación incrementa la sed y perturba la fluidez de la mezcla, mermando así la fluidez de la mezcla.

4.3.4 Análisis resumen de la resistencia $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ del concreto agregado con humo de sílice

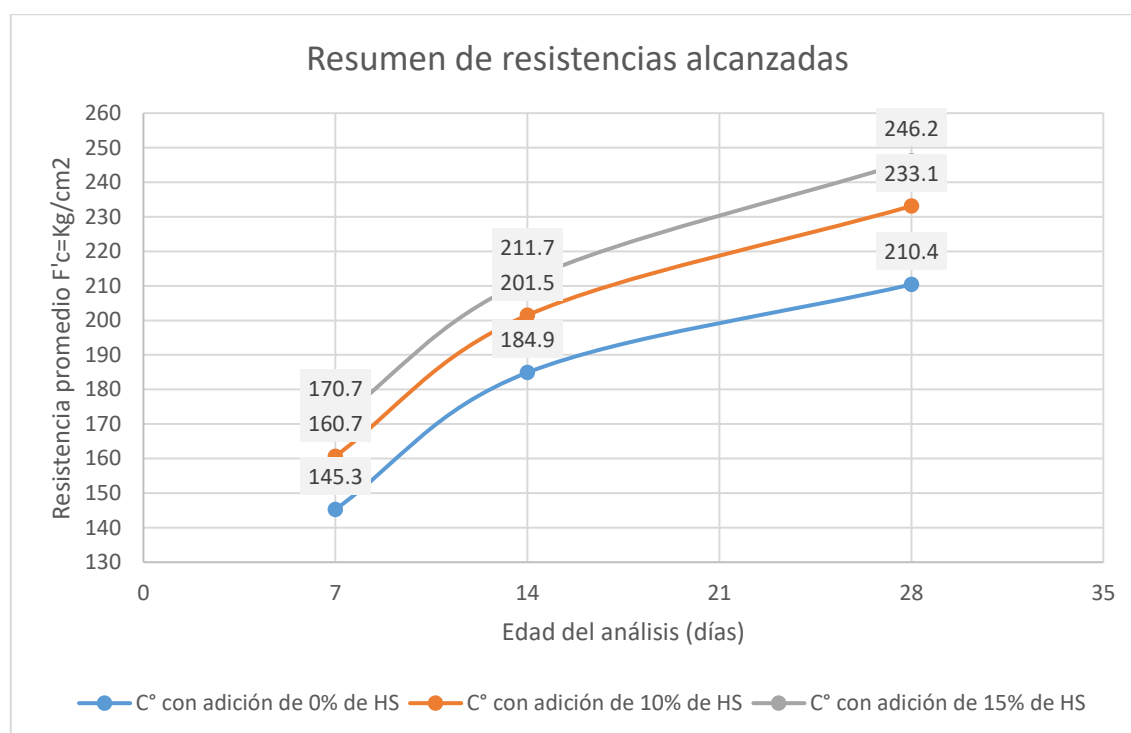
Tabla 18

Resumen de las resistencias

Resumen de las resistencias alcanzadas en días y porcentaje de adición añadido					
Tipo de concreto	% Humo de sílice	Edad (días)	Área (cm ²)	Carga promedio (kg)	$f'c$ promedio (kg/cm ²)
C° Base	0%	7	176.71	25 667	145.3
C° Base	0%	14	176.71	32 667	184.9
C° Base	0%	28	176.71	37 167	210.4
C° adicionado con HS	5%	7	176.71	28 400	160.7
C° adicionado con HS	5%	14	176.71	35 600	201.5
C° adicionado con HS	5%	28	176.71	41 167	233.1
C° adicionado con HS	10%	7	176.71	30 167	170.7
C° adicionado con HS	10%	14	176.71	37 400	211.7
C° adicionado con HS	10%	28	176.71	43 500	246.2

Figura 17

Gráfica resumen de las resistencias



Interpretación

La Tabla 18 y la Figura 17 desvelan los hallazgos del análisis de rigidez del concreto, llevado a cabo según las especificaciones ASTM C39 / C39M. El patrón de hormigón, libre de humo de sílice, muestra resistencias de 145.3 kg/cm², 184.9 kg/cm² y 210.4 kg/cm² a lo largo de 7, 14 y 28 jornadas. Añadir un 5% de humo de sílice en un par de días transforma la resistencia en 160.7 kg/cm² en un par de semanas, 201.5 kg/cm² en un mes y 233.1 kg/cm² en un mes y medio. Con un 10% de humo de sílice, se alcanzan impresionantes cifras de 170.7 kg/cm², 211.7 kg/cm² y 246.2 kg/cm² para personas de igual edad. Estos hallazgos, ilustrados en la Figura 17, revelan que el humo de sílice, a través de su efecto puzolánico y la densidad de la matriz cementicia, aumenta paulatinamente la tenacidad del hormigón.

4.4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente sección tiene como finalidad interpretar, analizar y contrastar los resultados obtenidos en los ensayos experimentales realizados, en función de los objetivos planteados y las hipótesis formuladas. Conforme a la metodología del Dr. Supo, la discusión no se limita a describir los valores obtenidos, sino que busca explicar las causas del comportamiento observado y relacionarlo con estudios previos a nivel internacional, nacional y local.

4.4.1 *Discusión de la f_c del C° adicionado convencional*

Con respecto al propósito particular de evaluar la incidencia del humo de sílice en la f_c del hormigón convencional, los hallazgos señalan que la incorporación de humo de sílice propicia un incremento progresivo de la resistencia mecánica en comparación con el hormigón estándar, particularmente a las edades de curado de 14 y 28 días.

El hormigón patrón, con un 0% de humo de sílice, exhibió un desarrollo de resistencia normal, alcanzando valores que se alinean con la resistencia de diseño a los 28 días. No obstante, las combinaciones con 5 % y 10 % de humo de sílice exhibieron un comportamiento mecánico superior, documentando valores superiores de f_c en todas las etapas de evaluación. Este comportamiento corrobora que el humo de sílice ejerce una influencia positiva en la resistencia del hormigón convencional.

Desde una óptica técnica, la robustez del cemento puede deberse a la danza puzolánica del humo de sílice, que, gracias a su finura insuperable y alta reactividad, se entrelaza con el hidróxido de calcio liberado durante la hidratación, generando productos cementicios adicionales. Este método

potencia la solidez de la matriz cementante, reduciendo la fricción y maximizando la unión entre la pasta de cemento y los agregados.

Además, se apreció un aumento en la tenacidad en edades tardías, lo que también concuerda con la forma en que actúan en la vida real los materiales puzolánicos, que contribuyen mecánicamente a partir de los primeros días de curado. Esto prueba que el humo de sílice no solo mejora la resistencia inicial, sino que también optimiza el rendimiento mecánico a largo plazo.

4.4.2 Comparación de los resultados con antecedentes de investigación

Los descubrimientos de esta investigación coinciden con estudios previos llevados a cabo en esferas globales, nacionales y locales. Investigaciones globales revelan que la adición de humo de sílice en dosis moderadas incrementa notablemente la fortaleza frente a la compresión del hormigón tradicional, atribuida a la perfección de su microestructura interna.

En paralelo, investigaciones nacionales llevadas a cabo en múltiples rincones del país revelan que la adición de humo de sílice en proporciones que varían entre el 5 % y el 10% potencia notablemente las características mecánicas del concreto. Estas investigaciones subrayan que el uso de humo de sílice potencia la creación de concretos más robustos y densos, especialmente en curaciones que superan los 14 días.

A nivel local, estudios desarrollados en la provincia de San Román, región Puno, muestran los mismos patrones, donde el humo de sílice refuerza la capacidad mecánica del hormigón convencional utilizado en construcciones civiles. En ese contexto, los hallazgos de esta investigación reafirman y amplían

el conocimiento anterior de que el humo de sílice también es efectivo en las condiciones ambientales específicas del distrito de San Miguel.

4.4.3 Determinación del porcentaje óptimo de humo de sílice

En lo que respecta al propósito particular de identificar el porcentaje óptimo de humo de sílice, los hallazgos indican que, aunque tanto el 5 % como el 10 % producen incrementos en la f'_c , el comportamiento del hormigón no mejora de manera proporcional con el incremento indefinido del contenido de humo de sílice.

El hormigón con un 5% de humo de sílice exhibió un equilibrio óptimo entre el aumento de resistencia y un comportamiento homogéneo del material, evidenciando una mejora notable en comparación con el hormigón estándar. En el escenario del 10% de humo de sílice, a pesar de que se registraron valores de resistencia superiores, el incremento no fue proporcional al aumento del contenido de adición. Esta observación se alinea con lo reportado en diversos precedentes, donde se señala que dosificaciones elevadas pueden provocar dificultades en la operación o una menor eficiencia del material cementante.

Comparativa con otros autores

Tabla 19

Comparativa con otros autores

Autor (año)	Lugar	Tipo de concreto	% humo de sílice	Propiedad evaluada	Resultado relevante
Flores Huamán (2021)	Cusco	Convencional	5 % y 10 %	Resistencia a compresión	Incremento de f'_c a 28 días
Mendoza Apaza (2021)	Puno	Convencional	5 %	Resistencia a compresión	Mejora significativa frente al patrón



Autor (año)	Lugar	Tipo de concreto	% humo de sílice	Propiedad evaluada	Resultado relevante
Quispe Mamani (2019)	Juliaca	Convencional	10 %	Propiedades mecánicas	Mayor desempeño mecánico

En consecuencia, los hallazgos derivados permiten postular que existe un rango óptimo de adición de humo de sílice, en el que se optimizan las ventajas mecánicas del hormigón convencional sin impactar negativamente su comportamiento global.

CONCLUSIONES

Conclusión General

Se llegó a la conclusión de que la incorporación de humo de sílice ejerció una influencia significativa en las características mecánicas del hormigón convencional empleado en el distrito de San Miguel, perteneciente a la provincia de San Román, en la región Puno. La incorporación regulada de este material facilitó la optimización del comportamiento mecánico del hormigón, demostrando un rendimiento superior en comparación con el hormigón sin adición. Esta evidencia corrobora la factibilidad técnica del empleo de humo de sílice como adición mineral en hormigón convencional.

Conclusión específica 1

Se concluyó que la incorporación de humo de sílice incrementó la capacidad de compresión del concreto tradicional en todas las edades de curado analizadas supera al patrón, revelando que la adición de mineral potencia la capacidad mecánica del material.

Conclusión específica 2

Se llegó a la conclusión de que el hormigón convencional con adición de humo de sílice exhibió un desempeño mecánico superior en comparación con el hormigón sin adición, registrándose diferencias favorables entre los % de 5 % y 10 %. Esto evidencia que la proporción de humo de sílice incorporado tiene un impacto directo en las propiedades mecánicas del hormigón.

Conclusión específica 3



Se llegó a la conclusión de que el porcentaje de humo de sílice que facilitó un equilibrio más óptimo entre la resistencia mecánica y el comportamiento del hormigón fue del 5%, dado que este contenido demostró un rendimiento apropiado sin alterar las propiedades generales del material.

.

RECOMENDACIONES

Recomendación 1

Utilizar humo de sílice como adición mineral en el C° adicionado convencional empleado en obras civiles del distrito de San Miguel, considerando porcentajes cercanos al 5 %, debido a su influencia favorable en las propiedades mecánicas del material.

Recomendación 2

Controlar adecuadamente la dosificación del humo de sílice durante el diseño de mezclas, a fin de evitar incrementos innecesarios que no generen mejoras significativas en el comportamiento mecánico del concreto.

Recomendación 3

Realizar estudios complementarios que evalúen el efecto del humo de sílice en otras propiedades del concreto, tales como durabilidad, permeabilidad y comportamiento frente a agentes agresivos, bajo las condiciones climáticas de la región Puno.

Recomendación 4

Difundir los resultados de la presente investigación entre profesionales del sector construcción, con el fin de promover el uso de adiciones minerales como alternativa para mejorar el desempeño del C° adicionado convencional y fomentar prácticas constructivas más sostenibles.



RREFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 211. (2002). Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete (ACI 211.1-91). American Concrete Institute.
- ACI Committee 318. (2019). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19). American Concrete Institute.
- ASTM International. (2019). ASTM C39/C39M – Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens. ASTM International.
- ASTM International. (2020). ASTM C1240 – Standard specification for silica fume used in cementitious mixtures. ASTM International.
- ASTM International. (2020). ASTM C192/C192M – Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory. ASTM International.
- ASTM International. (2021). ASTM C150/C150M – Standard specification for Portland cement. ASTM International.
- Bernal Torres, C. A. (2010). Metodología de la investigación (3.^a ed.). Pearson Educación.
- Condori Apaza, J. L. (2020). Influencia del humo de sílice en la f_c del C° adicionado convencional en el distrito de San Miguel, provincia de San Román, región Puno [Tesis de pregrado, Universidad Andina]. Repositorio institucional.



- Flores Huamán, R. A. (2021). Evaluación de la adición de humo de sílice en las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio institucional.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Hernández Sampieri, R. (2018). Metodología de la investigación científica. McGraw-Hill Education.
- Huanca Quispe, M. A. (2022). Efecto del humo de sílice en la resistencia mecánica del C° adicionado convencional en la provincia de San Román, Puno [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional.
- Malhotra, V. M., & Mehta, P. K. (2005). Pozzolanitic and cementitious materials. CRC Press.
- Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). Concrete: Microstructure, properties, and materials (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. MTC.
- Neville, A. M. (2011). Properties of concrete (5th ed.). Pearson Education.
- Quispe Mamani, L. F. (2019). Influencia del humo de sílice en las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional en la ciudad de Juliaca [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión]. Repositorio institucional.



Supo, J. (2014). Metodología de la investigación científica para las ciencias de la salud y sociales. Bioestadístico EIRL.

Tamayo y Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (4.^a ed.). Limusa.



ANEXOS



ANEXO 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA



Matriz de consistencia

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL C° ADICIONADO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL						
Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES						
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿De qué manera la adición de humo de sílice influye en las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional utilizado en el distrito de San Miguel? PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Cómo influye la adición de diferentes porcentajes de humo de sílice en la f'c del C° adicionado convencional a los 7, 14 y 28 días de curado en el distrito de San Miguel? ¿Qué diferencias se presentan en las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional al incorporar 0 %, 5 % y 10 % de humo de sílice como adición mineral en el distrito de San Miguel? ¿Cuál es el porcentaje de humo de sílice que permite mejorar las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional empleado en el distrito de San Miguel?	Analizar la influencia de la adición de humo de sílice en las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional utilizado en el distrito de San Miguel. OBJETIVOS ESPECIFICOS Evaluar la f'c del C° adicionado convencional con adición de 0 %, 5 % y 10 % de humo de sílice a los 7, 14 y 28 días de curado en el distrito de San Miguel. Comparar las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional patrón con las de las mezclas modificadas mediante la adición de humo de sílice en el distrito de San Miguel. Determinar el porcentaje de humo de sílice que permite mejorar las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional empleado en el distrito de San Miguel.	La adición de humo de sílice influye significativamente en las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional utilizado en el distrito de San Miguel. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS La adición de diferentes porcentajes de humo de sílice influye significativamente en la f'c del C° adicionado convencional a los 7, 14 y 28 días de curado en el distrito de San Miguel. La incorporación de humo de sílice en porcentajes de 5 % y 10 % mejora las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional en comparación con el C° Base sin adición, en el distrito de San Miguel. Existe un porcentaje de humo de sílice que optimiza las propiedades mecánicas del C° adicionado convencional utilizado en el distrito de San Miguel.	VARIABLE 1 VI: Adición de humo de sílice VARIABLE 2 VD: Propiedades mecánicas del concreto	Dosificación F'c	Humo de sílice al 0% Humo de sílice al 5% Humo de sílice al 10% f'c (kg/cm²) a 7, 14 y 28 días	TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Diseño experimental MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN Método experimental Población Desde el punto de vista experimental, la población comprende todas las posibles briquetas de concreto que podrían ser fabricadas bajo las mismas condiciones de diseño de mezcla, materiales y procedimientos de curado empleados en el estudio. Muestra La muestra está conformada por briquetas cilíndricas de concreto de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, elaboradas en laboratorio con mezclas de C° adicionado convencional que incorporan diferentes porcentajes de humo de sílice como adición mineral.



ANEXO 02

ENSAYOS DE LABORATORIO



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN :

CANtera : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

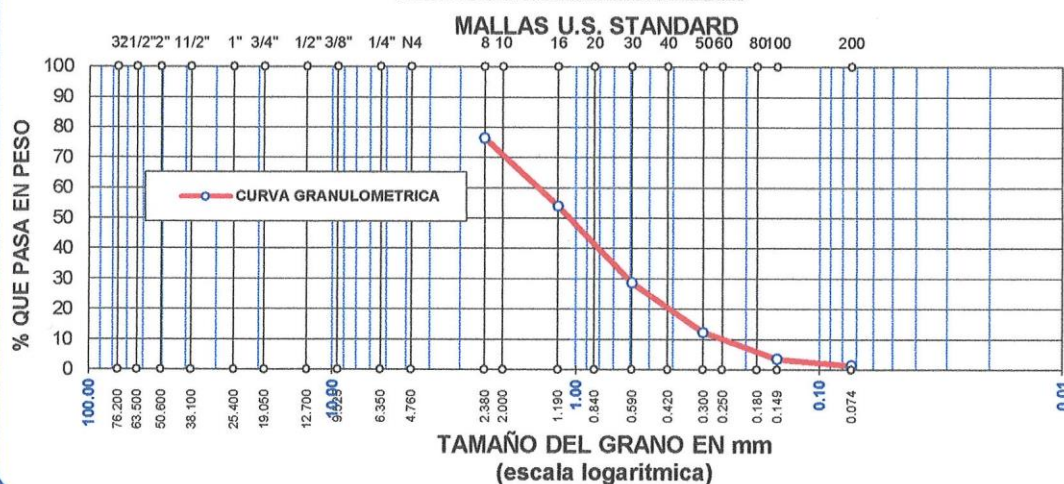
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM C136 NTP 400.012)

AGREGADO FINO

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	MATERIAL OBTENIDO		
3"	76.200					GRAVA GRUESA	GRAVA	
2 1/2"	63.500							
2"	50.600							
1 1/2"	38.100							
1"	25.400							
3/4"	19.050							
1/2"	12.700							
3/8"	9.525					GRAVA FINA		
1/4"	6.350							
No4	4.760							
No8	2.380	118.40	23.53	23.53	76.47	ARENA GRUESA	ARENA	
No10	2.000							
No16	1.190	112.60	22.38	45.92	54.08			
No20	0.840					ARENA MEDIA		
No30	0.590	127.10	25.26	71.18	28.82			
No40	0.420							
No 50	0.300	82.40	16.38	87.56	12.44	ARENA FINA		
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.149	44.10	8.77	96.32	3.68			
No200	0.074	10.60	2.11	98.43	1.57			
BASE		7.90	1.57	100.00	0.00			LIMOS
TOTAL		503.10	100.00					

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones:



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC/20513137921
Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

CANtera : UNOCOLLA

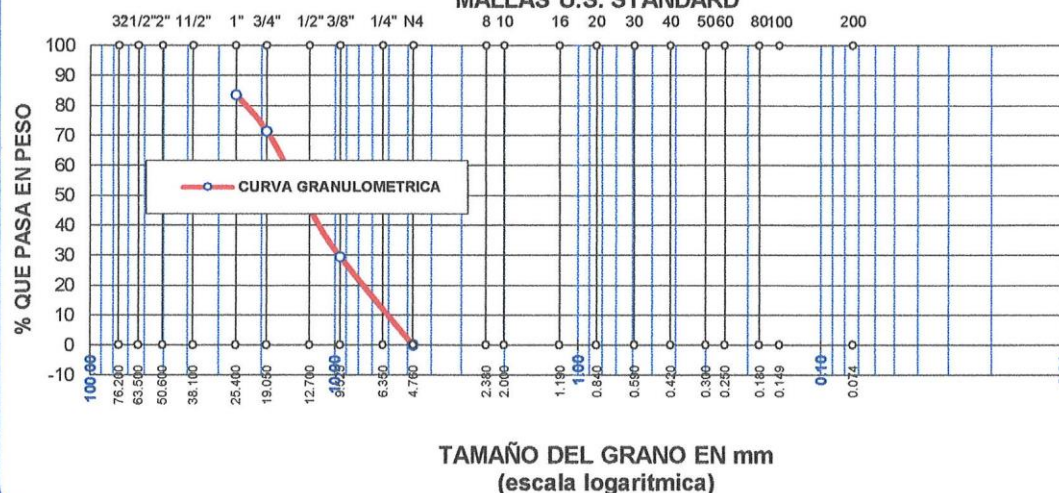
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM C136 NTP 400.012)

AGREGADO GRUESO

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	MATERIAL OBTENIDO	
3"	76.200					GRAVA GRUESA	GRAVA
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	580.00	16.57	16.57	83.43		
3/4"	19.050	420.00	12.00	28.57	71.43		
1/2"	12.700	910.00	26.00	54.57	45.43	GRAVA FINA	
3/8"	9.525	560.00	16.00	70.57	29.43		
1/4"	6.350					ARENA GRUESA	ARENA
No4	4.760	1030.00	29.43	100.00	0.00		
No8	2.380						
No10	2.000						
No16	1.190					ARENA MEDIA	
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420					ARENA FINA	
No 50	0.300						
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149						
No200	0.074						
BASE		0.00	0.00	100.00	0.00	LIMOS	
TOTAL		3500.00	100.00				

CURVA GRANULOMETRICA**MALLAS U.S. STANDARD**

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20513137921Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA
Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN :

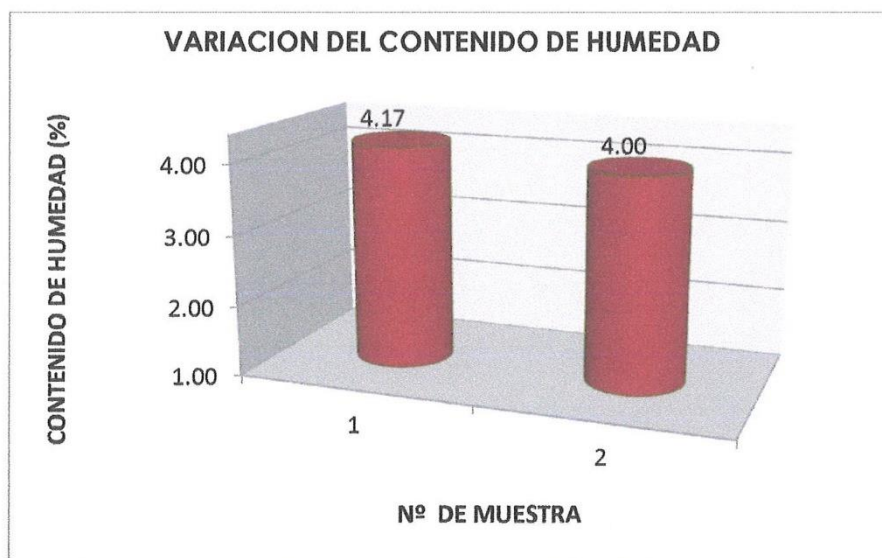
CANtera : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D - 2216 - MTC - E 108 - NTP 400.012)

AGREGADO FINO		
CARACTERÍSTICAS	M - 01	M - 02
RECIPIENTE (Nº)	01	02
1. Peso de recipiente	grs	29.20
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	321.6
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	309.9
4. Peso de agua	cc	11.70
5. Peso de la muestra seca neta	grs	280.70
6. Contenido de humedad	%	4.17
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.08	



Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921

Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

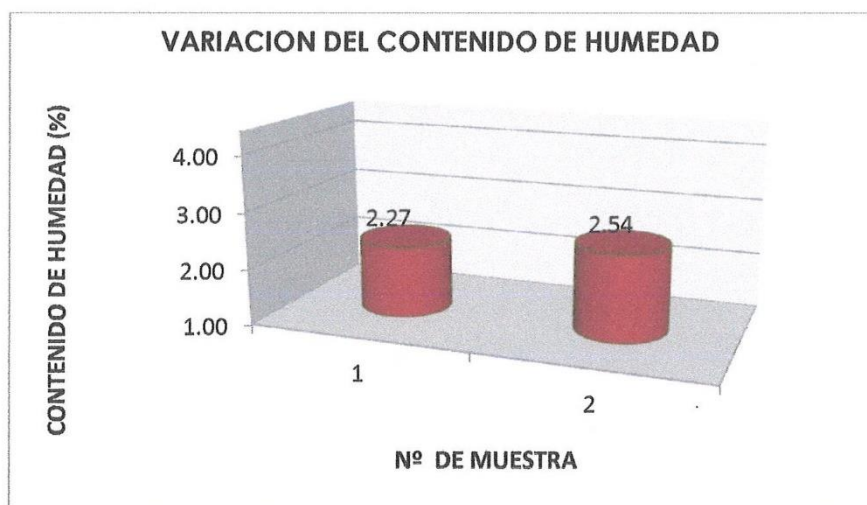
CANTERA : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D - 2216 - MTC - E 108 - NTP 400.012)

AGREGADO GRUESO			
CARACTERÍSTICAS		M - 01	M - 02
RECIPIENTE (Nº)		01	02
1. Peso de recipiente	grs	26.40	28.70
2. Peso recipiente + muestra húmeda	grs	391.2	384.6
3. Peso recipiente + muestra seca	grs	383.1	375.8
4. Peso de agua	cc	8.10	8.80
5. Peso de la muestra seca neta	grs	356.70	347.10
6. Contenido de humedad	%	2.27	2.54
PROMEDIO DE CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		2.40	



Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921

Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

CANTERA : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN

(ASTM C127 - ASTM C128 - NTP 400.037)

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO FINO			
N°	Descripción	und.	Cantidad
1	Peso de la muestra superficialmente seca	gr.	510.00
2	Peso del picnómetro + peso del agua	gr.	720.40
3	Peso de la arena superficialmente seca + peso del picnómetro + peso del agua	gr.	1030.60
4	Peso de la arena secada al horno + peso de la tara	gr.	615.80
5	Peso de la tara	gr.	120.60
6	Peso de la arena secada al horno (4-5)	gr.	495.20
Resultados			
1	Peso específico aparente $(6/(2+1-3))$	gr/cm ³	2.48
2	Porcentaje de absorción $((1-6)/6)$	%	2.99

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DE AGREGADO GRUESO			
N°	Descripción	und.	Cantidad
1	Peso de la muestra secada al horno	gr.	610.4
2	Peso de la muestra saturada superficialmente seca	gr.	623.9
3	Peso de la probeta aforada + peso del agua	gr.	1520.8
4	Peso de la probeta + peso del agua + peso de la muestra satur. super. Seca	gr.	1895.6
5	Peso de la tara	gr.	118.2
6	Peso de la muestra secada al horno + peso de la tara	gr.	728.6
resultados			
1	Peso específico aparente $(6/(2+1-3))$	gr/cm ³	2.45
2	Porcentaje de absorción $((1-6)/6)$	%	2.21

Observaciones:



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921

Kevin Quapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

CANTERA : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

PESO UNITARIO

(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

PESO UNITARIO SUELTO AF

Descripción	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	19120	19105	19130
Peso del molde	g	10010	10010	10010
Peso del material	g	9110	9095	9120
Volumen del molde	cm3	5559.84	5559.84	5559.84
Peso unitario	g/cm3	1.639	1.636	1.640
Promedio	g/cm3	1.638		

PESO UNITARIO VARILLADO AF

Descripción	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	20140	20110	20125
Peso del molde	g	10010	10010	10010
Peso del material	g	10130	10100	10115
Volumen del molde	cm3	5559.84	5559.84	5559.84
Peso unitario	g/cm3	1.822	1.817	1.819
Promedio	g/cm3	1.819		

Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921Kevin Quilapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTAJulio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

CANTERA : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

PESO UNITARIO
(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO AG				
Descripción	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	18520	18490	18510
Peso del molde	g	10010	10010	10010
Peso del material	g	8510	8480	8500
Volumen del molde	cm3	5559.84	5559.84	5559.84
Peso unitario	g/cm3	1.531	1.525	1.529
Promedio	g/cm3	1.528		

PESO UNITARIO VARILLADO AG				
Descripción	Und.	N° de muestras		
		1	2	3
Peso del material + molde	g	19420	19410	19430
Peso del molde	g	10010	10010	10010
Peso del material	g	9410	9400	9420
Volumen del molde	cm3	5559.84	5559.84	5559.84
Peso unitario	g/cm3	1.692	1.691	1.694
Promedio	g/cm3	1.692		

Observaciones:



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921

Kevin Quispe Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



GEOESTUDIO J & M S.A.C. RUC: 20613137921
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

CANTERA : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

ABRASIÓN LOS ÁNGELES

(ASTM C131/C131M- NTP 400.019)

N° de Malla		CANTIDAD		MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ N° 12	% DE DESGASTE DE ABRASION	METODO	CANTIDAD DE ESFERAS
PASANTE	RETENIDO	PESO	UNIDAD				
1 1/2"	1"	1280	gr.				
1"	3/4"	1215	gr.				
3/4"	1/2"	1230	gr.				
1/2"	3/8"	1275	gr.				
Total inicial en peso		5000	gr.	4150 gr.	850 gr.		
Total en porcentaje			%		17.00%		

Observación: tamaños menores (500 revoluciones)



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921

Kevin Quispe Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

CANTERA : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

DISEÑO DE MEZCLAS

(ASTM C29 / C29M - NTP 400.023)

2. Normativa y método de diseño

El diseño de mezclas se realizó empleando el **método ACI 211.1**, el cual proporciona criterios técnicos para la determinación de las proporciones de los materiales del concreto en función de la resistencia requerida, la trabajabilidad y las características de los agregados. De manera complementaria, se consideraron los lineamientos establecidos en las normas **ASTM** y **NTP** aplicables al concreto y a sus materiales constituyentes.

3. Datos generales de diseño

Los parámetros considerados para el diseño de las mezclas de concreto son los siguientes:

Resistencia especificada del concreto: **210 kg/cm²**

Tipo de concreto: **Concreto convencional**

Consistencia requerida: **Plástica**

Asentamiento esperado: **4" – 5"**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso: **¾"**

Tipo de cemento: **Cemento Portland Tipo I**

Condición de exposición: **Normal**

Aditivo mineral: **Humo de sílice**

Método de diseño: **ACI 211.1**

4. Selección de la relación agua/material cementante

Para la resistencia especificada de **210 kg/cm²**, se adoptó una **relación agua/material cementante de 0.58**, valor recomendado para concretos convencionales que no se encuentran expuestos a ambientes agresivos. Esta relación permite obtener un equilibrio adecuado entre resistencia y trabajabilidad, manteniéndose constante en todas las mezclas diseñadas con el fin de asegurar la comparabilidad de los resultados.

5. Determinación del contenido de agua

De acuerdo con el método ACI 211.1 y considerando el asentamiento requerido (4"–5") y el tamaño máximo nominal del agregado grueso, se adoptó un contenido de agua de:

Agua = 185 kg/m³

Este valor se mantuvo constante para todas las mezclas, tanto para el concreto patrón como para aquellas con adición de humo de sílice.

6. Cálculo del contenido de material cementante

El contenido de material cementante se determinó a partir de la relación agua/material cementante adoptada, según la siguiente expresión:

Material cementante = $1850.58 = 319 \text{ kg/m}^3$

$$\text{Material cementante} = \frac{185}{0.58} = 319 \text{ kg/m}^3$$



Este valor corresponde al total de material cementante (cemento + humo de sílice), el cual se mantiene constante en todas las mezclas, variando únicamente la proporción de reemplazo del cemento por humo de sílice.

7. Criterio de proporcionalidad

Las proporciones de las mezclas se expresan en función del **material cementante total**, considerando como unidad base el cemento en el caso del concreto patrón, y el conjunto cemento-humo de sílice en las mezclas modificadas. Este criterio permite mantener constante la relación agua/material cementante y facilita la comparación directa del comportamiento mecánico de las distintas mezclas.

8. Diseño de mezclas de concreto

8.1. Mezcla patrón (0 % de humo de sílice)

Cantidades por metro cúbico:

Cemento: **319 kg/m³**

Agua: **185 kg/m³**

Agregado fino: **740 kg/m³**

Agregado grueso: **1050 kg/m³**

Humo de sílice: **0 kg/m³**

Proporción en peso:

1 : 2.32 : 3.29 : 0.58

(Cemento : Arena : Grava : Agua)

8.2. Mezcla con 5 % de humo de sílice

Material cementante total:

Cemento: **303 kg/m³**

Humo de sílice: **16 kg/m³**

Total: **319 kg/m³**

Cantidades por metro cúbico:

Agua: **185 kg/m³**

Agregado fino: **735 kg/m³**

Agregado grueso: **1050 kg/m³**

Proporción en peso:

1 : 2.30 : 3.29 : 0.58

Nota: El material cementante está compuesto por **95 % de cemento y 5 % de humo de sílice**.

8.3. Mezcla con 10 % de humo de sílice

Material cementante total:

Cemento: **287 kg/m³**

Humo de sílice: **32 kg/m³**

Total: **319 kg/m³**

Cantidades por metro cúbico:

Agua: **185 kg/m³**

Agregado fino: **730 kg/m³**



Agregado grueso: 1050 kg/m³

Proporción en peso:

1 : 2.29 : 3.29 : 0.58

Nota: El material cementante está compuesto por 90 % de cemento y 10 % de humo de sílice.

9. Tabla resumen de proporciones

Concreto patrón (0 % HS): 1 : 2.32 : 3.29 : 0.58

Concreto con 5 % HS: 1 : 2.30 : 3.29 : 0.58

Concreto con 10 % HS: 1 : 2.29 : 3.29 : 0.58


Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059


GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC/20613137921

Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

CANTERA : UNOCOLLA

FECHA : NOVIEMBRE DEL 2024

ASENTAMIENTO

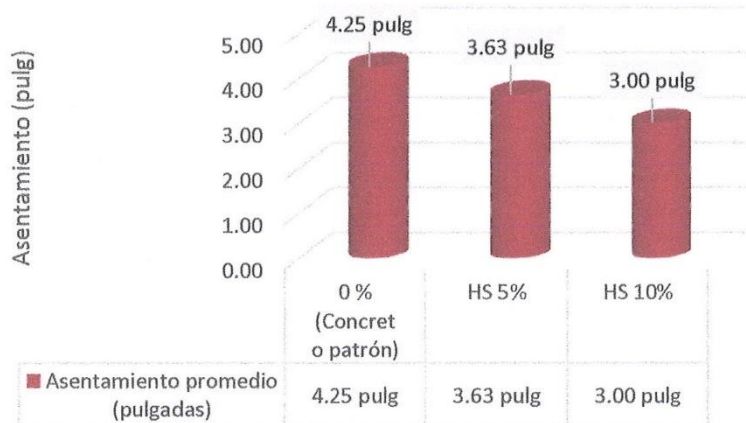
(ASTM C143 / C143M – NTP 339.046)

Muestra	Asentamiento (pulgadas)	Asentamiento (cm)	Consistencia
Concreto Patrón – 1	4 1/8"	10.5	Plástico
Concreto Patrón – 2	4 3/8"	11.1	Plástico
Concreto Patrón – 3	4 1/4"	10.8	Plástico
Promedio	4.25"	10.8	Plástico

Muestra	Asentamiento (pulgadas)	Asentamiento (cm)	Consistencia
HS 5 % – 1	3 3/4"	9.5	Plástico
HS 5 % – 2	3 5/8"	9.2	Plástico
HS 5 % – 3	3 1/2"	8.9	Plástico
Promedio	3.63"	9.2	Plástico

Muestra	Asentamiento (pulgadas)	Asentamiento (cm)	Consistencia
HS 10 % – 1	3 1/8"	7.9	Plástico-seco
HS 10 % – 2	3"	7.6	Plástico-seco
HS 10 % – 3	2 7/8"	7.3	Plástico-seco
Promedio	3.00"	7.6	Plástico-seco

Asentamiento promedio (pulgadas)



Observaciones:

GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC: 20613137921

Kevin Quiapaza Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA

Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



PROYECTO : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

SOLICITANTE : Bach. GILMA TANIA QUISPE VENTURA

UBICACIÓN : PROVINCIA DE SAN ROMÁN - DISTRITO DE SAN MIGUEL

CANTERA : UNOCOLLA

FECHA : DICIEMBRE DEL 2024

COMPRESIÓN DEL CONCRETO

(ASTM C39 / C39M - NTP 339.034)

Concreto patrón (0 % humo de sílice) – 7 días

Nº	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	7	15	30	176.71	25 000	141.5	Cónica	Falla normal
2	7	15	30	176.71	25 800	146.1	Cónica	Rotura uniforme
3	7	15	30	176.71	26 200	148.3	Cónica	Sin fisuras previas
Promedio						145.3		

Concreto patrón (0 % humo de sílice) – 14 días

Nº	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	14	15	30	176.71	32 000	181.1	Cónica	Falla normal
2	14	15	30	176.71	32 800	185.7	Cónica	Rotura progresiva
3	14	15	30	176.71	33 200	188	Cónica	Rotura uniforme
Promedio						184.9		

Concreto patrón (0 % humo de sílice) – 28 días

Nº	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	28	15	30	176.71	36 500	206.6	Cónica	Falla normal
2	28	15	30	176.71	37 200	210.6	Cónica	Sin defectos visibles
3	28	15	30	176.71	37 800	214	Cónica	Rotura uniforme
Promedio						210.4		

Concreto con 5 % de humo de sílice – 7 días

Nº	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	7	15	30	176.71	27 800	157.3	Cónica	Falla normal
2	7	15	30	176.71	28 400	160.7	Cónica	Rotura uniforme
3	7	15	30	176.71	29 000	164.1	Cónica	Sin fisuras previas
Promedio						160.7		

Concreto con 5 % de humo de sílice – 14 días

Nº	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	14	15	30	176.71	35 000	198.1	Cónica	Falla normal
2	14	15	30	176.71	35 600	201.5	Cónica	Rotura progresiva
3	14	15	30	176.71	36 200	204.9	Cónica	Rotura uniforme
Promedio						201.5		

Concreto con 5 % de humo de sílice – 28 días

Nº	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	28	15	30	176.71	40 500	229.3	Cónica	Falla normal
2	28	15	30	176.71	41 200	233.2	Cónica	Sin defectos
3	28	15	30	176.71	41 800	236.7	Cónica	Rotura uniforme
Promedio						233.1		

**Concreto con 10 % de humo de sílice – 7 días**

N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	7	15	30	176.71	29 500	166.9	Cónica	Falla normal
2	7	15	30	176.71	30 200	170.9	Cónica	Rotura uniforme
3	7	15	30	176.71	30 800	174.3	Cónica	Sin fisuras previas
Promedio						170.7		

Concreto con 10 % de humo de sílice – 14 días

N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	14	15	30	176.71	36 800	208.2	Cónica	Falla normal
2	14	15	30	176.71	37 400	211.7	Cónica	Rotura progresiva
3	14	15	30	176.71	38 000	215.1	Cónica	Rotura uniforme
Promedio						211.7		

Concreto con 10 % de humo de sílice – 28 días

N°	Edad (días)	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Área (cm²)	Carga máxima (kg)	f'c (kg/cm²)	Tipo de falla	Observaciones
1	28	15	30	176.71	42 800	242.2	Cónica	Falla normal
2	28	15	30	176.71	43 500	246.2	Cónica	Sin fisuras
3	28	15	30	176.71	44 200	250.2	Cónica	Rotura uniforme
Promedio						246.2		

Observaciones:



GEOESTUDIO J & M S.A.C.
RUC 20613137921

Kevin Quiroz
Kevin Quiroz Ortiz
TÉCNICO LABORATORISTA



Julio Ronaldo Yucra Quispe
Julio Ronaldo Yucra Quispe
INGENIERO CIVIL
CIP. 308059



CERTIFICADO DE CALIDAD

El equipo identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

NOMBRE DEL PRODUCTO: PRENSA DE CONCRETO.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO: La máquina de prueba de compresión hidráulica se utiliza para la prueba de compresión de hormigón y otros materiales de construcción, carga manual, visualización digital del valor de la presión y la relación de carga.

CARACTERÍSTICAS:

Carga manual, Cubierta protectora

Capacidad de carga máxima: 2000 kN

Espacio de compresión: 360 mm

Carrera del pistón: 120 mm

Tamaño de las placas de compresión superiores: 300 mm

Tamaño de las placas de compresión inferiores: 300 mm

Dimensión (marco de carga: 900×400×1250 mm

Energía: 220V, 50Hz /60Hz, 1.3kW

MODELO: STYE-2000

SERIE: 230494

FECHA: 09/09/2025

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE LABORATORIO

LABORATORIO DE FUERZA
LM-1647-2024

Pagina 1 de 3

Solicitante : GEOESTUDIO J & M S.A.C.

Dirección : JR. VILCANOTA NRO. K-4A URB. MARIANO MELGAR
PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

Equipo : PRENSA DE CONCRETO

Marca : PYS EQUIPOS

Modelo : STYE-2000

Serie : 230494

Capacidad Máxima : 2000 kN

Identificación : No indica

Procedencia : China

Tipo de Indicación : Digital

Marca : No indica

Modelo : RFP-03

N° serie : No indica

Div. De escala : 0.01 kN

Fecha de calibración : 2025-09-09

Lugar : **LABORATORIO DE PYS EQUIPOS**
CALLE 4 , MZ. F1 LT.05 URB. VIRGEN DEL ROSARIO - LIMA

Método utilizado : La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos en el documento de referencia de la norma UNE - EN ISO 7500-1 "Verificación de máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza - Julio 2006"

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

P Y S EQUIPOS E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento o equipo después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Revisado y firmado digitalmente por:
Eler Pozo S.
Dpto. Metrología

Calibrado y firmado digitalmente por:
Amed Castillo E.
Dpto. Metrología



Numero de certificado LM-1647-2024
Pagina 2 de 3

Condiciones ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20.5	20.2
Humedad Relativa (%)	60	60

Patrones de referencia:

Trazabilidad	Patrones de calibración	Numero de certificado
Patron trazables al HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrada a 1000 kN con incertidumbre del orden de 0.6%	LEDI - PUCP INF-LE 331 -23A

Resultados de medición:

Condiciones en que se entrega el equipo:

Tabla de indicaciones registradas del equipo patrón de 10% carga a 100% carga después del ajuste correspondiente

Indicación de la maquina (Fi)			Indicación del equipo patrón (ascendente)			
%	kNF	kgF	F1 (KgF)	F2 (kgF)	F3 (kgF)	Fpromedio
10	100	10197	10180	10200	10210	10200
20	200	20394	20420	20440	20450	20440
30	300	30591	30590	30610	30620	30610
40	400	40788	40780	40800	40790	40790
50	500	50985	50970	51010	51010	51010
60	600	61182	61200	61210	61240	61210
70	700	71379	71390	71400	71420	71400
80	800	81576	81580	81620	81640	81620
90	900	91773	91780	91810	91830	91810
100	1000	101970	101970	101990	102040	101990
Error relativo (Fo)			0	0	0	

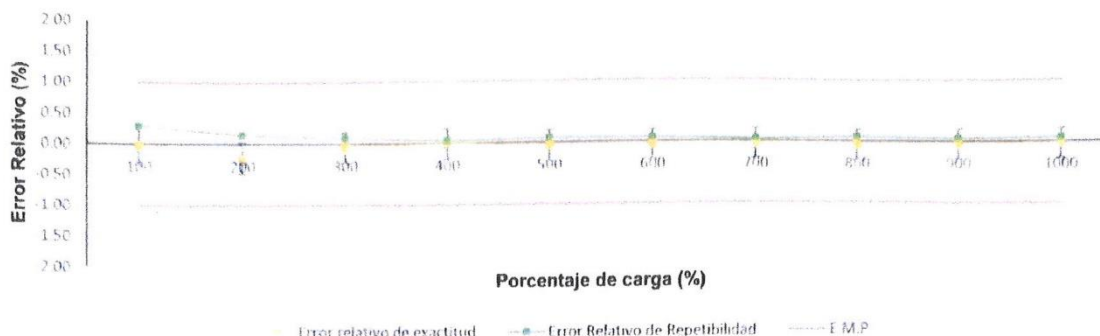
Indicación de la maquina (Fi)			Errores Relativos		Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida
%	kNF	kgF	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	a (%)	U (%)
10	100	10197	-0.03	0.29	0.010	0.30
20	200	20394	-0.23	0.15	0.005	0.26
30	300	30591	-0.06	0.10	0.003	0.25
40	400	40788	0.00	0.05	0.002	0.24
50	500	50985	-0.05	0.08	0.002	0.25
60	600	61182	-0.05	0.07	0.002	0.24
70	700	71379	-0.03	0.04	0.001	0.24
80	800	81576	-0.05	0.07	0.001	0.24
90	900	91773	-0.04	0.05	0.001	0.24
100	1000	101970	-0.02	0.07	0.001	0.24



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

SERVICIOS DE CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
EQUIPOS DE LABORATORIONumero de certificado LM-1647-2024
Pagina 3 de 3

Gráfica de errores



Incertidumbre:

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El equipo no indica clase, sin embargo, cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

FIN DEL DOCUMENTO

Product Certification

This is to Certify

that the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM C1231 D2000
AASHTO T22
EN 933-8

PRODUCT DESCRIPTION: PAD CAP, 6 IN (15.2 CM), 60 DUROMETERS

MODEL: LA-0149

DIAMETER: 6 IN

DATE: 09/09/2025

FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s): which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



FORNEY

WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408
email - sales@forneyonline.com



Laboratorio de Estructuras
Antisísmicas - LEDI



PUCP

INFORME TÉCNICO

EXPEDIENTE : INF- LE 331 – 23 A

SOLICITANTE : **PYS EQUIPOS E.I.R.L.**
Calle 4 Mz F1 Lt. 05, Urb. Virgen del Rosario,
San Martín de Porres, Lima
Att.: Sr. Antonio Pozo Solís

TITULO : CALIBRACION DE SISTEMA DE CELDA
DE CARGA
Celda de Carga: KELI
Capacidad: 200 t
N° serie: MH20231130
INDICADOR DIGITAL: HIWEIGHT
Modelo: 315-X10
N° serie: 3011231
Resolución: 10 kg

FECHA : San Miguel, 30 de noviembre de 2023.



Ing. Daniel Torrealva D.
Jefe del Laboratorio de
Estructuras Antisísmicas

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Av. Universitaria 1801, San Miguel
T. 51 1 626-2000 anexo 46-40
ledi@pucp.pe
www.pucp.edu.pe



Laboratorio de Estructuras
Antisísmicas - LEDI



CALIBRACION DE SISTEMA CELDA DE CARGA

1. GENERALIDADES.

PYS EQUIPOS E.I.R.L. solicitó al Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de un sistema de medición de carga comprendido por una celda de carga y un indicador digital.

Esta operación fue efectuada por personal del Laboratorio de Estructuras el 30 de noviembre de 2023.

2. EQUIPO CALIBRADO.

Celda de carga:

- Marca : KELI
- N° serie : MH20231130
- Capacidad : 200 t (nominal)

Indicador Digital:

- Marca : HIWEIGHT
- Modelo : 315-X10
- N° serie : 3011231
- Capacidad : 200000 kg
- Resolución : 10 kg

3 EQUIPO EMPLEADO.

- Marco de reacción de perfiles mecánico.
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 87747, 1000 KN, con última calibración de 18 de octubre de 2023.
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch6
- Gata hidráulica, LUKAS, 200 t HP 200/200 FNr.: 300
- Bomba hidráulica manual, LUKAS 841200425

4. PROCEDIMIENTO SEGUIDO.

Para la realización de la calibración se tomó como referencia la norma ASTM E74-18 y de acuerdo con el cliente se procedió a aplicar los valores de carga indicado en la página 3/3.

El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga a la celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón

5. RESULTADOS.

En la página 3/3 se presentan los resultados de la calibración efectuada.

INF-LE 331-23 A





Laboratorio de Estructuras Antisísmicas - LEDI



PUCP

Celda calibrada: KELI
N° serie: MH20231130
Indicador Digital: HIWEIGHT
N° serie: 3011231

Capacidad: 200 t

Modelo: 315-X10
Resolución: 10 kg

Celda patrón: HBM #serie: 87747 Capacidad: 1000 kN
Amplificador usado: MGCplus1 ch6
Informe de Calibración N° 2023-1 87747 de 18 de octubre de 2023

Celdas patrones calibradas en LEDI-PUCP con patrones trazables al
HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania
Norma de referencia: ASTM E74-18
Fecha calibración: 2023-11-30
Ejecutores: M. Bernardo L. - S. Llanos I.

PATRON(CARGA) (kg)			INDICADOR DIGITAL HIWEIGHT (kg)		
11183.07	11185.49	11184.28	11230	11250	11210
20355.71	20360.11	20357.91	20410	20450	20360
30547.77	30554.37	30551.07	30600	30640	30550
40740.09	40748.88	40744.48	40780	40840	40730
50932.66	50943.66	50938.16	50950	50990	50910
61125.48	61138.68	61132.08	61140	61180	61090
71318.56	71333.97	71326.27	71290	71420	71260
81511.90	81529.51	81520.70	81460	81550	81450
91705.49	91725.30	91715.40	91640	91690	91620
99350.86	99372.31	99361.59	99260	99330	99250

La ecuación de ajuste por el método de mínimos cuadrados según la norma citada es

$$\text{DEFLEXIÓN} = A + B (\text{CARGA}) + C (\text{CARGA})^2$$

Siendo los coeficientes:

A = 45.1046275583
B = 1.0004539659
C = -0.0000000176

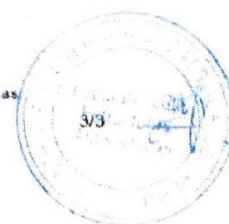
Obteniéndose como resultado:

Desviación Standard S = 41.4 kg
LLF = 99.3 kg
U = 307 kg

Nota: DEFLEXIÓN es la lectura directa del indicador digital HIWEIGHT
La Incertidumbre expandida, para k=2, se ha calculado para 100000 kg

Este informe contiene 3 páginas.

Prohibida la reproducción parcial de este Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas.
INF-LE: 331-23 A





Laboratorio de Estructuras
Antisísmicas - LEDI



PUCP

INFORME TÉCNICO

EXPEDIENTE : INF- LE 331 – 23 B

SOLICITANTE : **PYS EQUIPOS E.I.R.L.**
Calle 4 Mz F1 Lt. 05, Urb. Virgen del Rosario,
San Martín de Porres, Lima
Att.: Sr. Antonio Pozo Solís

TITULO : CALIBRACION DE SISTEMA DE CELDA
DE CARGA
Celda de Carga: KELI
Capacidad: 10 t
N° serie: 5V51168
INDICADOR DIGITAL: HIGH WEIGHT
Modelo: 315-X5
N° serie: 0215533
Resolución: 0.1 kg

FECHA : San Miguel, 30 de noviembre de 2023.



Ing. Daniel Torrealva D.
Jefe del Laboratorio de
Estructuras Antisísmicas

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Av. Universitaria 1801, San Miguel
T 51 1 626-2000 anexo 4640
ledic@pucp.pe
www.pucp.edu.pe



Laboratorio de Estructuras
Antisísmicas - LEDI



CALIBRACION DE SISTEMA CELDA DE CARGA

1. GENERALIDADES.

PYS EQUIPOS E.I.R.L. solicitó al Laboratorio de Estructuras de la Pontificia Universidad Católica del Perú efectuar la calibración de un sistema de medición de carga comprendido por una celda de carga y un indicador digital.

Esta operación fue efectuada por personal del Laboratorio de Estructuras el 30 de noviembre de 2023.

2. EQUIPO CALIBRADO.

Celda de carga:

- Marca : KELI
- N° serie : 5V51168
- Capacidad : 10 t (nominal)

Indicador Digital:

- Marca : HIGH WEIGHT
- Modelo : 315-X5
- N° serie : 0215533
- Capacidad : 10000 kg
- Resolución: 0.1 kg

3 EQUIPO EMPLEADO.

- Marco de reacción de perfiles mecano.
- Celda de carga, HBM, U1, N° 95857, 200 KN, con última calibración de 20 de octubre de 2023.
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch3
- Celda de carga, HBM, C3H, N° 6727, 50 KN, con última calibración de 23 de noviembre de 2023.
- Amplificador, HBM-MGCplus1 ch6
- Gata hidráulica, LUKAS, 200 t HP 200/200 FNr.: 300
- Bomba hidráulica manual, LUKAS 841200425

4. PROCEDIMIENTO SEGUIDO.

Para la realización de la calibración se tomó como referencia la norma ASTM E74-18 y de acuerdo con el cliente se procedió a aplicar los valores de carga indicado en la página 3/3.

El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga a la celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón.

5. RESULTADOS.

En la página 3/3 se presentan los resultados de la calibración efectuada

INF-LE 331-23 B





Laboratorio de Estructuras Antisísmicas - LEDI



Celda calibrada KELI
N° serie: 5V51168
Indicador Digital HIGH WEIGHT
Número serie: 0215533
Celda patrón: HBM #serie: 95857 Capacidad: 200 kN
Amplificador usado: MGCplus1 ch3
Informe de Calibración N° 2023-1 95857 de 20 de octubre de 2023
Celda patrón: HBM #serie: 6727 Capacidad: 50 kN
Amplificador usado: MGCplus1 ch6
Informe de Calibración N° 2023-1 6727 de 23 de noviembre de 2023
Celdas patrones calibradas en LEDI-PUCP con patrones trazables al
HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania
Norma de referencia: ASTM E74-18
Fecha calibración: 2023-11-30
Ejecutores: S. Llanos I. - M. Huamancayo P.

PATRON (kg)			INDICADOR DIGITAL HIGH WEIGHT (kg)		
999.0	999.0	999.1	997.3	998.1	997.9
1968.0	1968.0	1968.2	1970.4	1971.1	1968.0
2987.9	2987.9	2988.2	2992.0	2994.4	2988.3
4007.8	4007.8	4008.3	4015.8	4017.6	4015.4
4976.8	4976.8	4977.3	4989.7	4985.7	4981.9
6003.2	6002.4	6002.7	6021.5	6020.7	6020.6
7020.9	7020.0	7020.3	7041.8	7040.5	7039.7
8038.6	8037.5	8038.0	8065.5	8059.3	8059.1
9056.3	9055.1	9055.6	9084.1	9080.4	9085.1
9962.1	9960.8	9961.3	9993.8	9994.9	9987.4

La ecuación de ajuste por el método de mínimos cuadrados según la norma citada es:

$$\text{DEFLEXIÓN} = A + B (\text{CARGA}) + C (\text{CARGA})^2$$

Siendo los coeficientes:

A = -4.9268076349
B = 1.0030527274
C = 0.0000000580

Obteniéndose como resultado

Desviación Standard S = 2.53 kg
LLF = 6.1 kg
U = 34 kg

Nota: DEFLEXIÓN es la lectura directa del indicador digital HIGH WEIGHT
La Incertidumbre expandida, para k=2, ha sido calculada para 9900 kg

Este informe contiene 3 páginas

Prohibida la reproducción parcial de este Informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Estructuras Antisísmicas

INF-LE: 331-23 B





ANEXO 03 FICHAS TÉCNICAS

CONSTRUYENDO CONFIANZA



HOJA DE DATOS DEL PRODUCTO

SikaFume®

Adición mineral - Microsílice

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

SikaFume® es un aditivo para concreto en forma de polvo, basado en tecnología de humo de sílice.

USOS

SikaFume® se utiliza en concreto proyectado, estructural, prefabricado y otros campos de construcción de concreto en los que se requieren altas exigencias a la calidad en estado fresco y endurecido.

CARACTERÍSTICAS / VENTAJAS

SikaFume® contiene dióxido de silicio reactivo extremadamente fino. La presencia de esta sustancia imparte una gran cohesión interna y retención de agua en el concreto fresco. La capacidad de bombeo se mejora sustancialmente así como el comportamiento reológico. En el concreto endurecido, el humo de sílice forma un enlace químico con la cal libre (CaOH_2). La formación adicional de productos de hidratación da como resultado una matriz cementicia final significativamente más densa.

Con el uso de SikaFume®, el concreto mostrará las siguientes propiedades:

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

SikaFume® no contiene cloruros ni otras sustancias que promueven la corrosión del acero y, por lo tanto, se puede usar sin ninguna restricción para la construcción de concreto reforzado y pretensado.

CERTIFICADOS / NORMAS

SikaFume® cumple los requisitos de las normas EN 13263-1 y ASTM C1240.

INFORMACIÓN DEL PRODUCTO

Empaques	Bolsa de 25 kg Bolsa de 20 kg
Vida Útil	36 meses de vida útil a partir de la fecha de producción, si se almacena correctamente en el empaque original sellado, sin daños y sin abrir.
Condiciones de Almacenamiento	Almacenamiento en un ambiente seco.
Apariencia / Color	polvo gris o crema
Specific gravity	Peso específico: 2,200 kg/m ³

INFORMACIÓN TÉCNICA

Guía de Vaciado de Concreto	Se deben seguir las reglas estándar de buenas prácticas relativas a la pro-
------------------------------------	---

Hoja De Datos Del Producto
SikaFume®
Marzo 2022, Versión 01.03
021403031000000019

ducción y la colocación de concreto. Las pruebas de laboratorio deben llevarse a cabo en el sitio para realizar los ajustes que sean necesarios, consulte con el soporte técnico de Sika en tanto sea necesario.

Diseño de la Mezcla de Concreto	Cuando se usa SikaFume®, se debe tener en cuenta un diseño de mezcla adecuado y se deben probar y acondicionar su desempeño con los materiales locales.
Condiciones de Curado	Sugerimos, como en todos los concretos, seguir las instrucciones dadas en el ACI 308 para un correcto curado del concreto.
Compatibilidad	Compatible con todos los productos Sika.

INFORMACIÓN DE APLICACIÓN

Dosificación Recomendada	5 - 10% en peso de cemento.
--------------------------	-----------------------------

NOTAS

Todos los datos técnicos recogidos en esta hoja técnica se basan en ensayos de laboratorio. Las medidas de los datos actuales pueden variar por circunstancias fuera de nuestro control.

ECOLOGÍA, SALUD Y SEGURIDAD

Para información y asesoría referente al transporte, manejo, almacenamiento y disposición de productos químicos, los usuarios deben consultar la Hoja de Seguridad del Material actual, la cual contiene información médica, ecológica, toxicológica y otras relacionadas con la seguridad

INSTRUCCIONES DE APLICACIÓN

MEZCLADO

Se dosifica y adiciona en la planta de concreto en forma similar al cemento u otros materiales cementicios. Puede dosificarse en una mezcladora central o mixer. Seguir el procedimiento indicado en la norma ASTM C94 o NTP 339.114, Especificación estándar para concreto premezclado.

RESTRICCIONES LOCALES

Nótese que el desempeño del producto puede variar dependiendo de cada país. Por favor, consulte la hoja técnica local correspondiente para la exacta descripción de los campos de aplicación del producto

NOTAS LEGALES

La información y en particular las recomendaciones sobre la aplicación y el uso final de los productos Sika son proporcionadas de buena fe, en base al conocimiento y experiencia actuales en Sika respecto a sus productos, siempre y cuando éstos sean adecuadamente almacenados, manipulados y transportados; así como aplicados en condiciones normales. En la práctica, las diferencias en los materiales, sustratos y condiciones de la obra en donde se aplicarán los productos Sika son tan particulares que de esta información, de alguna recomendación escrita o de algún asesoramiento técnico, no se puede deducir ninguna garantía respecto a la comercialización o adaptabilidad del producto a una finalidad particular, así como ninguna responsabilidad contractual. Los derechos de propiedad de las terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos aceptados por Sika Perú S.A.C. están sujetos a Cláusulas Generales de Contratación para la Venta de Productos de Sika Perú S.A.C. Los usuarios siempre deben remitirse a la última edición de la Hojas Técnicas de los productos; cuyas copias se entregarán a solicitud del interesado o a las que pueden acceder en Internet a través de nuestra página web www.sika.com.pe. La presente edición anula y reemplaza la edición anterior, misma que deberá ser destruida.

Sika Perú
Habilitación Industrial
El Lúcumo Mz. "B" Lote 6
Lurín, Lima
Tel. (511) 618-6060

Hoja De Datos Del Producto
SikaFume®
Marzo 2022, Versión 01.03
021403031000000019

SikaFume-es-PE-(03-2022)-1-3.pdf

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD MSDS

REVISIÓN 2025

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO:

NOMBRE CEMENTO HIDRAULICO TIPO HS - RUMI MAX

CÓDIGO DEL PRODUCTO Bolsa 42.5 11866

PROVEEDOR YURA S.A.

TELÉFONO DE EMERGENCIA (51 54) 495060 - Cel. 985828612

2. COMPOSICIÓN / INGREDIENTES:

Naturaleza química: Silicatos, Aluminatos y Ferroaluminatos Cálcicos



COMPONENTES DE RIESGO	Nº CAS	CONCENTRACIÓN EN MASA NOMINAL
Clinker de Cemento Portland	65997-15-1	54 - 58
Sílice cristalina, cuarzo	14808-60-7	0,2 - 1,5
Carbonato de Calcio	1317-65-3	0 - 5
Sulfato de Calcio	7778-18-9	1 - 6

3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

MARCA EN ETIQUETA	NTP	DESIGNACIÓN ASTM	Nº CAS	LÍMITES PERMISIBLES
Cemento RUMI MAX Tipo HS	334 082	C 1157	65997-15-1	10mg PTS / m ³ aire



SALUD	1 RIESGO MENOR
INFLAMABILIDAD	0 RIESGO MÍNIMO
REACTIVIDAD	0 RIESGO MÍNIMO

SOBREEXPOSICIÓN	AGUDA (UNA SOLA VEZ)	CRÓNICA (A LARGO PLAZO)
INHALACIÓN	Irritación de las membranas mucosas húmedas de la nariz, garganta y tracto respiratorio superior.	Respuesta alérgica en el tracto respiratorio. Inhalación continuada puede agravar otras afecciones pulmonares, neumoconiosis o silicosis según su composición % de SiO ₂ .
CONTACTO CON	PIEL: Seco: reseca, ardor o irritación. Mezcla de concreto o cemento seco en piel húmeda puede derivar en agrietamientos.	Exposición prolongada puede derivar en daño en la piel en forma de quemaduras químicas, engrosamiento y agrietamiento.
	OJOS: Inflamación, irritación, enrojecimiento y posible quemadura.	Origina desde irritación aguda, a quemaduras químicas o conjuntivitis severa.
INGESTIÓN	Puede derivar en irritación en mucosidades de tracto digestivo y náuseas.	Evitar su ingestión, por su probable acción sobre la mucosidad de tracto digestivo.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

En caso de contacto o exposición prolongada con el producto, realizar lo siguiente:

INHALACIÓN	Libere a la persona afectada a exposición e inmediatamente llevarla a un ambiente fresco. Remueva el material depositado en fosas nasales y consiga atención médica si es preciso.
CONTACTO CON:	PIEL: Lavar periódicamente el área expuesta con agua, jabón PH neutro y haga buen enjuague.
	OJOS: Lavar con abundante agua fresca al menos durante 15 minutos.
INGESTIÓN	Si esta consciente dar de beber abundante agua fresca, sin producir vómitos. Solicitar ayuda médica de inmediato.

RIESGOS ESPECIALES DEL PRODUCTO Y SU TRATAMIENTO

Sin EPP, como todo material particulado por exposición prolongada de cemento, puede derivar en Neumoconiosis o silicosis según sea la concentración % SiO₂. El cemento Portland no es considerado carcinógeno por OSHA, NTP, IARC.

5. MEDIDAS PARA LUCHA CONTRA EL FUEGO

AGENTES DE EXTINCIÓN

Los cementos no son combustibles ni comburentes; son inertes al fuego.

6. MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES

EN CASO DERRAME	
DEBE PROCEDERSE COMO SIGUE	EQUIPO DE PROTECCIÓN ADECUADO
Delimitar y señalizar el área afectada. Evitar y controlar contaminación de fuentes de agua.	Casco o gorro, guantes de cuero o PVC, lentes de seguridad, respirador contra polvo, ropa de tela gruesa.
MÉTODO DE ELIMINACIÓN DE DESECHOS	PRECAUCIONES PARA EVITAR DAÑOS AMBIENTALES
Recoger en bolsas o sacos de embalaje laminados. En la operación de recupero de derrame, separar el material recuperado sin contaminante en envases adecuados, de preferencia nuevos.	Si hay peligro de contaminación de fuentes, canales, alcantarillas o ríos; controlar riesgo de contaminación. En áreas verdes, los residuos imposibles de recuperar se deben disolver y limpiar totalmente con agua.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

RECOMENDACIONES TÉCNICAS	PRECAUCIONES A TOMAR
Almacenes deben ser área techada y protegidos contra el riesgo de incidencia de agua y humedad. El acceso adecuado de equipo para la manipulación.	Almacenar en lugares secos y debidamente señalizados, ordenar sobre parihuelas y rumas de altura adecuada, minimizan deterioro de producto almacenado.
RECOMENDACIONES PARA MANIPULACIÓN SEGURA	PREVENCIÓNES ESPECIALES
En cada desplazamiento de montacarga, manipular por cada vez, solo una parihuela cargada con bolsas. Estibadores, operadores de montacargas y conductores de transportes deberán ser instruidos constantemente. "La manipulación y transporte de la bolsa de cemento se debería realizar con ayuda de medios mecánicos, a fin de prevenir riesgos en la salud del trabajador, en concordancia con lo dispuesto en la Ley N° 29783 Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo y sus modificatorias, y D. S. N° 010-2009-VIVIENDA Norma Técnica de Edificación G-050: Seguridad durante la Construcción.	Inspeccionar estado de plataforma de camión a ser cargado o descargado (evitar riesgos a estibadores). Prever la rotación adecuada de producto almacenado. Prever accidentes por manipulación con montacarga.

8. CONTROL DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

MEDIDAS PARA REDUCIR LA POSIBILIDAD DE EXPOSICIONES

Proporcionar una buena ventilación y utilizar elementos de protección personal.

PARÁMETROS PARA EL CONTROL

Monitoreo de PTS y PM10 en áreas de manipulación de cemento.
Examen médico ocupacional anual, a los obreros que manipulan constantemente.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

COMPONENTES	OSHA (PEL)	ACGIH (TLV)	NIOSH (REL)
CLINKER DE CEMENTO PORTLAND	TWA: 15 mg/m ³ (Polvo total) TWA: 5 mg/m ³ (fracción respirable) TWA: 50 mppcf (<1 % sílice cristalina)	TWA: 1 mg/m ³ (fracción respirable, material particulado que no contiene asbesto y <1% sílice cristalina).	TWA: 10 mg/m ³ (polvo total) TWA: 5 mg/m ³ (polvo respirable) IDLH: 5000 mg/m ³ (polvo respirable)
SÍLICE CUARZO CRISTALINA, CUARZO	TWA: 30 mg/ (% SiO ₂ +2) mg/m ³ (polvo total) TWA: 10/ (% SiO ₂ +2) mg/m ³ (fracción respirable) TWA: 250/ (% SiO ₂ +5) (mppcf fracción respirable)	TWA: 0.025 mg/m ³ (fracción respirable)	TWA: 0.05 mg/m ³ (polvo respirable) IDLH: 50 mg/m ³ (polvo respirable)
CARBONATO DE CALCIO	TWA: 15 mg/m ³ (polvo total) TWA: 5 mg/m ³ (fracción respirable)	TWA: 10 mg/m ³ (polvo total)	TWA: 10 mg/m ³ (polvo total) TWA: 5 mg/m ³ (polvo respirable)
SULFATO DE CALCIO	TWA: 15 mg/m ³ (polvo total) TWA: 5 mg/m ³ (fracción respirable)	TWA: 10 mg/m ³ (polvo respirable)	TWA: 10 mg/m ³ (polvo total) TWA: 5 mg/m ³ (polvo respirable)

Controles de Ingeniería: Proporcionar sistema de ventilación local de escape o proceso de ventilación. Asegurar el cumplimiento de los límites de exposición aplicables.

Medidas de protección personal: De acuerdo con OSHA 29 CFR 1910.132, subparte I, use el EPP adecuado para minimizar la exposición a este material.

PROTECCIÓN	EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	RECOMENDACIONES	CORRECTO USO DE EPPs
RESPIRATORIA	Respirador contra polvo o material particulado (adecuada dotación para recambio de filtros).	Si las condiciones del lugar de trabajo requieren un respirador, debe seguirse un programa de protección respiratoria que cumpla con OSHA 29CFR 1910.134. Consulte NIOSH 42 CFR 84 para obtener información sobre los respiradores certificados.	
MANOS, PIEL Y CUERPO	Utilizar guantes de cuero, PVC y evitar anipular cemento con manos mojadas	Se recomiendan guantes y ropa resistente a los productos químicos.	
OJOS	Lentes de seguridad de cristal o policarbonato con protección lateral.	Se recomiendan gafas de seguridad resistentes a las salpicaduras y lavadero de ojos de emergencia.	
OTROS	Ropa de trabajo, preferencia mameluco, gorro de protección para cabello bajo el casco es obligatorio, uso de zapatos de seguridad.		

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

ESTADO FÍSICO	APARIENCIA / COLOR	SOLUBILIDADES	
Sólido particulado	Color Gris, inoloro	Ligera en agua (0.1 a 1.0 %)	
PESO ESPECÍFICO	pH	TAMAÑO DE PARTICULAS	
2.78 - 2.88 (gr. / cm³)	(En agua): 12 a 13	0.8 - 3.0 % retenido en malla #325	
TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN	No aplicable	TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN	No aplicable
PUNTO DE INFLAMACIÓN	No aplicable	PUNTO DE EXPLOSIÓN	No aplicable

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

ESTABILIDAD	Compuesto estable; mantenerlo seco hasta el momento de su utilización.
CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE	Evitar contacto involuntario del cemento con agua y sustancias incompatibles
MATERIALES QUE DEBEN EVITARSE	Por la naturaleza alcalina el cemento es incompatible con ácidos, sales amoniacales y aluminio; liberando gas hidrógeno en una reacción exotérmica.
PRODUCTOS PELIGROSOS DE LA DESCOMPOSICIÓN	Si se añade agua, el cemento se hidrata y produce Hidróxido de Calcio (caústico)

11. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

INESTABILIDAD	No aplicable, el cemento es estable.
BIO - ACUMULACIÓN	No hay información disponible.
EFFECTOS SOBRE EL AMBIENTE	Dañino para áreas verdes, en circunstancias que fragua en contacto con el agua.

12. CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

MÉTODO DE ELIMINACIÓN DEL PRODUCTO EN LOS RESIDUOS	ELIMINACIÓN DE ENVASES / EMBALAJES CONTAMINADOS
Luego de recupero del derrame o desperdicio, efectuar barrido y diluir con abundante agua.	Envase de papel: Se sugiere reciclar el envase

13. NORMAS VIGENTES

NORMAS INTERNACIONALES APLICABLES	ASTM C 595
NORMAS NACIONALES APLICABLES	NTP 334.090 DS N° 001-2022-PRODUCE, Reglamento Técnico sobre Cemento Hidráulico utilizado en Edificaciones y Construcciones en General

14. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

MEZCLA PELIGROSA	SARA Título III considera a la mezcla de cemento como sustancia peligrosa, con efectos retardados en la salud epidérmica de los expuestos.
SENSIBILIZACIÓN	El producto puede contener elementos que pueden provocar una reacción alérgica de sensibilización de la piel.
EFFECTOS GRAVES	El producto se vuelve alcalino en contacto con humedad. El contacto con cemento húmedo puede causar quemaduras de la piel y ojos. El polvo de material seco puede causar irritación y posible quemadura a los ojos y vías respiratorias. Los síntomas pueden ser retardados.
EFFECTOS CRÓNICOS	La sílice cristalina respirable puede causar silicosis o fibrosis pulmonar. La exposición profesional a polvo respirable y sílice cristalina respirable se debe monitorear y controlar. El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir irritación o dermatitis severa. La inhalación de polvo puede causar edema pulmonar. Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
CARCINOGENICIDAD	El cemento no se considera un carcinógeno. Puede contener trazas de sílice cristalina respirable y cromo, los cuales están clasificados como carcinógenos para los seres humanos.
RECOMENDACIÓN FINAL	Usuarios del producto deben recibir la capacitación precedente, que garantice la calidad en el empleo adecuado, la seguridad y protección de salud a operarios.

15. CONSIDERACIONES SOBRE TRANSPORTE

Número UN ADR, ADN, IMDG, IATA	No aplica	Peligros para el medio ambiente: Contaminante marino	No
Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas ADR, ADN, IMDG, IATA	No aplica	Precauciones particulares para los usuarios	No regulado
Clase(s) de peligro para el transporte ADR, ADN, IMDG, IATA	No aplica	Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC	No regulado
Grupo de embalaje ADR, IMDG, IATA	No aplica	"Reglamentación Modelo" de la UNECE	-

Este producto no está clasificado como material peligroso bajo los reglamentos del Departamento de Transportes estadounidense, DOT. El cemento no está afectado por la legislación internacional del transporte de mercancías peligrosas (IMDG, IATE, ADR/RID). Mercancía no peligrosa según la reglamentación de transporte. No es necesario adoptar ninguna precaución especial aparte de las mencionadas en la sección de Control de exposición y protección personal"

16. OTRAS INFORMACIONES

Fuentes bibliográfica principales:

- Toxic and Hazardous. Industrial Chemicals Safety Manual (The international Information Institute)
- Annual Book of ASTM standards
- Material Safety Data Sheet for Heet (Austin Powder Company)

Los datos consignados en esta hoja informativa son obtenidos de nuestro laboratorio y fuentes confiables. Sin embargo expresa valores que pueden variar respecto a lo especificado, según sea la característica de cada tipo de producto. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados y la información transmitida es la actualmente conocida sobre la materia.

Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. Determinar las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.



Cuidemos juntos el
MEDIO AMBIENTE

Bolsas:
Se sugiere reciclar el envase



RUMI

www.yura.com.pe

Pag. 4 de 4



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 25/10/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: GILMA TANIA QUISPE VENTURA

Dirección: Urb. Las Casurinas Mz. D lt 19 – Juliaca

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72353739

Teléfono: 961333868 email: gimena123quispe@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: INGENIERO CIVIL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE HUMO DE SÍLICE EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL EN EL DISTRITO DE SAN MIGUEL

Palabras claves, (3 a 5 términos): Humo de sílice, resistencia a la comprensión, trabajabilidad, concreto convencional.

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

2

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, entre 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

25 DE OCTUBRE DEL 2024

Fecha